Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 43 (1951)
Heft: 6-7

Artikel: Die Speicherseen der Ostalpen : Bestand und Planung
Autor: Link, Harald
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921674

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

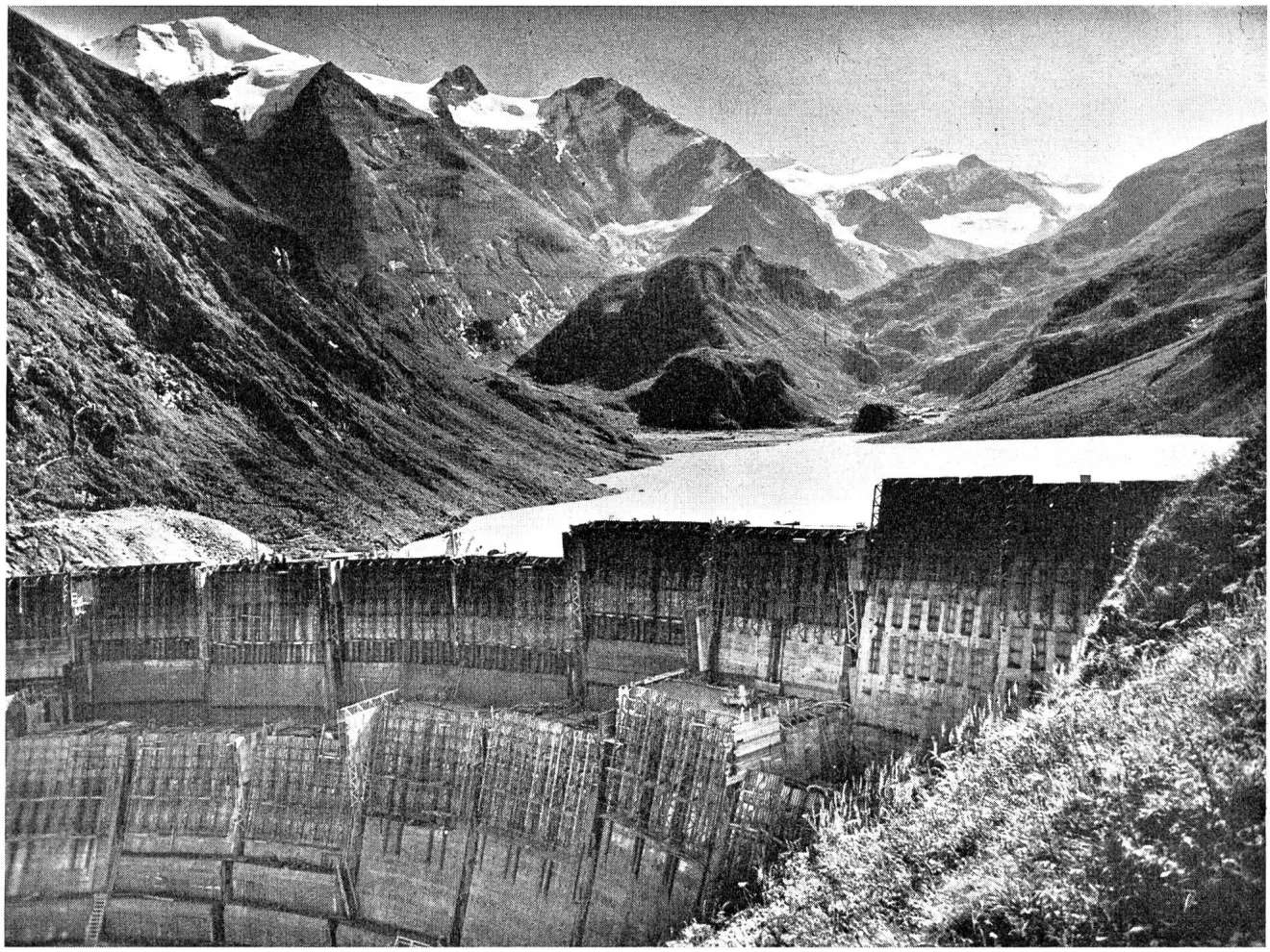

Abb. 5 Stausee Wasserfallboden mit Limberg-Gewölbemauer, links oben: Groß-Wiesbachhorn (3570 m), Aufnahme 27. 9. 49 (Werkphoto Arge, Kraftwerk Kaprun)

Die Speicherseen der Ostalpen [1]

Bestand und Planung

Von Dipl.-Ing. *Harald Link*, Innsbruck

Seen sind ein Schmuck jeder Landschaft, besonders aber des Hochgebirges. Reich sind unsere Alpen an Wasserflächen der verschiedensten Art, nach Form, Lage und Umgebung. Seien es die großen Talseen am Rande des Gebirges, die kleineren im Wald- und Almbereich oder die Vielzahl der kleinen und kleinsten Kar- und Paßseen in der Höhenregion, immer ziehen sie den Wanderer an, nicht weniger als die Gipfel, und nicht von ungefähr stehen viele der schönstgelegenen Gasthöfe und Schutzhütten der alpinen Vereine an ihren Ufern. Etwa 5000 Seen gibt es im ganzen Alpenraum, 2460 wurden für die Ostalpen gezählt. Außer den durch Bergstürze oder Murbrüche abgedämmten verdanken die weitaus meisten ihr Entstehen früherer, besonders eiszeitlicher Vergletscherung. Seitdem arbeitet das fließende Wasser unermüdlich an ihrer Vernichtung; durch Zuführen und Ablagern von Geröll, Sand und Schwebstoffen am Einlauf, durch Einschneiden und Tieferlegen der stauenden Schwelle und damit Senken des Wasserspiegels am Ausfluß. Ungezählte Seen sind auf diese Weise wieder verschwunden; wo immer man die Täler der Alpen durchwandert, begegnet man den unverkennbaren Spuren einstiger Seen. Unablässig schreitet dieser Vorgang weiter; ein Vergleich der Karte von Anich und Hueber von Tirol aus dem Jahre 1774 mit unseren heutigen zeigt, daß seitdem auf tirolischem Gebiet allein über 100 Seen verschwunden sind. Der Mensch war daran nicht unbeteiligt, mitunter wurden Wasserspiegel gesenkt, um aus flachen Seeböden Kulturland zu gewinnen.

Seit knapp zwei Menschenaltern hat nun ein gegenläufiger Vorgang eingesetzt. Als man gelernt hatte, sich die Kraft des stürzenden Wassers im großen nutzbar zu machen, als das technische Zeitalter die altväterischen

[1] Eine entsprechende Studie über die Speicherseen der Westalpen ist in Vorbereitung und wird später ebenfalls hier veröffentlicht.

Wasserräder, Mühlen, Sägen und Hammerwerke überwand, die mechanische Energie in Elektrizität umgewandelt und auf weite Entfernungen fortgeleitet werden konnte, drang der Wasserkraftausbau allenthalben in das Gebirge vor, das in seinen wasserreichen Flüssen und großen Gefällen gewaltige, unerschöpfliche Energien birgt. Da Elektrizität nicht im großen gespeichert werden kann, sondern im Augenblick des Bedarfs erzeugt werden muß, entstand das Bedürfnis, Wasser, als den Träger der potentiellen Energie, in abflußreichen Zeiten für den Bedarf abflußarmer zu speichern. So begann man, sowohl natürliche Seen durch Absenkung oder Aufstau in Wasserspeicher umzuwandeln, wie auch in geeigneten Talstrecken durch Talsperren künstliche Sammelbecken anzulegen und damit vorhandene Wasserflächen zu vergrößern, neue der Landschaft einzufügen.

Wachsende Bevölkerung, zunehmende Industrialisierung steigerten ständig den Energiehunger, die technischen Erfahrungen und Mittel wuchsen und führten zu immer größeren Anlagen. Heute treibt eine starke Dynamik den Wasserkraftausbau in allen Ländern des Alpenraumes vorwärts. Sie verlangt eine möglichst vollständige Ausnutzung der von der Natur gebotenen Rohwasserkräfte. Und dies ist bei den alpinen Abflußverhältnissen außer dadurch, daß die Gewässer in möglichst großer Höhe gefaßt werden, nur möglich durch den Bau großer Speicher. Fließen doch von Natur im Winterhalbjahr, je nach Höhenlage und Niederschlagsverhältnissen des betreffenden Gebietes, nur 10—25 % des Jahresabflusses ab, während der Energiebedarf im Winter höher ist als im Sommer. Die Speicher haben also in Zeiten reicher Wasserführung ausgleichend zu wirken, schädliche Hochwasser aufzufangen und einen wesentlichen Teil des Sommerüberflusses auf den Winter umzulagern.

Die bereits stattliche, in jüngster Zeit in steigendem Maße angewachsene Zahl fertiger oder entstehender Speicherseen, die mehr und mehr in das eigentliche Hochgebirge vordringen und die sich auf mehrere Staaten verteilen, rechtfertigt es, über sie einmal einen zusammenfassenden Überblick zu bringen. Durch ihre Größe geben sie oft der Landschaft ein verändertes Gesicht; sie finden die Anteilnahme weiterer Kreise, so daß sie hier für sich, auch aus Platzgründen, mehr nach geographisch-landschaftlichen Gesichtspunkten als nach energiewirtschaftlichen und technischen behandelt seien. Die nachstehende Zusammenstellung umfaßt alle derzeit in Betrieb oder Bau stehenden Speicher im ganzen Alpenraum, von rund 500 m Höhenlage ü. M. aufwärts, ohne die regulierten Seen am Gebirgsfuß (wie etwa Thuner-, Gmundener- oder Idrosee), und ohne die zahlreichen kleineren Tagesspeicher oder Ausgleichbecken von weniger als 1 Mio m³ Inhalt.

Alpine Speicherseen in Betrieb oder Bau

Staat	*Westalpen* Seen Anzahl	*Westalpen* Nutzraum Mio m³	*Ostalpen* Seen Anzahl	*Ostalpen* Nutzraum Mio m³
Frankreich	12	845	—	—
Italien	44	384	52	1178
Schweiz	34	1051 [2]	8	111
Deutschland	—	—	4	250
Österreich	—	—	29	464
Zusammen	90	2280 [2]	93	2003

[2] Ohne die zum Bau beschlossenen Anlagen Grande Dixence und Mauvoisin, die weitere 350 und 162 Mio m³ speichern werden.

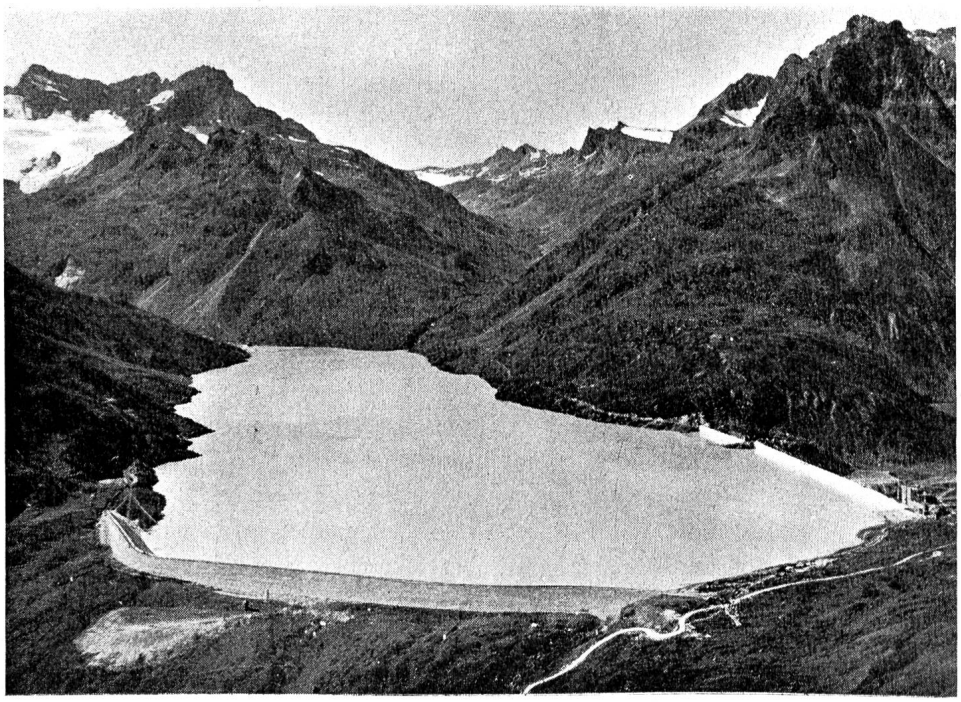

Abb. 2
Silvretta-Stausee; hinten links Silvrettahorn (3248 m), im Vordergrund die Bielerhöhe
(Photo Vorarlberger Illwerke AG)

Abb. 3
Achensee im Tirol, Blick gegen Norden
(Photo Alpiner Kunstverlag W. Stempfle, Innsbruck)

Es gibt in den Alpen also bereits rund 180 größere Speicherseen, mit zusammen rd. 4,3 Mrd m³ Nutzraum, die sich je zur Hälfte auf die West- und Ostalpen verteilen, wobei die Westalpenseen den größeren Inhalt und auch die größere Zahl an künstlichen Talsperrenbecken aufweisen. Als Grenze zwischen West- und Ostalpen wurde dabei wie üblich die Linie Bodensee—Rheintal—Splügenpaß—Comersee angenommen.

Von den Speicherseen der Ostalpen entfallen 31 auf die Nordseite des Alpenhauptkammes und 62 auf die Südseite. Bei rund der Hälfte der Becken, sowohl im nördlichen wie im südlichen Bereich, sind natürliche Seen benutzt worden. Die schwächere Besetzung der Nordseite ist u. a. darin begründet, daß Italien seine Wasserkräfte bisher stärker ausbaute als das wirtschaftlich schwächere Österreich und daß die großen Fallhöhen der Alpensüdseite vielfach eine besonders gute Ausnutzung des Speicherwassers zulassen. Durch den Aufstau sind rund 57 km² neue Wasserflächen geschaffen worden — das entspricht der 8fachen Fläche des Achensees —, und zwar auf der Nordseite in 17 Becken 26 km², auf der Südseite in 58 Seen 31 km². Die Höhenverteilung der Ostalpenspeicher zeigt folgendes Bild:

Höhenlage der Ostalpen-Speicherseen

	Nordseite		*Südseite*	
Höhenstufe	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m³
unter 1000	15	404	20	659
1000—1500	2	2	5	154
1500—2000	10	188	19	282
2000—2500	4	159	17	139
über 2500	—	—	1	16
Zusammen	31	753	62	1250

Wir erkennen hier eine ähnliche Erscheinung wie bei den natürlichen Seen, daß nämlich die mittlere Höhenregion schwächer besetzt ist als die der Talseen und Hochseen, zumal die Seen der Gruppe 1500—2000 m zum allergrößten Teil über 1800 m hoch liegen. Die durchschnittliche Höhenlage des Wasservorrats (Schwerpunkt) aller Speicherseen ist 1423 m ü. M., der Becken auf der Nordseite 1288 m und der auf der Südseite 1512 m, so daß also die Speicherräume der Südseite i. M. 224 m höher liegen als die der Nordseite.

Nicht minder von Interesse sind auch die *Planungen* für weitere Speicherseen, deren Entstehen in näherer Zukunft zu erwarten ist. Vergegenwärtigen wir uns dazu die dabei maßgebenden Vorbedingungen.

