Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 44 (1952)
Heft: 1-2

Artikel: Die Speicherseen der Westalpen : Bestand und Planung
Autor: Link, Harald
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921772

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. 8 Lac des Dix mit Montblanc de Seillon (3871 m), La Luette und Glacier de Lendarey rechts (Photo Emile Gos, Lausanne)

Die Speicherseen der Westalpen

Bestand und Planung

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

DK 627.8 : 621.29

Im Jahrgang 1951 (Heft 6/7, S. 101) dieser Zeitschrift wurde ein umfassender Überblick über die Speicherseen der Ostalpen gegeben. Um diesen Überblick für den gesamten Alpenraum zu vervollständigen, sollen hier, an die genannte Studie anknüpfend, die Westalpen behandelt werden. Als Grenze wählen wir wiederum wie üblich die Linie Bodensee—Rheintal—Splügenpaß—Comersee. Zunächst sei noch einmal die Zusammenstellung aller derzeit im Betrieb oder Bau stehenden Speicher im ganzen Alpenraum gegeben, von rund 500 m Höhenlage ü. M. aufwärts. Von den zahlreichen kleineren Tagesspeichern oder Ausgleichbecken von weniger als 1 Mio m³ Inhalt sind nur ausnahmsweise einige bedeutendere aufgenommen, die sich durch größere, bemerkenswerte Sperrbauwerke auszeichnen.

Gegenüber der im Vorjahr gebrachten Zusammenstellung ergaben sich einige Änderungen. So sind u. a. zehn ursprünglich italienische Staubecken in den Meeralpen und am Montcenis, die durch den Friedensvertrag von 1946 an Frankreich fielen, bei Frankreich aufgeführt. Die Grande Dixence, die bei schrittweisem Ausbau eine sehr lange Bauzeit erfordert, ist noch nicht eingerechnet.

Alpine Speicherseen im Betrieb oder Bau

Staat	*Westalpen* Seen Anzahl	*Westalpen* Nutzraum Mio m³	*Ostalpen* Seen Anzahl	*Ostalpen* Nutzraum Mio m³
Frankreich	27	901	—	—
Italien	35	391	55	1200
Schweiz	36	1226	8	111
Deutschland	—	—	4	250
Österreich	—	—	31	470
Zusammen	98	2518	98	2031

Die Speicherseen der Westalpen lassen sich in die nördlich, westlich und südlich des Alpenhauptkammes gelegenen einteilen. Diese drei Gruppen umfassen 28 Becken auf der Nordseite bis zum Genfersee, 26 im

Westen bis zu den Meeralpen und 44 im südlichen inneren Alpenbogen. Die Seen der Nord- und Westseite weisen durchschnittlich wesentlich größere Nutzräume auf, zu erklären teils aus den steileren, glazial weniger ausgeweiteten Tälern des Südabhangs, teils aber auch aus dem Umstand, daß der jüngere italienische Wasserkraftausbau sich vorwiegend seinem an Fläche größeren Ostalpengebiet zugewandt hat. Bei knapp der Hälfte aller Speicherbecken sind natürliche Seen benutzt worden, mit nur wenig schwankendem Anteil in den drei Gebietsgruppen. Durch den Aufstau sind die Westalpen um rund 79 km² neue Wasserflächen bereichert worden, auf ihrer Nordseite um 42 km², im Westen 19 km² und im südlichen Alpenbogen 18 km². Zum größten Teil liegen diese Seen in prachtvollen Hochgebirgslandschaften.

Abb. 2 Klöntalersee im Sommer, taleinwärts gesehen (Photo Schönwetter-Elmer, Glarus)

Mit Einschluß der Grande Dixence erreichen die neuen Wasserflächen bereits das Zwanzigfache des Silsersees im Oberengadin oder nahezu die Ausdehnung des Zürichsees (88 km²). Auf den Nutzraum der Seen bezogen erforderte 1 Mio m³ Wasservorrat durchschnittlich 3,1 ha gegen 2,3 ha in den Ostalpen, wo er durch den höheren Anteil natürlicher Seen ermäßigt ist. Für die drei Gebietsgruppen der Westalpen lauten die Zahlen 3,9 ha/Mio m³ auf der Nordseite, 2,2 ha für den Westen und 3,1 ha für die Südflanke. Der hohe Wert für die Nordschweiz ist verursacht durch die großen Seen nahe am Gebirgsfuß (wie vor allem Sihlsee und Greyerzersee, dann Klöntalersee, Montsalvens, aber auch Salanfe). Durch die Grande Dixence wird er auf 3,1 ha/Mio m³ gesenkt werden. Der besonders niedere Wert für die französischen Seen ist eine Folge der beiden jüngsten, sehr hoch aufgestauten mächtigen Speicher Tignes und Roselend.

Die Höhenverteilung der Westalpenspeicher zeigt untenstehende Tabelle.

Ähnlich ausgeprägt wie bei den Ostalpen-Speicherseen finden wir auch hier eine Gruppe großer Becken am Gebirgsfuß nahe den Verbrauchschwerpunkten, dann aber den Hauptteil der Seen nach Zahl und Inhalt als Hochgebirgsseen in über 1500 m Meereshöhe, während ein Gürtel von etwa 900—1600 m Höhenlage nur schwach besetzt ist. Die günstigsten Stauräume bilden ja in den Alpen vorwiegend die glazial ausgeweiteten, oft übertieften stadialen Gletscherzungenbecken der Eiszeiten, die heute als verlandete einstige Seen flache Böden bilden. Die in den ganzen Alpen verbreitete Namengebung Boden, Plan, Piano, oft auch Alpe kennzeichnet diese verlandeten glazialen Becken, deren feste Felsschwellen günstige Sperrstellen bilden und deren oft sumpfige, geröllbedeckte und unbesiedelte Talböden auch landeskulturell keine schwerwiegenden Opfer durch die Überstauung verlangen. Von den nicht aus natürlichen Seen geschaffenen Speicherbecken entfallen mehr als die Hälfte und gerade die bedeutenderen auf solche «Böden», der Rest sind Schluchtsperren und vielfach kleinere Speicher, bei denen oft andere Gründe, wie gebundene Lage oder die Schaffung von Fallhöhe, maßgebend waren.

Die durchschnittliche Höhenlage des Wasservorrats (Schwerpunkt) aller Speicherseen ist 1500 m ü. M., und zwar 1370 m für die Nordgruppe, 1410 m für die westlichen und 1870 m für die südlichen Becken. Die Grande Dixence wird dieses Maß für die Nordseite wie für die ganzen Westalpen auf rund 1600 m bringen. Für die Ostalpen-Speicher war die durchschnittliche Höhenlage zu 1260[1] m gefunden worden. Der Unterschied ist rund 240 m, und zwar für die Nord- und Westseite 100 m, für die Südseite der Alpen sogar 630 m. Hier zeigt sich der Einfluß der soviel größeren Massenerhebung der Westalpen. Berücksichtigt man jedoch, daß in den Ostalpen verhältnismäßig viele und großräumige Becken unter 1000 m ü. M. ausgebaut wurden — 35 Seen mit 53% des Nutzraumes gegen nur 18 Seen mit 31% des Nutzraumes in den Westalpen — und daß namentlich in den österreichischen Alpen erst wenige Hochgebirgsspeicher

[1] berichtigter Wert, einschl. der Ergänzungen; Nordseite 1290 m, Südseite 1240 m.

Höhenlage der Westalpen-Speicherseen

Höhenstufe m ü. M.	Nordseite Seen Anzahl	Nordseite Nutzraum Mio m³	Westseite Seen Anzahl	Westseite Nutzraum Mio m³	Südseite Seen Anzahl	Südseite Nutzraum Mio m³	Zusammen Seen Anzahl	Zusammen Nutzraum Mio m³
unter 1000	8	535	5	235	5	11	18	781
1000—1500	2	3	2	52	4	82	8	137
1500—2000	11	390	7	524	17	297	35	1211
2000—2500	7	141	12	59	16	169	35	369
über 2500	—	—	—	—	2	20	2	20
zusammen	28	1069	26	870	44	579	98	2518

entstanden sind, so ist der Unterschied nicht groß, und wir erkennen darin gerade für die Nordseite den Umstand, daß die geräumigen glazialen Becken in den Westalpen vergleichsweise tiefer liegen, weil Niederschlagreichtum und stärkere Vergletscherung die großen Talgletscher weiter talab reichen ließen und lassen als in den Ostalpen.

Faßt man West- und Ostalpen zusammen, so ist die mittlere Höhenlage sämtlicher Speicherräume derzeit 1390 m, mit der Grande Dixence 1460 m ü. M. In dieser Höhe kann also der gesamte Speicherraum der Alpen, der sich 5 Mrd m³ nähert, konzentriert gedacht werden.

Die in unserer Betrachtung der Ostalpen-Speicherseen angeführten maßgebenden Vorbedingungen für die *Planung* und Auswahl neuer Speicherräume gelten gleichartig auch für die Westalpen. Das Streben in die Höhe und nach möglichst großen Anlagen ist hier in allen beteiligten Ländern ebenso ausgeprägt wie in den Ostalpen, die Zuhilfenahme der Pumpspeicherung vielleicht noch stärker. Namentlich in der Schweiz haben sehr gründliche vergleichende Studien die Erkenntnis erhärtet, daß der Höchstausbau günstiger Speicher, auch mit sehr ausgedehnten Beileitungen, die Winterenergie wesentlich wirtschaftlicher gewinnen läßt als eine Vielzahl kleinerer und mittlerer Becken und Werke.

Die als bauwürdig feststehenden und in den Rahmenplänen der verschiedenen Länder erscheinenden Projekte neuer Speicherseen umfassen etwa 50 neue Sammelbecken mit einem Nutzraum von 4,4 Mrd m³. Es ergibt sich etwa der 2½fache Inhalt je See wie bei den bestehenden, ein ähnliches Ergebnis wie bei den in den Ostalpen vorliegenden Plänen. Dabei bieten die Nord- und Westseite aus dem schon genannten Grunde wiederum die weitaus größeren Speichermöglichkeiten dar als die steile Südflanke. Die allermeisten dieser Becken werden ausgesprochene Hochgebirgsspeicher in Höhen von 1600—2800 m ü. M. sein.

Abb. 3 Stausee Innertal im Wägital, Blick gegen die Staumauer Schräh

A. Im Betrieb stehende oder im Bau begriffene Speicherseen

Die nachstehenden Tabellen bringen die wichtigsten zahlenmäßigen Angaben über die derzeit im Betrieb oder im Bau stehenden Speicherseen der Westalpen, getrennt für die nördlich, westlich und südlich des Alpenhauptkammes gelegenen. Wie bei den Ostalpenseen kennzeichnen auch hier Höhenlage, nutzbarer Speicherraum und derzeitiger Energieinhalt ihre Bedeutung für die Energiewirtschaft, Seefläche und Spiegelschwankung lassen ihre Wirkung in der Landschaft beurteilen. Über die Sperrbauwerke, unter denen sich die bedeutendsten Talsperren Europas befinden, sind die Hauptdaten beigegeben.

Der Energieinhalt bezieht sich wiederum auf alle derzeit im Betrieb oder Bau stehenden Kraftwerke und umfaßt sämtliche Unterliegerwerke, einschließlich der Laufwerke, ohne Rücksicht auf die Staatsgrenzen. So reicht die Wirkung im Rheingebiet, auf das 744 Mio m³ Speichernutzraum entfallen, bis zu den französischen Werken Kembs und Ottmarsheim; das Winterwasser der Rhone verbessern 1184 Mio m³ (mit Grande Dixence 1534 Mio m³) und erhöhen das Energiedargebot ihrer Flußkraftwerke bis zum Mittelmeer. Die französisch gewordenen Seen in den Meeralpen senden 10 Mio m³ Speicherwasser über zwei italienische Unterliegerwerke unmittelbar zum Mittelmeer, und in den Po entwässern 580 Mio m³ italienischer, französischer und schweizerischer Stauraum. Nach den Tabellen ergibt sich der Energieinhalt aller Westalpenspeicher, also praktisch die Vermehrung des Winterdargebots, zu 5,96 Mrd kWh; mit der Grande Dixence werden 7,40 Mrd kWh erreicht. Davon entfallen 2,40 Mrd kWh (3,84 mit Grande Dixence) auf die Nordseite, 1,84 Mrd kWh auf die westlich und 1,72 Mrd kWh auf die südlich des Hauptkammes gelegenen Speicherseen. Aus 1 m³ Speicherwasser werden im Durchschnitt 2,37 kWh/m³ (2,58 mit Grande Dixence) gewonnen und in den drei Gebietsgruppen beziehentlich 2,25 kWh/m³ (2,71 mit Grande Dixence), 2,13 und 2,96 kWh. Das bedeutet, daß durchschnittlich 77 % der gesamten Fallhöhen bis zum Meer ausgenützt werden. Für die Ostalpen hatten sich i. M. 1,74 kWh/m³ und rund 67 % ausgenützte Fallhöhe ergeben. Der Wasservorrat der Westalpenseen wird also im Mittel mit der 1,35-fachen (mit Grande Dixence 1,50-fachen) Fallhöhe ausgenutzt wie der Ostalpenspeicher, Zahlen, die auch den viel weiter fortgeschrittenen Ausbauzustand der großen Vorfluter der Westalpenabflüsse (Rhein mit Aare, Rhone mit Isère, Po mit Dora Baltea und Tessin) gegen die der Ostalpen (vor allem die

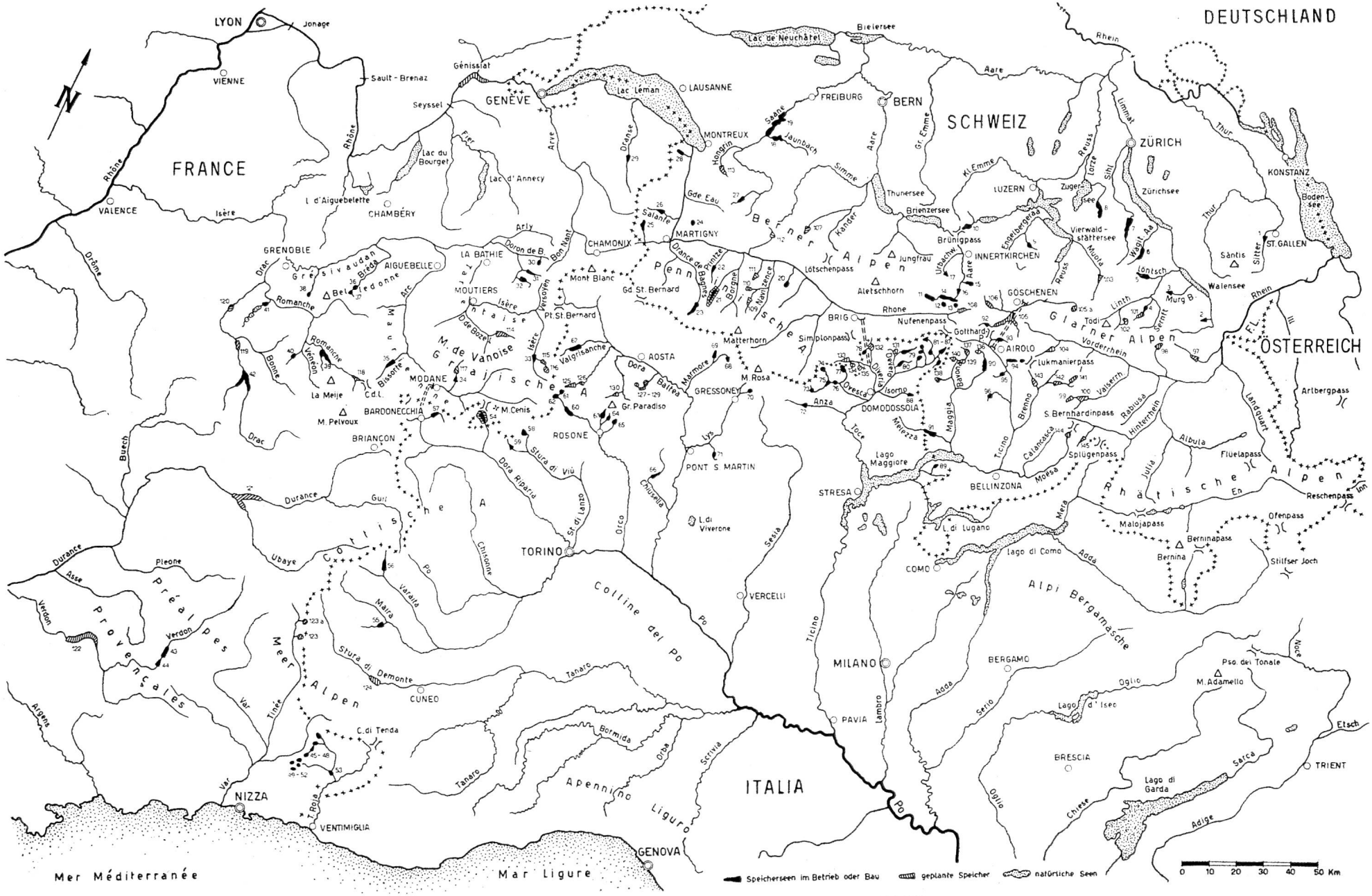

Abb. 1 Übersichtsplan der Speicherseen der Westalpen. Maßstab 1 : 2·000 000

Speicherseen nördlich des Hauptkamms

Name	Nr. im Lageplan	Flußgebiet	Stauziel m ü. M.	Nutzraum Mio m³	Energieinhalt Mio kWh	Seefläche ha	Spiegelschwank. m	Sperrbauwerk Typ	Höhe m	Länge m	Masse 1000 m³	Bauzeit
Schweiz:												
Gübsenweiher (Kubelwerk)	(1)	Sitter/Thur	683	0,9	0,5	17	1	Gew. Brst.	24	105	10	1897/1900
Parmort Nord	(2)	Schmelzibach/Seez/Limmat	1030	0,7	1,0	11	13	Gewicht	30	126	9	1947/48
Ost								Gewicht	10	143		
ob. Murgsee	(3)	Murgbach/Walensee/Limmat	1828	1,2	2,1	18	7	2 Mauern + Damm	5	90	0,3	1925
Garichte	(4)	Niederenbach/Sernft/Linth	1623	3,0	7,8	16	24	Gewicht	42	229+254	56	1929/31
Klöntalersee	(5)	Löntsch/Linth	851	49,1	46,6	327	24	Erddamm	22	217	146	1905/08
Innerthal (Wägital)	(6)	Wägitaler Aa/Zürichsee	900	147,2	175,0	415	50	Gewicht	110	156	236	1921/25
Sihlsee In den Schlagen	(7)	Sihl/Limmat	892	91,8	118,0	1085	13	Gewicht	30	127	22	1932/37
Hühnermatt								Erddamm	15	165	64	
Ägerisee	(8)	Lorze/Reuß	728	4,3	2,5	724	0,6	kl. Wehr				1857
Bannalp	(9)	Seklisbach/Engelberger Aa	1586	1,5	3,5	15	16	Erddamm	30	182	139	1935/37
Lungernsee	(10)	Unteraa/Reuß	692	50,0	31,8	210	36					1921, 1926
Oberaar	(11)	Aare	2303	58,0	240,0	136	77	Gew. m. Sparr.	105	525	500	1950/54
Trübtensee	(12)	Aare	2365	1,0	4,2	10	18	Gewicht	9	48	1	1949/50
Totensee	(13)	Aare (nat. Rhone)	2160	2,5	10,3	18	28	Gewicht	19	74	4	1949/50
Grimselsee Spitallamm	(14)	Aare	1909	100,0	324,0	263	87	Gewölbegew.	114	258	338	1928/32
Seeuferegg								Gewicht	42	352	70	1928/32
Gelmersee	(15)	Aare	1849	13,0	42,1	63	30	Gewicht	35	370	81	1927/29
Rätherichsboden	(16)	Aare	1767	27,0	86,7	67	63	Gew. m. Sparr.	92	456	278	1947/50
Mattenalp	(17)	Urbachwasser/Aare	1875	2,0	6,0	18	13	Gewicht	25	98	11	1948/50
Montsalvens	(18)	Jaunbach/Saane	800	11,0	9,5	70	23	Gewölbe	55	110	26	1918/21
Greyerzersee (Rossens)	(19)	Saane/Aare	677	180,0	110,5	960	35	Gewölbe	83	320	250	1944/48
Illsee	(20)	Ill- u. Meretschibach/Rhone	2360	6,3	27,3	21	52	Gewicht	22	268	21	1922/26, Erw. 42
Dixence	(21)	Dixence/Borgne/Rhone	2240	50,0	207,0	130	60	Pfeilerkopfm.	87	458	421	1929/35
Grande-Dixence		Zusätzl. Bachzuleitungen	2364	+350,0	+1443,0	400	194	Gewicht	281	756	6000	1. Phase im Bau
St. Barthélemy (Cleuson)	(22)	Printze/Rhone	2186	20,0	68,8	50	74	Pf'kopf verst.	87	420	400	1947/50
Mauvoisin	(23)	Drance de Bagnes/Rhone	1950	157,0	574,0	200	150	Gewölbe	227	450	2000	im Bau
Lac de Fully	(24)	Nördl. Seitenbäche/Rhone	2139	3,2	11,4	27	18	Gewicht	14	110		1912/14
Barberine	(25)	Barberine/Trient/Rhone	1888	39,0	128,2	132	50	Gewicht	79	284	230	1921/25
Salanfe	(26)	Salanfe/Rhone	1925	40,0	137,5	200	39	Gewicht	52	600	250	1948/52
Arnensee (Lac d'Arnon)	(27)	Grande Eau/Rhone (nat. Tscherzisbach/Saane)	1534	6,5	10,8	32	26					1917/18
Lac de Tanay	(28)	westl. Seitenbach/Rhone	1416	2,5	4,4	17	22					1901/02

Speicherseen westlich des Hauptkamms

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
Frankreich:												
Bioge	(29)	Dranse de Morzine	650	1,0	0,7	16	10	Gewölbe	20	138	13	1948/49
Lac de la Girotte	(30)	Dorinet/Doron de Beaufort/Arly/Isère	1753	50,0	142,5	∾ 80	108	Pfeilergewölbe	50	500	115	1942/49
Roselend	(31)	Doron de Beauf./Arly/Isère	1573	230,0	654,0	340	120	2 Mauern	160	800	1200	im Bau
La Gittaz	(32)	Doron de Beauf./Arly/Isère										
Tignes	(33)	Isère	1790	230,0	636,4	280	135	Gewölbe	180	380	650	1948/53
Plan d'Aval (Aussois)	(34)	Avrieux	1948	3,9	11,3	22	30	Gew. + Gewölbe	48	203+103	80	1947/50
Bissorte	(35)	Arc	2082	40,0	129,3	117	55	Gewicht	∾ 62	∾ 400	300	1931/35
Lac Cotepen	(36)	Bréda/Isère	2125	5,0	14,0	28	∾ 30					
Lac du Cos	(37)	Bréda/Isère	2182	3,0	8,4	16	∾ 30					
Lac du Crozet	(38)	Combe de Lavey/Isère	1968	1,3	1,6	12	25					vor 1900
Le Chambon	(39)	Romanche/Drac	1040	50,0	79,5	145	60	Gewicht	135	290	300	1930/35
Lac de Lovitel	(40)	Lovitel/Romanche	∾ 1800	8,2	15,8	24	50					vor 1900
Gr. Lac de Bramant	(40a)	Eau d'Olle/Romanche	2400	2,0	4,0	14	25					
Lac Mort	(41)	Romanche/Drac	∾ 930	3,4	5,3	28	20					1933
Le Sautet	(42)	Drac/Isère	765	100,0	70,4	350	40	Gewölbegew.	126	80	100	1931/35
Castillon	(43)	Verdon/Durance	880	125,0	38,2	490	50	Gewölbe	102	200	125	1942/48
Chaudanne	(44)	Verdon/Durance	790	6,0	0,8	45	20	Gewölbe	75	95	24	1949/51
Laghi Casterino (Agnel, Basto, Nero, Verde)	(45–48)	Casterino/Bionia/Roja	2220—2435	6,5	18,2	80	10—15	4 Gew. Brst.	8—13	zus. 260	6	1915/22
Laghi Inferno (della Muta, Forcato, Carbonè, Lungo Sup.)	(49–52)	Bionia/Roja	2111—2258	2,2	6,4	30	8—14	3 Gew. Brst. 1 Steindamm	9—10	zus. 157 225	5 12	1913/15
Le Mesce	(53)	Bionia/Roja	1370	1,5	3,9	11	25	Gew. Brst.	65	154	117	1913/17

Speicherseen südlich des Hauptkamms

a) *Frankreich:*												
Lago Moncenisio	(54)	Cenischia/Dora Riparia	1921	31,6	91,1	266	17	2 Gew. Mauern 1 Erddamm	28 7	106+141 200	33 14	1920/22
b) *Italien:*												
Combamala	(55)	Combamala/Maira	914	0,4	0,2	4	∾ 30	Pf'plattenm.	40	100	12	1915/16
Castello	(56)	Varaita	1586	12,3	25,6	44	46	Gew. Brst.	74	237	220	1936/42
Rochemolles	(57)	Dora di Bardonecchia/Dora Riparia	1969	3,4	4,5	18	35	Gewicht	58		164	1928/31
Lago della Rossa	(58)	Stura di Viù/Stura di Lanzo	2716	8,6	33,4	53	20	Gew. Brst.	26	270	29	1927/32
Malciaussia	(59)	Stura di Viù/Stura di Lanzo	1805	1,1	2,3	12	20	Gewölbe bew.	27	109	7	1932/33

Ceresole Reale	(60)	Orco	1573	36,0	75,5	165	38	Gewicht.	54	300	188	1927/30
Lago Agnel	(61)	Orco	2295	2,5	8,8	20	17	Gew. Brst.	17	149	10	1936/38
Lago Serrù	(62)	Orco	2275	14,5	51,2	56	38	Gew. Brst.	45	360	115	1946/51
Pian Telessio	(63)	Piantonetto/Orco	1918	24,0	72,9	53	68	Gewölbegew.	80	400	380	im Bau
Val Soera	(64)	Piantonetto/Orco	2412	8,0	24,3	33	40	Gewölbegew.	44	224	40	im Bau
Eugio	(65)	Piantonetto/Orco	1890	3,0	9,1	16	31		~ 35			in Vorber.
Gole di Gurzia	(66)	Chiusella/Dora Baltea	428	1,1	0,4	18	16	Gewölbe	50	79	4	1922/25
Beauregard	(67)	Dora di Valgrisanche/Dora Baltea	1770	70,0	190,4	153	85	Gewölbegew.	132	394	430	im Bau
Lago Goillet	(68)	Marmore/Dora Baltea	2526	11,8	50,0	46	33	Gewicht	46	368	142	1936/43
Cignana	(69)	Marmore/Dora Baltea	2170	16,1	57,1	71	39	Gewicht	58	402	153	1926/28
Gabiet	(70)	Lys/Dora Baltea	2374	4,4	10,9	27	36	Gew. Brst.	43	212	78	1918/22
Vargno	(71)	Pacoulla/Lys	1684	1,0	1,1	9	18	Steinsatzdamm	24	122	39	1918/20
Ceppo Morelli	(72)	Anza/Toce/Ticino	781	0,5	0,4	7	10	Gewölbe Stahlb.	45			1931/32
Cingino	(73)	Troncone/Ovesca/Toce	2262	4,5	17,0	15	54	Gew. Brst.	45	152	51	1925/30
Camposecco	(74)	Troncone/Ovesca/Toce	2335	5,4	21,7	39	19	Gew. Brst.	28	348	45	1925/30
Campliccioli	(75)	Troncone/Ovesca/Toce	1360	8,8	18,8	32	49	Gew. Brst.	72	278	240	1924/28
Lago d'Antrona	(76)	Ovesca/Toce	1085	5,5	9,1	30	26					1924/26
Alpe Cavalli	(77)	Lorango/Ovesca/Toce	1500	8,3	20,3	46	22	Steinsatzdamm	41	165	120	1922/26
Lago d'Avino	(78)	Cairasca/Diveria/Toce	2247	6,4	10,5	36	25	Steinsatzdamm	27	275	29	1911/13
Codelago	(79)	Arbola/Devero/Toce	1867	16,1	51,7	100	23	Steinsatzdamm	33	116	53	1908/12
Agaro	(80)	Agaro/Devero/Toce	1597	19,3	53,1	65	43	Gewicht	57	243	150	1936/40
Sabbione	(81)	Sabbione/Toce	2460	33,6	150,8	110	~ 50	Hohlpfeiler	64	279	135	1949/53
Morasco	(82)	Gries/Toce	1816	17,6	53,5	65	41	Gewicht	59	565	259	1936/40
Obersee	(83)	Vannino/Toce	2328	1,2	4,7	20	8	Steinsatzdamm	12	130	9	1921/23
Busin	(84)	Vannino/Toce	2385	3,5	13,2	32	14	Gew. Brst.	21	230	18	1921/23
Lago Vannino	(85)	Vannino/Toce	2177	9,8	35,9	49	39	Steinsatzdamm	39	120	90	1917/21
Val Toggia	(86)	Roni/Toce	2191	15,4	58,5	80	33	Gew. Brst	46	199	95	1929/32
Lago Kastel	(87)	Roni/Toce	2224	9,4	35,6	55	24	Steinsatzdamm	17	268	32	1924/28
Larecchio	(88)	Tomello/Isorno/Toce	1836	2,7	3,9	13	25	Gewicht	33	164	38	1936/38
Lago Delio	(89)	Rio Casmera/Lago Maggiore	930	5,0	4,2	27	12	Gew. Brst.	18	34	10	1909/11
c) *Schweiz:*												
Sambuco	(90)	Maggia/Ticino	1460	60,0	162,0	112	90	Gewölbegew.	130	340	722	1951/56
Palagnedra	(91)	Melezza/Maggia	486	4,8	3,6	26	30	Gewölbegew.	70	112	50	1950/52
Lago di Lucendro	(92)	Ticino (nat. Reuß)	2134	25,0	87,1	54	82	Pf'kopf verst.	72	270	155	1942/47
Lago Sella	(93)	Riale Sella/Ticino	2256	9,0	31,4	45	29	Gewicht	36	330	75	1942/47
Lago Ritom	(94)	Torr. Foss/Ticino	1839	27,5	83,1	126	34	Gew. m. Pf.	10	174	2	1916/20
Lago Ritom (vergrößert)			1853	47,0	139,6	149	48	Gewicht	27	309	38	1952/53
Lago Cadagno	(94a)	L. Ritom/Foss/Ticino	1921	1,3	3,9	11	20					1951
Lago di Tremorgio	(95)	Lagasca/Ticino	1830	9,0	25,3	36	31					1918
Lago di Chironico	(96)	Ticinetto/Ticino	1770	1,5	1,4	14	11	Steinsatzdamm	12	46		1907

kaum genützte Donau mit Inn, Salzach usw.) erkennen lassen. Die nicht genutzten Resthöhen betragen in guter Annäherung für die Westalpen durchschnittlich 350 m, und zwar rund 300 m auf der Nordseite, 420 m im Westen und 370 m im Süden, worin für die Nordschweiz der weit getriebene Ausbau der Gefälle im Voralpenraum zum Ausdruck kommt, liegt doch der Rhein bei Ottmarsheim (Unterwasser des neuen Großkraftwerks) immer noch auf 214 m ü. M., dagegen der Po an der Tessinmündung nur 60 m ü. M. Für die Ostalpen ist derzeit die ungenutzte Resthöhe durchschnittlich 420 m, jedoch 770 m auf der Nordseite gegen 290 m im Süden. Hier ist ja der Unterschied in der Höhenlage des Alpenrandes zwischen Nord und Süd größer als in den Westalpen, außerdem besteht der beträchtliche Vorsprung des Ausbaues auf der italienischen Seite.

Aus den oben angeführten Seeflächen und dem Energiewert der Speicherseen lassen sich noch bemerkenswerte Mittelwerte über die «*kWh-Ernte*» von den überstauten Ländereien ableiten, die nur zum kleinen Teil Kulturland und überwiegend unproduktiver Hochgebirgsboden waren. Für die Westalpen finden wir durchschnittlich 760 000 kWh/ha, und zwar 575 000 (mit Grande Dixence 865 000) kWh/ha für die Nordseite und je rund 970 000 kWh/ha in der westlichen und südlichen Gruppe, wobei es sich um hochwertige Winterenergie handelt. Für die Ostalpen ist der Mittelwert 630 000 kWh/ha, und zwar 410 000 kWh/ha auf der Nordseite und 790 000 kWh/ha südlich des Hauptkamms, also wegen des geringeren Energiewertes je m³ Speicherwasser weniger als in den Westalpen, trotz des höheren Anteils großer natürlicher Seen. Die Grande Dixence, d. h. der Zuwachs über die bestehende Anlage hinaus, wird für sich 5,35 Mio kWh/ha erbringen, ein Wert, der das in den Alpen überhaupt erreichbare Höchstmaß darstellen dürfte. Er beträgt nahezu das Achtfache des Durchschnittswertes aller übrigen schweizerischen Speicherseen, wobei noch ein verhältnismäßig größerer Teil auf Schweizer Staatsgebiet entfällt. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, daß der Nutzen der Speicherseen allein mit der Bereitstellung von Winterbetriebswasser nicht erschöpft ist, sondern diese weitere wichtige wasser- und energiewirtschaftliche Bedürfnisse erfüllen.

Im Übersichtsplan (Abb. 1) sind alle in den Tabellen genannten Speicherseen enthalten, wobei die Zahlen den bei den einzelnen Anlagen im Text in ( ) beigefügten Nummern entsprechen.

Wir wenden uns nun den einzelnen Seen zu, um diese in einem Rundgang von Ost nach West, den Alpenbogen umkreisend, näher zu betrachten.

a) Speicherseen nördlich des Hauptkamms

Im Nordosten finden wir zunächst vier kleinere Speicherbecken. Im Gebiet der vom Säntis nach Norden fließenden Urnäsch und Sitter bei Herisau liegt der sog. *Gübsenweiher* (1) als Spitzenbecken des alten Kubelwerkes der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke mit

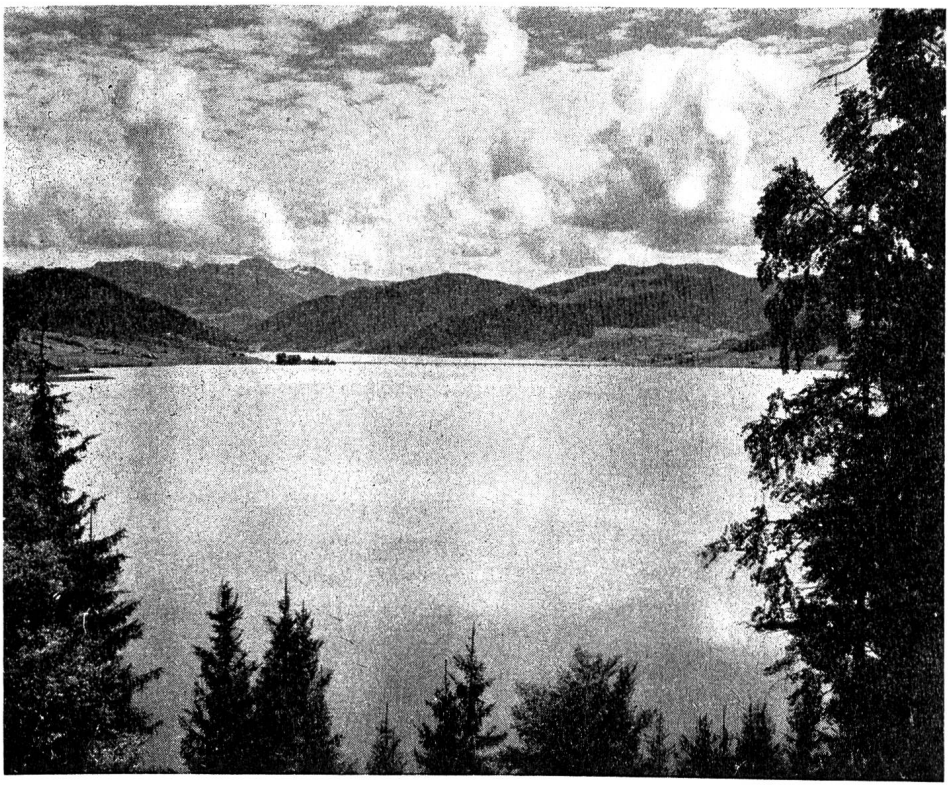

Abb. 4
Sihlsee bei Einsiedeln, taleinwärts gegen Drusberg und Forstberg, Straßenbrücke nach Willerzell im Vordergrund (Photo Othmar Baur, Einsiedeln)

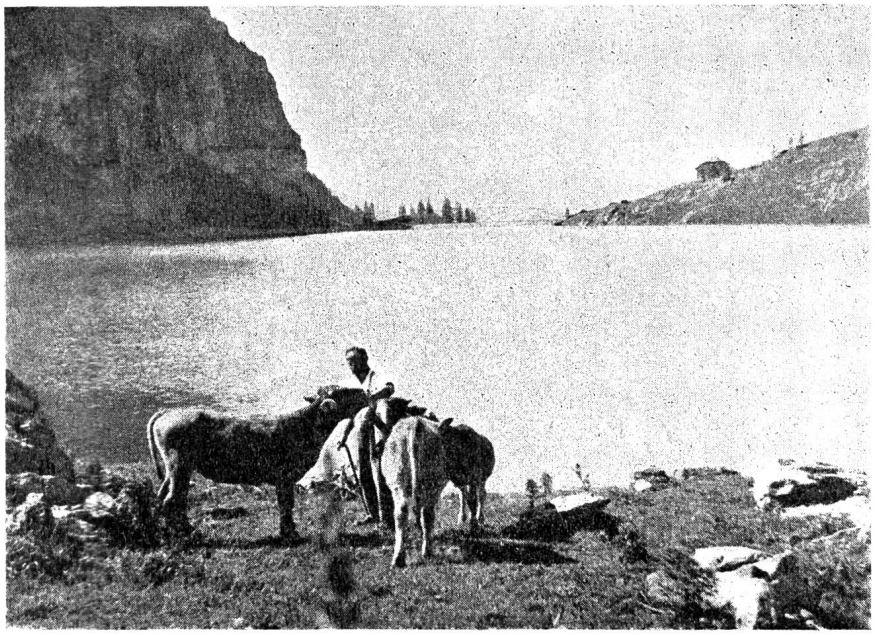

Abb. 5
Stausee Bannalp im Engelbergertal, Blick gegen den Abschlußdamm

der ersten, Ende des 19. Jahrhunderts errichteten größeren Staumauer auf Schweizerboden. Auf der Südseite des Seeztales ist unlängst das Staubecken *Parmort* (2) des kleinen Kraftwerks Plons-Mels im Tälchen des sogenannten Turbenriedes geschaffen worden, das mit Beileitung des Kohlschlagerbaches ein Einzugsgebiet von 17,6 km² erfaßt. Westlich davon gegen den Walensee ist im Tal des Murgbaches der oberste und größte der drei *Murgseen* (3) als Fernspeicher für mehrere Kleinkraftwerke ausgebaut. Der glaziale See hat eine Felsschwelle aus Verrucano; er ist durch einen kurzen Stollen um 4 m unter den natürlichen Spiegel absenkbar und wurde um weitere 3,3 m aufgestaut. Im südlich von ihm gelegenen Sernft-Gebiet haben die Kraftwerke Sernf-Niederenbach im oberen Tal des von den steilen Hängen des Kärpfstockes abfließenden gefällreichen Niederenbaches für eine 1000 m-Stufe das Staubecken *Garichte* (4) geschaffen. In der ganz in Verrucano liegenden Talmulde dieses Namens stauen eine beiderseits mit Naturstein verkleidete Haupt- und eine niedere Seitenmauer den 600 m langen See auf, der ein abflußreiches Einzugsgebiet von 7,8 km² beherrscht.