Die Lage und Größe der Speicherbecken ist weitgehend bestimmend für die Anordnung und Ausbaugröße der Kraftwerkstufen; ihre Baukosten beeinflussen meist entscheidend die Wirtschaftlichkeit der Ausbaumöglichkeiten. Die Entwicklung ging vom Ausbau einzelner günstiger Stufen zur planmäßigen Nutzung ganzer Täler oder Flußgebiete in mehreren Stufen oder Werkgruppen mit möglichst weitgehender Erfassung des Wasserdargebotes. Man untersuchte daher planmäßig und immer gründlicher die Flußgebiete auf Speichermöglichkeiten. Diese Studien zeigen, daß es von Natur wirklich günstige Becken nicht allzuviele gibt. Notwendig dazu sind vor allem ein geräumiger, gefällarmer Stauraum in dichtem Gebirge, enge Sperrstellen mit geologischen Verhältnissen, die ihre Absperrung sicher mit angemessenem Aufwand zulassen und ausreichender Wasserzufluß, außerdem günstig auszunutzende Gefälle. Schließlich verlangt der Heimat- und Naturschutzgedanke, daß nicht oder nur in geringem Maße Kulturland oder Wohnstätten überstaut oder Naturschönheiten zerstört werden. Bei einer dieser Bedingungen hapert es meistens. Man kommt daher oft zwangsläufig dazu, die guten und ausführbaren Speichermöglichkeiten so stark wie möglich auszunützen. Häufig wird ihnen dazu durch mitunter sehr ausgedehnte Beileitungen aus den Nachbartälern oder durch Hochpumpen aus den größeren Einzugsgebieten tieferer Horizonte das Wasser zugeführt. Hinzukommt, daß große Anlagen oft wirtschaftlicher sind als kleine.

Abb. 4
Tauernmoos-See im Stubachtal, hinten links Hohe Riffl (3346 m) mit Rifflkees
(Photo Österreichische Bundesbahnen)

Weiter verlangt die Energiewirtschaft eine Ergänzung der großen Laufwerke an den großen Flüssen des Alpenvorlandes, an Rhein, Inn, Salzach, Enns, Drau, Etsch usw., mit ihrem Überwiegen der Sommerenergie, durch Hochdruckspeicherwerke, bei denen möglichst der größere Teil des Energiedargebots im Winter zur Verfügung steht. So tritt zunehmend bei den höchstgelegenen Speicherseen der Winterspeichertyp hervor, bei denen die Sammelbecken so groß bemessen werden, daß sie den ganzen erreichbaren Sommerzufluß trockener Jahre aufnehmen können.

Eine Sichtung der zahlreichen Pläne auf die als bauwürdig feststehenden und zur Ausführung in den Programmen der verschiedenen Länder ausersehenen gibt für die Ostalpen etwa 70 neue Speicherseen mit einem Nutzstauraum von rund 4,5 Mrd m³. Davon entfallen auf Österreich nach Zahl und Inhalt rund die Hälfte. 40 von ihnen mit rund 2 Mrd m³ Nutzraum liegen in der Höhenregion über 1500 m ü. M. Man erkennt hier deutlich die Auswirkung der oben skizzierten Entwicklung: weniger, aber größere Becken; durchschnittlich der dreifache Inhalt je See wie bei den bisher ausgeführten, sowohl in den tieferen wie den höheren Lagen.

Vom Standpunkt des Naturfreundes ist das erstere zu begrüßen; wenn die Zahl der Eingriffe in die Landschaft nicht überhand nimmt, bleibt der wesentliche Teil der Hochtäler und der Bergseen mit der Vielfalt ihrer Eigenheiten in ihrer Ursprünglichkeit erhalten. Sehr weitgehende Speicherung des Sommerzuflusses hat dagegen zur Folge, daß viele Seen erst im Spätsommer voll

Abb. 6
Vorderer Gosausee im Salzkammergut, gegen Dachstein (2993 m)
(Photo Cosy-Verlag, Salzburg)

werden können und vorher der leere Schwankungsbereich den Anblick beeinträchtigt.

Wie steht es überhaupt mit der Füllung der Speicherseen und dem häufigen Einwand gegen sie, daß die trockenliegenden, manchmal verschlammten Uferflächen die Landschaft verunstalten? Wie sich die Zuflüsse über die Sommermonate verteilen, zeigen uns die nachstehenden Werte (vieljähriges Mittel) für ein tieferliegendes, unvergletschertes, ein höherliegendes, wenig vergletschertes und ein hochalpines, stärker vergletschertes Gebiet.

Gewässer Pegelstelle Höhe	Lech Füssen 800 m ü. M.	Inn (Engadin) Martinsbruck 1028 m ü. M.	Stubache Tauernmoos 2003 m ü. M.
April	12,3	4,6	2,0
Mai	23,0	16,2	10,7
Juni	22,7	26,1	23,7
Juli	18,9	23,9	27,7
August	14,8	17,7	22,6
September	8,3	11,5	13,3
Sommer	100%	100%	100%

Je größer die mittlere Höhenlage und Vergletscherung eines Gebietes ist, um so größer ist der Abflußanteil des Spätsommers. Tieferliegende Speicherseen, meist mit größerem Einzugsgebiet, können also leicht bis zum Juli voll werden, denn da der wasserärmere August/September schon Verarbeitung des Zuflusses verlangt, wird ihr Ausbaugrad selten allzu weit getrieben. Schlechter steht es bei hochgelegenen Seen. Immerhin ist hier zu beachten, daß wegen der nach oben zunehmenden Seefläche schon einem schmalen oberen Streifen ein großer Teil des Stauraumes entspricht. Einen sehr günstigen Einfluß hat die häufig angewendete Pumpspeicherung. Da die Schneeschmelze in tieferen Lagen viel früher einsetzt als in der Höhenregion, wird schon eine erhebliche Wassermenge zugeführt, wenn die Ufer noch unter Eis und Schnee liegen. Beim Auftauen besteht dann sogleich ein gutes Bild. Bei den Hochseen spielt auch der kahle Schwankungsstreifen eine viel geringere Rolle als bei den tieferliegenden in der Wald- und Grünregion. Er fällt weniger auf und tritt gegenüber den umgebenden Bergen erfahrungsgemäß zurück. Es kommt dabei auch sehr auf die Größe der Wasserfläche an, und weil mit der Größe das Verhältnis von Fläche zu Umfang zunimmt, sind große Seen hier günstiger zu beurteilen. Für die Stauwerke, die oft monumentale Ausmaße erlangen, gilt, daß sie in ihrem Äußeren schlicht und ruhig zu gestalten, in ihrer Bauweise der Natur der Sperrstelle anzupassen sind, sei es als schwungvolles Gewölbe, von Bergwand zu Bergwand in engen Schluchten sich spannend, als Gewichts- oder Pfeilermauer breite Gletschermulden abschließend oder als flachgeböschter Staudamm sich breit auf die Lockermassen verschütteter Böden lagernd.

A. Im Betrieb stehende oder im Bau begriffene Speicherseen.

Nachstehend sind die wichtigsten zahlenmäßigen Angaben über die derzeit im Betrieb oder im Bau stehenden Speicherseen der Ostalpen, getrennt für die nördlich und südlich des Alpenhauptkammes gelegenen, in 2 Tafeln zusammengestellt. Höhenlage, nutzbarer Speicherraum und derzeitiger Energieinhalt kennzeichnen ihre Bedeutung für die Energiewirtschaft, Seefläche und Spiegelschwankung lassen auch ihre Wirkung in der Landschaft genauer beurteilen. Ferner sind über die Sperrbauwerke die Hauptdaten beigegeben.

Der Energieinhalt bezieht sich auf alle derzeit in Betrieb oder Bau stehenden Kraftwerke und umfaßt sämtliche Unterliegerwerke, einschließlich der Laufwerke, ohne Rücksicht auf die Staatsgrenzen.[3] Die Liste liefert einige bemerkenswerte statistische Zahlen. Der Energieinhalt aller Ostalpenspeicher, d. h. praktisch die Vermehrung des Winterdargebots, beträgt 3,44 Mrd kWh, davon 1,07 Mrd kWh in den Becken der Nordseite und 2,37 in den südlich des Hauptkammes gelegenen. Durchschnittlich bringt 1 m³ Speicherwasser 1,71 kWh Winterenergie, 1,42 kWh/m³ auf der Nord- und 1,90 kWh/m³ auf der Südseite. Dies bedeutet, daß i. M. fast zwei Drittel der Rohfallhöhen bis zum Meer kraftwirtschaftlich erschlossen sind. Die höhere Zahl für den Südabhang der Alpen kennzeichnet wieder die größere topographische Gunst und den weiter fortgeschrittenen Ausbauzustand.

[3] So reicht die Wirkung im Rheingebiet bis zu den französischen Werken Kembs und Ottmarsheim, im oberen Donaugebiet bis zum Kachletwerk vor Passau; am Inn ist das unterste Werk Obernberg, an der Enns St. Pantaleon, an der Drau Marburg in Jugoslawien, an der Etsch Sovio unterhalb Verona, an der Adda die vier älteren Stufen unterhalb des Comersees. Die Zahlen bedeuten wie üblich den Energiewert der einmaligen Abarbeitung und berücksichtigen nicht, daß einzelne Becken von hohem Ausbaugrad nicht in allen Jahren voll werden und daß andere, tiefer gelegene, von niederem Ausbaugrad, wie der Speicher Roßhaupten, durch den Rückhalt bei Tauwetterfluten den Unterliegerwerken zusätzlich Betriebswasser erschließen.

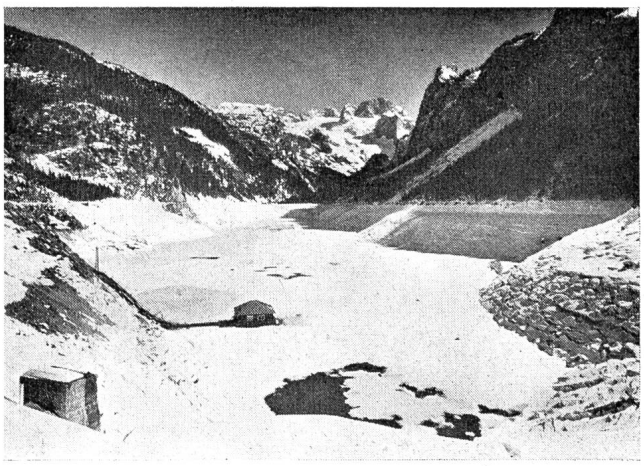

Abb. 7 Vorderer Gosausee, abgesenkt
(Photo Oberösterreichische Kraftwerke AG)

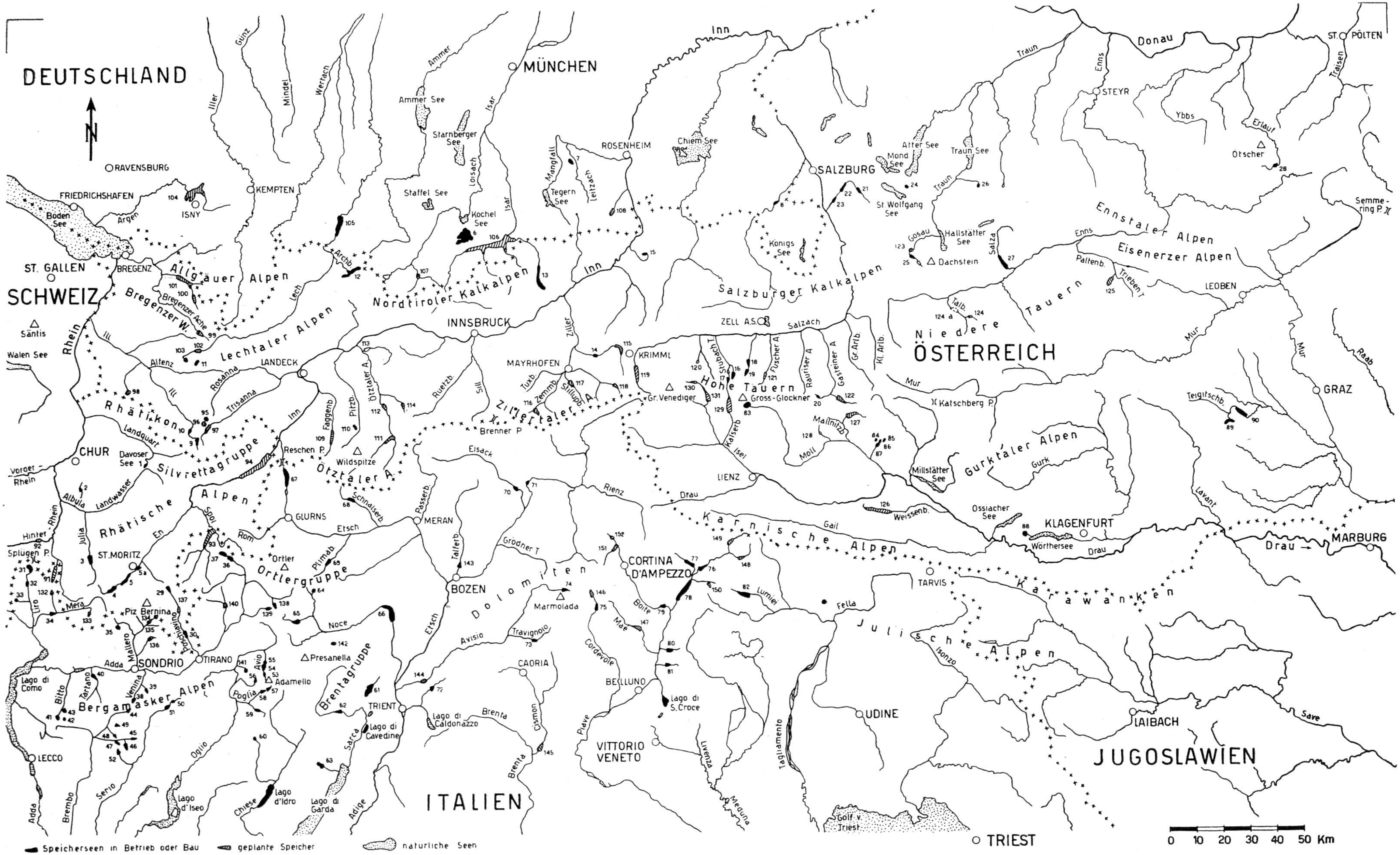

Abb. 1 Übersichtsplan der Speicherseen der Ostalpen

Speicherseen in den nördlichen Ostalpen

Name	Nr. im Lageplan	Flußgebiet	Stauziel m ü. M.	Nutzraum Mio m³	Energieinhalt Mio kWh	Seefläche ha	Spiegelschwank. m	Typ	Sperrbauwerk Höhe m	Sperrbauwerk Länge m	Sperrbauwerk Masse 1000 m³	Bauzeit
a) *Schweiz:*												
Davosersee	(1)	Landquart/Rhein	1568	11,0	17,3	57	28					1920/25
Heidsee	(2)	Albula/Rhein	1486	0,8	1,3	41	3	Wehr				1917/20
Marmorera	(3)	Julia/Albula	1680	60,0	124,6	138	61	Erddamm	70	375	2420	im Bau
Silsersee	(4)	Inn	1797	2,2		415	0,5	kl. Wehr				1947
Silvaplanersee	(5)	Inn	1791	2,2	0,5	314	0,7	kl. Wehr				1947
St. Moritzersee	(5a)	Inn	1768	0,7		80	0,9	Wehr				1932
b) *Deutschland:*												
Roßhaupten	(105)	Lech	781	134,0	50,0	1570	16	Erddamm	40	270	700	im Bau
Walchensee	(6)	Jachen/Isar	802	110,0	92,0	1650	6,6					1921/23
Seehamersee	(7)	Leitzach/Mangfall	651	5,0	2,2	118	8					1913
Reichenhall	(8)	Saalach/Salzach	486	1,0	0,1	44	5	Gewicht	32	77	10	1911/13
c) *Österreich:*												
Silvretta Hauptsperre	(9)	Ill/Rhein	2030	38,6	126,0	134	43	Gewicht	80	575	430	1939/48
Bielerdamm								Kiesdamm	21	730	379	
Vermunt	(10)	Ill/Rhein	1743	5,4	13,4	35	24	Gewicht	50	520	142	1927/31
Lünersee	(98)	Alvierb./Ill	1943	9,0	6,7	118	9					1925
Spullersee Süd	(11)	Alfenz/Ill	1825	13,1	29,5	54	35	Gewicht	37	278	63	1921/25
Nord								Gewicht	27	186	24	
Plansee	(12)	Archbach/Lech	976	22,0	14,1	285	6					1925
Achensee	(13)	Walchen/Isar	929	72,0	73,5	690	11					1926/29
Gmünd	(14)	Gerlos/Ziller	1190	0,8	1,2	12	14	Gewölbe	39	88	10	1943/45
Hintersteinersee	(15)	Weißbach/Inn	892	1,6	1,5	47	4					1923
Tauernmoosboden	(16)	Stubach/Salzach	2003	21,0	48,1	145	21	Gewicht	32	190	28	1926/29
Weißsee	(17)	Stubach/Salzach	2250	15,7	35,9	50	53	Gewicht	34	281	60	im Bau
Wasserfallboden	(18)	Kapruner Ache	1672	83,6	165,3	153	82	Gewölbe	119	350	447	1947/51
Mooserboden Moosersp.	(19)	Kapruner Ache	2035	84,0	231,3	165	75	Gewicht	110	500	630	im Bau
Mooserboden Drossensp.								Kuppel	115	350	333	
Bockhartsee	(20)	Gasteiner Ache	1848	0,7	0,7	14	6	Gewicht	6	40		1912
Hintersee	(21)	Almb./Salzach	683	7,5	3,7	95	14					1932
Strubklamm	(22)	Almb./Salzach	668	2,5	1,2	38	10	Gewicht	35	86	9	1920/25
Wiestal	(23)	Almb./Salzach	555	7,5	1,6	103	11	Gew. Brst.	35	69	12	1910/12
Schwarzensee	(24)	Ischl/Traun	711	3,2	1,3	48	7	kl. Wehr				1908
Vord. Gosausee	(25)	Traun	923	24,3	19,4	65	62	Erddamm	21	73	26	1910/13
Offensee	(26)	Traun	651	0,9	0,4	61	1,5	kl. Wehr				1908
Grimming	(27)	Salza/Enns	771	10,5	4,0	80	26	Gewölbe	53	120	23	1947/49
Erlaufklause	(28)	Erlauf/Donau	779	1,7	0,8	23	12	Gewicht	34	88	22	1908/10