Ebenfalls im Kanton Glarus, im Tale des Löntschs, liegt der älteste Großspeicher der Schweiz, der 5 km lange *Klöntaler See* (5). Dieser durch einen Bergsturz entstandene, bis 30 m tiefe See mit 82,8 km² Einzugsgebiet hatte ursprünglich 116 ha Oberfläche und etwa 4 m natürliche Spiegelschwankung und ist durch einen Erddamm mit mittlerem Lehmkern — einer Bauweise, die bis heute für die schweizerischen Staudämme Vorbild blieb — um etwa 20 m aufgestaut worden (Abb. 2).

Nordwestlich vom Klöntalersee, im Kanton Schwyz, birgt das *Wägital* den lange Zeit größten und bekanntesten Speichersee der Schweiz, den *Stausee Innerthal* (6) mit seiner mächtigen, 110 m hohen, an der Luftseite natursteinverkleideten Staumauer «im Schräh», die das Innerthalbecken an der engsten Stelle der Aa-Schlucht abschließt. Das natürliche Einzugsgebiet mit der bedeutenden Abflußhöhe von rund 2,0 m ist 42,7 km² groß und wird durch Pumpspeicherung von der Unterstufe Rempen mit dem Trebsenbach um 40 km² vermehrt. Der 5 km lange See hat 380 ha Kulturland beansprucht und die Umsiedelung von 230 Talbewohnern bedingt. Kraftwirtschaftlich ist die zweistufige Anlage mit den Werken Rempen und Siebnen in der Linthebene ein reines Winterspeicher- und ausgeprägtes Spitzenwerk. Da der Stausee ein Überjahresspeicher ist und in trockenen Jahren nicht voll wird, ist jüngst vorgeschlagen worden, aus dem Tödi-Gebiet 130—155 Mio m³ Wasser zuzuleiten und die großen Kraftwerkanlagen, u. U. nach Ersatz der Pumpen der Oberstufe durch Turbinen, besser auszunutzen. (Abb. 3.)

Der dritte große Speichersee am Nordrand der Glarner Alpen ist der *Sihlsee* (7) bei Einsiedeln. Dieser an Fläche größte Stausee der ganzen Westalpen von 9 km Länge und durchschnittlich 1,3 km Breite überstaut ein flaches, großenteils versumpftes Hochtal (Abb. 4). An seinem Nordende hat sich der Fluß in einen Molasseriegel eingefressen und konnte hier «in den Schlagen» mit einer kleinen natursteinverkleideten Mauer in günstigster Weise gestaut werden. Am Westufer ist die Einsenkung bei Hühnermatt durch einen Erddamm abgeschlossen. In der Nähe der Ortschaften hat man durch Auffüllungen und durch Eindeichungen mit Pumpwerken seichte Strecken ausgeschaltet. Zwei große Viadukte führen über den Stausee, der 29 km Straßenbauten und die Regulierung der einmündenden Bäche zur Vermeidung von Geschiebestauungen erforderte. 660 Bewohner

Abb. 6
Die Stauseen Grimsel, Rätherichsboden, Trübtensee und Totensee der Kraftwerkgruppe Oberhasli. Im Hintergrund die Berner Alpen mit Finsteraarhorn (4272 m), Oberaar- und Unteraargletscher, Oberaarsee im Bau (Photo Mittelholzer)

überstauter Häuser waren umzusiedeln, jedoch nur wenige zur Abwanderung genötigt. Der Stausee beherrscht ein Einzugsgebiet von 156,5 km². An den Unterlauf der Sihl muß soviel Wasser abgelassen werden, daß bei Sihlbrugg, beim Eintritt in den Kanton Zürich, die Wasserführung stets mindestens 2,5 m³/s beträgt. Das mit einem 2,8 km-Durchstichstollen und ebenso langer Druckrohrleitung am Südufer des Zürichsees angelegte Etzelwerk, ein Gemeinschaftswerk der Schweizerischen Bundesbahnen und der Nordostschweizerischen Kraftwerke, ist mit Speicherpumpen zur Veredelung von Überschußenergie ausgerüstet.

Die Kleinkraftwerke an der zum Zugersee und der Reuß entwässernden Lorze nutzen den malerischen *Ägerisee* (8), einen natürlichen Abdämmungssee mit 48 km² Einzugsgebiet durch einfache Regulierung mit geringer Schwankung, aber wegen seiner großen Fläche ergiebigem Zuschuß aus.

Südlich des Vierwaldstättersees finden wir im Tal des der Engelberger Aa zufließenden Seklisbaches im hintersten Teil des Talkessels von Oberrickenbach, in einer glazial eingetieften Mulde über einem 700 m hohen Steilabsturz den etwa 500 m langen *Bannalp-Stausee* (9), der ein 8,2 km² großes Einzugsgebiet abschließt. Durch die Schichtung des Gesteins der Wallenstöcke wird ein Teil des Niederschlags zum Aa-Tal abgeleitet, so daß nur 5,5 km² als wirksam angesehen werden. Der ebene, sumpfige Talboden der Bannalp ist durch Grundmoräne über Valangienkalk wasserdicht abgedeckt. Der auf Moräne aufgesetzte Staudamm schließt linksufrig an eine Schutthalde an, die zur Abdichtung einen bis 35 m tiefen Lehmkern in 6 m breitem Schlitz erforderte. (Abb. 5.)

Südlich des Sarnersees liegt hinter dem Felsriegel des Kaiserstocks der große natürliche *Lungernsee* (10), ein im wesentlichen durch Gletschererosion ausgeräumtes Becken. Dieser See ist wohl im Alpenraum der erste Fall einer Seeabsenkung in großem Maße. Schon vor 160 Jahren unternahm es die Gemeinde Lungern, den See durch einen Stollen in gesundem, hartem Kieselkalk um etwa 40 m abzusenken, um im hinteren Seeteil Kulturland zu gewinnen. 1836, nach längerer Unterbrechung, gelang das Vorhaben, wobei 1,3 km² trockengelegt wurden. Die günstige 200 m-Gefällstufe bis zum Talboden des Sarnersees ließ in unserem Wasserkraft-Zeitalter den gegenteiligen Plan entstehen, den See zu einem Speicherbecken wieder aufzustauen. 1920/21 wurde unter Ausbau des

alten Absenkstollens zu einem Druckstollen der See zunächst um 16 m gestaut. Später wurden dem nur 36,7 km² großen natürlichen Einzugsgebiet die kleine und große Melchaa aus weiteren 76,6 km² zugeleitet und der See unter Ausbau eines zweiten Entnahmestollens abermals um 20 m erhöht, so daß er heute fast die ehemalige Größe wiedererlangt hat.

Über den Brünigpaß kommen wir nach Meiringen und Innertkirchen in das Tal der bekannten Kraftwerk- und Stauseegruppe im oberen Aaregebiet, dem *Oberhasli.* Seit 1925 entstanden hier in drei Ausbauschritten vier große und drei kleine Speicherseen mit zusammen 204 Mio m³ Nutzraum in einer großartigen Hochgebirgslandschaft (Abb. 6). Ihr Kernstück ist der große *Grimsel*-Stausee (14), der den natürlichen kleinen Grimselsee und den Unteraarboden bis an die Zunge des mächtigen Unteraargletschers überstaut. Die enge Spitallamm (Lamm = Schlucht) wird durch die erste Gewölbegewichtsmauer Europas gesperrt, zur Zeit ihrer Erbauung eine der höchsten, und die Seeufereggmauer schließt die zweite Schwelle ab, zwischen der der Grimselnollen mit dem neuen Hospiz aufragt. Der Rückzug des Unteraargletschers, verstärkt durch die Schmelzwirkung des Stauwassers, hat den Nutzraum des 5,6 km langen Hochgebirgsees noch um einige Mio m³ anwachsen lassen als willkommene Reserve zum Ausgleich von Sand- und Geröllablagerungen im Laufe der Zeit. In der rechten Talflanke führt ein Verbindungsstollen zum *Gelmersee* (15) im Diechtertal, den eine natursteinverkleidete Mauer auf der gletscherpolierten Schwelle auf die fünffache Fläche aufstaut. Der See zeigt eine prächtige blaue Färbung, da das mit Gletschertrübe beladene Wasser des Grimselsees wegen seiner niedrigeren Temperatur den tieferen Teil des Bekkens einnimmt, während sich die Zuflüsse aus dem eigenen Einzugsgebiet als klare Oberflächenschicht darüberlagern. Im Steilabsturz des typischen Hängetals zur Handeck liegt der Druckschacht der Oberstufe. Den weiten Talboden unter der Grimsel, abgesperrt in der Gerstenlamm, nimmt seit kurzem als dritter Großspeicher der Stausee *Rätherichsboden* (16) ein. Ihm wird der Abfluß des westlich benachbarten Urbachtales beigeleitet, in dem am Fuße des großen Gauligletschers das kleine Becken *Mattenalp* (17) für den Ausgleich der Gletscherabflüsse sorgt. Noch im Bau steht der höchste und zweitgrößte Speichersee der Werkgruppe im *Oberaarboden* (11), unter dem Oberaargletscher, dessen Zunge der Stausee noch bespülen wird. Eine neue Fahrstraße führt vom Grimselpaß, mit prachtvoller Sicht auf die Viertausender des Finsteraarhorn- (4272 m) und Schreckhornmassivs, zur Baustelle einer der mächtigsten Talsperrenmauern der Alpen. Das neue Kraftwerk Grimsel ist für Pumpspeicherung eingerichtet, da das nur 21,1 km² große Einzugsgebiet für die Füllung nicht ausreicht. In den Druckstollen wird der *Trübtensee* (12) eingeleitet, und mit einem kurzen Durchstichstollen ist der *Totensee* (13) jenseits der Grimselpaßhöhe übergeleitet, die beide durch mäßigen Aufstau und Absenkung in kleine Speicherseen umgewandelt wurden. Aus 178 km² stark vergletschertem Einzugsgebiet liefern die Oberhasliwerke heute bereits 1050 Mio kWh, von denen nach Vollendung des Oberaarsees zwei Drittel hochwertige Winterenergie sein werden. Vielfach hat die Wasserkrafttechnik hier in die ursprüngliche Hochgebirgslandschaft eingegriffen. Die großen leuchtenden Seen mit ihren wuchtigen Staumauern, eingebettet in die steilen Felsflanken des gletschergeschliffenen Aaregranits, inmitten von Bergriesen und Eisströmen, haben ihr einen neuen Reiz verliehen, und die Grimsel, deren Darstellung auf den schweizerischen Briefmarken vom berechtigten Stolz auf diese Leistungen zeugt, zu einem Mekka der Touristen und Wasserkraftingenieure aus aller Welt gemacht.

Unterhalb von Bern fließt der Aare die Saane zu, deren Flußgebiet zwei große Speicherseen besitzt. Am Ende des ersten Weltkriegs entstand der Stausee *Montsalvens* (18) im Jaunbach oberhalb Broc. Am Zusammenfluß des Motelos und des Javroz mit dem Jaunbach ist ein geräumiges Becken vom Saanetal durch einen Höhenrücken

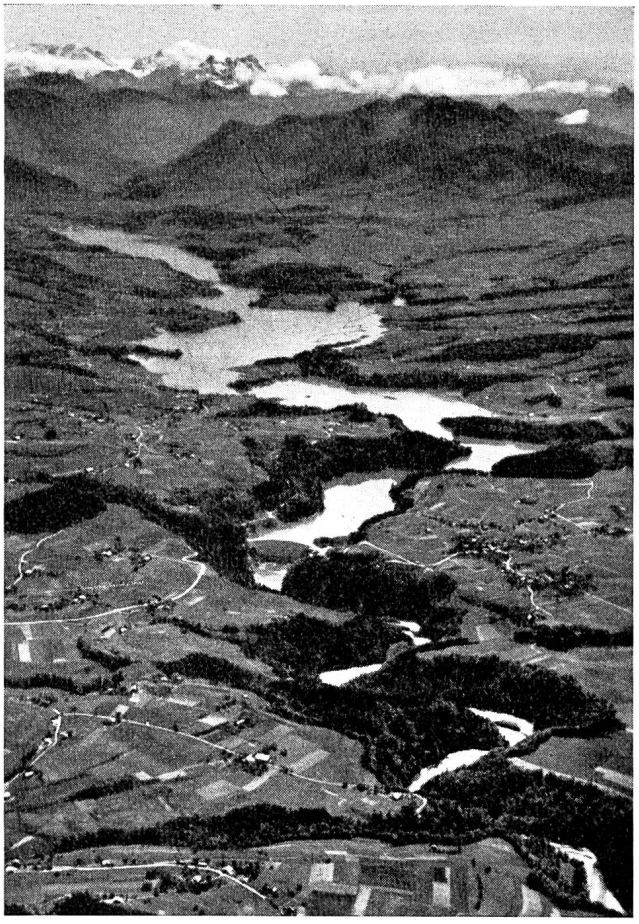

Abb. 7 Greyerzersee oder Lac de Gruyère und Saane aus der Vogelschau. Im Hintergrund die Dents du Midi in den Walliser Alpen (Edition Phot. Perrochet, Lausanne)

Abb. 9 Lac de Barberine mit Mont Ruan an der schweizerisch-französischen Grenze, und Glacier des Fonds, Tour Sallière in den Wolken (Photo Max Kettel, Genève)

abgeschlossen, den der Fluß in enger epigenetischer Schlucht durchbricht. In den Jurafels der Schlucht ist eine schlanke Gewölbemauer eingespannt, die erste der Schweiz, die den buchtenreichen, in grüne Talhänge geschmiegten See aufstaut, dessen verhältnismäßig großes Einzugsgebiet von 170 km² ihm eine meist gute Füllung sichert. Talabwärts von Broc erstreckt sich seit 1948 auf 11 km Länge im Saanetal mit waldigen, hügeligen Ufern der große *Greyerzersee* oder Lac de Gruyère (19), geschaffen durch eine weitgespannte Gewölbemauer auf Molassesandstein bei Rossens, 16 km saaneaufwärts von Freiburg (Abb. 7). Dem Inhalt nach ist er mit 180 Mio m³ der derzeit größte Speichersee der Schweiz und beherrscht ein Einzugsgebiet von 954 km². Er speist mit einer mittleren Betriebswasserfülle von 1,1 Mrd m³ das Kraftwerk Hauterive und reguliert die Saane und untere Aare zugunsten weiterer Laufstufen.

Vom Stromgebiet des Rheins wenden wir uns nun dem Wallis und damit dem Einzugsgebiet der Rhone zu. Das große tiefeingeschnittene Längstal des *Wallis* mit seinen steilen, aus den höchsten, stark vergletscherten Teilen des Alpenhauptkamms kommenden Quertälern (Hängetälern) bietet der Wasserkraftnutzung sehr günstige Möglichkeiten dar und war deshalb von jeher ein Zentrum des schweizerischen Wasserkraftausbaues, in dem viele bedeutende Anlagen entstanden und die bedeutendsten des ganzen Alpenraumes im Entstehen begriffen sind. Die vorteilhafte Lage der Kraftwerke im Rhonetal längs der Simplonlinie hat die stromhungrige elektro-chemische und -metallurgische Industrie veranlaßt, sich dort niederzulassen. Heute bereits steht der Kanton Wallis mit rund 2,2 Mrd kWh, d. h. fast 1/5 der gesamten derzeitigen schweizerischen Erzeugung an hydroelektrischer Energie, an der Spitze aller Kantone.

Der östlichste der Speicherseen im Wallis ist der zur Oberstufe des Turtmannwerkes gehörende *Illsee* (20), ein sehr hoch gelegener, 45 m tiefer Karsee in glazialem Felsbecken. Er wurde um 34 m abgesenkt und durch eine kleine Staumauer, die während des Krieges um 7 m erhöht wurde, heute 18 m aufgestaut. Der Abfluß des Meretschisees wird eingeleitet (gemeinsames Einzugsgebiet 5,9 km²), und seit der Erhöhung ist in der Zentrale Oberems eine Speicherpumpe aufgestellt. Der Illsee wurde schon vor 300 Jahren künstlich aufgestaut und zur Bewässerung des Rhonetales benützt. Jetzt wird dieses Wasser aus dem Turtmannbach ersetzt, der durch seine Schwebstoffe eher geeigneter ist.

Der heute und künftig wichtigste Walliser Speichersee liegt im oberen Val d'Hérémence, dem Val des Dix, wo die *Dixence* (21) heute zu einem 50 Mio m³-Winterspeicher gestaut ist, der auf nur 16 km Luftlinien-Entfernung das Kraftwerk Chandoline mit der bisher größten in einer Stufe ausgenützten Fallhöhe der Welt von 1748 m speist. Der 3,7 km lange, bis 500 m breite Hochgebirgssee erstreckt sich zwischen 3300—3600 m hohen Talflanken, den Talschluß beherrscht der Montblanc de Seillon (3871 m) und der gleichnamige große Gletscher (Abb. 8). Die Staumauer, eine moderne Pfeilerkopfmauer mit 16 Zwillingspfeilern, erhebt sich auf einem Felsriegel aus Amphibolitgneis, mit Chlorit- und Serizitschieferbereichen, der eine verlandete Gletscherwanne, die Alpe de la Barmaz abschließt.

Eine Erweiterung des Dixence-Werkes bedeutet der neue Stausee *St-Barthélemy* (22) im westlich benachbarten Val de Cleuson, dem oberen Teil des Val de Nendaz, der den aus dem Grand Désert-Gletscher entspringenden Printze faßt. Dem 16,2 km² großen natürlichen Einzugsgebiet werden noch 6,9 km² der Tortins-Bäche beigeleitet. Auch hier schließt ein Gneisriegel, der eine der Dixence-Sperre in den Maßen fast gleichkommende Pfeilerkopfmauer trägt, ein übertieftes verlandetes ehemaliges Gletscherzungenbecken ab, das der 1,4 km lange Hochgebirgssee unter der Rosa Blanche (3348 m) nun überstaut. Die Cleusonsperre hat eine gewisse Berühmtheit dadurch erlangt, daß während des Baues eine weit-

gehende Ausbetonierung ihrer Hohlräume von den Behörden vorgeschrieben wurde, um ihr ein Höchstmaß an Sicherheit auch gegen gewaltsame Zerstörung zu verleihen, eine Maßnahme, die einen lebhaften Meinungsstreit in der Fachwelt auslöste. Der Printze war schon während des Kriegs durch einen 6,3 km langen Stollen zum Dixence-See übergeleitet worden. Der Speichervorrat des St-Barthélemy-Beckens wird durch ein in der Mauer eingebautes Pumpwerk 140 m hoch gehoben und ebenfalls im Kraftwerk Chandoline abgearbeitet. Auf das 1950 zum Bau beschlossene und zurzeit im ersten Baustadium befindliche Riesen-Vorhaben der Grande Dixence werden wir bei den Planungen eingehen.

Im westlich folgenden Val de Bagnes haben soeben die Bauarbeiten für den derzeit größten Speichersee im Wallis begonnen. In der Schlucht von *Mauvoisin* (23), einem festen Kalkriegel, wo heute eine hochgespannte Brücke den Maultierpfad überführt, wird die größte Gewölbemauer der Welt die Drance de Bagnes rund 180 m aufstauen, bei einer Höhe über dem Fundament von 227 m und rd. 2 Mio m³ Betonbedarf [2]. Der 5 km lange Stausee wird nur unbewohntes, unproduktives Hochtalgelände bedecken und bis nahe an den Fuß der großen Eisströme des Glacier d'Otemma, de Breney und du Mont Durant reichen. Wenig oberhalb der Staumauer liegt die Stelle, wo immer wieder, besonders 1595 und 1818, Abbrüche des berüchtigten Gietrozgletschers den Fluß weit hinauf stauten und zu fürchterlichen Verheerungen durch das ganze Tal bis zur Rhone Veranlassung gaben. Das natürliche Einzugsgebiet, das im Gegensatz zum Val des Dix und Val de Cleuson auf 20 km Länge an den Hauptkamm grenzt, mit dem westlichen Eckpfeiler des Grand Combin (4317 m), ist 113,5 km² groß; durch Beileitungen an beiden Talflanken, die insbesondere den großen Corbassière-Gletscher erfassen, wird es auf 171 km² gebracht, mit 42 % Vergletscherung. Die Nutzung des Speichers erfolgt in zwei Stufen bis Riddes im Rhonetal über 1480 m Rohfallhöhe und wird 736 Mio kWh erbringen, davon 70 % im Winterhalbjahr.

Auf der rechten Seite des Rhonetales, nahe deren Knie bei Martigny, liegt unter den Dents de Morcles im Kalkgebirge der kleine Karsee *Lac de Fully* (24), der um 8 m abgesenkt und durch eine kleine, beiderseits mit Naturstein verkleidete Mauer um 10 m aufgestaut ist. Der Stollen führt zum Lac de Sorniot auf 1990 m, wo ein Pumpwerk dessen Abfluß einspeist. Trotzdem wird das Becken nicht in allen Jahren voll.

Nordwestlich des Grenzübertrittes der Bahnlinie Martigny—Chamonix finden wir in einem Hochtale den bekannten Stausee *Barberine* (25), als Speicher der Bundesbahnkraftwerke bei Châtelard und Vernayaz mit der ersten großen Hochgebirgstalsperre der Schweiz. Auch hier bot die durch einen Gneisriegel abgeschlossene flache Alpe de Barberine, eine verlandete, geräumige, in weichen Lias- und Triasschichten ausgehobelte Gletscherwanne, günstige Bedingungen für die Absperrung eines großen Beckens. Eine beiderseits mit Naturstein verkleidete Mauer staut den 2,8 km langen einsamen See (Abb. 9) unter dem Mont Ruan und Tour Sallière (3227 m). Das besonders abflußreiche Einzugsgebiet von 18,6 km² wurde 1950 durch die Beileitung des oberen Triège durch einen 3,8 km langen Stollen auf 24,1 km² vergrößert. Auch eine Vergrößerung des Speichersees ist beabsichtigt.

Im nördlich folgenden Tal steht das Speicherwerk Salanfe-Miéville im Bau. Im weiten Boden der Alpe Salanfe, heute ein sumpfiges, kiesiges Becken zwischen Tour Sallière und Dents du Midi (3260 m) entsteht der 2,3 km lange, 900 m breite *Salanfe-Stausee* (26) mit einer etwa doppelt so langen Mauer wie die der Barberine, ebenfalls auf abschließendem Felsriegel, nur 5 km vom Rhonetal und 1450 m über diesem. Das natürliche, zu 11 % vergletscherte Einzugsgebiet von 18,4 km² wird durch die Beileitung der Saufla aus dem westlich angrenzenden Clusanfe-Tal (8 km²) sowie der Gletscherabflüsse, die die Schlucht von St-Barthélemy speisen, auf rund 28 km² gebracht. Das Becken faßt den ganzen Sommer-

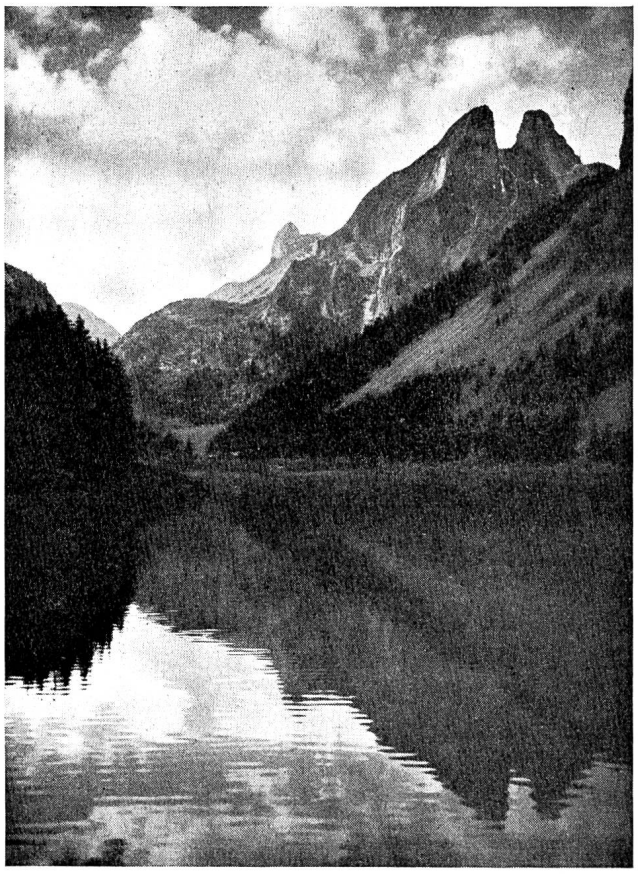

Abb. 10 Lac de Tanay taleinwärts gegen Mont Gardy und Les Jumelles

[2] Abbildung siehe «Wasser- und Energiewirtschaft», 1951, Nr. 11, S. 200.

abfluß mittlerer Jahre, ist also ein Überjahresspeicher. Eine bedauerliche Folge des Kraftwerkbaues wird die erhebliche Schmälerung des bekannten schönen Pissevache-Wasserfalles bei Vernayaz sein, für den der neue Hochgebirgssee entschädigen muß.

Gegen den Genfersee finden wir schließlich noch zwei kleinere Speicherseen in mittlerer Höhenlage. Die Kraftwerke an der Grande Eau, rechts der Rhone, haben zur Verbesserung ihrer Winterwasserführung den jenseits der Wasserscheide im obersten Saanegebiet bei Gsteig gelegenen *Arnensee* (27) durch einen 4,5 km langen Überleitungsstollen herangezogen. Der durch einen Bergsturz abgedämmte See wird im wesentlichen durch Absenkung genutzt. Links der Rhone bei Vouvry liegt der schöne kleine *Lac de Tanay* (28), geologisch eine glazial überformte Doline, schon 1901 als erste Seeabsenkung in der Schweiz für Wasserkraftzwecke 16 m unter seinem Spiegel angezapft und später auch geringfügig aufgestaut (Abb. 10). Im ganzen weist somit das Wallis bereits 9 Speicherseen mit 325 Mio m³ Nutzraum auf und liefert den unterliegenden schweizerischen und französischen Rhonekraftwerken einen sehr ansehnlichen Winterzuschuß.

b) Speicherseen westlich des Hauptkamms

Im Gebiet der nordfranzösischen Voralpen enthält unsere Liste nur den Kleinspeicher *Bioge* (29) an der Dranse de Morzine (Dranse bedeutet nach keltischer Wurzel Wildbach, davon auch Durance). Erwähnt seien unterhalb der 500-m-Höhengrenze der Rhonestausee *Génissiat* (331 m ü. M., 12 Mio m³ Nutzraum) mit seiner 104 m hohen Mauer und dem größten Talsperrenkraftwerk Westeuropas, und der 5,4 km² große, bis 71 m tiefe *Lac d'Aiguebelette,* 314 m ü. M., südlich vom Lac du Bourget, von dem durch Regulierung ein Inhalt von 6 Mio m³ nutzbar gemacht ist.

Die meisten und wichtigsten französischen Alpen-Speicherseen liegen im Gebiet der Isère in den Grajischen und Dauphinéer Alpen. Südwestlich vom Montblanc im Gebiet des Doron de Beaufort liegt 1723 m ü. M. der *Lac de la Girotte* (30), ein natürlicher Einbruchsee von 100 m Tiefe und 58 ha Oberfläche. In geologischer, physikalischer und chemischer Hinsicht gleicht er in vielem dem Ritomsee und auch dem Lünersee im Rhätikon. Schon anfangs des Jahrhunderts wurde der See in 15 m Tiefe angezapft. 1923 erfolgte ein neuer Anstich 78 m unter dem natürlichen Seespiegel, womit 29 Mio m³ für die am Dorinet und Doron de Beaufort entstandenen 7 Kraftwerke mit 1370 m Fallhöhe nutzbar gemacht wurden. Nahezu eine Verdoppelung des Speicherraumes erreichte man 1944/48 durch den Aufstau um 30 m mittels einer Staumauer auf dem schmalen, nach dem See zu konkaven Seebord in einer interessanten, massesparenden und den örtlichen Bedingungen angepaßten Pfeilergewölbebauform (Abb. 11). Hand in Hand mit den verschiedenen Ausbauschritten ging die Vermehrung der Zuflüsse durch Beileitungen zu dem nur 5,2 km² großen natürlichen Einzugsgebiet. Zuerst wurden die kleinen nahegelegenen Bäche Colombes und Roselette beigeleitet und am obersten Kraftwerk Belleville (500 m Fallhöhe) ein Pumpwerk für 8—12 Mio m³ angelegt. 1939 griff man auf das Einzugsgebiet der Arve und schloß zunächst 10,5 km² des oberen Bon Nant an, dann 1941/44 weitere 17,8 km² vom Tré-la-Tête-Gletscher, wobei der Gletscherbach, da man in der Höhe durch den Bon-Nant-Stollen gebunden

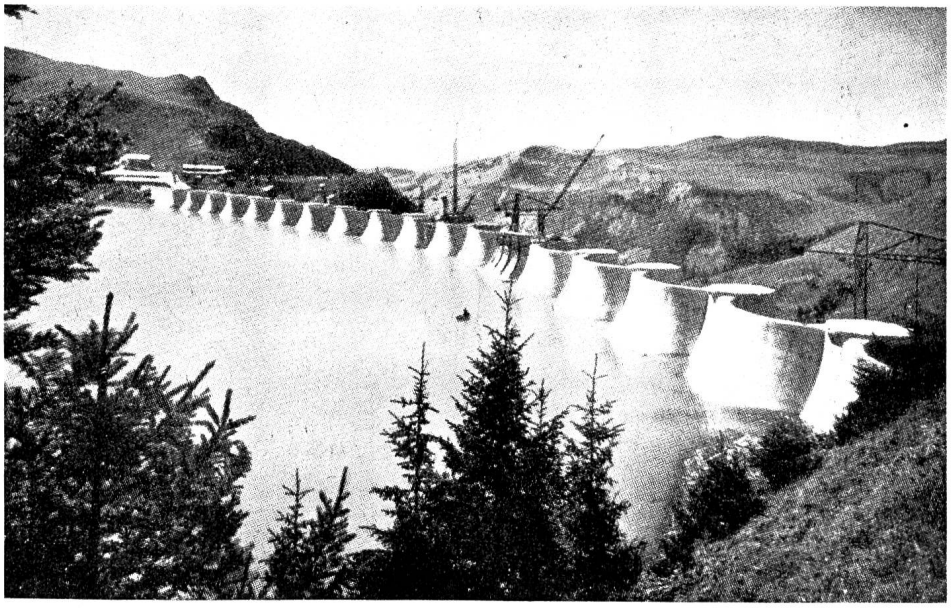

Abb. 11
Lac de la Girotte, Staumauer im Bau Ende 1948

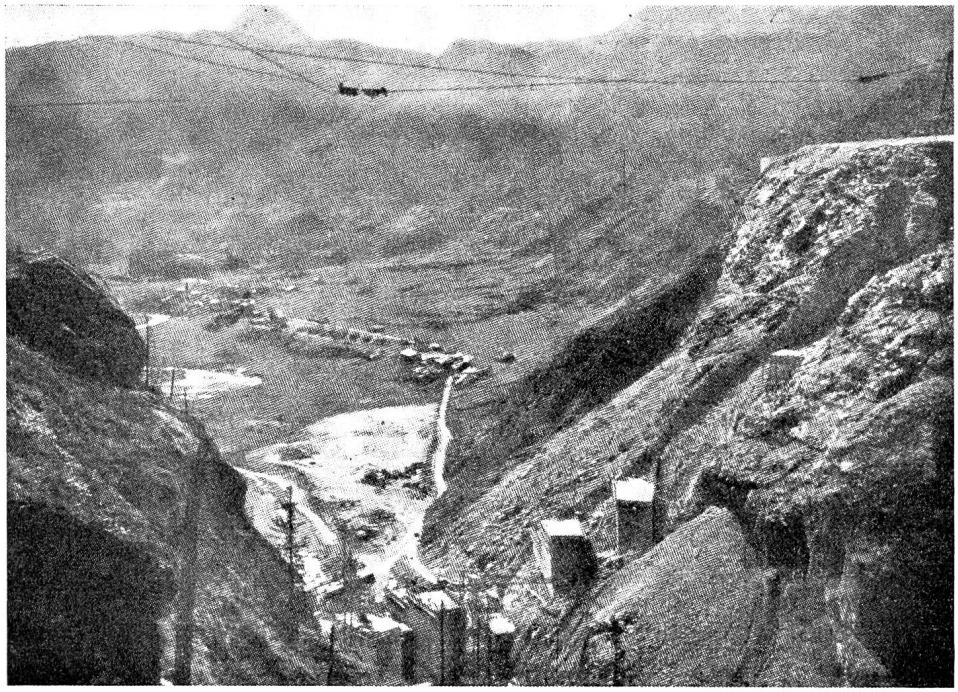

Abb. 12
Sperrstelle und Staubecken Tignes an der oberen Isère, Blick taleinwärts auf das Dörfchen Tignes

war, unter der Gletscherzunge mittels einer kleinen Sperre auf 1921 m ü. M. gefaßt wurde, die erste alpine Untergletscher-Wasserfassung. Mit dem Pumpwerk ist das Einzugsgebiet des Sees heute 54,8 km² groß und liefert im Mittel 75 Mio m³ nutzbaren Zufluß.

Nur wenige Kilometer südlich des Girotte-Sees entstehen in den nächsten Jahren zwei neue große Stauseen, *Roselend* (31) im obersten Doron de Beaufort und *Gittaz* (32) in dessen gleichnamigem Zubringer, als Zwillingsspeicher des Großspeicherwerks Roselend-La Bathie, das 250 km² des Hochgebietes zwischen Doron und Isère mit 1220 m Fallhöhe nutzen wird. 44 km Beileitungsstollen führen den Speicherseen die Wasser vom Versoyen, dem Torrent des Glaciers und einiger anderer rechtsseitiger Zuflüsse der Isère zu. Noch vor wenigen Jahren war hier ein Becken mit 75 Mio m³ und «nur» 480 000 m³ Mauermasse geplant. Der jetzige Großausbau für 230 Mio m³ Stauraum ist ein Musterbeispiel für das Streben nach der Höchstausnutzung günstiger Speichermöglichkeiten und der Beschränkung auf möglichst wenige große Werke.

Im obersten Isère-Tal befindet sich der größte Speichersee der französischen Alpen, *Tignes* (33) mit 230 Mio m³ Nutzraum in vorgeschrittenem Bauzustand (Abb. 12). Ein breiter Riegel, das Plateau des Boisses aus Quarzit der Trias, den die Isère in enger Schlucht durchbricht, wird durch eine 180 m hohe Gewölbemauer, die höchste Staumauer Frankreichs, gesperrt und das weite Becken dahinter, in dem das Dörfchen Tignes verschwindet, nimmt ein 4 km langer, 0,8—1,2 km breiter See in prachtvoller Hochgebirgslandschaft ein. Die nach dem bekannten Wintersportort Val d'Isère (3 km vom See-Ende talein) führende Staatsstraße war auf 7,5 km als neue Uferstraße zu verlegen. Das natürliche Einzugsgebiet von 171 km² wurde noch durch Beileitung der rechtsseitigen Wildbäche Clous und Nant Cruet (32 km²) sowie der linksufrigen Sachette und des oberen Ponturen (linkes Paralleltal) auf 249 km² vergrößert und bringt einen Jahreszufluß von rund 370 Mio m³. Dieser derzeit größte Speichersee der Alpen wird genützt in den Hochdruckstufen Brévières und Malgovert mit 980 m Bruttofallhöhe und in der Tarentaise in den Stufen Pomblière und Moûtiers und vor allem der neuen 150 m-Stufe Moûtiers—Aiguebelle, die das große Knie bis zum Arc abschneidet.