Speicherseen in den südlichen Ostalpen

Name	Nr. im Lageplan	Flußgebiet	Stauziel m ü. M.	Nutzraum Mio m³	Energieinhalt Mio kWh	Seefläche ha	Spiegelschwank. m	Typ	Sperrbauwerk Höhe m	Sperrbauwerk Länge m	Sperrbauwerk Masse 1000 m³	Bauzeit
a) *Schweiz:*												
Berninasee Nord	(29)	Poschiavino/Adda	2234	18,0	60,4	170	27	Gewicht	16	280	7	1926/27; 41/45
Süd								Gewicht	27	150	13	
Lago di Poschiavo	(30)	Poschiavino/Adda	962	15,8	16,3	198	10					1904/06
b) *Italien:*												
Spluga Cardanello	(31)	Liro/Mera/Adda	1901	32,1	112,4	130	45	Gewicht	83	230	193	1928/31; 42/45
Stuetta								Gewicht	32	140		
Isolato	(32)	Liro/Mera/Adda	1248	1,6	3,3			Kuppel	40	76	7	1950/51
Lago Truzzo	(33)	Drogo/Liro	2085	21,3	81,5	70	86	Gew. Brst.	32	230	62	1926/29; 42/45
Chiavenna	(34)	Mera/Adda	626	1,1	0,9	12	16	aufgelöst	44	122	22	1947/49
Lago Pirola	(35)	Mallero/Adda	2250	1,9	2,1	10	30	Gew. Brst.	13			1919
S. Giacomo di Fraële	(37)	Adda	1946	58,0	125,1	160	65	Pfeilerm.	84	900	600	1940/50
Cancano di Fraële	(36)	Adda	1856	24,5	52,0	105	42	Gewicht	57	300	260	1928/30
Venina	(38)	Venina/Adda	1824	11,0	34,2	40	42	Pfeilergew.	50	180	90	1923/27
Scais	(39)	Caronno/Venina	1495	9,0	21,6	33	50	Pfeilerm.	57	401	200	1935/38
Tartano	(40)	Tartano/Adda	955	1,3	1,3	8	45	Gew. Brst.	57		28	1929/30
Lago dell'Inferno	(41)	Bitto/Adda	2085	4,0	15,5	22	35	Hohlpfeiler	41	150	37	1939/42
Pescegallo	(42)	Bitto/Adda	1860	1,1	3,7	7	25	Gewicht	17	230	25	1939/42
Lago di Trona	(43)	Bitto/Adda	1805	5,2	17,4	19	46	Hohlpfeiler	58	182	87	1939/42
Lago Diavolo	(44)	Brembo	2142	2,5	6,0		24	Gew. Brst.	25	54		1931
Lago Marcio	(45)	Brembo	1900	0,9	2,2			Gewicht	16			1923
Colombo	(46)	Brembo	2057	2,5	6,0	16		Gewicht	25			1929
Laghi Gemelli	(47)	Brembo	1953	7,0	16,8	37	35	Gewicht	36	210		1930/33
Piano delle Casere	(48)	Brembo	1816	2,5	6,0	12		Gew. Brst.	42	113		1941/47
Sardegnana	(49)	Brembo	1738	2,3	5,5	11		Gew. Brst.	18			1941/47
Lago Barbellino	(50)	Serio	2150	3,7	6,5	22	26	Gewicht	28			1927/31
Piano del Barbellino	(51)	Serio	1869	18,6	32,5	58	50	Gewicht	73	256	150	1927/31
Lago Nero	(52)	Val Goglio/Serio	1970	3,1	4,0	13		Gewicht	36			
Pantano d'Avio	(53)	Avio/Oglio	2384	15,0	61,4	55	54	Hohlpfeiler	63	420	236	im Bau
Lago Benedetto	(54)	Avio/Oglio	1930	7,7	24,0	37	38	Gew. Brst.	26	322	40	1937/40
Lago d'Avio	(55)	Avio/Oglio	1909	17,2	54,0	43	60	Gew. Brst.	38	306	70	1920/27
Lago Baitone	(56)	Remulo/Oglio	2281	15,0	52,0	38	65	Gew. Brst	35	228	43	1927/30
Lago Dosazzo	(57)	Poglia/Oglio	2084	1,7	5,4	11	32	(ausgespült)				1942
Lago di Salarno	(58)	Poglia/Oglio	2070	17,3	54,3	39	68	Gew. Brst.	37	350	72	1920/27
Lago d'Arno	(59)	Poglia/Oglio	1817	30,7	87,0	95	52	Gew. Brst.	40	170	22	1912/18
Lago della Vacca	(60)	Caffaro/Chiese	2357	2,0	3,0			Gew. Brst.	16			

Lago di Molveno	(61)	Sarca	825	182,5	261,0	335	80					im Bau
Ponte Pia	(62)	Sarca	459	5,0	3,3			Gewölbe				im Bau
Lago di Ledro	(63)	Gardasee	655	44,7	51,6	217	23					1928?
Careser	(64)	Noce/Etsch (Adige)	2600	16,1	56,5	40	68	Gewicht	60	440	187	1928/32
Pian Palù	(65)	Noce/Etsch (Adige)	1800	16,7	33,7	55	55	Steindamm	52	175	145	im Bau
S. Giustina	(66)	Noce/Etsch (Adige)	530	172,0	130,7	350	85	Gewölbe	152	90	120	1946/50
Reschensee (Resia)	(67)	Etsch (Adige)	1497	110,0	273,0	650	31	Erddamm	32	447	600	1942/51
Obervernagt (Vernago)	(68)	Schnalserb./Etsch	1674	25,0	73,5	140	30	Erddamm	40	∾ 300	1200	im Bau
Zufritt (Giovaretto)	(69)	Plimab./Etsch	1850	15,0	49,0			Pfeilerm.	∾ 100			im Bau
Franzensfeste (Fortezza)	(70)	Eisack/Etsch	723	2,0	1,9	18	20	Gewölbe	63	57	17	1940/41
Mühlbach	(71)	Rienz/Eisack/Etsch	723	2,0	1,9	28	12	Gewicht	27			1940/41
Lago delle Piazze	(72)	Pinè/Etsch	1027	6,5	8,2	37	25	Steindamm	15		45	1926
Forte Buso	(73)	Travignolo/Avisio	1460	27,0	61,8	63	80	Gewölbegew.	112	330	300	im Bau
Fedaia West	(74)	Avisio/Etsch	2053	16,0	54,0	70	40	Gewölbegew.	50			im Bau
Ost								Erddamm	20			
Lago d'Alleghe	(75)	Cordevole/Piave	968	3,4	3,9	50	8	kl. Wehr				1937/39
Comelico	(76)	Piave	830	1,2	1,7	13	25	Gewölbe	66	108	36	1930/31
S. Caterina	(77)	Ansiei/Piave	830	6,6	9,3	50	25	Gewicht	53	185		1930/31
Pieve di Cadore	(78)	Piave	684	64,3	76,0	230	58	Gewölbegew.	112	406	377	1947/50
Valle	(79)	Boite/Piave	707	3,8	4,5	25	33	Gewölbe	61	38	5	1949/50
Vajont	(80)	Vajont/Piave	678	60,0	71,5	150	63	Gewölbe	208	118	190	in Vorber.
Gallina	(81)	Val Gallina/Piave	677	5,9	7,0	20	68	Kuppel	92	214	95	1949/51
Sauris	(82)	Lumiei/Tagliamento	980	70,0	70,0	164	75	Kuppel	136	138	104	1946/48
c) *Österreich:*												
Margaritze Möllschlucht	(83)	Möll/Drau	2000	3,1	8,1	24	20	Gewölbe	77	164	24	1950/51
Süd								Gewicht	38	163	30	
Hochalpensee	(84)	Möll/Drau	2378	4,7		12	48	Gewicht	18	322	26	in Vorber.
Radlsee	(85)	Möll/Drau	2399	2,6	38,9	13	51	Gewicht	15	179	7	in Vorber.
Kl. Mühldorfersee	(86)	Möll/Drau	2378	2,8		11	48	Gewicht	35	155	31	in Vorber.
Gr. Mühldorfersee	(87)	Möll/Drau	2319	7,9	29,2	21	64	Gewicht	45	420	145	in Vorber.
Forstsee	(88)	Wörthersee/Drau	601	4,6	2,2	38	17	kl. Damm				1925
Pack	(89)	Teigitsch/Mur	868	5,4	3,1	50	28	Gewicht	36	280	39	1930/32
Hierzmann	(90)	Teigitsch/Mur	708	7,2	3,8	49	33	Gewölbe	58	180	43	1948/49

Ein Übersichtslageplan (Bild 1) enthält alle im folgenden genannten Seen, wobei die Zahlen den bei den einzelnen Anlagen im Text in ( ) beigefügten Nummern entsprechen.

Auf einem Rundgang von West nach Ost wollen wir nun die einzelnen Seen näher kennenlernen.

Auf Schweizer Boden wird in den Bündner Alpen der *Davoser See* (1) durch Absenkung während des Winters der Wasserkraftnutzung der Landquart dienstbar gemacht. Sein Einzugsgebiet wurde durch mehrere Beileitungen, insbesondere vom Flüelabach, vergrößert und dadurch vorgesorgt, daß der See im Frühsommer wieder aufgefüllt ist. Das Heidseewerk der Stadt Zürich nützt den kleinen *Heidsee* (2) auf der Lenzerheide mit 30 km² Einzugsgebiet.

Wer durch das Oberhalbstein über den Julierpaß ins Oberengadin reist, berührt die Baustelle des großen *Juliaspeichers Marmorera* (3), der in der felsigen Enge bei Castiletto durch einen 70 m hohen Staudamm abgeriegelt wird. Ein ausgedehnter Bergsturz am linken Hang, der mittels einer Betonschürze und Zementeinpressungen gegen Durchsickerungen abgedichtet werden muß, nötigte hier zur Wahl der im Alpenraum seltenen Erddamm-Bauweise. Der Sommerzufluß zum Speicher ist 2,3fach größer als dessen Nutzraum, so daß der Stausee auch in wasserarmen Jahren frühzeitig gefüllt sein kann.

Die berühmten *Oberengadiner Seen* (4, 5, 5a) sind lediglich im Bereich der alljährlichen natürlichen Schwankung reguliert. Der Gedanke, den Silsersee durch tiefere Anzapfung in das Bergell abzuleiten und auszunutzen, ist aus Rücksicht auf Naturschutz, Fremdenverkehr und Unterlieger endgültig aufgegeben worden.

Vorarlberg öffnet sich weit gegen Nordwesten und seine Berge empfangen reichliche Niederschläge. Gefällreiche Täler in Rhätikon und Silvretta mit günstigen Möglichkeiten für große Speicherbecken ließen hier frühzeitig die Wasserkraftnutzung Fuß fassen. Die Vorarlberger Illwerke sind heute die leistungsstärkste Kraftwerkgruppe Österreichs. Im Oberlauf der Ill, unter den Vermunt- und Klostertaler Fernern, liegt im Ochsenboden der *Silvrettastausee* (9), im Kriege erbaut und seit kurzem voll in Betrieb. Zwei Absperrbauwerke fassen den 2,4 km langen See, die 80 m hohe Hauptstaumauer im Illtal und ein niederer, 730 m langer Damm auf der Bieler Höhe, einer Grundmoräne der Würmeiszeit, die den Ochsenboden gegen das Tiroler Kleinvermunttal dicht abschließt. Bild 2 zeigt den prächtigen Bergsee gegen den Talschluß. Die Vorarlberger Illwerke AG ist bestrebt, die Spuren der Bautätigkeit zu beseitigen, Aushubhalden abzugleichen usw., um eine möglichst gute Einfügung der Bauwerke in die Hochgebirgslandschaft zu erreichen. Die Sommerzuflüsse zum Becken, verstärkt durch den beigeleiteten Bielbach, sind doppelt so groß wie der Speicherraum und sichern eine Füllung des Sees bis Mitte Juli. 300 m tiefer, oberhalb des Steilabsturzes der Ill in den Talkessel von Parthenen, liegt der schon 20 Jahre bestehende 1,5 km lange *Vermuntstausee* (10), den eine 50 m hohe Betonmauer auf einem Gneisriegel abschließt. Diesem See werden derzeit durch ausgedehnte Stollenzüge die Abflüsse aus 107 km² der Tiroler Silvretta, der Fimber-, Larein-, Jam- und Kleinvermuntbach, zugeleitet, um über die große Fallhöhe bis zum Bodensee genützt zu werden.

Im Westen der Lechtaler Alpen, 800 m über dem von der Alfenz durchflossenen Klostertal, finden wir den *Spullersee-Speicher* (11), der der Stromversorgung der Österreichischen Bundesbahnen dient. Der natürliche See, in einer glazial ausgeschliffenen, weitgehend wieder verlandeten Mulde aus dichter Seekreide, ist durch zwei natursteinverblendete Staumauern auf der nördlichen und südlichen Felsschwelle um 30 m aufgestaut. Seine Fläche wurde dadurch verdreifacht. Vor einigen Jahren wurde der Zürsersee, dessen natürlicher Abfluß zum Lech durch eine kleine Sperre abgeschlossen wurde,

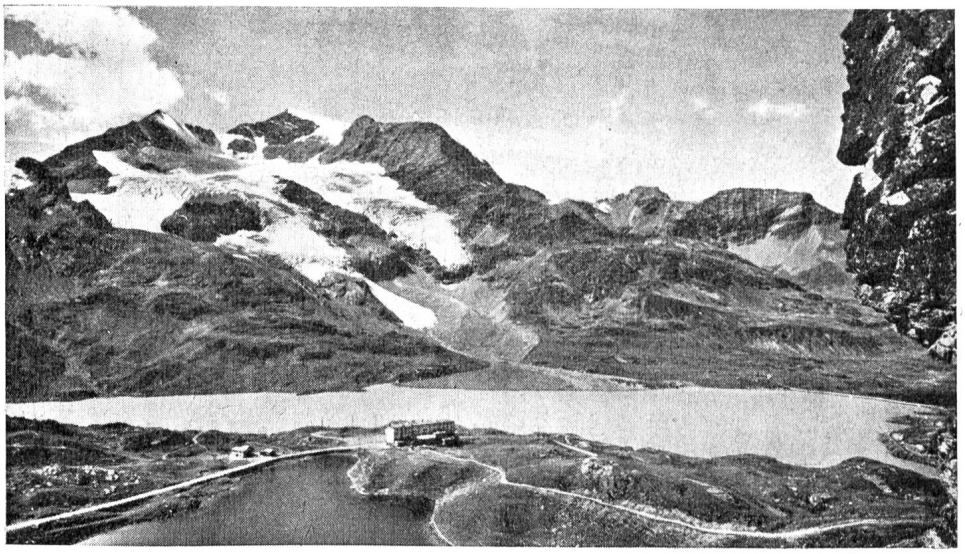

Abb. 8
Lago Bianco mit Berninahospiz, Blick gegen Piz Cambrena (3604 m)
(Photoglob-Wehrli AG, Zürich)

durch einen Stollen beigeleitet und neuerdings plant man die Einbeziehung des *Formarinsees* (103) im obersten Lechgebiet, wodurch der Speichernutzraum des Spullerseewerkes verdoppelt würde. Heute schon kommt den Rhein-Kraftwerken unterhalb des Bodensees aus den österreichischen Anlagen eine zusätzliche Winterwasserfülle von rd. 90 Mio m³ zugute.