Das Gebiet des Arc, des obersten Hauptzubringers der Isère, besitzt bis heute zwei Speicherseen. Sein Flußtal, die Maurienne, ist seit alters der Sitz zahlreicher Betriebe der Elektrometallurgie und -chemie, die eine Kette großer Miteldruckstufen ausbauten. Wenig oberhalb von Modane, wo der Mont-Cenis-Tunnel ins Tal der Dora Riparia hinüberführt, liegt bei Aussois das Kraftwerk einer neuen großen Hochdruckstufe, die mit 850 m Fallhöhe die Südabflüsse des stark vergletscherten Vanoise-Kammes (Doron de Termignon) ausnützt. Im Avrieux-Tal ist auf dem *Plan d'Aval* (34), einem verlandeten Gletscherkolk, ein kleineres Speicherbecken eingeschoben. Der abschließende Gneisriegel hat beiderseits eines Felskopfes zwei Talfurchen, die durch eine Gewölbe- und eine parabolisch gekrümmte Gewichtsmauer, in geschickter Anpassung an die Talform, abgeriegelt werden. 7 km talaus von Modane liegt die Zentrale La Praz des Speicherwerks *Bissorte* (35), seit 1935 die höchste Gefällstufe (1150 m) der französischen Alpen. Der Bissorte-Bach, ein linksseitiger Zubringer des Arc, entspringt aus

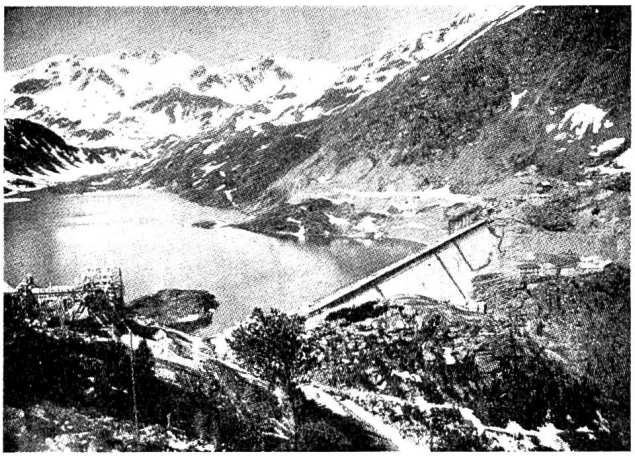

Abb. 13 Lac de Bissorte, Teilstau im Juni 1935

dem Mont Thabor-Gletscher am gleichnamigen Grenzberg. Nur 3 km vom Arc-Talboden schließt eine Gneisbarre eine weite verlandete Gletscherwanne ab, ein Idealfall eines alpinen Speicherwerks. Auf dem Riegel staut eine mächtige Bruchsteinmauer den 2,2 km langen See (Abb. 13). Dem 23 km² großen natürlichen Einzugsgebiet sind von Osten mit Hilfe eines 6 km langen Stollens und eines Pumpwerks geringer Hubhöhe weitere 25 km² der Quellbäche der Combe (Graben) de la Grande Montagne und des Bonnenuitbachs angeschlossen.

Von der Arc-Mündung abwärts bis Grenoble wird das breite Isèretal, das «Grésivaudan», linksseitig von der bis 2981 m ü. M. aufragenden Belledonne-Kette begleitet. Ihr Hauptabfluß ist der Bréda, dessen Quellgebiet das Massif des Sept Laux (lacs) ist, mit einer Gruppe kleiner natürlicher Seen. Die größten von ihnen, *Lac Cotepen* (36) und *Lac du Cos* (37) sind nach dem ersten Weltkrieg als Speicher für das Kraftwerk Fond de France und mehrere folgende bis zur jüngsten Unterstufe Pontcharra ausgebaut worden. Nahe Grenoble liegen an den Mündungstufen der Hänge-Quertäler der Belledonne-Kette die ältesten Hochdruckstufen der Alpen, schon 1868—82 erbaut. Hier wurde auch erstmals der Anstich hochgelegener Karseen durchgeführt, so beim *Lac du Crozet* (38) in 25 m Tiefe.

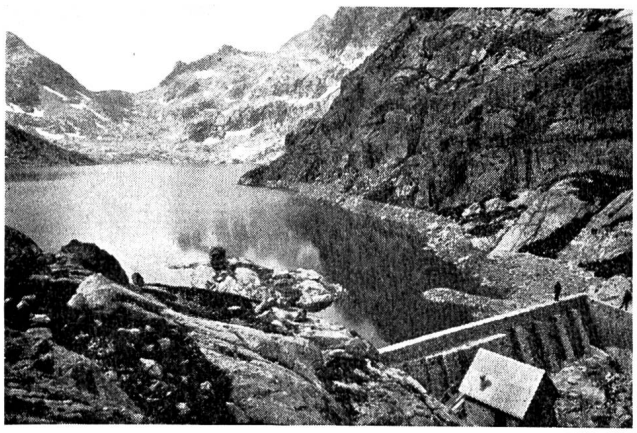

Abb. 15 Lago del Basto, 2334 m ü. M., in den Meeralpen, Beispiel eines mit geringsten Mitteln ausgenützten Karsees (Photo Compagnia Imprese Elettriche Liguri)

Südlich von Maurienne und Belledonne-Kette folgt das Tal der Romanche, des Hauptzubringers des Drac. Aus dem stark vergletscherten Gebiet der Meije (3987 m) und des Pelvoux-Massivs (Les Ecrins 4103 m) kommend, hat der abfluß- und gefällreiche Fluß in verkehrsgünstiger Lage zahlreiche Industrien angezogen, die die untere Romanche zu einer Kette großer Mitteldruckstufen ausbauten. Der Vermehrung ihres Winterwassers sowie dem Hochwasserschutz dient der *Chambon-Stausee* (39) oberhalb Le Freney d'Oisans, der ein Einzugsgebiet von 254 km² beherrscht. Am Ufer des schön gelegenen, 3,5 km langen Sees, der das gleichnamige Dorf überstaut, verläuft z. T. in Tunneln die Staatstraße über den Col du Lautaret nach Briançon im oberen Durancetal. Die mächtige Staumauer, bis zur Vollendung von Tignes und Roselend die höchste Frankreichs, sperrt die Erosionsschlucht im Gneisriegel eines tiefen glazialen Beckens. Beim Bau zeigte sich, daß die Erosionsrinne, die an der Sperrstelle schon 45 m unter das Flußbett reichte, talaufwärts noch steil in den Gletscherkolk einfiel. Am Mauerfuß liegt ein kleineres Sperrenkraftwerk und bei St.-Guillerme (740 m ü. M.), am oberen Ende des Beckens von Le Bourg d'Oisans, die Hauptstufe mit 160 Mio kWh Jahreserzeugung.

In einem linken Seitenbach des Vénéon, der bei St-Guillerme in die Romanche mündet und das Hauptgletschergebiet entwässert, liegt der natürliche *Lac de Lovitel* (40), ein Bergsturzsee mit Spiegelschwankungen bis 13 m, der schon seit langem als Speichersee herangezogen wurde. Seit 1944 wird der Vénéon (250 km²) durch das große 400 m-Hochdrucklaufwerk Pont-Escoffier ausgenützt und seiner Fassung auf dem Plan du Lac sind seit kurzem auch die Wildbäche der Muzelle und des Lovitel beigeleitet. Unterhalb Le Bourg d'Oisans mündet von rechts die ebenfalls durch drei Kraftwerke genutzte Eau d'Olle. In ihrem Oberlauf, von der Nordseite der Crête des Grandes Rousses (3473 m) abfließend, birgt der Nant de *Bramant* mehrere Karseen, deren unterster größter als Fernspeicher herangezogen ist. In der linken Talflanke des untersten Romanche-Tales, wo die Route Napoleon an den drei Moränenstauseen von Laffrey vorüber ins Drac-Tal führt, finden wir noch den *Lac Mort* (41), um 20 m abgesenkt, mit einer eigenen Hochdruckstufe.

Auf der genannten Straße gelangen wir Drac-aufwärts zu dem großen *Stausee du Sautet* (42). Ein enger Cañon

im Lias-Kalk bot hier eine sehr günstige Gelegenheit für eine große Talsperre in einem Fluß mit 990 km² Einzugsgebiet und reichlich 1 Mrd m³ Jahresabfluß, den eines der ersten Kavernenkraftwerke Europas ausnützt. Der prächtige See (Abb. 14) mit einem Gesamtstauraum von 130 Mio m³ und bei 115 m Stauhöhe nur 40 m Spiegelschwankung erstreckt sich auf 6 km Länge im Haupttal und 4,5 km im linken Nebental der Soatoise.

Die nächsten großen Speicherseen finden wir erst weit im Süden, in den Provençalischen Voralpen im Mittellauf des *Verdon,* wo sich dieser nach Westen gegen die Durance wendet. Bei *Castillon* (43) schließt eine 100 m hohe schlanke Gewölbesperre eine enge Schlucht ab, die der Verdon in der Flanke einer Antiklinale des oberen Jura eingeschnitten hat. Der Speicher, der ein 675 km² großes Einzugsgebiet mit 14,3 m³/s mittlerem Abfluß beherrscht, dient neben der Krafterzeugung auch dem Hochwasserschutz und der Landbewässerung im Unterlauf. Bei 149 Mio m³ Gesamtinhalt hat er mit 4,9 km² die größte Seefläche aller Speicherseen der französischen Alpen und erforderte 14 km Straßenverlegungen. Schon 1929 war der Bau dieser Talsperre begonnen, aber in der Wirtschaftskrise 1932 wieder eingestellt worden. Eine Besonderheit sind die ungewöhnlichen, sehr umfangreichen Dichtungs- und Verfestigungsmaßnahmen in der rechten Talflanke, die ein Netz offener Klüfte aufwies, von denen manche 1 m breit waren und zusammenhängende Klüfte von mehreren 100 m³ bildeten. Über 10 000 t Einpreßmittel sind hier verbraucht worden, und die Arbeiten sind ein eindrucksvoller Beweis, welche Schwierigkeiten die moderne Talsperrentechnik heute meistert und den Bau großer Stauwerke auch bei ungünstigen geologischen Bedingungen möglich macht. Gleich unterhalb der Castillon-Sperre folgt die kleinere von *Chaudanne* (44) als Ausgleichbecken und Unterstufe mit 16 Mio m³ Gesamtstauraum und einem Talsperrenkraftwerk.

Nach der Betrachtung dieser 17 von französischen Ingenieuren geschaffenen Anlagen gelangen wir nun zu einer Gruppe kleinerer Speicherseen in den Meeralpen, die Frankreich durch den Friedensschluß nach dem zweiten Weltkrieg zugefallen sind, als die Grenze auf den Kamm beim Colle di Tenda gelegt wurde. Im oberen Einzugsgebiet der *Roja,* in deren Tal sich die Eisenbahn Ventimiglia—Cuneo zum Tendapaß hinaufschraubt, in den Quellästen der Bionia liegen im Vallone Valmasca, unter dem Mt. Clapier (3045 m), die *Laghi Casterino,* umfassend den Lago Agnel, Basto (Abb. 15), Nero und Verde (45 bis 48), die zusammen ein Einzugsgebiet von 6,8 km² haben, und südlich davon im Vallone Inferno die kleineren *Laghi Inferno* mit dem Lago della Muta, Forcato, Lungo Superiore und Carbonè (49—52), mit zusammen 8,9 km² Einzugsgebiet. Alle wurden während des ersten Weltkrieges durch kleine Bruchsteinmauern aufgestaut und später teils noch erhöht. Unterhalb, an der Vereinigung der beiden Täler, folgt in der Bionia der hochaufgestaute Kleinspeicher *Le Mesce* (53) mit einer der größten der älteren italienischen Bruchsteinmauern.

Abb. 14
Lac du Sautet, Aufnahme Mai 1935

Speicherseen südlich des Hauptkamms

Im südlichsten der größeren Zuflüsse, die aus dem Alpenbogen dem Po zuströmen, der Stura di Demonte, liegen wohl eine Reihe von Laufkraftwerken, doch besteht bis heute kein Speichersee. Als ersten finden wir in der *Combamala* (55), einem kurzen rechten Zubringer der Maira, den kleinen gleichnamigen Tagesspeicher, bemerkenswert durch seine auf Dolomit gegründete 40 m hohe Pfeilerplattenmauer, die älteste aufgelöste Eisenbetonmauer Italiens. Die nördlich folgende Varaita birgt im linken ihrer beiden Quelläste, im Torrente Varaita di Chianale, den größeren Speichersee *Castello* (56). Dessen Nebenbach Valanta und der südliche Quellast di Bellino wurden beigeleitet, so daß der Speicher 140 km² erfaßt. Die jüngste und höchste der italienischen Bruchsteinmauern staut den 1,5 km langen See auf, der eine Fraktion der Gemeinde Pontechianale bedeckt. Den Speicher und die Varaita nützen die drei modernen Kraftwerke Casteldelfino, Sampeyre und Brossasco mit zusammen 984 m Bruttogefälle und 235 Mio kWh Energiedargebot. Der vom bekannten Wintersportzentrum Sestrières ausgehende Chisone ist noch speicherlos, dagegen liegt in der obersten Dora di Riparia, der Dora di Bardonecchia, nahe dem Südausgang des Mont-Cenis-Tunnels am Grenzberg Pierre Menue (3505 m), im Kalkstein der Speichersee *Rochemolles* (57) eines Bahnkraftwerkes mit 26 km² großem Einzugsgebiet.

Besondere Beachtung darf der in einer weiten Gletschermulde unter dem Montcenis-Paß (2084 m ü. M.) gelegene *Lago di Moncenisio* (54) beanspruchen (Abb. 16). Der natürliche See von ursprünglich 134 ha Fläche und 31 m Tiefe ist teils durch Absenkung, teils durch Aufstau mittels drei kleiner, aber verhältnismäßig langer Absperrbauwerke zu einem der größten, an Fläche überhaupt größten italienischen Westalpenspeicher ausgebaut. Sein Einzugsgebiet mißt 56 km². Den Speichersee nutzen drei Kraftwerkstufen: Gran Scala (mit Pumpstation), Venaus und Mompantero, davon die mittlere Hauptstufe mit rund 1100 m Gefälle. Die Staatsgrenze umzog früher die Wasserscheiden des Seegebiets an drei Seiten. Der Friedensvertrag von 1946 hat die Grenze vom Kamm nach Osten in die kürzeste Verbindung gelegt, wodurch See und Oberstufe an Frankreich kamen. Italien behielt jedoch die Wasserrechte sowie Dargebot und Betriebsführung des Kraftwerks Gran Scala. Auf sehr umfassende interessante Pläne für einen Großausbau dieses Speichers werden wir unten noch zu sprechen kommen.

In der nördlich folgenden Stura di Viù liegt unmittelbar am Grenzkamm unter der Croce Rossa (3566 m), wiederum einen natürlichen Karsee benutzend, der bisher höchstgelegene Speichersee der ganzen Alpen, der *Lago della Rossa* (58) auf 2716 m ü. M. (Abb. 17) mit einer mäßig hohen Bruchsteinmauer. 900 m tiefer folgt der Wochenspeicher *Malciaussia* (59), gebildet durch eine Gewölbemauer, deren Hochwasserüberlauf über die linke Felsflanke geht und zeitweise einen schönen Wasserfall bildet. Die Becken dienen einer Kette von Kraftwerken in der Stura di Viù: Crot, Lémie, Fucine, die zusammen 150 Mio kWh erzeugen.

Das obere Orcotal haben die Stadtwerke Turin zu einem großen Speicher- und Kraftwerksystem ausgebaut. Das Einzugsgebiet ist zwischen hohe Bergketten eingekeilt — rechts der Grenzberg Levanna (3619 m), links der Gran Paradiso (4061 m) — und hat nur eine verhältnismäßig geringe Abflußhöhe. Seit 1930 besteht der 3 km lange Stausee *Ceresole Reale* (60). Ihn staut eine kräftige, wasserseitig mit einem Schutzmantel aus vorgelegten Gewölben ausgestattete Betonmauer auf anstehendem Gneis, während linksufrig ein niederer Sattel durch eine kleine Nebensperre aufgehöht ist (Abb. 18). Er wird in den Kraftwerken Rosone, Bardonetto und Pont über 1127 m Fallhöhe ausgenützt. 1938 und 1951 folgte der Aufstau der Karseen *Lago Agnel* (61) und

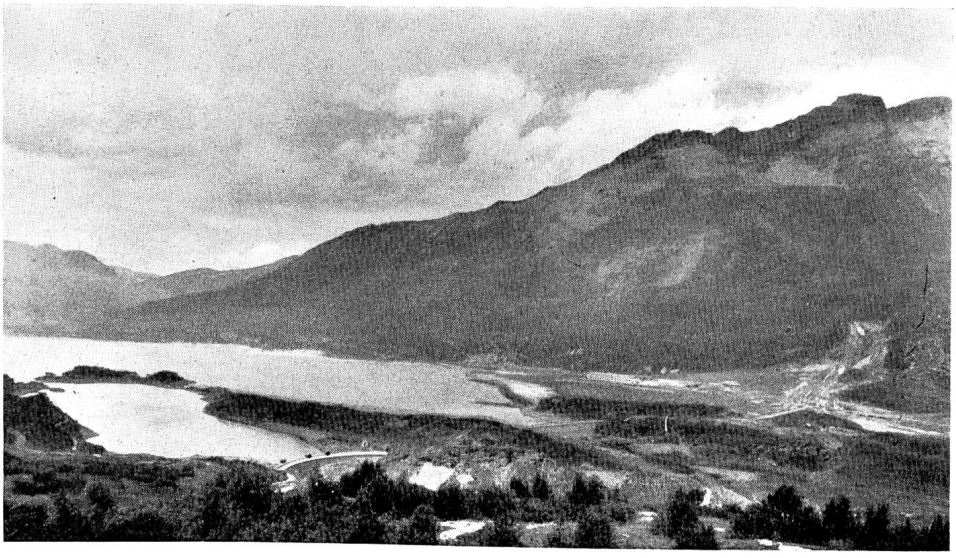

Abb. 16
Lago Moncenisio mit den drei Talsperren
(Photo S. I. P. Torino)

Lago Serrù (62) durch Bruchsteinmauern und Ausbau der Oberstufe Mua (18 km²). Gegenwärtig steht in den vom Gran Paradiso kommenden Tälern Piantonetto und Eugio eine Seitenstufe mit großen Speicherseen im *Pian Telessio* (63) und *Val Soera* (64), die durch moderne, weitgespannte Gewölbegewichtsmauern mit Natursteinverkleidung gestaut werden, sowie einem kleineren, *Eugio* (65) im Bau. Sie besitzt die höchste Druckleitung Italiens mit 1218 m Fallhöhe. Die jüngeren Gruppen waren seit langem geplant und es sei vermerkt, daß man jetzt den Speicherraum von 28 auf 52 Mio m³ gesteigert hat. Nach ihrer Vollendung liefert das Orco-Tal rund 1 Mrd kWh. Der Kleinspeicher *Gole di Gurzia* (66) in der Chiusella ist bemerkenswert durch seine Gewölbestaumauer, die erste italienische vom Gleichwinkeltyp.

Der zurzeit größte der italienischen Westalpenspeicher steht im Valgrisanche, einem rechten Nebental des Aostatals, noch im Bau. Hier befinden wir uns im Gebiet größter Massenerhebung und Reliefenergie zwischen dem nördlichen Hauptkamm vom Montblanc bis Monte Rosa und dem nach Süden vorgeschobenen Gran Paradiso. Der Speichersee *Beauregard* (67) erfaßt ein Einzugsgebiet von 93,6 km², zum kleinen Teil mittels drei Bacheinleitungen in den linksufrigen Druckstollen. Er wird etwa 3,5 km lang und liegt wiederum in einer glazialen Wanne. Bis zur Dora Baltea wird er in der 1044-m-Stufe Avise abgearbeitet, in dieser folgt eine neue 104 m-Stufe Sarre und unterhalb Aosta eine Kette bereits bestehender großer Mitteldruckstufen (Werke Pontey, Montjovet, Hône, Bard, Carema, Quincinetto) mit zusammen 191 m Fallhöhe.

Im berühmten Valtournanche kommt man vom Touristenort Breuil zum *Lago di Goillet* (68), in glazialer Wanne über einer steilen Schlucht 2526 m hoch gelegen, nur 5 km in der Luftlinie vom Matterhorn entfernt, in großartigster Hochgebirgsumrahmung (Grande Muraille, Testa del Leone) am Fuß des Plan Rosà-Gletschers (Abb. 19). Den 1 km langen See, der mit Beileitung des Torr. Barmaz 13,8 km² Einzugsgebiet erfaßt, staut eine natursteinverkleidete Betonmauer. In einem rechten Nebenbach liegt als Seitenstufe der 1,4 km lange größere *Cignana-Stausee* (69) mit 13,5 km² Einzugsgebiet (Abb. 20). Seine auf Amphibolitgneis errichtete Betonstaumauer besitzt linksufrig einen Anschlußdamm aus Trockenmauerwerk. Im obersten Cignana-Tal sind noch die Karseen *Lago Grande* und Lago Balanselmo mit zusammen 0,8 Mio m³ nutzbar gemacht. Der erstere, 2848 m ü. M., ist das überhaupt höchstgelegene Speicherbecken der Alpen. Das Valtournanche wird durch die vier Kraftwerke Perrères, Maën, Covalou und Châtillon mit zusammen rund 2000 m Fallhöhe ausgenützt, die 295 Mio kWh liefern.

Das vom Monte Rosa ausgehende Val di Gressoney birgt in seinem Talschluß im östlichen Quellast des Lys, ebenfalls in prachtvoller Lage, 2374 m ü. M., den *Lago Gabiet* (70). Technisch ist bemerkenswert, daß seine ältere, auf Serpentinfels gegründete Bruchsteinmauer 1935 mit einer neuen Dichtungshaut aus Stahlblech versehen wurde. Der Speichersee besitzt noch eine Nebensperre mit 9 m hohem Erddamm. 23 km talaus ist in dem linken Nebenbach Pacoulla der *Lago Vargno* (71) durch einen der höheren italienischen Steindämme aus Trockenmauerwerk auf Moräne als Baugrund aufgestaut. Das Lysgebiet wird von den Kraftwerken Gressoney und Pont St-Martin ausgenützt. Als tiefgelegener Speichersee im Dora Baltea-Gebiet sei noch der 5,8 km² große natürliche Moränenstausee *Lago di Viverone* erwähnt.

Abb. 17 Lago della Rossa, 2716 m ü. M., in abgesenktem Zustand (Photo S. E. M. Milano)

Wir kommen nun in das mit zahlreichen Speicherseen besetzte *Tessin-Gebiet.* Am Ufer des Lago Maggiore entlang gelangen wir über Stresa ins Toce-Tal, das im unteren Teil den Namen Valle d'Ossola, im oberen Val Antigorio führt. Das vom Monte Rosa nach Osten gehende Anza-Tal besitzt unterhalb des Touristenortes Macugnaga den Tagesspeicher *Ceppo Morelli* (72), heute

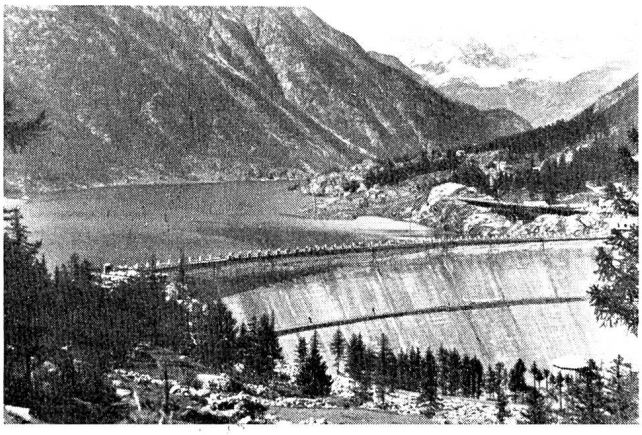

Abb. 18 Ceresole Reale, Stausee in der Valle di Locana am Orco. Rechts im Bild die kleine Nebensperre (Photo A. E. M. Torino)

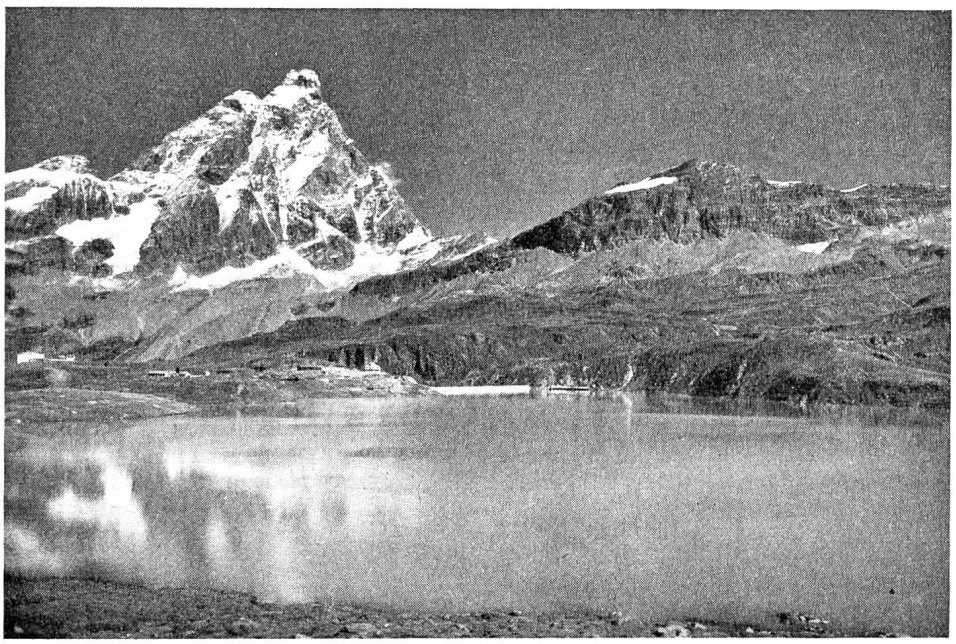

Abb. 19
Lago di Goillet, 2526 m ü. M., gegen die Südwand des Matterhorns (Photo Aragozzini, Milano)

schon weitgehend verlandet, den eine der jüngeren fortschrittlichen italienischen Gewölbemauern in der engen Schlucht von Prequantare abschließt. Im nördlich folgenden Antronatal liegt eine Gruppe von fünf schönen Speicherseen. Der untere ist der 1642 durch einen Bergsturz entstandene, nur durch Absenkung genützte natürliche *Lago d'Antrona* (76). Im linken Zubringer Lorango liegt der geologisch und bautechnisch interessante schöne Stausee *Alpe Cavalli* (77) mit 26 km² Einzugsgebiet (Abb. 21). Ihn sperrt der bisher höchste Steinsatzdamm der Alpen, der auf Moräne steht und auch rechts an einen großen Moränenwall anschließt. Die Dichtungsdecke des Dammes, die nach 15jährigem Bestand erneuert wurde, setzt sich noch ein Stück auf dessen Flanke fort. Sickerverluste werden durch ein unterhalb gelegenes Pumpwerk ins Becken zurückgepumpt. Im Haupttal talein erreicht man auf kühner Baustraße die hohe, in nackten Fels gefügte Bruchsteinmauer *Camplicciolí* (75) an der Talgabel des Troncone mit 34 km² Einzugsgebiet, deren 1,6 km langer schmaler See die gleichnamige Alpe einnimmt. In den beiden Quellästen liegen fast 1000 m höher in Karmulden die ebenfalls von Bruchsteinmauern aufgestauten Speicherseen *Cingino* (73) und *Camposecco* (74). Deren gemeinsames Kraftwerk Camplicciolí, das Werk Rovesca mit drei verschiedenen Druckstufen vom Camplicciolí-, Antrona- und Cavalli-See und die Unterstufe Pallanzeno erzeugen 242 Mio kWh, zur Hälfte im Winter.

Von Domodossola talein ist das über 40 km lange reich gegliederte niederschlagreiche innere Toce-Gebiet im Lauf von drei Jahrzehnten durch die Società Edison fast vollständig ausgebaut worden und besitzt heute 11 Speicherseen mit 18 Kraftwerken. Im obersten Teil, im Val Formazza, liegen in drei Gruppen allein 7 Becken mit zusammen 92 Mio m³ Nutzraum in einer durchschnittlichen Höhe von 2000 m über dem Lago Maggiore. Vermerkt sei, daß auch am unteren Tessin zwischen Lago Maggiore und Pavia noch 8 Flußkraftwerke bestehen.

Auf der Ostseite, gegen den ins oberste Tessintal hinüberleitenden S. Giacomo-Paß, finden wir nahe benachbart den Stausee *Val Toggia* (86) in der Gletscherwanne des kleinen Fisch-Sees (Abbildung 22) und den natürlichen, um 10 m aufgestauten und ebensoviel abgesenkten *Lago Kastel* (87). Im westlichen, 2—3 mal breiteren Teil des Einzugsgebietes steht als höchstgelegener und größter der Stausee *Sabbione* (81) vor der Vollendung (Abb. 23). Er staut den gleichnamigen Hohsand-Gletscher ein und sein Inhalt wird durch dessen Abschmelzen von anfänglich nur 22 Mio m³ auf 40—42 Mio m³ zunehmen und das Becken damit zum Überjahresspeicher werden. Die Staumauer auf Kalkschiefer ist eine neuzeitliche, wasserseitig mit Naturstein verkleidete Hohlpfeilermauer, wie sie schon in der Adamellogruppe und im Bittotal in den Ostalpen errichtet wurden. Das Kraftwerk der Oberstufe, die einzige Kaverne im Tocetal, kommt 640 m tiefer an den Stausee *Morasco* (82), italianisiert aus Morast, der kurz und breit eindrucksvoll unter dem steilaufragenden Corno di Ban (3027 m) liegt, mit einer sehr langen Staumauer auf Glimmerschiefer. Einige km südlich folgt die dritte Gruppe mit dem *Lago Vannino* (85), dem darüberliegenden kleinen *Obersee* (83) und dem vom südlichen Nachbartal übergeleiteten *Lago Busin* (84). Manche Namen zeigen, daß hier die deutsche Sprache noch von der ursprünglichen Besiedelung des obersten Toce- oder Tosa-Tales durch die Walser her lebendig ist. Vom Kastel-, Morasco- und Van-

nino-See aus werden die drei Gruppen mit verschiedenen Fallhöhen im gemeinsamen Kraftwerk Ponte abgearbeitet. Diesem folgen dann im Haupttal noch sechs weitere Stufen bis Villadossola.

Das westliche Seitental des Devero birgt zwei größere Speicherseen, den aufgestauten natürlichen *Codelago* (79) im Rio d'Arbola mit 26 km² Einzugsgebiet und den jüngeren Stausee *Agaro* (80) mit einer schönen Bruchsteinmauer auf Gneis im gleichnamigen Wildbach (10,6 km²), der sich 2 km lang zwischen waldigen Hängen erstreckt. Die Speicherstufen Devero und Goglio, letztere mit zwei Druckleitungen über die der Agarosee durch Dükerung noch von der Alpe Devero gespeist wird, und die Unterstufe Verampio nützen dieses Gebiet.

Südlich folgt auf der Westseite Val Divedro mit der aus Schweizer Gebiet vom Simplon und aus dem Zwischbergental kommenden Diveria. In ihrem linken Zubringer Cairasca liegt am M. Leone (3552 m), dem höchsten Gipfel des Grenzkamms, gerade über dem Simplontunnel der hochgelegene *Lago d'Avino* (78) mit einem Steinsatzdamm auf Moränenuntergrund. Schließlich finden wir im Quellgebiet des Isorno, des größten Zubringers des Toce auf der Ostseite, den kleinen Stausee *Larecchio (88)*, dessen Mauer den Gneisriegel eines verlandeten Gletscherkolks aufhöht. Insgesamt liefert das Toce-Gebiet, mit Einschluß der Ovesca-Gruppe 1,65 Mrd kWh, davon 0,75 Mrd kWh im Winter, von denen 70 % aus dem Vorrat der 16 Speicherseen stammen.

Auf der Ostseite des Lago Maggiore, nahe der Schweizer Grenze, liegt der kleine *Lago Delio* (89) als letzter der italienischen Westalpenspeicher.

Wir kommen nun auf das *Schweizer* Gebiet der Alpensüdseite und zunächst in das ans Toce-Tal angrenzende Maggia-Gebiet, mit dessen energiewirtschaftlichem Ausbau nach einheitlichem Plan die neugegründete Maggia-Kraftwerke AG kürzlich begonnen hat. Im ersten Ausbau entsteht im oberen Maggiatal (Valle Lavizzara) oberhalb Fusio der Stausee *Sambuco* (90) mit 63 km² Einzugsgebiet. Die mächtigste Staumauer der Südalpen, eine 120 m hohe schwere Gewölbesperre mit 700 000 m³ Betonbedarf, wird in einem ausgeprägten Trogtal einen 3,2 km langen See schaffen, der nur einige Alpen beansprucht (Abb. 24). In drei Stufen mit den Kraftwerken Peccia, Cavergno und Verbano, deren unterste ein Gebiet von 713 km² erfaßt, wird die Maggia bis zum Langensee genützt. Der 30 km lange Stollen der Unterstufe kreuzt das Centovalli oder Melezzatal, wo bei *Palagnedra* (91) ein kleinerer Zwischenspeicher eingeschoben wird. In der Enge der bisherigen Straßenbrücke wurde soeben die Gewölbemauer fertiggestellt, die das steile schluchtartige Tal bis zur Landesgrenze einstauen wird. Ihr Hochwasserüberlauf ist neuartig nach Art einer Skisprungschanze gestaltet.

Sehr günstige Verhältnisse für die Wasserkraftnutzung bot das obere Tessintal mit seinen kurzen, steilen Seitentälern und mehreren großen natürlichen Hochseen. Schon vor dem ersten Weltkrieg wurde im Ticinetto-Tal der kleine *Lago di Chironico* (96), ein glazialer Kolk, 5 m unter seinem Spiegel angezapft und 6 m über diesen — erstmals durch einen Steindamm — aufgestaut. 10 Jahre danach wurde der ebenfalls in der rechten Talseite gelegene, über 80 m tief *Lago di Tremorgio* (95) das Sammelbecken eines mächtigen Quelltrichters mit 5,3 km² Einzugsgebiet, durch einen Absenkstollen in 33 m Tiefe als Speichersee eingerichtet und später im Kraftwerk bei Rodi seiner 800-m-Stufe ergänzend eine Speicherpumpe aufgestellt. Auf der linken Talseite birgt die Val Piora den in triadische z. T. gipshaltige Gesteine eingetieften

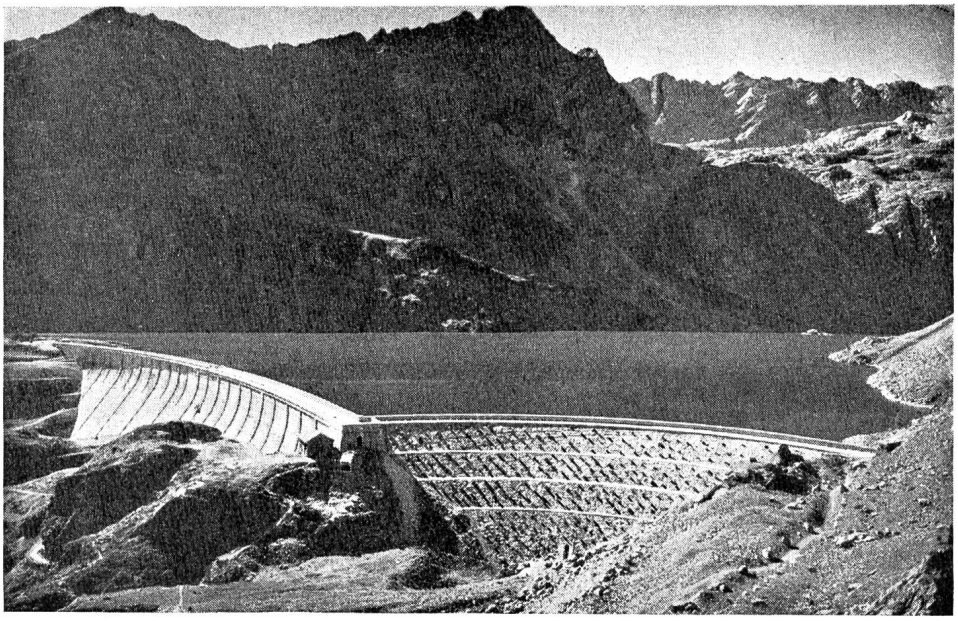

Abb. 20
Stausee Cignana, Betonmauer und Anschlußdamm aus Trockenmauerwerk (Photo Aragozzini, Milano)

Abb. 21 Steinsatzdamm des Stausees Alpe Cavalli in der oberen Valle d'Antrona, Blick gegen den Grenzkamm Italien—Schweiz (Photo Soc. Edison, Milano)

großen *Ritomsee* (94) mit 23 km² Einzugsgebiet. Als Speicher des Bundesbahnkraftwerks bei Piotta wurde er anläßlich der Elektrifizierung der Gotthardbahn um 27 m abgesenkt und sein Gneisriegel um 7 m aufgehöht. Die kleine Staumauer bildet zwischen den Rundhöckern der Schwelle drei flache Bogen. Der See hat unterirdische Quellzuflüsse und wies im Naturzustand von 13 m Tiefe ab starken Schwefelwasserstoffgehalt auf, der durch den Speicherbetrieb verschwunden ist. Nachdem früher schon eine Beileitung aus dem zum Medelserrhein entwässernden Cadlimotal (13 km²) hergestellt worden war, steht derzeit eine Vergrößerung um 19,5 Mio m³ durch Erhöhung des Stauspiegels um 14 m im Bau. Durch Einbezug des etwas höher gelegenen benachbarten *Cadagnosees* werden weitere 1,3 Mio m³ Stauraum der Wasserkraftnutzung zugeführt. Vom Canaria-Tal wird die Garegna beigeleitet und luftseitig der alten eine neue Staumauer errichtet. Das alte, unschöne Hotel Piora neben der Sperre muß dabei weichen.