Im Tiroler Lechgebiet, schon den Ammergauer Alpen zugehörend, dient der große *Plansee* (12) durch mäßige Absenkung als Speicherbecken. Im bayrischen Lech, am Alpenfuß unterhalb von Füssen hat der Bau des Speichers *Roßhaupten* (105) begonnen, der ein Einzugsgebiet von 1582 km² beherrscht. Durch einen 40 m hohen Erddamm wird ein 8 km langer, bis 2,5 km breiter See aufgestaut, der ein eiszeitliches Seebecken wieder auffüllt. Ausgenutzt wird er in einem neuen Sperrenkraftwerk und derzeit 16 Lechstaustufen, die Mehrzahl bekannt durch ihre überflutbaren Wehrkraftwerke, denen noch 15 folgen sollen.

Die Nordtiroler Kalkalpen bergen als größten See Tirols den *Achensee* (13), der, auf Absenkung um 10—11 m ausgebaut, zugleich der bisher größte Speichersee Österreichs ist. Sein natürlicher Abfluß ging ins Walchental zur Isar. Durch dessen Abriegelung und Durchstich zum Inntal konnte eine Fallhöhe von fast 400 m sehr günstig nutzbar gemacht werden. Anfänglich wurde der See nur um 5 m abgesenkt und konnte leicht wie vorgeschrieben bis zum 1. Juli wieder gefüllt sein. Die mit dem stetig wachsenden Energiehunger immer weiter getriebene Inanspruchnahme verhinderte im letzten Jahrzehnt oft die zeitgerechte Auffüllung und gab zu berechtigten Klagen Anlaß. Nunmehr steht eine Beileitung von etwa 80 Mio m³ Wasser aus dem nordwestlich vorgelagerten Dürrachtal im Bau; sie wird auch in abflußarmen Frühsommern ausreichende Zuflüsse für die volle Auffüllung bis zur sommerlichen Reisezeit darbieten, in welcher der schöne See, den Bild 3 aus der Höhe zeigt, ein vielbesuchtes Ziel bildet.

Im Isargebiet dient der *Walchensee* (6), in den die obere Isar bei Krünn eingeleitet wurde, als Speicher des bekannten gleichnamigen Großkraftwerks, das die 200 m-Stufe zwischen Walchensee und Kochelsee ausnützt. Der See wird lediglich einige Meter abgesenkt, früher 4,6 m, seit kurzem, nach Einleitung des Rißbaches, um 6,6 m, und ist in der Regel Ende Mai wieder gefüllt. Das Leitzachwerk der Stadt München nützt den *Seehamer See* (7) nördlich Miesbach.

Die Tiroler Zentralalpen besitzen bis heute als einzigen künstlichen Stausee nur den kleinen Wochenspeicher *Gmünd* (14) im Gerlostal, den in der Schlucht beim Opferstock die erste Gewölbestaumauer Österreichs abschließt.

Die hohen Tauern gehören zu den wichtigsten österreichischen Wasserkraftgebieten und sind seit Jahrzehnten auf ihre günstige Ausnützung besonders gründlich durchforscht worden. In den dazu gemachten Vorschlägen spiegeln sich alle Auffassungen über hochalpine Wasserkraftnutzung, und die Auseinandersetzungen über ihre Probleme in technischer, wirtschaftlicher und landeskultureller Hinsicht haben in breiteren Kreisen Widerhall gefunden. Von ihren Speichermöglichkeiten standen stets die großen glazialen Becken des *Tauernmoosbodens* (16) sowie des *Wasserfall-* (18) oder *Orglerbodens* und des darüberliegenden *Mooserbodens* (19) über den steilen Tälern der Stubache und der Kapruner Ache im Vordergrund. Im ersteren liegt seit nunmehr 20 Jahren der weite Tauernmoossee der Österr. Bundesbahnen. Seine kleine, natursteinverkleidete Staumauer fügt sich unauffällig in die großartige Hochgebirgslandschaft (Bild 4). Die besonders hohen Abflüsse der Tauern-Nordtäler sind früher unterschätzt worden; der See vermag seinen Sommerzufluß nur knapp zur Hälfte zu fassen und man plant daher seine baldige Erhöhung um 15 m durch eine neue Staumauer kurz unterhalb. Der *Weißsee* (17) wurde in den Kriegsjahren durch einen Stollen angezapft und sein Abfluß zum Tauernmoos übergeleitet. Nunmehr steht sein Aufstau um 30 m durch zwei kleine Betonmauern im Bau.

Im Kapruner Tal wächst die größte Staumauer Österreichs an der Limbergalm empor; Bild 5 zeigt den Teilstau des Stausees Wasserfallboden gegen die Höhenburg, vor dem Mooserboden, deren beiderseitige Talfurchen in Kürze ebenfalls mächtige Staumauern verschließen werden. Schon ist der 12 km lange Möllstollen im Bau, der die Gewässer des Pasterzengebiets unter dem Großglockner zur Füllung der beiden Seen auf die Tauernnordseite herüberführt. Eine Gewölbemauer in der Möllschlucht schafft an der Margaritze (83) ein kleines Becken für den Tagesausgleich der Gletscherabflüsse. Stauraum und Sperrstelle des *Margaritzensees* lagen in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts noch unter Eis und sind erst durch den anhaltenden Gletscherrückgang freigeworden. Sollte die Pasterze wieder so weit vorstoßen, so vertraut man auf die Schmelzwirkung des Sees, in den der Leiterbach aus unvergletschertem Einzugsgebiet eingeleitet wird.

In der Saalach (8) liegt oberhalb Bad *Reichenhall* an der Straße Lofer—Salzburg ein kleiner, schon 1913 vollendeter Stausee. Hier sind die Vorgänge, die beim Einbau von Staubecken in geschiebeführende Flüsse auftreten, Bettveränderungen und Auflandungen, langjährig erforscht worden.

Im nördlichen Salzachgebiet liegen im Wiestal drei ältere kleine Speicherseen der Stadt Salzburg, der natürliche *Hintersee* (21), durch ein im Felsschacht eingebautes Pumpwerk absenkbar, und die Staubecken *Strubklamm* (22) und *Wiestal* (23). Im Salzkammergut finden wir den *Schwarzensee* (24) über dem St. Wolf-

gangsee, den kleinen *Offensee* (26) in waldreicher Umgebung und vor allem am Fuße des Dachsteinmassivs die Gosauseen.

Die Gosauseen liegen in klüftigem Kalkstein und weisen von Natur aus infolge unterirdischen Abflusses beträchtliche Spiegelschwankungen zwischen Sommer und Winter auf. Der *Vordere Gosausee* (25) ist schon vor 40 Jahren um 15 m durch einen Damm auf der den See abdämmenden Moräne aufgestaut worden. Später wurde er auch durch ein Pumpwerk zusätzlich um 40 m abgesenkt. Durchsickerungen durch die Moräne machten wiederholt Abdichtungsarbeiten nötig, die in den letzten Jahren zu einem beachtlichen Erfolg führten. Auch die unschöne schwimmende Pumpanlage ist durch eine unterirdische ersetzt worden. Zum raschen Wiederauffüllen des Sees stehen Speicherpumpen zur Verfügung. Die Bilder 6 und 7 zeigen ein Sommer- und ein Winterbild dieses herrlichen Sees gegen das Dachsteinmassiv. Das letztere läßt erkennen, wie die Schnee- und Eisbedekkung der Ufer selbst in der Waldregion den so oft beklagten Eindruck der Absenkung mildert.

Das obere Ennsgebiet hat 1948 als erstes Staubecken den *Salzasee* (27) im Tal der Mitterndorfer Salza am Grimming erhalten. In der Schlucht «Durch den Stein» staut eine in die hellen Kalksteinwände sich gut einfügende schlanke Gewölbemauer den 5 km langen See auf.

Als östlicher Speichersee auf der Alpennordseite ist schließlich das kleine Staubecken *Erlaufklause* (28) bei Mariazell zu erwähnen. Im Kalkmassiv des Ötschers gelegen ist es die älteste Talsperre Österreichs mit einer 35 m hohen bruchsteinverkleideten Betonmauer aus dem Jahre 1909.

Bleiben wir zunächst auf österreichischem Staatsgebiet, im Raum zwischen Tauern und der Kette der Karnischen Alpen und Karawanken in den Tälern der Mur und Drau, so finden wir am weitesten östlich in der waldreichen anmutigen Hügellandschaft des Teigitschtales nahe der Höhenstraße über den Packsattel die Stauseen *Pack* (89) und *Hierzmann* (90). Der erstere liegt am Zusammenfluß des Packer und Modriacher Baches, der letztere dehnt sich auf 5 km Länge im engen Teigitschtal und ist technisch bemerkenswert durch seine stark unsymmetrische 58 m hohe Gewölbemauer im Gneis. Beide sind Fernspeicher des Kraftwerkes Arnstein.

In Kärnten wird der über dem Wörthersee gelegene *Forstsee* (88) durch 4 m Aufstau und 13 m Absenkung mit ergänzender Pumpspeicherung genützt.

In der Reißeckgruppe, die durch eine außergewöhnlich große Reliefenergie über dem Mölltal ausgezeichnet ist, steht ein Speicherwerk (Kraftwerk Kolbnitz) im Ausbau, das den *Gr. und Kl. Mühldorfer See* (87/86), den *Radl-* (85) und *Hochalpensee* (84), mit 1775 m Fallhöhe in einer Stufe, der höchsten der Welt, ausnützen wird. Diese vier, zwischen Sonnblick, Reißeck und Hoher Leier gelegenen, verhältnismäßig tiefen Karseen werden durch Stollen verbunden, stark abgesenkt und durch kleine Mauern 11—35 m hoch aufgestaut. Ihre Füllung erfolgt großenteils durch Hochpumpen aus einem 1200 m tieferen Horizont.

Im schweizerischen und italienischen Gebiet südlich des Alpenhauptkammes finden wir, im Westen beginnend, sogleich südlich des Splügenpasses die Wasserkräfte des Liro-Tales weitgehend ausgebaut. Im breiten Hochtal, in einem alten Gletscherboden, liegt der große Stausee *Spluga* (31), durch zwei Sperrmauern abgeriegelt; 650 m tiefer folgt beim Speicherkraftwerk *Isolato* ein durch eine 40 m hohe Kuppelmauer aufgestautes kleineres Becken (32). In der rechten Talflanke, mit einer 1000 m-Stufe nach San Bernardo ausgenutzt, liegt der durch Absenkung und Aufstau ausgebaute Karsee *Lago Truzzo* (33) im nackten, gletscherpolierten Fels, dessen Mauer während des Krieges erhöht wurde. Im Einzugsgebiet dieser Stufen sind noch 6 kleine Karseen angezapft, die das Winterwasser um zus. 2,6 Mio m³ vermehren. Die aus dem Bergell kommende Mera faßt bei *Villa di Chiavenna* (34) ein Kleinspeicher mit einem 40 m hohen Stauwerk, dadurch bemerkenswert, daß sein aufgelöster Mittelteil großenteils auf einem Betonbogen ruht, der sich auf die beiden Talflanken abstützt und den tief unter den Alluvionen des Flusses liegenden felsigen Untergrund überspannt.

Seit langem ausgebaut ist das Poschiavotal in 5 schweizerischen und einer italienischen Stufe bis Tirano. Die Paßseen am Berninapaß, *Lago Bianco* und *Lago della Scala* (29) sind durch zwei Staumauern zu einem großen See vereinigt, den Bild 8 gegen den Piz Cambrena (3604 m) zeigt. Da das natürliche Einzugsgebiet nur 11 km² groß ist, wird vom 300 m tiefer gelegenen Kraftwerk *Palü* noch Wasser hinauf gepumpt. Die Speicherpumpenanlage wird im Frühjahr sofort beim Einsetzen der Schneeschmelze in Betrieb genommen und sorgt für rasche Auffüllung des Sees, dessen smaragdgrüne Färbung durch die größere Tiefe infolge des Aufstaues noch schöner geworden ist. Auf der Alp Palü (137), unter der Zunge des Palügletschers in großartiger Hochgebirgslandschaft, liegt heute ein kleines Ausgleichsbecken. Geplant ist die Schaffung eines 6 Mio m³-Sees durch eine 40 m hohe Mauer. Im unteren Tal ist auch der natürliche *Lago di Poschiavo* (30) durch Absenkung als Speichersee einbezogen.

Im oberen Veltlin, im weiten Fraele-Hochtal haben die Stadtwerke Mailand zwei große Speicherbecken angelegt (Bild 9), deren Wasser in vier Stufen im Addatal bis Stazzona unterhalb Tirano über 1500 m Fallhöhe genutzt wird. Der Stausee *Cancano di Fraele* (36), den eine 57 m hohe Bruchsteinmauer absperrt, wurde bereits 1932 vollendet. Im Norden, vom 3124 m hohen M. Sum-

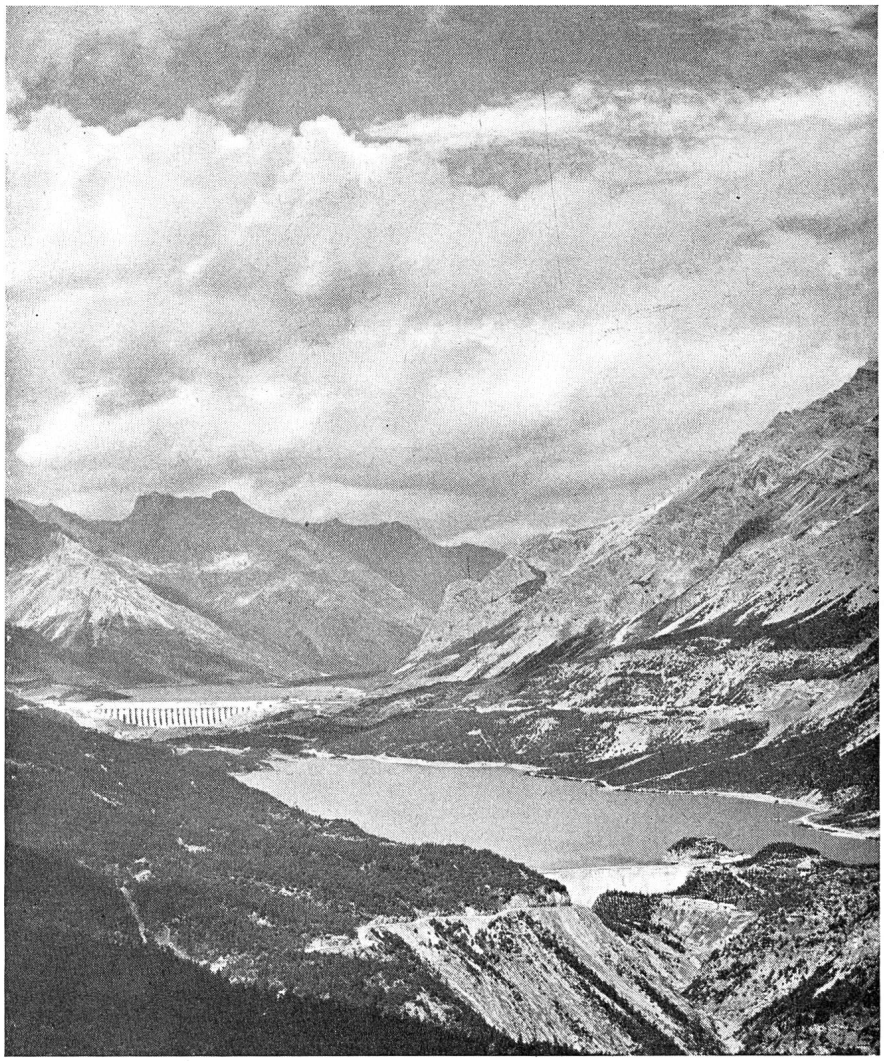

Abb. 9
Fraële-Stauseen im Quellgebiet der Adda, vorne Stausee Cancano, hinten Stausee S. Giacomo (Photo Chiolini-Turconi & Co., Pavia)

braida überragt, ist dieser See ein Anziehungspunkt für den Reiseverkehr geworden. Oberhalb dieses Beckens liegt der vor kurzem vollendete große Stausee *San Giacomo di Fraele* (37). Seine weite Wasserfläche reicht bis nahe an die durch Moräne und Gehängeschutt gebildete Paßhöhe von San Giacomo (Übergang ins Spöltal) heran, die zur Vermeidung von Durchsickerungen durch einen bis 40 m tiefen, auf den dichten Fels reichenden Betonsporn abgedichtet werden mußte. Das auf Kalkdolomit gegründete 84 m hohe, 900 m lange, im Mittelteil als Pfeilermauer ausgebildete Sperrbauwerk, das etwa 600 000 m³ Beton erforderte, ist eine der mächtigsten Staumauern im Alpenraum. Zur Füllung der Seen reicht das natürliche Einzugsgebiet nicht aus, ausgedehnte Beileitungen vom Torrente Zebrù und Braulio am Westhang des Stilfser Joches, im Süden aus Val Viola waren zur Ergänzung notwendig.

Aus den Bergamasker Alpen kommend mündet oberhalb Sondrio das Veninatal in die Adda. In seinem Talschluß liegt der *Venina-Stausee* (38), seit 1926 gesperrt durch eine 45 m hohe, aus mehreren senkrechten Gewölben bestehende Staumauer, eine seltene Bauweise aus der Frühzeit des italienischen Talsperrenbaues, und in einem rechten Seitental der Venina der jüngere Speicher *Scais* (39), dessen etwa 700 m langen, bis 400 m breiten Stausee eine moderne Pfeilermauer staut. Auch das Adda abwärts bei Forcola von Süden mündende *Tartano*-Tal birgt einen kleinen Stausee (40). Weiter westlich bei Morbegno, nahe dem Eintritt der Adda in den Comersee, ist das Bitto-Tal als Musterbeispiel der modernen Gesamtnutzung eines Einzugsgebietes nach einheitlichem Plan durch ein Vierstufenwerk zwischen 2100 und 250 m ü. M. ausgebaut. In den obersten Quellbächen liegen der um 27 m aufgestaute *Lago dell' Inferno* (41), das kleinere Becken *Pescegallo* (42) und der 700 m lange *Lago di Trona* (43), entstanden durch 45 m Aufstau des kleinen gleichnamigen Karsees.

Auf der Südseite der Bergamasker Alpen sind im Brembo-Tal eine ganze Gruppe kleiner natürlicher Seen oder Karbecken der Wasserkraftnutzung (Kraftwerke Carona, Bordogna, Lenna) durch Aufstau nutzbar gemacht. Es sind dies die Becken *Lago Diavolo, Lago Marcio, Colombo, , Laghi Gemelli, Piano delle Casere* und *Sardegnana* (44—49) alle mit kleinen Bruchsteinmauern von 20 bis 35 m Höhe. Der größte Speichersee liegt im Seriotal im *Barbellino-Boden* (51) beim Rifugio Curò, gesperrt durch eine 62 m hohe Betonmauer (Bild 10). Im Serio-Tal sind noch die Karseen *Lago*

Barbellino (50) im Talschluß und *Lago Nero* (52) in der rechtsseitigen Val Goglio durch Aufstau vergrößert.

Die südlichen Bergamasker Alpen waren auch der Schauplatz des einzigen schweren Talsperrenunglücks, das im Alpenraum vorgekommen ist. Im *Gleno-Tal,* im Oberlauf des Dezzo, der in den Oglio mündet, war 1920 bis 1923 ein 6 Mio m³ fassender Stausee 1548 m ü. M. durch eine 230 m lange, bis 50 m hohe Pfeilergewölbemauer auf einem geologisch günstigen gletschergeschliffenen Riegel von Serpentin-Fels geschaffen worden. Nach der ersten Füllung brach diese Mauer, wobei die Flutwelle im Unterlauf große Verwüstungen hervorrief und Menschenopfer verlangte. Die Ursachen, verschiedene schwere Baumängel, sind eingehend untersucht worden und haben das Verantwortungsbewußtsein aller am Talsperrenbau Beteiligten geschärft. Strengste Anforderungen an Planung, Ausführung und Überwachung sind für den modernen Talsperrenbau eine Selbstverständlichkeit und bildeten die Voraussetzung zu seinem heutigen hohen Stand.

Die Adamellogruppe bot den italienischen Wasserkraftingenieuren neben steilen Gefällen günstige natürliche Möglichkeiten für die Schaffung von Speicherbekken dar. In den nach Norden und Westen, zum Oglio (Val Camonica) entwässernden Tälern finden sich eine Reihe größerer, durch feste Felsschwellen gebildeter natürlicher Hochseen, die zum Ausbau durch Absenkung und Aufstau einluden. Im Avio-Tal, das bei Temù mündet, liegen in einem weiten Hochtal mit mehreren niederen Felsstufen hintereinander der *Lago d'Avio* (55) und *Lago Benedetto* (54). Sie sind etwa 1,2 bzw. 0,8 km lang und 350 m breit. Gegenwärtig ist weiter talaufwärts als Oberstufe der Speicher *Pantano d'Avio* (53) im Bau, der, gespeist von den Gletschern des M. Adamello (3554 m), durch eine 63 m hohe und 420 m lange mächtige Pfeilermauer aufgestaut wird.

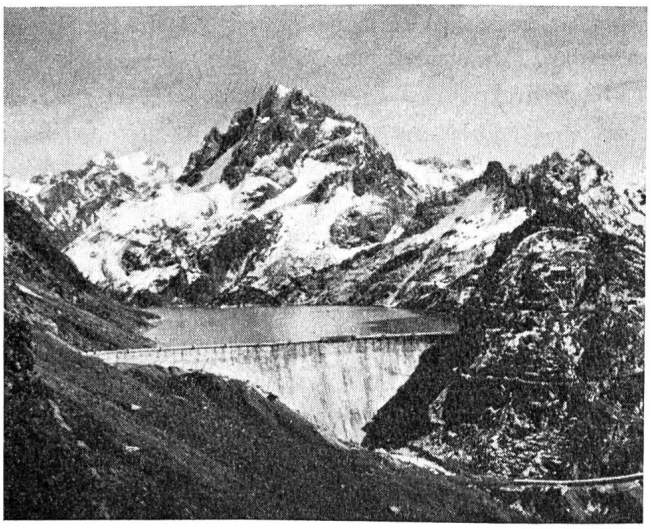

Abb. 10 Stausee Pian Barbellino in den Bergamasker Alpen mit Pzo. Recastello (2886 m) (Photo Giunta tecnica del Gruppo Edison)

Auf der Westseite sind mehrere Seen durch Verbindungsstollen zu einem System zusammengefaßt und die Spiegelunterschiede durch Zwischenkraftwerke genutzt. Unter dem Crozzon Baitone (3331 m) liegt der *Lago di Baitone* (56), die Poglia-Täler bergen nördlich den *Lago di Salarno* (58) und darüber den kleineren *Lago Dosazzo* (57), südlich als größten Adamello-See den *Lago d'Arno* (59), der durch 25 m Absenkung und 27 m Aufstau gewonnen wurde. Seine 36 m hohe Bruchsteinmauer steht eindrucksvoll auf der Karschwelle unmittelbar am Rand der steil etwa 900 m abstürzenden Schlucht. Von hier werden die Gewässer den Kraftstufen Isola und Cedegolo zugeführt. Die Adamello-Stauseen sind lediglich durch Saumwege und Seilbahnen erschlossen. Eine Fahrt mit diesen nur für Bauzwecke gedachten, oft weitgespannt über die Schluchten der Mündungssteilstufen sich berganschwingenden Bahnen ist ein Erlebnis eigener Art. Der südlichen Adamello-Gruppe gehört noch der zum Chiese entwässernde hochgelegene kleine *Lago della Vacca* (60) an. Erwähnt sei auch der vom Chiese durchflossene, auf 368 m ü. M. gelegene große *Lago d'Idro,* der durch Absenkung einen 76 Mio m³-Speicher bildet und vom Kraftwerk Vobarno mit 100 m Fallhöhe genutzt wird.

Die Gewässer der Ostseite der Adamellogruppe, die die Sarca speisen, werden gegenwärtig zusammen mit denen der Brentagruppe in den am Ausbau stehenden Kraftwerken «Sarca-Molveno» der Nutzung zugeführt. Als ihr Kernstück wird der im Osten auf 825 m ü. M. gelegene natürliche 120 m tiefe *Molvenosee* (61), der einem gewaltigen Bergsturz seine Entstehung verdankt und keinen oberirdischen Abfluß besitzt, in einen Großspeicher umgewandelt. Zu diesem Zweck wird er etwa 80 m abgesenkt, dann soll noch 8 oder sogar 15 m höher aufgestaut werden, womit man 234 Mio m³ Nutzraum erreichen würde. Voraussetzung wird außer der Hinwegsetzung über landeskulturelle Bedenken die Lösung schwieriger Dichtungsaufgaben sein. Ein 48 km langer Stollenzug sammelt auf der Westseite des Sarcatales die Abflüsse der Adamellogruppe, nimmt bei Pinzolo die obere Sarca di Genova und die Sarca di Campiglio auf, umzieht die Südwestseite der Brentagruppe und führt alle diese Gewässer in den Molvenosee-Speicher. Die 600 m Höhenunterschied zwischen Molveno- und Toblinosee werden dann in der Kavernenzentrale S. Massenza ausgenützt, derzeit die größte derartige Anlage Europas. Der Molvenosee, auf den die Türme der Brenta mit der Cima Tosa (3176 m) herabschauen (Bild 11), soll jeweils bis zum Hochsommer wieder aufgefüllt sein. Die Sarca wird noch ein zweites Mal in einer Schlucht bei *Ponte Pia* (62) in einem kleinen Staubecken gefaßt und ihr aus dem Restgebiet zuströmendes Wasser durch einen anderen Stollen mit geringerer Fallhöhe im gleichen Werk S. Massenza abgearbeitet. Eine Unterstufe soll

Abb. 11
Molvenosee im Trentino, Nordende, Blick gegen Brentagruppe
(Photo Leo Bährent, Merano)

noch bis zum Gardasee ausgebaut werden, unter Benutzung des *Lago di Cavedine* (242 m ü. M.), der schon seit langem durch Absenkung als 7 Mio m³-Speicher von den Sarcastufen Fies und Dro genützt wird.

Fährt man vom Molvenosee nach Norden ins Nonstal, so kommt man zu dem soeben vollendeten großen Stausee von *S. Giustina* (66). In der großartigen, vom Noce eingesägten cañonartigen Schlucht oberhalb Dermulo, wo die Straßenbrücke das Nonstal überschreitet, sperrt eine 150 m hohe kühne Gewölbestaumauer mit nur 150 m Kronenlänge und 16 m Dicke am Fuß, derzeit die zweithöchste der Welt, den Fluß und staut ihn zu einem dem Molvenosee an Fläche gleichkommenden großen See, der sich auf 7 km Länge zwischen reiche Obstkulturen tragenden Hängen erstreckt (Bild 12).

Im Quellgebiet des Noce, der aus der südlichen Ortlergruppe kommt, finden wir zwei große Hochgebirgsspeicherseen. Im obersten Noce Bianco am Cevedale-Gletscher liegt der *Careser See* (64) mit einer 59 m hohen, 425 m langen Staumauer in einer kahlen Rundbuckellandschaft (Bild 13). Er ist einer der höchstgelegenen Stauseen in den Alpen, bisher nur übertroffen vom kleineren Lago della Rossa (Stura di Viù, Piemont) auf 2716 m ü. M. Im Noce Nero befindet sich der Stausee *Pian Palù* (65) im Bau. Hinter einer steilen Felsstufe liegt ein verlandeter Seeboden, entstanden durch Rutschung des linken Gehänges, der durch einen Steindamm mit umfangreichen Dichtungsvorkehrungen in Talsohle und Flanke 40 m überstaut wird. Hier wird auch auf interessante Art mit geringem Aufwand eine Vermehrung des Stauraumes durchgeführt. Ein Stollen wurde tief unter den verlandeten Seeboden vorgetrieben, und durch ihn spült man nun mit Hilfe der rückschreitenden Erosion unter der eigenen Kraft des Wildbaches, unterstützt durch Abspülen der Böschungen mittels Druckwasserspritzen und wiederholtes Verlegen des Bachlaufes im Boden die abgelagerten feineren Sedimente heraus. Während der wasserreichen Monate mehrerer Sommer vermag der Bach beträchtliche Bodenmassen wegzutragen. Dieses Verfahren haben die italienischen Ingenieure schon bei mehreren natürlichen Seen, namentlich im Adamello, mit Erfolg angewandt.

Auch im Etschgebiet ist soeben eine Großspeicheranlage vollendet worden. Vom Reschenpaß in den Vintschgau hinein liegen im breiten und flachen, von Moränen erfüllten Talboden untereinander gestaffelt die drei großen Reschenseen, Reschen-, Mitter- und Heider-See. Die beiden oberen wurden durch einen Staudamm am Ausfluß des Mittersees, wenig oberhalb des Dorfes St. Valentin, zu einem einzigen großen Becken, dem Stausee *Resia* (67) aufgestaut, dessen Oberfläche reichlich viermal so groß ist wie die frühere Wasserfläche. Das Stauziel liegt 24 bzw. 19 m über dem bisherigen mittleren Spiegel der beiden Seen. Zwischen diesen wurde ein Kanal ausgebaggert, um eine Absenkung von einigen Metern unter den heutigen Seespiegel zu erreichen. Außer einer überstauten Landfläche von etwa 500 ha, großenteils Kulturland, hat der Speichersee auch 128 Häuser von Reschen und Graun gefordert.

Das Absperrbauwerk ist ein 450 m langer Erddamm aus Schuttkegelmaterial mit flachen Böschungen und einem inneren Dichtungskern aus ausgesuchtem Feinboden, der in dünnen Lagen stark eingewalzt wurde. In den gewachsenen Baugrund setzt er sich als 20 m tiefer Betonsporn fort, ohne jedoch an den hier sehr tiefliegenden Fels anzuschließen, da von den Erbauern bei der mäßigen Stauhöhe keine gefährlichen Durchsickerungen befürchtet werden.

Der neue Reschensee ist der größte See des Alpenraumes in dieser Höhe. Der Blick über die weite Seefläche

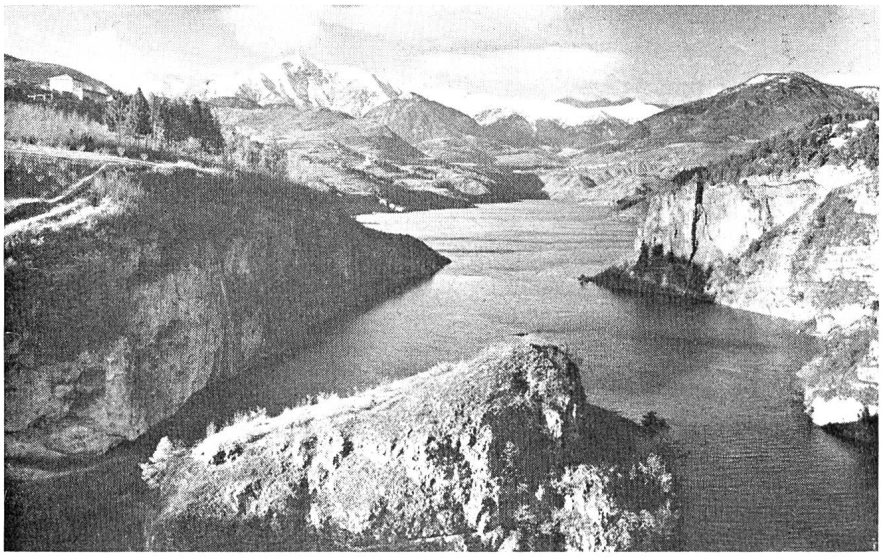

Abb. 12
Stausee S. Giustina am Noce, Blick gegen Norden (erster Teilstau)
(Photo Giunta tecnica del Gruppo Edison)

und die grüne Malser Heide auf die in den südlichen Himmel ragende mächtige weiße Ortlergruppe bietet ein eindrucksvolles kontrastreiches Landschaftsbild (Bild 14). Leider ist nach den Zuflußverhältnissen zu erwarten, daß die Füllung des Sees erst im Spätsommer eintritt. Im Zusammenhang mit den schweizerisch-tirolischen Plänen am Spöl und Oberen Inn wird deshalb italienischerseits eine Überleitung mit Pumphilfe aus dem Inngebiet erstrebt.

In den Seitentälern der Etsch im Vintschgau sind zwei Hochgebirgsseen im Entstehen begriffen. Im inneren Schnalstal bei *Obervernagt* (68), wo der Aufstieg zum Niederjoch (Similaunhütte) im Schnalser Kamm der Ötztaler beginnt, wird ein alter Seeboden durch einen ähnlichen Damm wie am Reschen eingestaut, und in dem zur östlichen Ortlergruppe hinaufleitenden Martelltal steht bei *Zufritt* (69) eine 100 m hohe Mauer im Bau, die einen kleineren See abschließen soll.

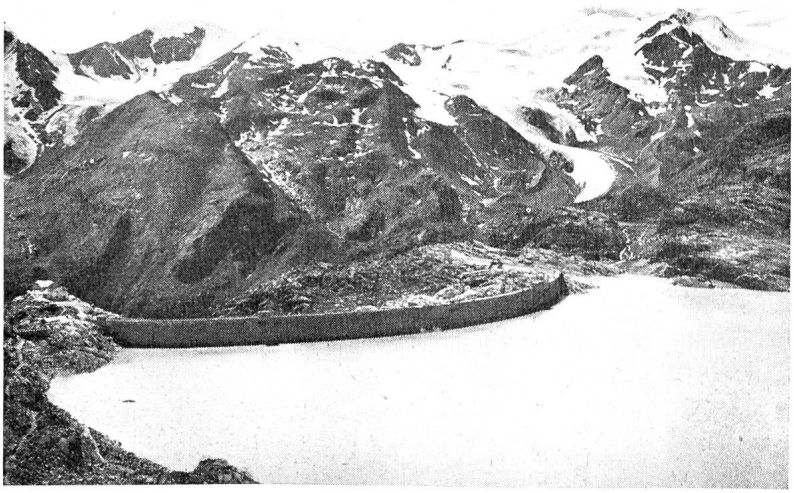

Abb. 13 Stausee Careser in der Ortlergruppe, 2600 m ü. M., der höchstgelegene Speichersee der Ostalpen, Blick gegen Westen mit Vedretta della Mare, rechts M. Cevedale (3774 m) und Zufallspitze (Photo Chiolini-Turconi & Co., Pavia)

Der Eisack ist bereits von Franzensfeste bis Kardaun vor Bozen durch eine Kette großer Laufwerke ausgenutzt. Der Reisende auf der Brennerstrecke bemerkt unterwegs die Wasserfassungen mit Wehr und großen Entsandungsbecken, leider auch im Spätsommer das Fehlen des Wassers im Flußbett. Die oberste Stufe (Kraftwerk Brixen) faßt den Eisack (70), und die aus dem Pustertal kommende Rienz (71) je mit einem kleinen Tagesspeicher. In der engen Kalksteinschlucht, über der die alten Befestigungswerke von *Franzensfeste* liegen, staut eine schlanke Gewölbestaumauer den Eisack um 58 m auf. Der, so gebildete Stausee ist wegen der Enge und des starken Gefälles der Eisackschlucht nur klein und tritt im Landschaftsbild kaum in Erscheinung.

Östlich Trient liegt in dem zur Etsch entwässernden Pinè-Tal der *Lago delle Piazze* (72), aufgestaut durch einen 15 m hohen Steinsatzdamm. Er wird ins tiefliegende Fleimstal (Kraftwerk Pozzolago) abgearbeitet. Das bekannte Ponalekraftwerk am Nordende des Gardasees nutzt in einer 600-m-Stufe den um 23 m absenkbaren *Lago di Ledro* (63).

In die Dolomiten ist der Wasserkraftausbau erst in geringem Maße eingedrungen. Im Travignolotal (73), an der Straße Pedrazzo-Rollepaß, staut beim *Forte Buso* eine in die Porphyrwände des Tales eingefügte 112 m hohe Talsperre den Bach zu einem etwa 2 km langen See. Sein Wasser wird durch einen Stollen von 9 km Durchschlaglänge nach Süden ins Cismontal übergeleitet und dort in einer Reihe von Kraftstufen abgearbeitet.

Im Bereich der Marmolata haben große Bauarbeiten begonnen. Auf dem Fedaja-Paß, westlich des kleinen *Fedaja-Sees*, wird ein Jahresspeicher (74) geschaffen, dessen

40 m hohe Abschlußmauer im Abfluß zum Fassatal (Avisio) liegt. Auf der Ostseite wird der See durch einen Erddamm begrenzt. Der Stollen unterfährt die Marmolata, und die Fallhöhe wird zweistufig, mit verschiedenen Beileitungen in den Werken Malga Ciapela im Pettorinatal und Saviner ausgenützt.

Der *Alleghesee* (75) im Cordevole bildet einen natürlichen Speicher. Er ist erst 1771 durch einen Bergsturz entstanden, der mehrere Dörfer verschüttete oder einstaute. Der See, den die wilden Felsenwände der Civetta (3220 m) überragen, reichte einst bis Caprile, ist heute nur knapp halb so lang und in weiterer Verlandung begriffen. Mit Rücksicht auf das großartige Landschaftsbild und den Fremdenverkehr hat man sich mit einer geringen Spiegelregulierung begnügt. Vom Alleghesee abwärts ist der Cordevole durch drei Laufstufen bis Stanga ausgenutzt. Alle Kraftwerke liegen als Kavernen im Berg. Nur der monumentale Eingang mit dem Löwen von Venedig in Veroneser Kalk weist auf ihre Bedeutung hin.

Zu einem Kraftzentrum großen Stiles ist der untere und mittlere Piave ausgebaut. Schon vor 25 Jahren wurde aus dem Piave bei Ponte nelle Alpi oberhalb Belluno eine Ableitung von 80 m^3/s in den zum Großspeicher umgewandelten *Lago di S. Croce* (386 m ü. M., 120 Mio m^3, 8 km^2 Oberfläche) ausgeführt. In 6 Kraftstufen über mehrere kleine Seen wird das Wasser in das Livenza-Tal geführt und bis auf 13 m ü. M. ausgenützt. Dieser Weg folgt der alten Gletscherfurche des Piavetales gegen Vittorio Veneto. Im oberen Piavegebiet liegen an der Vereinigung des Ansiei mit dem Piave als Zwieselwerk die Speicher *Comelico* (76) und *S. Caterina* (77) im Ansiei unterhalb Auronzo. Die Sperren dienen hauptsächlich der Stauhaltung, daher sind die Becken meist gut gefüllt.

Gegenwärtig wird die mittlere Flußstrecke mit einem erfaßten Einzugsgebiet von 1281 km^2 ausgebaut. Bei *Pieve di Cadore* (78) wurde letzthin ein 8 km langer Stausee im Piave vollendet mit einer weitgespannten Gewölbegewichtsmauer auf Raiblerdolomit (Bild 15). Der kurz unterhalb mündende, aus dem Ampezzaner Tal kommende Boite wird bei *Valle* (79) gestaut und in den Piavespeicher übergeleitet. Aus diesem verläuft ein 27 km langer Druckstollen im linken Talhang bis Soverzene, wo das Kraftwerk, in unmittelbarer Nähe des Entnahmebauwerks für die Zuleitung zum Lago di S. Croce, als Kaverne errichtet wird. Er kreuzt das bei Longarone mündende Vajonttal. Dieses ist in seinem unteren Teil eine enge Erosionsschlucht von gewaltigem Ausmaß. Hier wird das *Vajont*-Speicherbecken (80) eingefügt, das bei der vorgegebenen Spiegelhöhe eine 206 m hohe Staumauer erfordert. Zwischen die fast senkrechten Felswände wird sich eine dünnwandige Gewölbemauer spannen, die höchste der Welt, für die die Bauarbeiten gerade begonnen haben. Südlich davon wird *Val Gallina* (81) gekreuzt, in dem ebenfalls ein kleineres Staubekken eingeschaltet wird. Es wird gebildet durch eine 85 m hohe weitgespannte Kuppelmauer auf Trias-Dolomit, deren Bau im Gange ist. Nach Vollendung dieser Werke wird der Piave jährlich 1,6 Mrd kWh liefern.

Weiter nach Osten, in den Venetianischen Alpen, ist vor kurzem im *Lumiei* (82), einem linken Nebenfluß des Tagliamento, ein großer Speichersee in Betrieb gekommen. In der Mulde der alten deutschen Sprachinsel Zahre (Sauris) besitzt das Lumieital ein weites Becken, das überwiegend aus den weichen Böden der unteren

Abb. 14 Stausee Resia im Quellgebiet der Etsch, erster Teilstau, Blick gegen Süden, im Hintergrund Ortlergruppe (Photo Flli. Pedrotti, Trento)

Trias und des oberen Perm gebildet wird mit ausgedehnten grünen Hängen und Waldungen. Talabwärts von Maina di Sauris durchschneidet die Talfurche die zähe Schlerndolomitzone der mittleren Trias in einer großartigen engen Felsschlucht mit beinahe senkrechten Wänden. Die Schlucht eignete sich hervorragend zur Anlage einer Sperre, während die obere Talweitung einen geräumigen Speicherraum darbot. Den 3,8 km langen See staut eine kühne Kuppelgewölbemauer von 136 m Höhe.

B. Geplante Speicherseen.

Nunmehr mögen einige Angaben über die wichtigeren der *geplanten* Speicherseen folgen, in einem gleichartigen Rundgang wie oben.

Eines der günstigsten schweizerischen Großkraftwerkprojekte ist der Ausbau der Hinterrhein-Wasserkräfte bis Sils im Domleschg in 3 Kraftwerkstufen, die 1,3 Mrd kWh darbieten. In der italienischen *Valle di Lei* (91, Bild 16) soll ein 8 km langer Stausee für 200 Mio m³ geschaffen werden, der auf 1931 m ü. M. auch die Gewässer des Averser und Madriser Rheins durch Beileitungsstollen sammelt. Durch Grenzregulierung wird die mächtige Staumauer, die bei 136 m Höhe und 560 m Länge die an amerikanische Maße herankommende Betonmasse von 1 560 000 m³ erfordert, samt Nebenanlagen auf schweizerisches Hoheitsgebiet zu stehen kommen. Die Mittelstufe erhält einen kleineren Speicher (20 Mio m³) bei *Sufers* (92) im Hinterrheintal auf 1401 m ü. M.

Auch für die Wasserkraftnutzung im Unterengadin bestehen große Pläne. Der Hauptspeicher soll in der italienischen *Valle di Livigno* (93) entstehen, mit einer 130 m hohen Staumauer an der schweizerisch-italienischen Grenze, die den Spöl zu einem 8 km langen See bis S. Maria aufstauen würde (180 Mio m³, Stauziel 1807 m ü. M.). Zwischenstaatliche Verhandlungen sind hier im Gange. Der Plan hat sich auch mit Einsprüchen des Naturschutzes auseinander su setzen, weil der Stausee in der Nähe des schweizerischen Nationalparkes liegt, der vom Spöl durchflossen wird. Die Entscheidung liegt beim schweizerischen Bundesrat. Mehr in der Ferne liegen die Aussichten des schon älteren Planes, den Inn selbst am Eintritt in die enge und wilde Durchbruchschlucht von Finstermünz durch eine 160 m hohe Gewölbemauer zu einem See anzustauen (Stauziel 1150 m ü. M.), der bei 17 km Länge bis unterhalb von Schuls-Tarasp reichen und bei 70 m Spiegelschwankung einen Wasservorrat von rund 400 Mio m³ aufnehmen würde. Da der Inn hier bereits ein wasserreicher Fluß mit einem vierfach größeren Sommerzufluß ist, könnte der *Martina-See* (94) nach der winterlichen Absenkung bereits Mitte Juni gefüllt sein. Für die Sommermonate würde sich hier ein See ergeben, der um die Hälfte größer wäre als alle Oberengadiner Seen zusammen. In den heutigen Plänen hat man auf den Stausee Martina verzichtet und eine Laufwerkstufe Scuol—Martina vorgesehen.

In der Silvretta sind am Zeinisjoch, dem Übergang zwischen Montafon und Paznauntal, zwei Speicherseen baureif vorbereitet, die Stauseen *Kops* und *Zeinis* (95, 96), über 1800 m hoch gelegen, ersterer mit einer 115 m hohen Staumauer, die von der reichen Sommerwasserfülle der Überleitungen 44 und 13 Mio m³ für den Winter speichern sollen. Im *Kleinvermunttal* (97), oberhalb Galtür, kann ebenfalls ein Sammelbecken für 62 Mio m³ eingefügt werden. Nach dem Vollausbau der Werkgruppe wird also die Silvretta 5 große, eng benachbarte Hochgebirgs-Stauseen aufweisen.

Das Rhätikon, dessen Abflüsse heute ein 19 km langer Stollen längs des Illtales als «Dachrinne» sammelt und dem Tagesspeicher Latschau und Kraftwerk Rodund zuführt, birgt auf 1943 m ü. M., unter der Scesaplana, das Juwel des großen, herrlich blaugrünen *Lünersees* (98). Der für diese Höhenlage ungewöhnlich große und tiefe See (1,18 km², 105 m größte Tiefe) ist wahrscheinlich im wesentlichen durch einen Einbruch infolge Auslaugung unterirdischer Gipslager entstanden. Er hatte keinen oberflächlichen Abfluß, sondern entwässerte durch Schichtfugen und Klüfte des schmalen Seebordes aus Hauptdolomit. Schon 1925 hat man den See durch einen Stollen 45 m tief abgesenkt, um die undichten Stellen abzudichten. Diesen Zustand zeigt Bild 17.

Abb. 15 Stausee Pieve di Cadore am Piave in Venetien, links die Ortschaft Pieve di Cadore (Photo Giulio Marino, Vittorio Veneto)

Abb. 16
Der geplante Stausee Valle di Lei im Einzugsgebiet des Averser- und Hinterrheins
(Photo Eidg. Landestopographie)

Seitdem wird sein Sommerzufluß für die unterliegenden Kleinkraftwerke bewirtschaftet. Nach Lage und Größe bietet der Lünersee einen außerordentlich günstigen Speicherraum dar. Nur muß ihm der Hauptteil des Speicherwassers zugepumpt werden. Nach dem jetzigen Projekt soll der See durch eine kleine Mauer auf dem Seebord um 27 m aufgestaut werden; er faßt dann 76 Mio m³, wobei seine Seefläche auf 1,52 km² wächst. Kraft- und Pumpwerk liegen am Becken Latschau (992 m ü. M.). Die Füllung soll spätestens Mitte August beendet sein.

Für das von der Wasserkraftnutzung bisher unberührte, sehr niederschlagreiche Gebiet der Bregenzer Ache ist in den letzten Jahren ein einheitlicher Ausbauplan ausgearbeitet worden. Sein Skelett bilden mehrere große Speicher: In der Oberstufe die untereinander verbundenen Becken *Auenfeld,* Körbersee und Kalbelesee (99) auf 1695 m ü. M. mit 44 Mio m³ Nutzraum, in der Mittelstufe die Speicher *Schönebach* (100), Stauziel 1060 m ü. M., 111 Mio m³, und *Sibratsgfäll* (101) in der Subersach, auf 840 m ü. M. mit 100 Mio m³ Nutzraum. Sie erfordern 90—140 m hohe Sperrbauwerke. Ein Speicher im Lech auf der Tannlegeralpe bei *Zug* (102) mit 54 Mio m³ könnte vorteilhaft diesem System eingegliedert werden, ist aber für den Lechausbau kaum zu entbehren.

Das wichtigste Wasserkraftprojekt im schwäbischen Allgäu ist das *Argenwerk,* das die besonders niederschlagreiche Argen von Isny bis zum Bodensee in einer Stufenkette über 300 m nützen soll. Das Kernstück ist der Speicher *Isny* (104), Stauziel 695 m ü. M., der ein ausgedehntes Moorgebiet (1316 ha) einstauen würde und bei 10 m Absenkung 102 Mio m³ liefert. Diese großen Speicherpläne dürfen das besondere Interesse der Unterliegerwerke am Hochrhein beanspruchen.

Im Tiroler Lechgebiet würde sich das rund 9 km lange Becken des *Plansees* und des Heiterwangersees (4,2 km² natürliche Seefläche), mit felsiger Seewanne, allseitig von Dolomitfels umschlossen und nur im Osten durch eine Moränenschwelle abgedämmt, günstig durch Absenkung und Aufstau zu einem sehr bedeutenden Wasserspeicher (450 Mio m³ bei 50 m Spiegelschwankung), ausbauen lassen. Durch Einleitung des sehr wasserreichen Lechs bei Häselgehr mittels eines 30 km langen Stollens, der alle Seitenbäche aufnimmt, könnte die frühzeitige Füllung sichergestellt werden. Es würde sich dabei um die Wiederherstellung eines alten Zustandes handeln, denn der See stand früher einmal 16 m höher und hat seinen Spiegel durch Einschneiden des Archbaches in die Seeschwelle gesenkt. Bedenken von Naturschutzseite gegen diese, seit einem Menschenalter in verschiedenen Abwandlungen studierten Pläne sind nicht ausgeblieben. Für einen Lechausbau unter Schonung des jetzigen Plansees sind Speicher im Lech bei Steeg, im Almajurtal und im Krummbachtal bei Warth vorgeschlagen worden.

Ein sehr großzügiges Projekt für einen *Isar-Großspeicher* ist in den letzten Jahren von den bayrischen Behörden sehr gründlich studiert und vorbereitet worden. Die Isar soll im einsamen Isarwinkel an der Engstelle des *Sylvensteins* (106) um 110 m über die Talsohle aufgestaut werden. Es entsteht dann ein 20 km langer Stausee, der bis 2 km unterhalb Wallgau reicht, mit 25 km² Oberfläche. Überstaut würden größtenteils Ödland und Wald und nur wenige Wohnstätten. Durch einen 6 km langen Stollen soll die Verbindung zum Walchensee hergestellt und alles Wasser, das nicht dem Isarlauf unterhalb des Sylvensteins belassen werden muß, über ein zweites Walchenseekraftwerk zum Kochelsee abgearbeitet werden. Der Nutzraum ist so bemessen, daß er das gesamte verfügbare Isarwasser auf das Winterhalbjahr verlagert. Bei 38 m Schwankungshöhe faßt er 760 Mio m³. Der abgesenkte See hat noch 13 km² Ober-

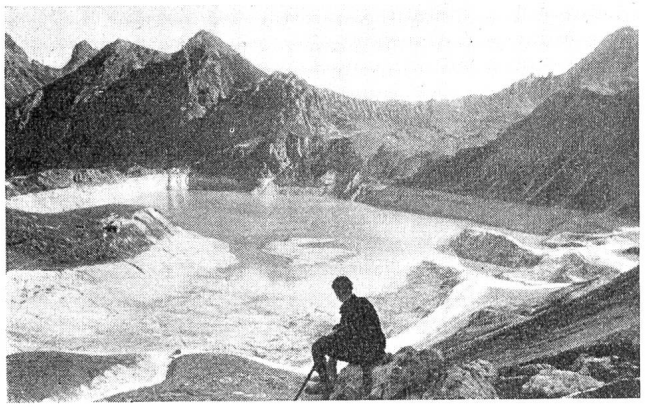

Abb. 17 Lünersee im Rhätikon, zu Abdichtungsarbeiten abgesenkt (Photo Vorarlberger Illwerke AG)

fläche — etwa die doppelte des Achensees — und einen Totraum von 400 Mio m³. Am Sylvenstein ist eine mächtige Gewölbemauer geplant, die bis 90 m tief unter dem Flußbett zu gründen ist und daher 200 m hoch werden würde. Neben einem vollständigen Hochwasserschutz für das Isartal würde dieses gewaltige Bauvorhaben 500—600 Mio Winter-kWh erbringen, die die bayerische Energieversorgung dringend braucht.

Kleinere Pläne in den bayrischen Kalkalpen betreffen einen Stausee für 37 Mio m³ am oberen Ende der *Partnachklamm* (107) bei Garmisch. In die Klamm soll zur sommerlichen Reisezeit stets viel Wasser abgelassen werden, auf daß das gewohnte Bild erhalten bleibe. Im Gebiet des Wendelsteins soll ein Stausee für 24 Mio m³ in der vom *Förchenbach* durchflossenen Regau (108), nahe dem Gasthaus «Tatzelwurm», in etwa 790 m ü. M., entstehen und mit 310 m Fallhöhe zum Inn bei Kirnstein ausgenutzt werden. Er erfordert einen 70 m hohen Staudamm. Bei reichlichen Sommerzuflüssen sowie Pumpspeicherung aus dem Inn kann er frühzeitig im Sommer gefüllt sein.

Zahlreich sind die Tiroler Planungen für große und größte Speicherseen zur Erschließung der wertvollen Wasserkräfte der Ötztaler, Stubaier und Zillertaler Alpen. Die nachstehend genannten sind nach langjährigen Untersuchungen die günstigsten und unentbehrlich für den Ausgleich der überreichen Sommerabflüsse dieser stark vergletscherten Gebiete, durchwegs ausgesprochene Hochgebirgsseen in Höhenlagen zwischen 1500 und 2300 m ü. M.

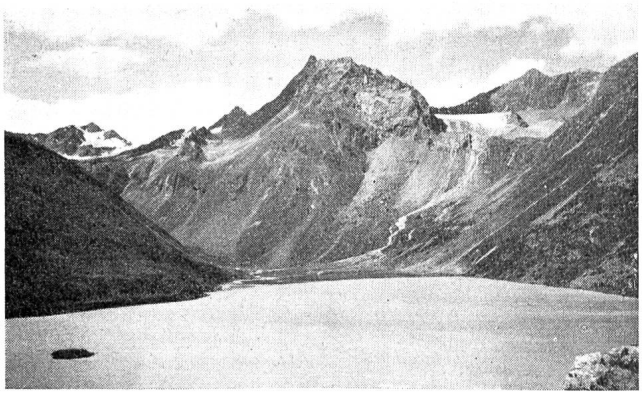

Abb. 18 Rifflsee im Pitztal in den Ötztaler Alpen, Blick gegen Seekogl (3350 m) und Kaunergrat (Photo S. Ritzer & T. A. Kofler, Innsbruck)

Im *Kaunertal* stellt der weite Geröllboden unterhalb des Gepatschhauses (109) einen idealen Speicherraum für 100 Mio m³ bei 4 km Seelänge und 90 m Stauhöhe dar. Im Pitztal soll der natürliche *Rifflsee*, 2232 m ü. M., von dem sich ein großartiges Panorama auf die Gletscher des Pitztalschlusses, den Geigenkamm und das dunkle Horn des Seekogels darbietet (Bild 18), durch einen auf die ihn abdämmende Moräne aufgesetzten Damm um 50 m zu einem See (110) von dreifach größerer Fläche (30 Mio m³) aufgestaut werden. Im Ötztal soll eine 150 m hohe Gewölbemauer in der Kühtreinschlucht unterhalb von *Zwieselstein* (111) die Gurgler und Venter Ache in einem See von 122 Mio m³ mit 200 ha Oberfläche fassen, der sich auf 4 km Länge bis unterhalb Heiligkreuz im Ventertal erstreckt. Oberhalb *Huben* (112) im mittleren Ötztal soll die geröllerfüllte Talstrecke des «Brugger Sänters» zu einem 65 ha großen See überstaut werden, der während 10 Monaten gefüllt bleibt. Er kommuniziert mit dem vorgeschobenen Tagesspeicher im *Stuibenbachtal* (113) ober Ötz. In der Stubaier Gruppe bietet im oberen *Sulztal* die aufgeschotterte Gletscherwanne hinter dem Felsriegel des Sulzbichls bei der Amberger Hütte (114) einen geräumigen Speicherraum für 70 Mio m³, Stauziel auf 2234 m ü. M., dar. Die letztgenannten Speicher gehören zum sogenannten Vierstufenausbau der Ötzwasserkräfte, der rund 1,5 Mrd kWh erbringen soll und im Vordergrund der Bemühungen um baldige Verwirklichung steht.

In den Zillertaler Alpen ist in erster Linie der Plan des Speichers *Durlaßboden* (115) für das bestehende Gerloskraftwerk zu nennen. Er käme in den weiten Boden des Wildgerlostales oberhalb der Klaustret-Alpe zu liegen, mit dem Stauziel auf rund 1400 m ü. M. Der See würde sich, insgesamt 3,5 km lang, weit nach Süden ins innere Wildgerlostal erstrecken, wo über den grünen Hängen des Vordergrundes die weißleuchtende Reichenspitz- und Wildgerlosgruppe (3305 m) aufragt, während an seinem Nordufer die Gerlosstraße zum Gerlospaß hinaufsteigt. Für den späteren Gesamtausbau des inneren Zillergebiets sind große Stauseen im Schlegeisgrund bei der Dominikushütte (116), im Stilluptal (117) und im Zillerboden (118), unter der Plauener Hütte, geplant.

Den größten Stauraum der Tauern bietet das *Krimmler* Tal dar, wo 180 Mio m³ in einem langgestreckten Hochtalsee (119) gespeichert werden können. Die Abarbeitung ist nicht nur nach Wald im Pinzgau, sondern auch in das 300 m tiefer liegende Zillertal möglich. Jedem Planenden stellt sich hier die Aufgabe, den Krimm-

ler Wasserfällen, die als die schönsten und großartigsten der Alpen gelten dürfen und über die in den vier Sommermonaten etwa 140 Mio m³ Gletscherwasser weißgischtend in 3 Stufen 380 m tief herabbrausen, nicht nur ihre Wasserfülle, sondern auch die Unberührtheit ihrer Umgebung zu erhalten. Die Füllung des Krimmler Sees ist verhältnismäßig leicht erreichbar durch Beileitungen aus dem Habach, Unter- und Obersulzbach und von der Tauernsüdseite aus dem obersten Virgental, bei Verbindung mit dem Gerlos-Zillergebiet auch aus dem Zillergrund und Wildgerlostal. Die Wahrung der Naturschönheiten ist durchaus möglich; aber wenn hier einmal gebaut werden soll, wird es ein Prüfstein für den Kulturwillen und die Heimatverbundenheit aller Beteiligten sein.

Eine Werkgruppe Venediger - Mittersill längs des Felbertales würde als Hauptspeicher das Becken *Innergschlöß* (100 Mio m³, 1780 m ü. M.) auf der Tauernsüdseite (130) heranziehen, außerdem soll der *Kratzenbergsee* (120) vergrößert werden.

Im Fuscher Tal wird das ehemalige Seebecken des *Rotmooses* (121) oberhalb Ferleiten in 1305 m ü. M. einen schönen Speichersee für 35 Mio m³ unter der Glocknerstraße ergeben. Die Errichtung eines 45 m hohen Dammes auf der über 100 m mächtigen Talverschüttung stellt allerdings eine schwierige Ingenieuraufgabe.

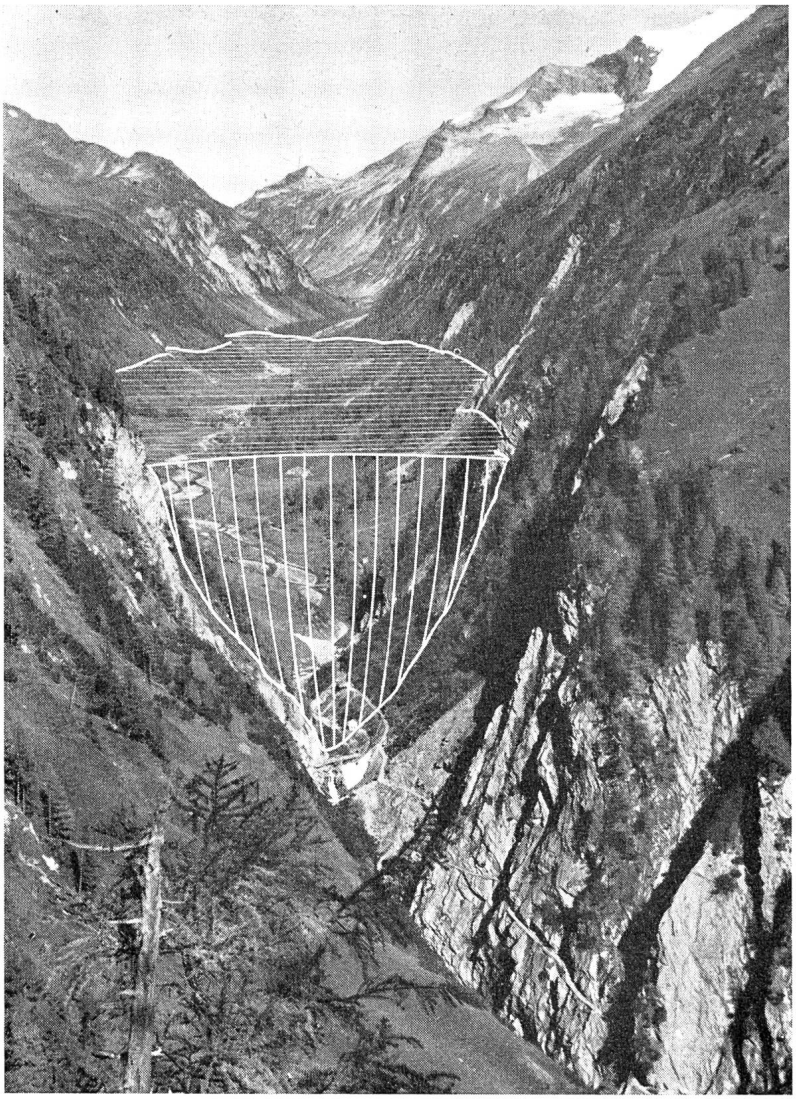

Abb. 19 Der geplante Stausee Dorfertal in Osttirol mit Sperrstelle Daberklamm (Photo Studiengesellschaft Osttirol)

Im obern Gasteiner Tal gegen die Niederen Tauern liegt der heute schon genutzte *Bockhartsee* (20). Sein Großausbau auf 22 Mio m³ mit Überleitung aus der Rauriser Ache ist geplant. Ferner bietet sich im *Naßfeld* (122) eine günstige Möglichkeit für einen großen Speichersee für 126 Mio m³ auf 1675 m ü. M.

Im Gosautal ist der baldige Ausbau des Beckens *Gosauschmied* (123) auf 785 m ü. M., mit 2,4 Mio m³ und 24 ha Staufläche zu erwarten.

Im oberen Ennsgebiet liegen die einzigen Winterspeicherräume, die einem Durchprüfen der Möglichkeiten in der Steiermark stand gehalten haben. Geplant sind zweistufige Speicherwerke im Talbach bei Schladming mit dem 1385 m hoch gelegenen *Riesachsee* (124) als Speicherbecken für 25 Mio m³, und im Triebental mit dem Paß-Stausee *Hohentauern* (125), 1226 m ü. M.

Auf der *Südseite des Alpenhauptkammes,* zunächst wieder auf österreichischem Boden, bietet in Kärnten, in den Gailtaler Alpen, der *Weißensee* (126) mit seinen 5,5 km² Oberfläche, 928 m ü. M. und 350 m über dem Oberdrautal gelegen, durch einfache Absenkung einen besonders günstigen Speicherraum für ein großes Kraftwerkprojekt ähnlich dem Achenseewerk dar. Mit Hilfe von Pumpen aus der Drau kann die Ausbaugröße ziemlich weit getrieben werden. Pläne wurden für 77—133 Mio m³ Nutzraum studiert. Andere Vorschläge sehen eine Kraftwerkskette entlang des Weißenbaches mit nur mäßiger Heranziehung des Weißensees vor.

In der Ankogel-Hochalmspitzgruppe planen die österr. Bundesbahnen den Ausbau des *Stappitzer Sees* (1300 m ü. M.) im Seebachtal zu einem größeren Speichersee (127) für ihr unterliegendes Mallnitzwerk. Hier bestehen bei tiefer Verschüttung des dichten Felsgrundes ähnliche bautechnische Schwierigkeiten wie am Rotmoos. Der *Oschenigsee* (2335 m ü. M.) ist als Speicherbecken für ein Kraftwerk im Fraganttal ausersehen (128).

Im Osttiroler *Iselgebiet* finden sich gute Gelegenheiten für sehr große hochgelegene Speicherseen. Die wichtigste ist das *Dorfertal* (129) innerhalb Kals. Der Schluchtmund der Daberklamm bietet eine ungewöhnlich günstige Sperrenstelle im festen Kalkglimmerschie-

fer, von der Bild 19 einen Eindruck vermittelt, so daß hier durch eine 150 m hohe Gewölbesperre ein 4 km langer See mit dem Spiegel 1728 m ü. M. und 1,7 km² Oberfläche aufgestaut werden soll, der bis zum Kalser Tauernhaus reicht und 95 Mio m³ faßt. Ein Zukunftsbild zeigt also in einem Umkreis von 12 km um den höchsten Gipfel Österreichs sechs, mit der Margaritze sieben große Hochseen, von denen fünf vorhanden oder im Bau und zwei vordringlich geplant sind.

Im oberen Matreier Tauerntal sind zwei ähnlich große Seen oberhalb der *Schildalm* (131), 120 Mio m³, 1593 m ü. M., und der schon erwähnte im Innergschlößboden, in prachtvoller Lage unter dem Großvenediger (3674 m) und dem Schlatter Kees, vorgesehen.

Auf Schweizer Boden, im Bergell, besteht der Plan eines Speichersees für 40 Mio m³ auf der Alpe *Albigna* (133), 2136 m ü. M., im Angesicht des großartigen Albignagletschers und der Zocca-Ferro-Gruppe (Bild 20). Sein Einzugsgebiet ist eines der abflußreichsten der ganzen Alpen, mit nahezu der doppelten Spende wie auf der Nordseite der Berninagruppe.

In einem rechten Seitental der unteren Mera, in Italien, ist der Ausbau des 2073 m hoch gelegenen *Lago dell'Acquafraggia* (132) mit einem 7 Mio m³-Speicher beabsichtigt.

In Val Malenco, südlich der Berninagruppe, plant man ergänzend zu zwei Kraftwerken mit dem kleinen Lago Pirola (35) drei Staubecken, *Alpe Gera, Campo Moro* und *Painale* (134—136), alle gegen 2000 m hoch gelegen und mit zusammen 41 Mio m³ Inhalt.

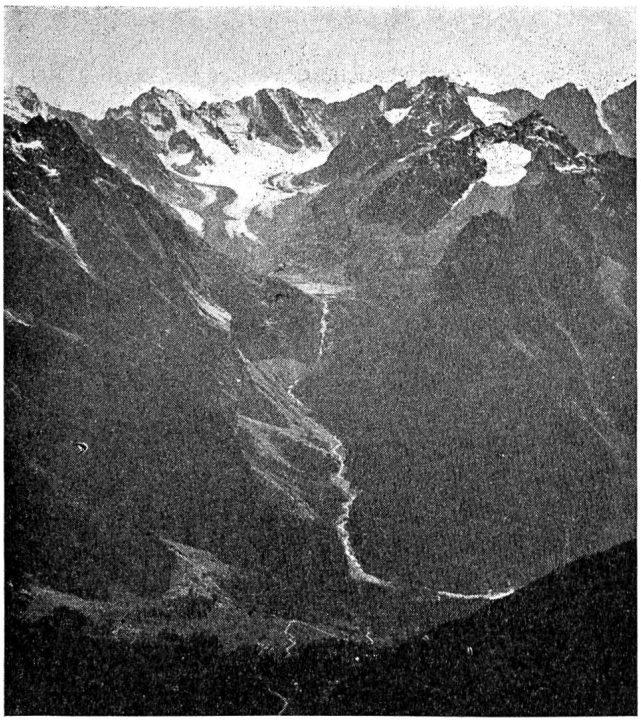

Abb. 20 Albigna im Bergell mit geplantem Speicherbecken am Fuß des Albignagletschers (Photo A. Pedrett, St. Moritz)

Für den weiteren Ausbau des oberen Addagebietes sind Seitenstufen mit kleineren Speichern von 7—10 Mio m³ Stauraum, *Gavia* (138), auf 2000 m ü. M., in dem bei Bormio von links mündenden Torrente Frodolfo an der Straße zum Gaviapaß, *San Bernardo* (139) im Torrente Rezzolasco und als größtes das Becken *Pugnalto* (20 Mio m³) im rechtsseitigen Roasco-Tal (140), beide auf 1600 m ü. M., geplant. Bemerkenswert ist ein jüngster Plan, nach dem das Staubecken *Cancano di Fraele* (36, s. o.) beträchtlich höher aufgestaut werden soll, zu dessen Füllung man nicht nur die Beileitungen im Addagebiet bis zum Frodolfo ausdehnen, sondern vor allem das obere Spölgebiet heranziehen will.

In der Adamellogruppe besteht das Projekt eines Speichers im *Aviolo*-Boden (141) für 10 Mio m³, Stauziel 1976 m ü. M., mit Abarbeitung nach Sonico, und in den Abflüssen der Presanella ist südwestlich Dimaro der *Stausee delle Malghette,* 7 Mio m³, 1922 m ü. M., geplant (142). Auf der Ostseite sollen beim Ausbau der oberen Sarca noch die Staubecken *Cornisello* (2145 m ü. M., 15,7 Mio m³) und *Ritorto* (2100 m ü. M., 5,3 Mio m³) nahe Madonna di Campiglio entstehen, in einem rechten Zubringer der Speicher *Fiavè* (660 m ü. M., 10,8 Mio m³). Im Süden soll auch der letzte noch freie Sektor der Adamellogruppe, das *Chiesegebiet,* mit mehreren Speichern und fünf Kraftwerken für 480 Mio kWh fast jahreskonstanten Energiedargebotes ausgebaut werden.

Im Rahmen des wasserwirtschaftlich sehr interessanten Regulierungsprogrammes für die mittlere Etsch sind u. a. 3 km oberhalb von Bozen ein *Talfer*-Stausee (143) für 12 Mio m³, sowie eine 70 m hohe Sperre für 14 Mio m³ im unteren Avisio (Fleimser Tal) bei *Pozzolago* (144) vorgesehen. Von dieser soll eine Ableitung zum *Caldonazzo-* (449 m ü. M.) und *Levico-See* führen, der bei 10 m Spiegelschwankung 66 Mio m³ speichern und dem Hochwasserschutz, der Wasserkraftgewinnung und zur Bewässerung im Brentagebiet dienen kann. Gleiche Aufgaben soll ein 30 Mio m³-Speicher im unteren *Cismontal* (145) erfüllen.

In den östlichen Dolomiten ist im Cordevole oberhalb *Caprile* (1150 m ü. M.) ein Speicher für 25 Mio m³ geplant (146), der durch eine 110 m hohe Gewölbemauer gebildet werden soll.

Dem System «Piave-Boite-Vajont» soll noch das Wasser des Maè-Tales, eines rechten Zubringers aus dem Gebiet des M. Pelmo (3169 m), durch einen Düker unter dem Piavetal, zugeführt und im Maè das Speicherbecken *Forno di Zoldo* (31 Mio m³) auf 832 m ü. M. (147) angelegt werden durch Absperrung einer morphologisch und geologisch günstigen Schlucht im Dolomit mittels einer 120 m hohen Gewölbemauer. Für die Zukunft sind im oberen Piavetal noch Staubecken bei *Sappada* (148) und in *Val Visdende* (149) sowie im rechtsufrigen *Piovatal* (150) geplant. Der Ausbau des Boite-Tales soll Spei-

cherseen bei Peutelstein *(Podestagno)*, 1420 m ü. M., 39 Mio m³, an der Einmündung des Fanes- und Travenanzes-Tales, nördlich Cortina d'Ampezzo (151), und ein kleineres bei *Campocroce* (152) auf 1740 m ü. M. bringen.

Schließlich besteht auch für das Tagliamento- und Fella-Gebiet ein Generalplan, der die Speicherseen *Viellia, Vinadia* und *Cavazzo* mit zus. 50 Mio m³ vorsieht. Bei dem außerordentlichen Tempo, mit dem Italien seine Wasserkräfte ausbaut, wird die Verwirklichung der meisten dieser Projekte kaum lange auf sich warten lassen.

Damit ist unser Rundgang beendet. Bei der Fülle der bereits bestehenden Anlagen und wichtigeren Planungen konnte auf dem verfügbaren Raum nur ein knapper Überblick gegeben werden. Auf mancherlei bemerkenswerte Angaben, z. B. über geologische Grundlagen der Stauräume und Sperrstellen, über die Zufluß- und Füllungsverhältnisse der Seen, die energiewirtschaftliche Ausnutzung durch die zugehörigen Kraftstufen, mußte verzichtet werden.

Schrifttum

Böhm, A.: Die Hochseen der Alpen. Mitt. d. k. k. Geograph. Ges. Wien, 1886.

Stiny, J.: Einige Folgeerscheinungen d. Spiegelabsenkungen von Speicherbecken. Geologie und Bauwesen, 1929, S. 51.

Reindl, C.: Die Regulierung der Etsch. Wasserkr. und Wasserwirtsch., 1938, S. 114.

Stiny, J.: Statistische Untersuchungen über Geologie und Stauseebau in den ostmärkischen Alpen. Geologie und Bauwesen, 1940, S. 66.

Schiffmann, Tr.: Seeabsenkungen. Wasserkr. und Wasserwirtsch., 1942, S. 156.

Vas, O.: Der Anteil Österreichs an der elektrizitätswirtschaftlichen Gemeinschaftsplanung in Europa. Österr. Zeitschr. f. Elektrizitätswirtschaft (ÖZE), 1948, S. 6 und 40, und Schriftenreihe d. Österr. Wasserwirtschaftsverb., H. 13.

Kocher, H. F.: Der Ausbau der Wasserkräfte in den Hohen Tauern. Schweizer. Bauztg., 66. Jg., 1948, Nr. 3, 4, 5, S. 35, 47, 62.

Böhmer, H.: Über den derzeitigen Stand der Bauarbeiten am Tauernkraftwerk Kaprun. Zeitschr. d. Österr. Ing.- und Archit.-Ver., 1948, H. 23/24, S. 177, und Schriftenreihe d. Österr. Wasserwirtschaftsverb., H. 14.

Führer durch die schweizerische Wasser- und Elektrizitätswirtschaft. III. Ausgabe, 1949, 2 Bde. Verlag d. schweiz. WW.-Verbandes, Zürich, 1949.

Grengg, H.: Neue Wege — alte Ziele in den Naturschutzbestrebungen des Alpenvereins. Mitteil. ÖAV, 1949, H. 9/10 und 1950, H. 3/4.

Koci, A.: Die Bautechnik in der Elektrifizierung der österreichischen Bundesbahnen. Österr. Bauzeitschr. 5. Jg. 1950, H. 7, S. 114.

Töndury, G. A.: Kraftwerkbauten in Norditalien. Schweiz. Bauztg., 68. Jg., 1950, Nr. 10, 11, 13, 14, S. 121, 133, 170, 184, und Wasser- u. Energiewirtsch., 42. Jg. 1950, Nr. 6/7 u. 9, S. 97 u. 170.

Marcello, Cl.: Moderner Talsperrenbau in Italien. Schweizer. Bauztg., 68. Jg., 1950, Nr. 33, 34, 35.

Link, H.: Die Speicherseen der Ostalpen. Jahrbuch des Österr. Alpenvereins 1950, S. 130.

Hauser, A.: Geologische Notizen zu einigen Wasserkraftwerken in Norditalien. Österr. Bauzeitschr., 6. Jg., 1951, H. 3 u. 4, S. 37 u. 65.

Eine neue Hochwasserformel für den Alpenraum

Von Oberbaurat Dipl.-Ing. *Harald Kreps*, Hydrographische Landesabteilung, Graz (Österreich)

Die Vorausbestimmung der größten zu erwartenden Hochwasser ist eine in der Wasserwirtschaft ständig wiederkehrende Aufgabe, deren Lösung bisher keineswegs restlos befriedigen kann. Es ist auch nicht anzunehmen, daß eine allgemein gültige Formel jemals gefunden wird, aber die unerbittliche Notwendigkeit, vor jedem Bauvorhaben die größte Hochwassermenge zu ermitteln, zwingt immer wieder dazu, wenigstens für bestimmte größere Gebiete die Gesetzmäßigkeiten der Hochwassererscheinungen aufzudecken. Die in der Praxis gebräuchlichen Formeln sind entweder reine Faustformeln (Kreßnik, Hofbauer) oder sie verlangen die Wahl von Beiwerten (Jszkowski, Specht), wodurch mancher sonst ehrliche Ingenieur verleitet wird, die Formel «von rückwärts» zu rechnen und je nach dem gewünschten Ergebnis die Gelände-Beiwerte nachträglich auszuwählen. Andere Methoden, wie z. B. das Flutplanverfahren (Felber, «Deutsche Wasserwirtschaft» 1939, Seite 51) setzen eine gründliche Geländekenntnis voraus und sind daher nur für Spezialuntersuchungen anwendbar.

Aus diesen Erkenntnissen heraus habe ich den Versuch unternommen, aus den bekannten größten Hochwassern im Alpenraum eine Gesetzmäßigkeit herauszufinden. Die Versuche, die Hochwasserspenden mit der Größe des Einzugsgebietes, der Tallänge oder der mittleren Seehöhe in Beziehung zu bringen, schlugen fehl.

Neueste Untersuchungen von Prof. Wundt, Freiburg «Die größten Abflußspenden in Abhängigkeit von der Fläche» («Die Wasserwirtschaft», Stuttgart 1949/50, Heft 2) zeigen recht interessante Zusammenhänge, doch ist eine exakte Angabe bei den stark streuenden Werten schwer möglich.

Wohl aber gibt es einen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen der mittleren Jahresabflußmenge MQ und dem etwa alle hundert Jahre zu erwartenden Katastrophenhochwasser HHQ_{100}.

In der Größe des Mittelwassers drückt sich der Landschaftscharakter des Gebietes bereits aus; denn die mittlere Jahresabflußmenge ist nicht allein von der Größe des Einzugsgebietes, sondern auch von der Seehöhe,