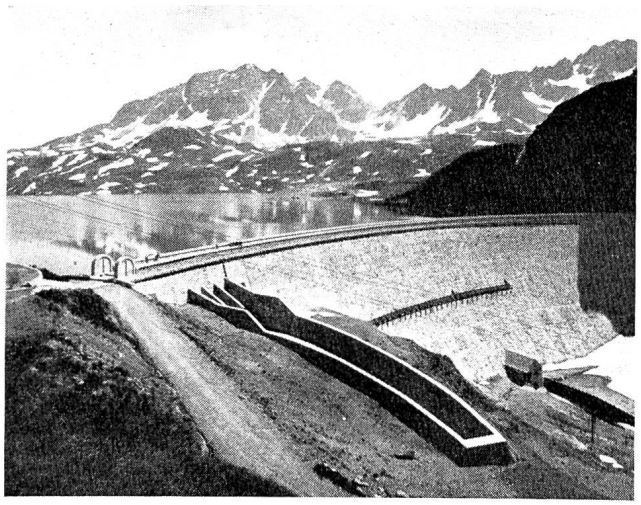

Abb. 22 Stausee Val Toggia am Passo S. Giacomo (Photo Paoletti, Milano)

Die jüngsten Speicherseen im oberen Tessin-Gebiet sind der *Lago di Lucendro* (92) und *Lago Sella* (93) am Gotthard. Ersterer entwässert natürlich zur Reuß, doch wurden mit einigen kleinen Beileitungen 20,5 km² ihres sehr abflußreichen Quellgebietes der wesentlich günstigeren Ausnützung nach Süden zugewiesen. Im neuen Kraftwerk Airolo und den bestehenden Stufen Piottino und Biaschina im Tessintal werden aus beiden Becken über rund 1500 m Fallhöhe 115 Mio kWh Winterenergie gewonnen. Der Lucendrosee ist 20 m unter dem natürlichen Spiegel angezapft und wird durch eine große Pfeilerkopfmauer auf Fibbia-Gneis 61 m gestaut, wobei seine Seefläche vervierfacht wurde (Abb. 25). Der Spiegel des Sellasees ist durch eine nur halb so hohe, aber längere Mauer auf blanker Felsschwelle um 29 m gehoben. Sein Wasser fließt im Wildbett bis zur Wasserfassung der Einleitung in den vom Lucendrosee kommenden Druckstollen.

B. Geplante Speicherseen

Wir wenden uns nun den Planungen zu; auch über diese sollen die wesentlichen Angaben folgen. Dabei müssen wir uns schon aus Platzgründen auf die wichtigsten, heute im Vordergrund des Interesses stehenden beschränken. Von den übrigen, im Laufe der Jahre nach namentlich in der Schweiz umfassenden Studien vorgeschlagenen, können die außerdem noch gebietsweise bemerkenswerten nur erwähnt werden. Wir beginnen einen gleichartigen Rundgang wie oben wieder im Norden an der Grenze zwischen Ost- und Westalpen.

Kurz erwähnt seien hier ein Speicherplan oberhalb *Vättis* (97) von etwa 40 Mio m³ in der die Sardonagruppe entwässernden Tamina, ebenso im oberen *Segnesbach* (98) am Flimserstein im Vorderrheingebiet, wo ein Becken von 20 Mio m³ 2385 m ü. M. in einer Gletscherwanne im Flysch vorgeschlagen worden ist, das in drei Stufen, mit Pumpspeicherung in der obersten, über 1770 Meter Fallhöhe genutzt werden kann.

Gute Aussichten auf baldige Verwirklichung haben zwei größere Stauseen am oberen Valserrhein, auf der *Lampertschalp* (99) und in *Zervreila* (100), ersterer als Oberstufe auf 2046 m ü. M. für 30 Mio m³ mit 23,3 km² Einzugsgebiet, Zervreila 1841 m ü. M. mit 70 Mio m³ bei 125 ha Seefläche und weiteren 40,5 km² abflußreichem, insgesamt zu 22 % vergletschertem Einzugsgebiet. Das Wasser soll ins Safiental übergeleitet und weiter im bestehenden Rabiusawerk bis Realta im Domleschg genützt werden, mit einem Dargebot in drei Stufen von 500 Mio kWh, davon 310 im Winter. Die Sperrstellen eignen sich gut für Gewölbemauern; in der Schlucht bei Zervreila soll eine 130 m hohe Mauer von

ähnlichen Abmessungen wie die Limbergsperre des Tauernwerks Kaprun erstehen (Abb. 26).

8 km nordwestlich der Lampertschalp liegt als Paß zwischen Somvixer- und Blenio-Tal das zum Vorderrhein entwässernde breite, schwach geneigte Hochtal der *Greina* (141), eine verlandete Gletscherwanne, deren nördlicher Riegel aus Granitgneis eine geologisch günstige Sperrstelle bietet. Hier ist ein großes Speicherbecken geplant, das nach zahlreichen Studien 106 Mio m³ (Stauziel 2280 m ü. M., Seefläche 280 ha) fassen soll, wobei zum eigenen Zufluß des 15 km² großen natürlichen Einzugsgebietes 76 Mio m³ aus den nördlichen und südlichen Tälern hochzupumpen sind. Die große Staumauer Camona wird 113 m hoch und 568 m lang und die Absperrung erfordert mit zwei Nebenmauern 1,1 Mio m³ Beton. Die günstigste Nutzungsmöglichkeit des Speichers bietet sich nach Süden im Brennogebiet, wo bis Biasca 2000 m Bruttogefälle zur Verfügung stehen — etwa 400 m mehr, als mit gleicher Stollenlänge im Vorderrheingebiet erreichbar sind — und ein dreistufiges Großkraftwerk mit rund 1 Mrd kWh Energiedargebot entstehen kann. Andere Vorschläge sehen eine Teilung des Speicherwassers zwischen Nord und Süd im Verhältnis der aus dem Rhein- und Tessingebiet stammenden Füllung vor; ferner bestehen noch verschiedene Projektvarianten. Die Greina ist ein Beispiel für die schwierigen Fragen, die auftreten, wenn die Ableitung größerer Wassermengen aus dem natürlichen Einzugsgebiet zugunsten der größeren Wirtschaftlichkeit einer einzelnen Werkgruppe erstrebt wird. Ist doch stets zu bedenken, daß Ableitungen, noch dazu mit der Inanspruchnahme guter Speicher, die von der Natur minder begünstigte Seite besonders benachteiligen und ihre Ausbauwürdigkeit auf die Dauer zunichte machen können, womit der Gesamtwasserkraftschatz geschmälert wird. Neben dem Widerstreit menschlicher Wirtschaftsinteressen besteht an der Greina sehr ausgeprägt auch ein Kampf der natürlichen Kräfte um die Wasserscheide. Von Westen arbeiten die Wildwasser des Talbaches von Val Camadra und von Süden die Wildbäche von Luzzone, um den Paßboden dem Brenno tributär zu machen.

Die Nordabflüsse der besonders niederschlagreichen Glarner Alpen bieten noch bedeutende Wasserkräfte, doch sind die Speichermöglichkeiten beschränkt und in den jurassischen Schichten oft mit geologischen Schwierigkeiten verbunden. Erwähnt sei die schon bei der Ausführung des Niederenbach-Werkes vorgesehene Ergänzung des Garichte-Beckens durch einen Speichersee in der oberhalb gelegenen Talmulde *Matt* (101) von 5 Mio m³, 1687 m ü. M. Im oberen Linthgebiet ist vor allem der 2448 m hoch gelegene, 68 m tiefe natürliche *Muttensee* (102) zu nennen, eine glazial überformte Doline. Der Einstau des *Limmernbodens* zu einem großen Jahresspeicher (zusammen etwa 70 Mio m³) begegnet geologischen Bedenken. Auch in dem zum Vierwaldstättersee entwässernden *Muotatal* (103) ist ein Speicher für 63 Mio m³ studiert worden.

Im oberen Reußgebiet gibt das *Urserental* (105), das Mittelstück des großen Längstalzuges Martigny—Chur, die einzigartige Grundlage zum größten Stauseeplan der Schweiz und — von einer utopischen Idee für das französische Isèretal abgesehen — der ganzen Alpen. Im Streichen weicherer Schieferschichten ist das Längstal durch die wasserreichen Reußflüsse tief eingeschnitten und durch die Eiszeitgletscher stark verbreitert und zum Trog ausgeschürft, der in schroffem Gegensatz zur engen Durchbruchschlucht der «wilden Schöllenen» steht. Hier kann beim Urnerloch durch eine mächtige Staumauer von 245 m Höhe, 550 m Kronenlänge und 4,7 Mio m³ Betonmasse mit Stauziel 1630 m ü. M. ein Speichersee von 1235 Mio m³ Nutzraum bei 180 m Spiegelschwankung mit 12,3 km² Oberfläche geschaffen werden. Er müßte als Überjahresspeicher die Abflüsse aus 884 km² des Reuß- und oberen Vorderrheingebietes aufnehmen, von denen 620 km² mit natürlichem Gefälle, 133 km² über Pumpwerke mittels 86 km Zubringerstollen und einiger kleiner Ausgleichbecken — *Curaglia* (104) am Medelserrhein, das auch schon größer für eine selbständige Nutzung im Vorderrhein geplant worden ist, und *Brunni* (105a) im Maderanertal — aufnehmen. Die Abarbeitung in zwei Hauptstufen über 1182 m bis Erstfeld südlich des Vierwaldstättersees und weiterhin in den Flußkraftwerken würde über 3 Mrd kWh Winterenergie bringen und u. a. den wirtschaftlichen Ausbau vieler speicherloser Laufwerke ermöglichen. Hindernisse für die Verwirklichung sind die beträchtlichen Eingriffe in die bestehenden Verhältnisse, vor allem die Überstauung der Siedlungen Andermatt, Hospental und Realp, die Verlegung der Alpenstraßen und der Furka—Oberalp-Bahn im Bereich des Stausees, die teilweise Verstärkung oder

Abb. 23 Alter Gletscherboden von Hohsand und Baustelle für die Pfeilerstaumauer Sabbione
(Photo S. E. M., Milano)

Verlegung des Gotthard-Tunnels, der Ersatz überstauter Festungsanlagen sowie die großen Wasserableitungen aus anderen Flußgebieten. Unmittelbare Bedeutung hat dagegen ein jüngster Plan der Centralschweizerischen Kraftwerke und der Schweizerischen Bundesbahnen in diesem Gebiet, der eines großen Stausees auf der *Göschenenalp* (106) mit 75 Mio m³ und 114,8 km² Einzugsgebiet, wovon 72,5 km² aus Zuleitungen (Furkareuß, Voralpreuß), Stauziel 1792 m ü. M., der durch einen 120 m hohen, auf Kronenhöhe 560 m langen Staudamm von 6,5 Mio m³ Inhalt geschaffen werden und einer Speicherstufe Göschenen (680 m) und den bestehenden Kraftwerken Wassen und Amsteg dienen soll. Mit der Verwirklichung dieser Stauanlage wird das Urserenprojekt in seiner ursprünglichen Planung teilweise überholt.

Aus den Berner Alpen seien als wichtigster Plan die Vergrößerung des *Grimselsees* durch 14 m Höherstau um 45 Mio m³, mit Beileitung des Bächlibaches genannt, dann Speicherseen auf der *Engstligenalp* (107) von 47 Mio m³ auf 1977 m ü. M. oberhalb Adelboden, wo ein weites Kar mit verlandetem Becken durch einen rundbuckelig geschliffenen und nacheiszeitlich durchsägten Felsriegel abgeschlossen ist, und der Ausbau der *Stockensee* mit 16 Mio m³ Nutzinhalt.

Bedeutende und günstige Pläne bietet wieder das Wallis. Am Fuß des Rhonegletschers ist bei *Gletsch* (108) auf 1830 m ü. M. ein 46 Mio m³-Becken projektiert, das den neuen Rhonestufen bei Oberwald und Ernen sowie den bestehenden Unterliegerwerken dienen würde. Im Val de Moiry soll durch Einstau des Gletscherbodens von Châteaupré auf 2235 m ü. M. durch eine 117 m hohe Staumauer der 117 ha große 59 Mio m³-Stausee *Zatelet* (109) unter dem von der Dent Blanche (4364 m) ausgehenden Glacier de Moiry entstehen, dem die Gletscherwasser aus dem obersten Turtmanntal, dem Val de Zinal und von Westen der Borgne de Ferpècle zugeführt werden. Der Druckstollen stößt ins Val Réchy durch; ihm können noch der aufgestaute *Lac de Lona* (110) auf 2620 m ü. M. mit 6 Mio m³ und zwei Speicherseen in der Kartreppe des obersten Val *Réchy* (111) von 15 und 9 Mio m³, alle mit Seeflächen zwischen 40 und 53 ha, angegliedert werden.

Das größte Bauvorhaben des nächsten Jahrzehnts ist die schon erwähnte gewaltige *Grande Dixence* (21), für die die Arbeiten bereits angelaufen sind. Die zentrale Lage des Val des Dix und seine für ein Speicherwerk größten Stiles günstigen topographischen und geologischen Verhältnisse haben in verhältnismäßig kurzer Zeit den Entschluß reifen lassen, hier die Gletscherwasser des größten Teils der Nordabdachung des Walliser Alpenkamms in einem Winterspeicher von achtfacher Größe wie der bestehende zu sammeln. 500 m unterhalb der jetzigen Mauer wird die — auch nach den heute bekannten Plänen — höchste Staumauer der Welt entstehen mit 281 m Höhe, 756 m Kronenlänge und der für Europa unerhörten Betonmasse von rd. 6 Mio m³, dem Zehnfachen des bisher bei alpinen Staumauern Verwirklichten. Sie schafft einen Hochgebirgssee von 5,5 km Länge, 730 m mittlerer Breite und 4,0 km² Oberfläche, den höchstgelegenen der Schweiz, dessen Spiegel 123 m über dem des heutigen Sees liegt und die derzeit noch größte schweizerische Talsperre nach kaum 20jähriger Dienstzeit überstauen wird (Abb. 27). Das Einzugsgebiet wird auf rund 300 km² gebracht, durch Überleitungen aus dem Val d'Arolla, de Ferpècle und dem Zermatter Tal im Osten und dem Val de Bagnes im Westen mit insgesamt etwa 80 km Stollen. 72 % dieses Gebietes sind vergletschert, und von den 40 Bachfassungen werden 7 unter Gletscher-

Abb. 24
Zukünftiger Stausee von Sambuco im obersten Maggiatal, Blick gegen Passo di Naret
(Aufnahme der Eidg. Landestopographie, Wabern. Alle Rechte vorbehalten)

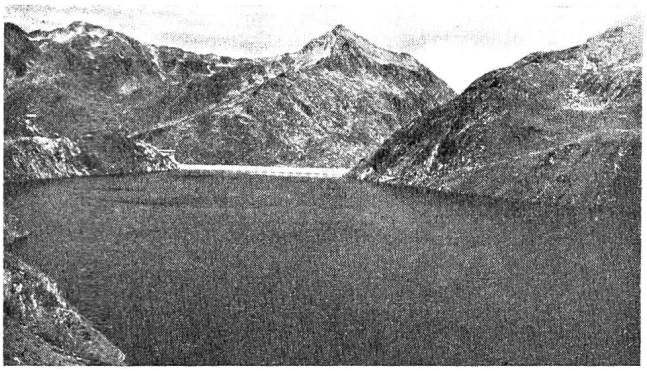

Abb. 25 Lago di Lucendro, Blick über den Gotthardpaß gegen Monte Prosa und Pizzo Centrale links
(Photo Willi Borelli, Airolo)

zungen liegen. Interessant ist die Abgleichung mit dem benachbarten Speicher Mauvoisin. Da dieser 414 m tiefer liegt als die Grande Dixence, wird ein Stollenzug auf rund 2400 m ü. M. auch aus dessen Einzugsgebiet den Dixence-See speisen, während ein auf 2000 m ü. M. liegender dafür aus östlich gelegenen Tälern das Wasser des tieferen Horizontes dem Mauvoisin-See zuführt. Ein neuer dreistufiger Ausbau durch das Val de Bagnes wird bis Martigny 1900 m Fallhöhe erschließen und 1550 Mio kWh Winterenergie liefern,

Auf der rechten Seite der Rhone ist im Tal der Lienne ein Speicherwerk mit dem 1764 m ü. M. gelegenen 40 Mio m³-Stausee *Zeuzier* (112) geplant. Ein durch Beileitung der Ertentze auf 26,6 km² gebrachtes Einzugsgebiet soll durch eine 145 m hohe Gewölbemauer gesperrt und zweistufig über 1230 m Bruttogefälle ausgenützt werden. Im Kanton Waadt besteht ein aussichtsreiches Überleitungsprojekt. Der *Hongrin* (113), ein linker Zubringer der Saane, soll 1245 m ü. M. durch eine 107 m über Talboden hohe Gewölbemauer zu einem 38 Mio m³-See gestaut werden, dem noch die ebenfalls zur Saane entwässernden Torneresse und Eau Froide angeschlossen werden. Die Nutzung erfolgt über 870 m Gefälle bis zum Genfersee bei Montreux.

Von den Plänen in den *französischen Alpen* sind zunächst in Savoyen zwei Speicherseen für die Oberstufe des großen Isèrestausees Tignes zu nennen. In einem rechten Seitental soll 2300 m ü. M. der Speicher *Prariond* (115) für 25 Mio m³ durch eine 100 m hohe Gewölbesperre in einem Kalkriegel entstehen. Die oben genannten beizuleitenden Bäche Clous und Nant Cruet werden in diesem Horizont herangeführt und das Kraftwerk Chevril kommt an die rechte Flanke der Tignes-Mauer. Rechts über ihrem Stausee liegt auch der natürliche *Lac de la Sassière* (116) auf 2430 m ü. M. Er wird durch einen Damm um 16 m aufgehöht und nach Durchbohrung des jetzigen Moränenriegels kann eine Schwankung von 30 m mit 5 Mio m³ ausgenutzt werden. Sein Abfluß wird in den Stollen von Prariond eingeleitet.

Im Doron de Champagny, dem nördlichsten Zubringer des Doron de Bozel, der am Isèreknie bei Moutiers (450 m ü. M.) einmündet, soll 1600 m ü. M. in ähnlicher Größe wie Tignes der Stausee *Champagny* (114) entstehen. Ihm werden die von der Nordseite des Vanoise-Kamms herabkommenden Seitenbäche des Doron de Bozel, die Dorons de Pralognan, des Allues und de Belleville mit etwa 30 km Stollen beigeleitet, vielleicht zieht man auch aus der Maurienne noch den obersten Doron de Termignon heran. Als Sperrbauwerk des zwischen Aig. du Midi (3360 m) und dem Gd. Bec (3402 m) hochalpin gelegenen Stausees ist in erster Linie ein mächtiger Steindamm in Aussicht genommen.

Im Arc-Gebiet kann im Avrieux-Tal oberhalb des bestehenden kleinen Stausees auf dem Plan d'Aval ein Ergänzungsbecken auf dem *Plan d'Amont* (117), ebenfalls einer verlandeten Gletscherwanne, für 12 Mio m³ angelegt werden. Auch am Vanoise-Gletscher und im obersten Arc oberhalb Lanslebourg wurden größere Speicher geprüft. Doch sind diese Pläne in den Hintergrund getreten vor dem Vorhaben eines Großausbaues des jetzt zu Frankreich gehörenden, bei den Seen der Südseite schon besprochenen *Mont-Cenis-Speichers* (54). Dieses weite Becken kann durch einen Höherstau von nur 80—100 m auf einen Inhalt von 300—350 Mio m³ gebracht werden (Stauziel rund 2000 m ü. M.) und bietet über dem Arctal eine Fallhöhe von 1000 m. Dem Mont-Cenis-See, der die größte Oberfläche aller Alpenseen in dieser Höhenlage aufweisen wird, sollen die Abflüsse des ganzen oberen Arc zugeleitet werden. Man denkt auch daran, das Wasser der 850 m-Laufstufe Aussois (s. o.), die mit einem 16,5 km langen Stollen auf 2000 m ü. M. 163 km²

Abb. 26 Talboden von Zervreila im Valsertal mit Stauhöhe des zukünftigen Sees, im Hintergrund Zervreiler Horn und Furketli Horn (3043 m), links Rheinwaldhorn

der Vanoise-Südseite erfaßt, durch Dükerung zuzuführen. Am Mont-Cenis-See sind bereits mehrjährige Baugrunderkundungen durchgeführt worden. Sie zeigen, daß der See am Zusammenfluß zweier glazialer Eisströme liegt, teils auf Trias, teils auf harten Kalkschiefern. Es wurden unterirdische Quellen festgestellt, die besondere Aufmerksamkeit erfordern, da sie beim Höherstau zu Sickerwegen werden könnten. Für das lange Absperrbauwerk wird bevorzugt ein Steindamm studiert.

In der Dauphinée besteht im Romanche-Tal oberhalb des Chambon-Stausees der Plan eines Speichersees im «Boden» der Alpe de *Villar d'Arène* (118) auf 2050 m ü. M. für etwa 50 Mio m³, schön gelegen im Angesicht des Pic des Agneaux (3615 m). Im Drac-Tal sind seit langem oberhalb, wie vor allem unterhalb des Sautet-Stausees noch mehrere Stufen mit kleineren Speichern geplant, von denen die bei *St-Pierre* (119) oberhalb der Einmündung der Bonne (580 m ü. M., 5 Mio m³), und *St-Jean d'Hérans* (120) erwähnt seien, jedoch ist die großzügige neuzeitliche Umprojektierung der älteren Drac-Ausbaupläne noch im Fluß. Ferner wird der Ausbau der Paßseen von *Laffrey* studiert.

Im Gebiet der Durance haben die Interessen der Wasserkraftnutzung wie der allgemeinen Landeskultur (Hochwasserschutz, Bewässerung) zwei sehr große Pläne entstehen lassen. In der Durance soll an der Einmündung der Ubaye der Stausee *Serre Ponçon* (121) für 500 Mio m³ geschaffen werden. Die schwierigen Baugrundverhältnisse werden seit Jahren eingehend untersucht, und 1949 war das 90 m hohe Sperrbauwerk Gegenstand eines internationalen Wettbewerbs. Im unteren Verdon soll der noch größere Stausee *Sainte-Croix* (122) für sogar 800 Mio m³, Stauziel etwa 500 m ü. M., entstehen. Auch in dem der Durance von rechts zufließenden Buech ist an der Einmündung seines Hauptzubringers das große Staubecken *Serres* geplant. Im Zusammenhang mit dieser Abflußregulierung steht das Projekt, vom Knie der Durance, wo sich diese nach Westen zur Rhone wendet, einen Durchstich zum Mittelmeer (Etang de Berre nordwestlich Marseille) mit einem Großkraftwerk von 2 Mrd kWh Energiedargebot zu schaffen.

Auf der französischen Seite der Meeralpen finden wir noch bei St-Etienne in der linken Flanke des Tinéetales am Grenzberg M. Ténibres die Karseegruppe von *Vens* (123a) und *Rabuons* (123), letzterer 2520 m ü. M., 32 ha groß und 54 m tief, in nur 3—4 km Entfernung vom Talboden (1140 m ü. M.), die günstig zu Speicherseen einer Hochdruckstufe ausgebaut werden können.

Im *italienischen Alpenbogen* ist als südlichster Plan der eines Staubeckens bei *Moiola* (124) an der Stura di Demonte zu nennen, wo ein großer postglazialer Moränenstausee, rund 700 m ü. M., durch einen Erddamm für Wasserkraft- und Bewässerungszwecke teilweise wiederhergestellt werden soll.

Ein sehr großes Projekt hat die Società Idroelettrica Piemonte für die Nordtäler des Gran Paradiso, Val di Rhêmes, Savaranche und di Cogne, das Gebiet des italienischen Nationalparks mit seinem berühmten Steinwildreservat, aufgestellt. Das Kernstück ist ein Winterspeicher in der Dora di *Nivolet* (125) für 180 Mio m³, Stauziel 2510 m ü. M., der mit Hilfe eines Pumpwerks auf 1970 m ü. M. am Ausgleichbecken *Pont* (126) 132 km² Einzugsgebiet erfaßt. Dem Val di Cogne wird die Gruppe der drei natürlichen Karseen *Laghi Laures* (127—129) am M. Emilius (3559 m) zugeordnet. Der oberste wird, um 54 m aufgestaut, 10 Mio m³ Nutzraum erhalten und mit Stauziel 2841 m ü. M. dann der höchstgelegene Speichersee der Alpen sein. Der mittlere und untere sollen 9 und 31 Mio m³ fassen (Stauziel 2670 bzw. 2500 m ü. M.). Durch zwei Pumpwerke, das untere 1678 m ü. M., werden sie aus 43 km² Einzugsgebiet gespeist. Im Stollenzug zum gemeinsamen Kraftwerk Vieyes (zwei Druckhöhen, 412 000 kW) wird noch das Ausgleichbecken *Valnontey* (130), 1670 m ü. M., eingeschoben. Bis zur Unterstufe Prarayer, 539 m ü. M. an der Dora Baltea unterhalb Aosta ergibt diese Gruppe aus insgesamt 580 km² ein Energiedargebot von 1,3 Mrd kWh. Der Mittelteil der Grajischen Alpen um den Grenzberg Aig. de la Grande Sassière (3751 m) wird künftig in einem Kreis von nur 17 km Durchmesser sieben große Speicherseen mit 527 Mio m³ Nutzraum aufweisen, von denen bereits vier vorhanden sind.

Die nächsten aktuellen Pläne bestehen im Tocegebiet, dessen große Speichergruppe durch zwei weitere Stauseen mittlerer Größe ergänzt werden soll. Im Cairascatal sollen auf der *Alpe Veglia* (132), 1762 m ü. M., ein Becken für 30 Mio m³ und zwei neue Kraftwerke angelegt, sowie im Deverotal auf der *Alpe Devero* (131) 11,7 Mio m³ (Stauziel 1668 m ü. M.) gestaut werden.

Wir kommen nun wieder auf *schweizerisches* Staatsgebiet. Hier sind zunächst die Pläne auf der Südseite des Simplons (Kanton Wallis) zu nennen. Dem bereits begonnenen Wasserkraftausbau im Zwischbergental sollen die hochgelegenen Seen *Giavina* (134) und *Pontimia* (135) auf 2173 m bzw. 2247 m Meereshöhe nutzbar gemacht werden, und bei *Fah* (133) ist ein Stausee für etwa 20 Mio m³ (Stauziel 1820 m ü. M.) vorgesehen.

Der Ausbau des Maggia-Gebietes wird noch den Aufstau der Hochseen *Lago di Naret* (136), den Quellsee der Maggia in einer ausgesprochenen Rundhöckerlandschaft, und *Cavagnoli* (137) im obersten Bavonatal zu Speichern von 27 und 25,5 Mio m³ mit 65 bzw. 44 ha Oberfläche bringen. Sie erhalten das gleiche Stauziel 2305 m ü. M. und werden durch einen 6 km langen Stollen kommunizierend verbunden. Zur Füllung sind 30 Mio m³ aus tieferen Horizonten hochzupumpen, die im Ausgleichbecken *Robiei* (139) von 2,2 Mio m³, 1920 m ü. M., gesammelt werden. Die gestaffelten *Laghi di Crosa*

Abb. 27 Grande Dixence, zukünftige Staumauer und die im Jahre 1935 vollendete Mauer (Photo EOS, Lausanne)

(138) am Grenzkamm mit 6 Mio m³ natürlichem anzuzapfenden Inhalt sollen durch Aufstau des unteren um 44 m zu einem 15 Mio m³-Becken von 46 ha (Stauziel 2160 m ü. M.) vereinigt werden. Schließlich sind noch Speicherseen auf der Alp *Zöt* (140) mit 5 Mio m³ und im aufzustauenden *Lago Bianco* (10 Mio m³) in Aussicht genommen. Die ganze Gruppe im Bavona-Gebiet liegt schön im Angesicht des eisgepanzerten M. Basodino (3273 m), des höchsten der Tessiner Berge.

Im Brenno-Gebiet sind im Rahmen des schon genannten Greina-Blenio-Projekts zwei kleinere Zwischenspeicher geplant, das Ausgleichbecken *Luzzone* (142), 1460 m ü. M., 2,5 Mio m³, das eine in dunkle Bündnerschiefer eingefügte Gewölbemauer sperren soll, und der Stausee *Campra* (143) im Lukmanierbrenno, 1430 m ü. M., für 9,6 Mio m³. Er ist teils durch eine Mauer, teils über einem verschütteten alten Tallauf durch einen Erddamm abzuriegeln.

Im letzten schweizerischen Westalpental der Südseite, dem bündnerischen Misox, schließlich sind für den Ausbau der Moësa-Wasserkräfte zwei nur kleinere Speicherseen vorgesehen, der Stausee *San Bernardino* (145), 1606 m ü. M. zwischen dem gleichnamigen Paß und Ort, für zuletzt 8 Mio m³, während in früheren Studien 40 Mio m³ vorgeschlagen wurden, und, als Überleitung aus dem Hinterrheingebiet, eine Oberstufe mit einem Speichersee auf der Alp *Curciusa* (144), 2157 m ü. M., für 24 Mio m³ Nutzraum.

Unser Rundgang ist damit beendet. Nach der für den gesamten Alpenraum gewonnenen Übersicht sei zum Schluß noch ein Blick auf den mit der Schaffung der Speicherräume geleisteten Bauaufwand getan. Nach den Zusammenstellungen erforderten, wenn die Staudämme angemessen in Mauerwerk bzw. Beton umgerechnet werden, die Ostalpenspeicher 7,95 Mio m³ Mauermasse, die der Westalpen 12,75 Mio m³, noch ohne Einrechnung der Grande Dixence. Das ist zusammen die achtfache Kubatur der Cheopspyramide (2 595 000 m³), des Wahrzeichens einer gewaltigen Massenleistung, die das technische Zeitalter in nur vier Jahrzehnten in den Alpentälern auftürmte; denn bis zum ersten Weltkrieg sind bloß 3 % aller Speicherräume mit verschwindend geringem Bauaufwand geschaffen worden. Auf die noch im Bau stehenden Anlagen entfallen in den Ostalpen rund 40 %, in den Westalpen 50 % dieser Zahlen, worin der sehr bedeutende Umfang des jüngsten in allen beteiligten Staaten unternommenen Ausbaues deutlich wird. Bei den Westalpenspeichern werden mit 1 m³ Mauerwerk durchschnittlich 198 m³ Wasser gestaut, wobei die Mittelwerte für die Nordgruppe 203 m³, für die Seen der Westseite 283 und die des südlichen Alpenbogens 133 m³ sind. Auf den Energieinhalt bezogen findet man für die ganzen Westalpen i. M. 470 kWh/m³ und für die drei Gebietsgruppen 454, 606 und 393 kWh/m³. Die Speicher der französischen Alpen zeigen hier die günstigsten Werte, weitgehend beeinflußt durch die jüngsten Großanlagen Tignes und Roselend. Besonders interessant ist ein Vergleich zwischen West- und Ostalpen. Bei den Ostalpenseen werden mit 1 m³ Mauerwerk durchschnittlich 252 m³ Wasser gestaut, das 1,27fache des Westalpenwertes, und zwar bei den Seen der Nordseite 266 m³, bei denen südlich des Hauptkamms 246 m³. Hier wirkt sich der größere Anteil natürlicher Seen günstig aus. Auf den Energieinhalt bezogen lauten die Zahlen 440 kWh/m³ für alle Ostalpenspeicher, 380 für die der Nord- und 470 kWh/m³ für die der Südseite. Der

geringe Vorsprung der Westalpenseen, an dem die günstigen französischen Anlagen wesentlichen Anteil haben, erklärt sich leicht aus den größeren naturgegebenen und auch weiter ausgebauten Fallhöhen (vergl. die eingangs gebrachten Zahlen), nach denen man einen größeren Unterschied hätte erwarten können. Bemerkenswert ist das umgekehrte Verhältnis zwischen West- und Ost auf der Nord- (mit West-) und Südseite des Alpenhauptkamms. Wenn auch die vielbenutzte Kennziffer E/M nur einen rohen Anhalt für die wirtschaftliche Güte von Speicheranlagen gibt, so zeigen die gefundenen Werte doch, daß fühlbare Unterschiede im großen Durchschnitt zwischen Ost- und Westalpen nicht bestehen. Dies dürfte namentlich auch für die künftigen Vorhaben gelten, wobei auch zu berücksichtigen ist, daß für die nördlichen Ostalpen im Ausbau von Unterliegerstufen noch eine beträchtliche Reserve liegt und Kapitalarmut den Bau großer und günstiger Speicherwerke in den österreichischen Alpen in stärkerem Maße bisher verhinderte.

Schrifttum:

Halbfaß, W.: Die Seen der Erde. Petermanns Mitteilungen. Ergänzungsheft Nr. 85, Jena 1922.

Collet, L. W.: Les Lacs, Verlag Doin, Paris, 1925.

Sacco, F.: Le Alpi, Kap. La vita di un lago; Specchi alpini; I cento laghetti delle Alpi Marittime. S. 581—622, Touring Club Italiano, 1934.

Haegelen, M.: Développement de la production d'énergie électrique dans les Alpes françaises, Travaux 1935, Nr. 11 bis.

Härry, A.: Aktuelle Probleme der schweiz. Wasser- und Energiewirtschaft, Wasser- und Energiewirtschaft, 33. Jg., 1941, Heft 8/9.

Strickler, A.: Zukunftsprobleme der schweiz. Elektrizitätswirtschaft, Bulletin SEV, 35. Jg., 1944, Nr. 1, S. 1.

Eidg. Amt für Wasserwirtschaft: Aktuelle Kraftwerksprojekte, Veröff. Nr. 36, Bern, 1946.

Sylvestre, V.: Contribution à l'histoire de la houille blanche et la part de la Savoie dans la conquête de l'énergie hydro-électrique. La Houille Blanche, 1946, Sept.-Okt.-H., S. 295.

Gignoux, M.: Les nappes d'eau souterraine profondes dans les alluvions des vallées alpines. La Houille Blanche, 1946, Sept.-Okt.-H., S. 315.

Schweiz. Wasserwirtschaftsverband: Führer durch die schweiz. Wasser- und Elektrizitätswirtschaft, 2 Bde., Verbandschr. Nr. 27, Zürich, 1949.

Selmo, L.: I nuovi impianti del gruppo SIP, L'Elettrotecnica, 36. Jg., 1949, Nr. 3, S. 86.

Kuntschen, F.: Die Ausbaumöglichkeiten der schweizerischen Wasserkräfte, Schweiz. Bauzeitung, 68. Jg., 1950, H. 40, 41, 42, Seite 549, 572, 577.

Thaller, F.: L'Isère et ses affluents, leur aménagement et leur régularisation. La Houille Blanche, 1950, Sonderheft Hydraulique et Electricité Françaises, S. 28.

Società Edison: The Edison Group, Milano, 1950.

Link, H.: Neuere Talsperrenbauten in der Schweiz, Die Bautechnik, 28. Jg., 1951, H. 1, S. 3.

Mitteilungen aus den Verbänden

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Die diesjährige Hauptversammlung ist auf Freitag/Samstag, 20./21. Juni 1952 festgesetzt worden; die Tagung wird in Graubünden durchgeführt, und es werden die interessanten Bauarbeiten für den Staudamm Marmorera und für das Kraftwerk Marmorera-Tinizong der Stadt Zürich besichtigt. Wir bitten unsere Mitglieder, diese Tage dafür zu reservieren.

Die Jahresversammlungen SEV und VSE

Vom 22. bis 24. September 1951 fanden in Basel die Generalversammlungen und verschiedenen technischen Exkursionen statt. Am Samstag tagte der *Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke* unter dem Vorsitz seines Präsidenten *H. Frymann*, Direktor des EWZ. Die Jahresgeschäfte wurden diskussionslos abgewickelt. In den Vorstand wurden an Stelle des statutengemäß zurücktretenden Direktor Schaad, Interlaken, und für den auf 1. Januar 1951 zum Sekretär des SEV gewählten Direktor H. Leuch neu gewählt *H. Müller*, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Aarau, und *W. Sandmeier*, Direktor des Wasser- und Elektrizitätswerkes Arbon. Im Anschluß an die Generalversammlung hielt *M. Clément*, directeur de la Région d'Equipement Hydraulique Nord de l'Electricité de France, einen Vortrag über «Le développement actuel des aménagements hydro-électriques en France».

Am offiziellen Bankett beider Verbände nahmen mehr als 600 Gäste und Mitglieder teil; anschließend offerierten das Elektrizitätswerk Basel, die Elektra Baselland und die Elektra Birseck gemeinsam ein gediegenes und abwechslungsreiches Unterhaltungsprogramm.

Am Sonntagvormittag führte der *Schweizerische Elektrotechnische Verein* seine Generalversammlung unter dem Vorsitz von *A. Winiger*, Direktor der Elektro-Watt AG, Zürich, durch. Die Jahresgeschäfte wurden gemäß den Anträgen des Vorstandes gutgeheißen. An Stelle der statutengemäß ausscheidenden oder zurücktretenden Generaldirektor E. Glaus, Bern, und Direktor A. Winiger, Zürich, wurden neu in den Vorstand gewählt *E. Kronauer*, Generaldirektor der S. A. des Ateliers de Sécheron, Genf, und R. Hochreutiner, Direktor des Kraftwerkes Laufenburg. Als neuen Präsidenten wählte die Generalversammlung mit Akklamation Prof. Dr. *F. Tank*, Vorstand des Institutes für Hochfrequenztechnik an der ETH. Der zurücktretende Präsident, Direktor A. Winiger, und W. Dübi, Präsident und Delegierter des Verwaltungsrates der Kabelwerke Brugg AG, wurden zu Ehrenmitgliedern des SEV ernannt. Nach der Generalversammlung hielt Prof. *O. Spieß*, Basel, einen geistreichen und fesselnden Vortrag über die Basler Mathematiker Bernoulli.

Aus dem ernsten und besinnlichen Schlußwort des scheidenden Präsidenten, Direktor A. Winiger, möchten wir auch unsern Lesern die wichtigsten Gedanken und Mahnungen vermitteln: