

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 62 (1970)
Heft: 9

Artikel: Les bassins d'accumulation des alpes = Die Speicherseen der Alpen
Autor: Link, Harald
Kapitel: 2: Die Speicherseen der Ostalpen = Les bassins d'accumulation des alpes orientales
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-921070>

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: 18.04.2026

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

beschrieben: für die Ostalpen etwa 90 neue Seen und einige Vergrößerungen bestehender mit einem Nutzstauraum von rd. 5,9 Mrd. m³, für die Westalpen etwa 50 neue Seen und einige Erweiterungen mit rd. 4,9 Mrd. m³. Ihre Ausführung würde eine Erhöhung des damaligen Bestandes von rd. 4,9 Mrd. m³ auf das 3,2fache ergeben. Inzwischen ist ein Teil dieser Pläne verwirklicht worden. Vom Zuwachs der Jahre 1955/69 entfallen auf den damaligen Planungsstand in den Ostalpen 21 Seen und 3 Erweiterungen. Entsprechend der allgemeinen Entwicklung, günstige Speichermöglichkeiten hoch auszunützen, sind in einer Reihe von Fällen die Nutzräume grösser gewählt worden, während auf kleinere Ergänzungsbecken verzichtet wurde. So betreffen die 21 neuen Seen 24 damalige Projekte. In den Westalpen sind 20 neue Seen aus dem damals bekannten Planungsstand verwirklicht worden, die 25 Projekte betreffen, sowie zwei Vergrößerungen. Rückschauend ist von Interesse festzustellen, dass von den übrigen Neuanlagen des Zeitraumes 1955/69 immerhin 29 in den Ost- und 30 in den Westalpen damals noch nicht feststanden, in Einzelfällen auch noch nicht bekannt waren. Davon entfallen je 13 auf Kleinanlagen. Doch bleiben 16 mittlere und grössere neue Speicherseen in den Ostalpen und desgleichen 17 in den Westalpen aus Neuplanungen, ein Zeichen für die ständigen Bemühungen der Ingenieure, im Zuge der Entwicklung des technischen Fortschritts und der wasser- und elektrizitätswirtschaftlichen Voraussetzungen und Bedürfnisse die jeweils günstigsten Lösungen zu finden. Dadurch sind auch manche andere der damaligen Projekte überholt.

Insofern haftet Prognosen stets eine gewisse Unsicherheit an. Heute sind sie noch viel schwieriger angesichts der Neuentwicklungen in der Elektrizitätsversorgung, die in der Einleitung erwähnt wurden. Sicherlich wird als Folge daraus der Ausbau neuer Speicherseen künftig viel geringer sein als in den beiden letzten Jahrzehnten, aber er wird keineswegs — wie man heute mitunter hören kann — bedeutungslos werden. Dazu ist der noch nicht gehobene Wasserkraftschatz der Alpen auch aus jüngster Sicht noch zu gross und bietet namentlich in den Ostalpen noch viele wertvolle Reserven. Im zurückliegenden Menschenalter sind neben den alpinen Hochdruckwerken in sehr erheblichem Mass die Laufwasserkraftwerke ausgebaut worden, innerhalb der Alpen (Inn, Enns, Mur, Drau, Etsch sowie Aare, Isère, Durance, Dora Baltea) und an den von ihnen ausgehenden Strömen Rhein, Donau, Rhone. Dieser Ausbau

geht zu Ende. Aber nach aller Voraussicht wird die Bedeutung der alpinen Speicherwerke nicht nur bleiben, sondern wachsen, und über den Rahmen der einzelnen Länder hinaus werden sie in der europäischen Verbundwirtschaft einen erheblichen Rang und Wert haben. Künftig wird es — nachdem die autarke Wasserkraftnutzung nach Italien nunmehr auch in der Schweiz in einen Verbund mit thermischen und Kernkraftwerken übergeht — weniger auf die Bereitstellung von Winterenergie an sich ankommen als auf solche in grossen Spitzen- und Regelkraftwerken. Künftig wird man sowohl an bestehenden Speichern, vor allem solchen mit konzentrierten Gefällen und guten geologischen Bedingungen für Druckstollen, Druckschächte und Kavernen, hohe Leistungen neu ausbauen, wofür es bereits — namentlich in Italien — bemerkenswerte Beispiele gibt, wie auch neue Grossspeicherwerke schaffen. Daneben werden auch kleinere Becken im regionalen Rahmen als Ergänzung bestehender Kraftwerkgruppen ihren Wert behalten, wobei ihre Stärkung der Wirtschaftskraft vieler Alpentalchaften vermehrt zu würdigen sein wird. Schliesslich werden neben der Wasserkraftnutzung auch andere wasserwirtschaftliche Aufgaben, wie Hochwasserschutz, Bewässerung, Trinkwasserbeschaffung mit der wachsenden Besiedlungsdichte an Bedeutung zunehmen und manche Stauseen in tieferen und Randlagen der Alpen entstehen lassen.

Eine Sichtung des jüngeren Planungsbestandes aus dieser Gesamtsicht gibt für die Ostalpen noch günstige Ausbaumöglichkeiten für etwa 50 neue Speicherseen und einzelne Erweiterungen bestehender mit rd. 4,0 Mrd. m³ Nutzraum. Drei Viertel davon liegen in Oesterreich und Jugoslawien, wo wegen des weit weniger fortgeschrittenen Ausbaues als in den anderen Alpenstaaten noch bedeutende Reserven vorhanden sind. Für die Westalpen kommt man auf 20 bis 25 neue Speicher mit rd. 900 bis 1200 Mio m³ Nutzraum, davon etwa die Hälfte in Frankreich.

Eine wachsende Rolle ist von der Pumpspeicherung in Zusammenarbeit mit Pumpstrom liefernden Grundlastwerken, namentlich Kernkraftwerken, ausserhalb der Alpen zu erwarten. Schon jetzt ist das leistungsstärkste Wasserkraftwerk des ganzen Alpenraumes das italienische Pumpspeicherwerk Lago Delio am Lago Maggiore mit rd. 1000 MW. Studien über den günstigen Ausbau solcher Werke werden vielerorts betrieben. So hat jüngst das Eidgenössische Amt für Wasserwirtschaft 28 Projekte auf ihre Würdigkeit zum Ausbau als Pumpspeicherwerk untersucht.

3. Die Speicherseen der Ostalpen

Von den 165 Speicherseen der Ostalpen liegen 51 auf der Nordseite des Alpenhauptkammes und 114 auf der flächenmässig grösseren Südseite. Auch vom Zuwachs der Zeitspanne 1955/69 entfallen zwei Drittel auf die Südseite mit ihren grösseren Gefällen, doch weisen die jüngeren Becken der Nordseite rd. 60 % des neugewonnenen Stauraums auf. Von den neuen oder vergrösserten Stauseen der Südseite liegen neun in Oesterreich, 31 in Italien und einer in der Schweiz. Tabelle 11 gibt die Verteilung der Ostalpenspeicher auf Flussgebiete.

Die Höhenverteilung dieser Speicherseen wird in Tabelle 12 gezeigt.

Wegen der tiefen Lage des Alpenfusses auf der Südseite finden wir hier ein Siebtel aller Speicherbecken unterhalb 500 m Meereshöhe, grösstenteils in den Venetianer Alpen. Doch sind 47 % aller Ostalpenspeicher Hochseen über 1500 m ü. A. mit rd. der Hälfte des Gesamtstauraums.

Aehnlich wie bei den Naturseen ist die mittlere Höhenregion schwächer besetzt als die der Talseen und Hochseen.

Die durchschnittliche Höhenlage (Schwerebene) des Wasservorrats aller Speicherseen hat sich auf der Nordseite von 1286 m mit 1657 m für den Zuwachs auf 1496 m Meereshöhe gehoben, auf der Südseite entsprechend von 1123 m mit 1384 m für den hier kleineren Zuwachs auf 1200 m ü. A. Der Speicherraum der Nordseite liegt also i. M. rd. 300 m höher als der der südlichen Ostalpen, obwohl auf der Südseite ein Viertel aller Seen über 2000 m Höhenlage aufweist.

Durch den Aufstau sind in den Ostalpen nunmehr rd. 118 km² neue Wasserflächen entstanden. Seit 1954 sind sie auf der Nordseite von 27,7 km² auf 57,3 km² gewachsen, auf der Südseite von 41,4 km² auf 60,5 km². Auf der Nordseite ist der Zuwachs an Seefläche mit 29,6 km² grösser als mit 19,1 km² im Süden. Für 1 Mio m³ Stauraum waren auf der Nordseite rd. 3,3 ha erforderlich, auf der Südseite 2,7 ha.

vallées alpestres. Enfin, outre l'utilisation de l'énergie hydraulique, d'autres missions telles que la protection contre les inondations, l'irrigation, l'alimentation en eau potable prendront de l'importance avec l'accroissement de la densité de la population et donneront naissance à plus d'un bassin de retenue dans les zones de basse altitude et en bordure des Alpes.

L'examen de la situation actuelle de projets relevant de cet aspect plus général, relève pour les Alpes orientales des perspectives favorables pour la construction d'environ 50 nouveaux bassins d'accumulation et quelques extensions de bassins existants représentant environ 4,0 milliards de m³ de retenue utile. Les 3/4 de ceux-ci se situent en Autriche et en Yougoslavie où, en raison du retard dans les réalisations par rapport aux autres pays alpins, il existe encore d'importantes réserves. En ce qui concerne les Alpes occi-

dentales, on atteint le chiffre de 20 à 25 nouveaux bassins représentant de 900 à 1200 millions de m³ de retenue, dont environ la moitié se situe en France.

Un rôle d'importance croissante semble dévolu à l'accumulation d'énergie par pompage, l'énergie étant fournie par des centrales de base — notamment les centrales nucléaires — situées en dehors de la région des Alpes.

Actuellement déjà, la centrale hydraulique la plus puissante de toute la zone alpine, est l'usine italienne de pompage de Lago Delio sur le Lac majeur, avec une puissance de 1000 MW environ. On effectue partout des études sur la rentabilité de l'implantation de telles centrales. C'est ainsi que tout récemment le Service Fédéral des Eaux a examiné 28 projets, sous l'angle d'une transformation possible en aménagement d'accumulation par pompage en Suisse.

3. Les bassins d'accumulation des alpes orientales

Des 166 bassins d'accumulation des Alpes orientales, 51 sont situés au nord de la crête principale des Alpes, et 115 sur le versant sud des Alpes d'une superficie plus vaste. En ce qui concerne l'accroissement de capacité réalisé entre 1955 et 1969, les 2/3 concernent le versant sud avec ses hauteurs de chute plus fortes, mais les récents bassins du nord représentent cependant environ 60 % de l'augmentation de volume utile. En ce qui concerne les nouveaux bassins ou ceux qui furent agrandis, 9 se trouvent en Autriche, 32 en Italie et un seul en Suisse. Le tableau 11 donne la répartition des bassins d'accumulation des Alpes orientales par aires fluviales.

La répartition en altitude de ces bassins est présentée dans le tableau 12.

En raison de la Situation basse du pied des Alpes sur le versant sud nous y trouvons 1/7 de tous les bassins au-

dessous de 500 m d'altitude, et pour la plupart dans les Alpes de Vénétie. Pourtant 47 % de tous les bassins des Alpes orientales sont situés au-dessus de 1500 m d'altitude et contenant la moitié environ de la capacité totale de retenue. Comme pour les lacs naturels, la zone d'altitude moyenne est moins garnie que celle des lacs de vallée et de haute-montagne.

L'altitude moyenne pondérée (centre de gravité) des retenues de tous les bassins est passée, pour le versant nord, de 1286 m à 1495 m grâce à l'apport des bassins nouveaux situés à la cote moyenne de 1657 m; les cotes correspondantes pour le versant sud passent de 1123 m à 1200 m avec un apport moindre des bassins nouveaux, moins nombreux et situés ici à la cote moyenne de 1384 m. La capacité de retenue du versant nord se trouve donc en moyenne à une altitude supérieure de 300 m environ à celle des Alpes orientales du sud, et ce, bien que, sur ce versant sud, un quart de tous les bassins se trouve à plus de 2000 m. Du fait de ces retenues, il a été créé dans les Alpes orientales 118 km² environ de nouveaux plans d'eau. Depuis 1954, ils sont passés de 27,7 km² à 57,3 km² sur le versant nord, et de 41,4 km² à 60,5 km² sur le versant sud. Pour le versant nord, l'augmentation de surface, soit 29,6 km², est plus importante que celle du versant sud: 19,1 km². Pour un million de m³ de volume de retenue, il fallut sur le versant nord en moyenne 3,3 ha, sur le versant sud 2,7 ha. En ce qui concerne les augmentations des années 1955—1969, ces valeurs sont respectivement de 3,0 ha et 2,8 ha. L'évolution du stockage d'énergie dans les bassins d'accumulation, selon leur situation sur les versants nord ou sud ressort du tableau 13.

Comme le laissaient déjà entrevoir les chiffres donnés pour les lacs d'altitude moyenne, la productivité des bassins d'accumulation, qu'ils soient sur le versant nord ou sur le versant sud, a augmenté, mais davantage au nord qu'au sud, avec, par rapport à 1954, des coefficients respectifs de 1,47 et 1,21. La «récolte en kWh» des superficies submergées du fait des barrages s'élève désormais à 650 000 kWh/ha au nord et 775 000 kWh/ha au sud.

Après cet aperçu statistique, nous allons, par un circuit d'ouest en est, étudier de plus près les différents bassins d'accumulation, en particulier ceux qui furent réalisés au cours des 15 années écoulées. En ce qui concerne l'ensemble des bassins, le lecteur pourra se reporter aux tableaux synoptiques et à la carte.

Répartition des bassins d'accumulation des Alpes orientales par aires fluviales

Tableau 11

Aires fluviales	ETAT DE 1954		AUGMENTATION 1955—1969	
	Bassins nombre	Retenue Mio m ³	Bassins nombre	Retenue Mio m ³
VERSANT NORD				
Rhin	8	139	5+2 E	334
Iller, Lech, Isar	4	282	2	121
Inn et Salzach	16	307	10+1 E	540
Traun	3	29	—	—
Enns	1	10	1	2
Erlauf	1	2	—	—
	33	769	18+3 E	997
VERSANT SUD				
Adda en amont du				
Lac de Côme	16	316	5	197
Brembo et Serio	10	46	—	—
Oglio et Chiese	10	194	3	74
Mincio (avec Sarca)	4	231	1+1 E	75
Etsch / Adige	10	347	11+2 E	152
Brenta avec Cismon	4	88	2	17
Piave avec Cordevole	9	108	4	66
Meduna avec Livenza	4	157	2	44
Tagliamento	2	71	2	8
Soca / Isonzo	1	6	—	—
Save	1	5	—	—
Drau avec Mur	5	23	9	41
	76	1592	39+3 E	674

Verteilung der Ostalpen-Speicher auf Flussgebiete Tabelle 11

Flussgebiet	BESTAND 1954		ZUWACHS 1955/1969	
	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³
NORDSEITE				
Rhein	8	139	5+2 E	334
Iller, Lech, Isar	4	282	2	121
Inn mit Salzach	16	307	10+1 E	540
Traun	3	29	—	—
Enns	1	10	1	2
Erlauf	1	2	—	—
	33	769	18+3 E	997
SÜDSEITE				
Adda oberh. L. di Como	16	316	5	197
Brembo u. Serio	10	46	—	—
Oglio mit Chiese	10	194	3	74
Mincio (m. Sarca)	4	231	1+1 E	75
Etsch / Adige	10	347	11+2 E	152
Brenta mit Cison	4	88	2	17
Piave mit Cordevole	9	108	4	66
Meduna mit Livenza	4	157	2	44
Tagliamento	2	71	2	8
Soca (Isonzo)	1	6	—	—
Sava	1	5	—	—
Drau mit Mur	5	23	9	41
	76	1592	39+3 E	674

Für den Zuwachs der Jahre 1955/69 betragen diese Werte rd. 3,0 bzw. 2,8 ha.

Die Entwicklung des Energieinhaltes der Speicherseen unter Gegenüberstellung der Nord- und Südseite ist aus Tabelle 13 ersichtlich.

Wie es schon die Zahlen der mittleren Höhenlage andeuten, haben die «Arbeitswerte» der nördlich wie südlich des Hauptkamms gelegenen Speicherräume zugenommen, im Norden stärker als im Süden, auf das 1,47- bzw. 1,21fache der Werte von 1954. Die «kWh-Ernte» von den überstauten Flächen beträgt nunmehr 650 000 kWh/ha im Norden und 775 000 kWh/ha im Süden.

Nach diesem statistischen Ueberblick wollen wir nun auf einem Rundgang von West nach Ost die einzelnen Seen, vornehmlich die in den letzten 15 Jahren entstandenen, näher kennen lernen. Bezüglich des Gesamtbestandes sei auf die grossen Haupttabellen und die Karte verwiesen.

3.1 SPEICHERSEEN IN DEN NÖRDLICHEN OSTALPEN

Im schweizerischen Rheingebiet bestehen als ältere Anlagen in den zur Albula entwässernden Tälern der Davoser See (4)², der kleine Heidsee (6) auf der Lenzerheide und im Oberhalbstein der grosse Julia-Stausee Mar morera (5) mit einem 70 m hohen Erddamm, der zur Zeit seiner Erbauung der bedeutendste im Alpenraum war. Jüngst ist noch der Nandröbach zugeleitet und die Leistung des Kraftwerks Tinizong erhöht worden.

Oberhalb Thusis ist der Hinterrhein in den Jahren 1957/62 in einer grossen Dreistufen-Kraftwerkgruppe ausgebaut worden. Mit 534 km² erfasstem Einzugsgebiet bei 1264 m Gesamtfallhöhe, 645 MW Leistung und 1325 GWh hochwertigem Dargebot, davon 57 % Winteranteil, gehört sie zu den

²⁾ Die in Doppelklammern aufgeführten Zahlen beziehen sich auf die Numerierung in der mehrfarbigen Uebersichtskarte der Alpen.

Höhenlage der Ostalpen-Speicherseen

Tabelle 12

Höhenstufe m ü. M.	NORDSEITE		SÜDSEITE		GESAMTE OSTALPEN	
	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³
a) bis 1954						
unter 500	1	1	11	300	12	301
500—1000	14	413	23	608	37	1021
1000—1500	2	2	6	160	8	162
1500—2000	11	188	20	380	31	568
2000—2500	4	161	16	132	20	293
über 2500	—	—	1	16	1	16
zusammen	32	765	77	1596	109	2361
b) insgesamt						
unter 500	1	1	16	383	17	384
500—1000	19	539	33	754	52	1293
1000—1500	7	83	12	278	19	361
1500—2000	17	937	27	519	44	1456
2000—2500	6	202	25	310	31	512
über 2500	—	—	3	26	3	26
zusammen	50	1762	116	2270	166	4032

Energieinhalt der Ostalpenspeicher

Tabelle 13

	NORDSEITE			SÜDSEITE		
	ln Mrd. m ³	E TWh	e kWh/m ³	ln Mrd. m ³	E TWh	e kWh/m ³
Bestand 1954	0,76	1,09	1,44	1,60	2,74	1,71
Zuwachs durch neue Unterlieger 1955/1969	—	0,22	1,71	—	0,27	1,89
neue Seen 1955/1969	1,00	2,41	2,42	0,67	1,67	2,06
Total oder Mittel	1,76	3,72	2,11	2,27	4,68	2,06

Niveaux d'altitude en m	VERSANT NORD		VERSANT SUD		ALPES AU TOTAL	
	Lacs nombre	Retenue Mio m ³	Lacs nombre	Retenue Mio m ³	Lacs nombre	Retenue Mio m ³
a) jusqu'en 1954						
moins de 500 m	1	1	11	300	12	301
500 à 1000	14	413	23	608	37	1021
1000 à 1500	2	2	6	160	8	162
1500 à 2000	11	188	20	380	31	568
2000 à 2500	4	161	16	132	20	293
plus de 2500	—	—	1	16	1	16
Total	32	765	77	1596	109	2361
b) au total						
moins de 500 m	1	1	16	383	17	384
500 à 1000	19	539	33	754	52	1293
1000 à 1500	7	83	12	278	19	361
1500 à 2000	17	937	27	519	44	1456
2000 à 2500	6	202	25	310	31	512
plus de 2500	—	—	3	26	3	26
Totaux	50	1762	116	2270	166	4032

	VERSANT NORD			VERSANT SUD		
	Vu Mrd m ³	E TWh	e kWh/m ³	Vu Mrd m ³	E TWh	e kWh/m ³
Etat en 1954	0,76	1,09	1,44	1,60	2,74	1,71
Augmentation par nouvelles usines en aval 1955—69	—	0,22	1,71	—	0,27	1,89
Nouveaux bassins 1955—1969	1,00	2,41	2,42	0,67	1,67	2,06
Totaux ou moyenne	1,76	3,72	2,11	2,27	4,68	2,06

3.1 BASSINS D'ACCUMULATION DES ALPES ORIENTALES, VERSANT NORD

Dans le bassin suisse du Rhin, on trouve comme réalisations relativement anciennes, dans les vallées alimentant l'Albula, le Lac de Davos (4),² le petit Heidsee (6)

² Les chiffres publiés entre deux parenthèses se rapportent au nombre du bassin d'accumulation dans la carte multicolore

près de Lenzerheide, et dans l'Oberhalbstein, le grand bassin d'accumulation de Julia-Marmorera (5) avec son barrage en terre d'une hauteur de 70 m, qui, au moment de sa construction, était le plus important de toute l'aire alpine. Le torrent de Nandrò y a été dérivé récemment, et la production de la centrale de Tinizong en a été augmentée.

En amont de Thusis, le Rhin postérieur a été aménagé au cours des années 1957—1962 par la construction d'un



Fig. 4

Stausee Kops (1809 m) am Zeinisjoch; im Hintergrund die Silvrettagruppe

Le bassin d'accumulation de Kops (1809 m) au Col de Zeinis entre les bassins du Rhin et du Danube; à l'arrière-plan la Silvretta

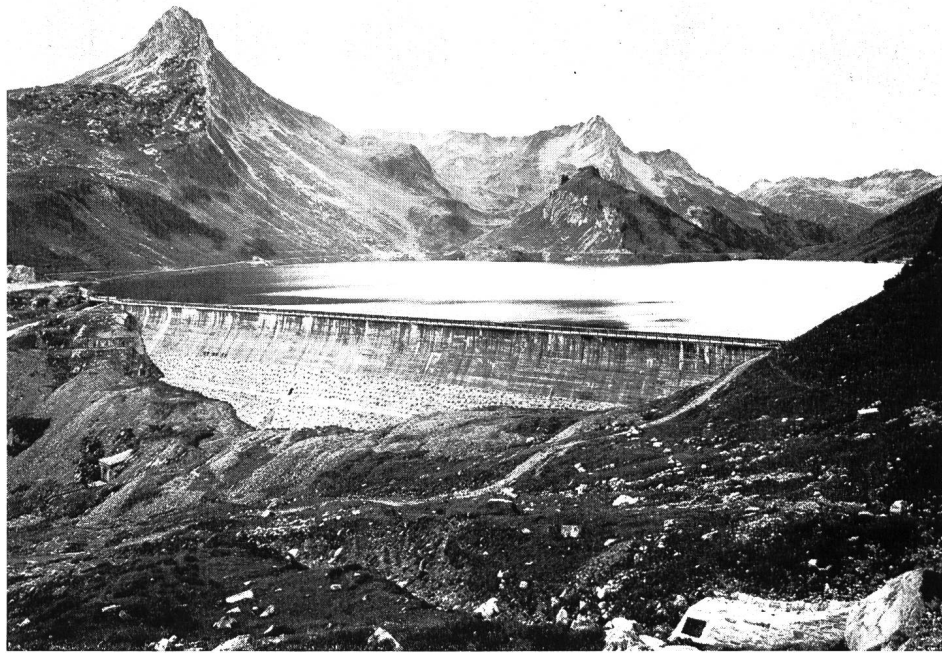
(Werkphoto Vorarlberger Illwerke AG/Bregenz)

Fig. 5

Spullersee (1825 m) gegen Westen, mit Südmauer vor der Erhöhung

Lac de Spullers (1825 m) vue vers l'ouest, avec le barrage sud avant son exhaussement

(Photo W. Wagner/Wien)



wichtigsten der Schweiz. Nach langjährigen Planungen und Verhandlungen konnte sie als internationales Werk mit 20 % italienischem Anteil als schönes Beispiel zwischenstaatlicher Zusammenarbeit verwirklicht werden. Der Hauptspeicher liegt ganz im einsamen, völlig unbesiedelten Hochtal der italienischen Valle di Lei (1). Nur ein schmaler einspringender Streifen für das Absperrbauwerk und die Strassenzufahrt auf der rechten Talseite sind durch Gebietsabtausch schweizerisches Hoheitsgebiet geworden. Der 8 km lange Stausee, 1931 m ü. M. mit 197 Mio m³ Nutzraum, erfasst 137 km² Einzugsgebiet, 46,5 km² natürliches des Reno di Lei, im übrigen aus Beileitungen des Madriser- und Averserrheins. Die Sommerzuflüsse reichen zur Füllung nicht aus, so dass das Kavernenkraftwerk Ferrera der Oberstufe zur Pumpspeicherung (zunächst 42 MW, jüngst erweitert um 37 MW) eingerichtet ist. Das Sperrbauwerk ist eine weitgespannte Bogenmauer, deren ausserordentliches Verhältnis von 143 m Höhe zu 710 m Kronenlänge durch eine elegante Formgebung mit Parabelbögen bewältigt wurde. Planung und Bauausführung sind das Werk italienischer Ingenieure und Baufirmen. Die 4,20 km² grosse Seefläche, die für dieses Gebiet zweifellos einen grossen landschaftlichen Gewinn bedeutet (Fig. 1), übertrifft noch knapp die des berühmten Lej da Segl (Silsensee) im Engadin.

Die Mittelstufe, das Kraftwerk Bärenburg, in der weitere 323 km² erfasst werden, besitzt im Rheinwald den Speichersee Sufers (2), 1401 m ü. M. Seine 58 m hohe Bogenmauer ist am Beginn der romantischen Schluchtstrecke des Hinterrheins bei Crestawald eingefügt. Der 2,5 km lange blaugrüne See mit nur mässiger Spiegelschwankung ist eingebettet zwischen grüne Matten, Wald und helle Kalkberge und bildet einen Schmuck seiner Landschaft, wie die Farbbeilage Fig. 2 bezeugt. Der Unterstufe Sils ist das Ausgleichbecken Bärenburg (3) vorgeschaltet, in enger Schlucht oberhalb des Dorfes Andeer gelegen.

Ebenfalls zum Rhein entwässern die abflussreichen Flüsse Vorarlbergs, wo an der Ill mit Alfenz- und Lutzbach seit langem der Wasserkraftausbau bedeutende Speicherwerke entstehen liess. Im Montafon bietet die Gruppe der Vorarlberger Illwerke, seit 40 Jahren in stetiger Entwicklung, wiederum ein Beispiel — wohl das älteste — fruchtbarer zwischenstaatlicher Zusammenarbeit, sofern man von den

Grenzkraftwerken am Hochrhein zwischen dem Bodensee und Basel absieht. Sie sind als Exportkraftwerke, wiewohl voll in österreichischem Besitz, in besonderem Masse auf die Bedürfnisse des westdeutschen Verbundnetzes als Spit-



Fig. 6 Wertach-Hochwasserspeicher Haslach (Grüntensee, max. 882 m) im bayerischen Allgäu; im Hintergrund Markt Wertach und Grünten (1738 m)

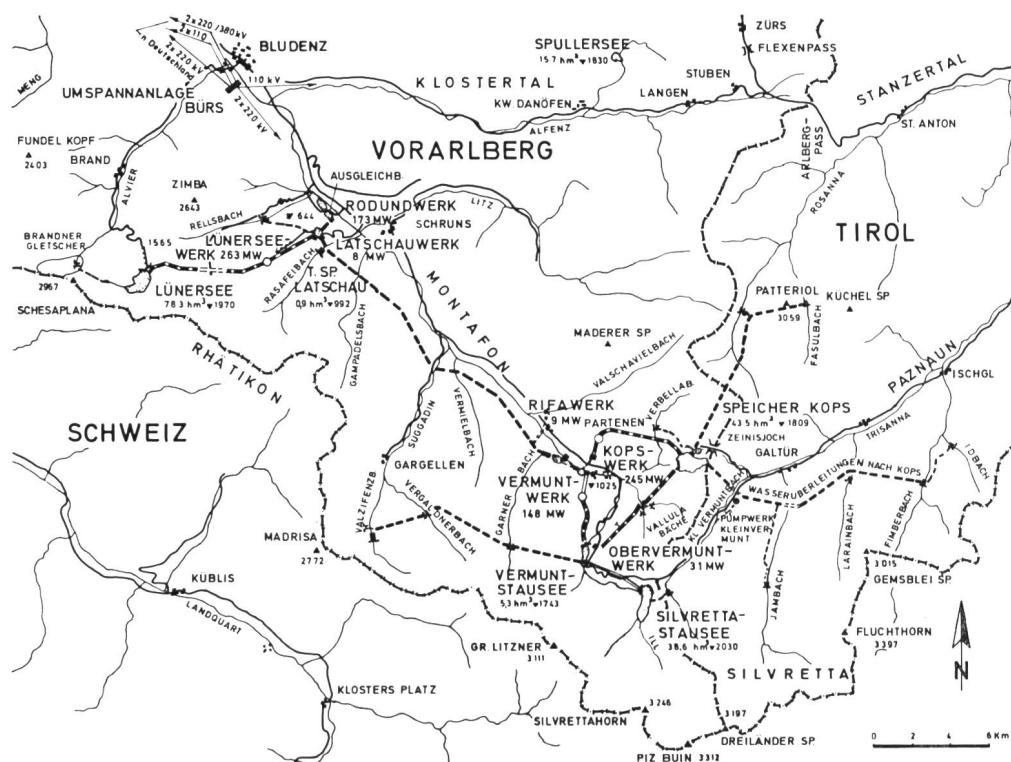
Fig. 6 Bassin de rétention des crues de Haslach sur la Wertach (lac de Grünten, max. 882 m) dans l'Allgäu bavarois; au fond le village de Markt Wertach et la montagne du Grünten (1738 m)

(Photo Sienz/Kempton)

complexe de trois usines en cascade grâce à un bassin versant de 534 km² et une hauteur de chute totale de 1264 m, ce complexe totalise une puissance de 645 MW et assure une production annuelle de 1325 GWh, dont 57 % en hiver, et figure ainsi parmi les plus importants de la Suisse. Après des études et des négociations qui durèrent de nombreuses années, cet ouvrage international put être réalisé avec 20 % d'apport italien; c'est là un bel exemple de la collaboration entre états. Le bassin d'accumulation principal est entièrement situé dans la haute vallée italienne, la Valle di Lei (1), déserte et absolument inhabitée. Seule une étroite langue de terrain nécessaire pour l'ouvrage même du barrage et la route d'accès sur le versant droit, sont devenues territoire helvétique, par voie d'échange de terrains. Le bassin d'accumulation long de 8 km, situé à 1931 m au-dessus du niveau de la mer, avec ses 197 millions de m³ de retenue, est alimenté par un bassin versant de 137 km² dont 46,5 km² du Reno di Lei, le reste dû à l'adduction des eaux du Madriserrhein et de l'Averserrhein. Les apports d'été ne suffisent pas à le remplir, si bien que la centrale souterraine supérieure de Ferrera est aménagée en station de pompage dont la puissance d'origine de 42 MW a été récemment portée à 79 MW. L'ouvrage de retenue est constitué d'un barrage-voûte dont le rapport hauteur/longueur de crête assez impressionnant (143/710 m), a été maîtrisé par une forme en arcs paraboliques d'une belle élégance. Le projet ainsi que la construction sont l'œuvre d'ingénieurs et de firmes italiens. La superficie de 4,20 km² de ce lac de retenue qui sans aucun doute est d'un grand avantage pour le site (voir fig. 1), dépasse de peu celle du célèbre Lej da Segl (Lac de Sils) en Engadine. L'usine intermédiaire de Bärenbourg qui recueille les précipitations d'un nouveau bassin versant de 323 km² comprend dans le Rheinwald le bassin d'accumulation de Sufers (2) à 1401 m d'altitude. Son barrage-voûte, haut de 58 m, est implanté à l'entrée de la partie romantique des gorges du Rhin postérieur, près de Crestawald. Le lac, d'un vert bleuté, d'une longueur

de 2,5 km, et sujet à de faibles marnages seulement, s'étend parmi la verdure des prés et forêts, contrastant avec la teinte claire des roches calcaires, forme un joyau pour le site, ainsi qu'en témoigne la photographie en couleur ci-jointe (fig. 2). En ce qui concerne l'usine inférieure de Sils, on a intercalé en amont le bassin de compensation de Bärenbourg, situé dans une gorge profonde en amont du village de Andeer.

Se jettent également dans le Rhin, les rivières à fort débit du Vorarlberg, où, en bordure de l'III, avec l'Alfenzbach et le Lutzbach, l'exploitation des ressources hydrauliques fit surgir, il y a longtemps déjà, d'importants bassins d'accumulation. Au Montafon, le groupe des centrales de l'III, en développement constant depuis 40 ans, offre à nouveau un exemple — le plus ancien sans doute — de la fructueuse collaboration entre pays, abstraction faite des usines mitoyennes sur le Rhin entre le Lac de Constance et Bâle. Bien que situées entièrement en territoire autrichien, elles sont, comme centrales exportatrices de grande puissance alimentées en partie par un stockage d'énergie de pompage et exploitées particulièrement en fonction des besoins du réseau interconnecté de l'Allemagne fédérale comme usine de pointe ou de réglage. Le plan no 1 en donne un aperçu global. L'ancien aménagement comprenait les bassins d'accumulation de Silvretta (7) et de Vermunt (8) ainsi que la galerie d'amenée, longue de 18,4 km, reliant l'usine de Partenen au réservoir d'écluse journalière de Latschau (10), et à la centrale de Rodund, «le chéneau du Rhätikon». Les lacs de Vermunt et de la Silvretta sont situés sur la route de haute-montagne de Silvretta qui, en tant que voie d'exploitation, fut récemment élargie à deux voies, reliant le Montafon à la vallée tyrolienne de Paznaun. De 1954 à 1958, on réalisa la Centrale du Lünensee avec ses 875 m de chute nette. Le lac naturel du Lünensee (11), qui, autrefois n'était que faiblement utilisé comme simple réserve d'eau, fut transformé en bassin d'accumulation de grande capacité avec 78,3 millions de m³ de volume



Plan Nr. 1
Lageplan der Vorarlberger Illwerke AG
Situation de l'aménagement hydroélectrique des Vorarlberger Illwerke AG



Fig. 7 Isarstausee am Sylvenstein (max. 764 m); Blick taleinwärts auf Deutsche Alpenstrasse und Ortschaft Neu-Fall

Fig. 7 Bassin d'accumulation du Sylvenstein sur l'Isar; vue vers le fond de la vallée, la Route allemande des Alpes et le village de Neu-Fall (Photo Weiss/Lenggries)

zen- und Regelwerke ausgerichtet, mit hohen Leistungen und z. T. mit starkem Pumpspeicheranteil. Plan 1 zeigt deren Lage in einer Uebersicht. Der ältere Ausbau umfasste die Speicherseen *Silvretta* (7) und *Vermunt* (8) und den von Partenen talausführenden 18,4 km langen Stollen zum Tagesspeicher *Latschau* (10) und Kraftwerk Rodund, die «Dachrinne des Rhätikons». Vermunt- und Silvretta-See liegen an der Silvretta-Hochalpenstrasse, die als Werkstrasse in neuzeitlichem zweiseitigem Ausbau Montafon und Tiroler Paznauntal verbindet. 1954/58 entstand das Lünnerseewerk mit 875 m Nutzfallhöhe. Der natürliche *Lünnersee* (11), früher nur in geringem Mass durch Absenkung als Fernspeicher genutzt, wurde zum Grossspeicher mit 78,3 Mio m³ Nutzraum. Durch eine auf den beiderseits steil abfallenden Seebord aufgesetzte Mauer wurde der frühere höchste Seespiegel um 27 m gehoben (Stauziel 1970 m ü. M.), die Seefläche um 30 % vergrössert. Der natürliche See hat 110 m grösste Tiefe und entwässerte durch Schichtfugen und Klüfte des schmalen Seebordes aus Hauptdolomit, die erfolgreich gedichtet wurden. Das eigene Einzugsgebiet, 12 km² einschliesslich Beileitung vom Brandnerferner, reicht für die Füllung nur zum kleinsten Teil aus, 65 Mio m³ müssen von Latschau hochgepumpt werden. Diesen Wasserbedarf decken allein die Sommerzuflüsse der sieben in den Stollen Partenen-Latschau eingeleiteten Seitenbäche. Pumpstrom steht aus der eigenen Werkgruppe, im übrigen reichlich als Fremdstrom aus dem deutschen Netz, für zusätzlichen Wälzbetrieb zur Verfügung. Die Füllung ist i. a. Mitte August beendet. Trotz einer gewissen «Technisierung» ist der Lünnersee ein landschaftlicher Glanzpunkt geblieben, wie die

Farbbeilage Fig. 3 ausweist. Unterstützt durch eine Seilbahn und die neuerbaute Douglasshütte des Alpenvereins übt er eine starke Anziehung auf den Touristenverkehr aus.

1962/67 ist als jüngster Grossspeicher der Stausee *Kops* (9) 1809 m ü. M. auf der gleichnamigen Alp nahe dem Zeinisjoch (Wasserscheide zwischen Rhein- und Donaugebiet) entstanden. Bereits 1950/53 waren auf seinen Horizont ausgedehnte Ueberleitungen aus dem Paznauntal, von vier Bächen, die aus der Silvretta zur Trisanna fließen, durchgeführt worden. Neuerdings sind weitere von der oberen Rosanna und Fasulbach aus der Schönverwall-Gruppe hinzugekommen, insgesamt aus 154 km² mit 33 km Stollenlänge. Von 672 Mio m³ Jahresbetriebswasser der Werkgruppe stammen zur Zeit 209 Mio m³ aus dem Inn-Donaugebiet. Davon speichert das Becken *Kops* 43,5 Mio m³. Seine glaziale Mulde wird durch eine mächtige Bogenmauer abgeriegelt, die links ein schweres künstliches Widerlager erforderte. Erschlossen wird der schön gelegene See (Fig. 4) durch eine Verbindungsstrasse zur Silvretta-Hochalpenstrasse oberhalb Galtür. In einem flachen Seitenbecken unterhalb des Gasthauses Zeinis, in das die Ueberleitungen aus dem Rosannagebiet münden, wird durch eine kleine Vorsperre stets ein landschaftlich befriedigender Wasserspiegel gehalten. Das zugehörige Kavernenkraftwerk *Kops* (878 m Fallhöhe) ist mit 252 MW wiederum ein hochausgebautes Spitzenwerk. Zur Zeit verfügt die Werkgruppe Obere III—Lünnersee über 767 MW Engpassleistung und 273 MW Aufnahmeleistung der Speicherpumpen, mithin eine Leistungsspanne von 1040 MW zur Frequenzregelung, sowie ein Dargebot von 1640 GWh. Wirtschaftliche Grundlage die-

utile. Le verrou rocheux en pente abrupte qui endigue ce lac a été surélevé par un barrage qui a permis de rehausser l'ancien niveau maximum de 27 m (niveau de retenue: 1970 m au-dessus du niveau de la mer), et sa superficie augmenta de 30 %. Le lac naturel d'une profondeur de 110 m maximum, débitait à travers les joints de clivage et les fissures existant dans le verrou naturel constitué essentiellement de dolomite; ces exutoires naturels ont été étanchés avec succès. Son propre bassin versant de 12 km², y compris l'adduction du Brandnerferner, n'assure qu'une faible partie du remplissage; il faut y refouler par pompage 65 millions de m³ provenant de Latschau. Ces besoins en eau sont couverts exclusivement par les apports d'été des sept affluents dérivés dans la galerie de Partenen à Latschau. L'énergie de pompage est prélevée en partie sur la production propre du groupe d'usines même, le complément étant fourni par des importations en provenance du réseau allemand, qui permettent par ailleurs, une revalorisation de l'énergie produite par des cycles de pompage pur. En général, le remplissage est terminé à la mi-août. Malgré ses aménagements techniques, le lac du Lünersee est resté un site merveilleux ainsi que la photographie en couleur fig. 3 en apporte la preuve. Son grand attrait pour le tourisme a été renforcé par la construction d'un téléphérique et du nouveau chalet Douglas du Club Alpin.

Le plus récent bassin d'accumulation de grande retenue est le lac de Kops (9), réalisé de 1962 à 1967 sur l'Alpe du même nom près du Zeinisjoch, sur la ligne de partage des eaux du Rhin et du Danube. Dès 1950 à 1953, on avait dérivé dans ce lac, grâce à un vaste réseau de galeries, le débit de quatre torrents qui se jetaient par la Silvretta dans la Trisanna, dans la vallée de Paznaun. D'autres dérivations, provenant de la Rosanna supérieure et du Fasulbach (groupe du Schönverwall), s'y ajoutèrent récemment recueillant par 33 km de galeries les apports d'un bassin de 154 km². Le volume annuel de 672 millions de m³ nécessaire à l'exploitation des centrales provient pour 209 millions de m³ du bassin du Danube. Le bassin d'accumulation de Kops en emmagasine 43,5 millions de m³. L'étroite gorge glaciaire qui le constitue, est verrouillée par un puissant barrage-voûte qui s'appuie sur la gauche sur une imposante culée artificielle. Ce lac, joliment situé (fig. 4) est accessible par une voie le reliant à la route de haute-montagne de Silvretta en amont de Galtür. Dans un bassin latéral de faible profondeur situé en aval du restaurant Zeinis, et dans lequel débouchent les galeries provenant de la Rosanna, on a créé un plan d'eau fixe s'intégrant assez bien au site, grâce à une petite digue de retenue. La centrale souterraine de Kops qui en fait partie (878 m de hauteur de chute) constitue avec ses 252 MW une usine de pointe d'une technique avancée. Actuellement, le groupe de centrales de l'III supérieur-Lünersee dispose de 767 MW de puissance de pointe qui ajoutée aux 273 MW de pompage donnent un volant de puissance de 1040 MW pour le réglage de la fréquence; sa productivité annuelle atteint 1640 GWh. Des contrats de longue durée pour la fourniture d'énergie conclus avec des Sociétés de Production et Distribution ouest-allemandes, ainsi que de substantielles avances sur consommation participant au financement de l'aménagement ont constitué les bases économiques de cette réalisation grandiose.

Dans la partie supérieure de la vallée du Klostertal, le lac de Spullersee (12), existant depuis 1925, mis en retenue par deux barrages-poids et utilisé comme réservoir pour les centrales de Danöfen et de Braz des Chemins de fer fédéraux autrichiens, a vu sa capacité de retenue augmenter de 2,6 millions de m³ grâce à un rehaussement de

4,6 m du niveau de retenue (fig. 5). Pour cela on a tout simplement surélevé le couronnement du barrage par un mur de béton de même épaisseur; le surcroît de pression hydrostatique est absorbé par des câbles d'acier prétendus et ancrés dans les fondations de l'ouvrage. Dans la vallée du Grand Walsertal, drainée par le Lutzbach, on a réalisé dans les gorges en aval de Garsella, le bassin d'accumulation de Raggal (13) étroit et long de 2,4 km, comme réserve pour la chaîne d'usines au fil de l'eau sur le Rhin lui-même, laquelle s'est considérablement développée au cours des 15 années écoulées: 19 m de hauteur de chute pour le Rhin dans l'aire alpine, 97 m en 11 biefs sur le Rhin supérieur entre le lac de Constance et Bâle, et 104 m pour les huit ouvrages français du Grand Canal d'Alsace jusqu'à Strasbourg.

Au total on dispose désormais dans le bassin rhénan des Alpes orientales d'une capacité de retenue de 472 millions de m³, qui fournit un précieux appoint d'eau d'hiver pour la chaîne d'usines au fil de l'eau sur le Rhin lui-même, laquelle s'est considérablement développée au cours des 15 années écoulées: 19 m de hauteur de chute pour le Rhin dans l'aire alpine, 97 m en 11 biefs sur le Rhin supérieur entre le lac de Constance et Bâle, et 104 m pour les huit ouvrages français du Grand Canal d'Alsace jusqu'à Strasbourg.

Dans le bassin supérieur du Danube, il faut d'abord citer dans les Alpes allemandes, les bassins d'accumulation sur l'Iller, le Lech et l'Isar. Aux quelques lacs de retenue anciens — le petit Schrecksee (14) dans l'Allgäu, le grand Forggensee (17) sur le Lech avec ses 149 millions de m³ de volume utile, dont 15 sont réservés pour la protection contre les crues, et le Walchensee (20) avec sa centrale de Kochel encore importante de nos jours (114 MW) ainsi que les centrales d'Obernach et de Niedernach turbinant les adductions provenant de l'Isar et du Rissbach — se sont ajoutées deux nouvelles et belles réalisations. En raison de la faible hauteur de chute due à l'altitude élevée du pied des Alpes en cette région (de 600 à 800 m au-dessus du niveau de la mer), l'exploitation des ressources hydrauliques n'y joue qu'un rôle secondaire. Par contre, en cette région en bordure des Alpes soumise à de fortes précipitations atmosphériques, la protection contre les crues revêt une importance particulière. Dans les contreforts des Alpes de l'Allgäu, sur la Wertach supérieure à l'ouest de Nesselwang, se trouve le bassin d'accumulation du Grüntensee (15). En amont de la section de rivière profondément encaissée, près de Haslach, un élargissement de vallée drainant un bassin versant de 89 km² a été barré par une digue en terre. Lorsqu'il est rempli, il retient 16 millions de m³; cependant, durant les mois où les crues sont à craindre, c'est-à-dire de mai jusqu'au début septembre, la capacité correspondant aux 7 m supérieurs, soit 11 millions de m³, est maintenue en creux de sécurité (fig. 6). En raison de sa situation pittoresque, le lac permanent est néanmoins devenu un pôle d'attraction pour les estivants de Nesselwang et de Markt Wertach. Dans la vallée de l'Isar fut créé en 1955—1958, dans un coude isolé de l'Isar, le bassin d'accumulation du Sylvenstein (19) qui tient son nom du lieu d'implantation du barrage, une étroite ouverture dans le solide roc de dolomite où cependant, en fond de vallée, la roche compacte est recouverte d'une couche d'alluvions de près de 100 m d'épaisseur. Au sujet de cette section de vallée, on a longtemps discuté de divers projets, parfois très ambitieux et vastes³; tenant compte des difficultés de fondations, des intérêts sylvicoles et du tracé des routes, on s'est finalement contenté d'une hauteur de retenue de 40 m, afin de répondre aux seules nécessités d'aménagement hydraulique les plus urgentes: c'est-à-dire, la protection contre les crues et l'amélioration importante du régime d'étiage. Parmi les 1155 km²

³ voir Bassins d'accumulation 1953 page 26



(Werkphoto Tiroler Wasserkraftwerke AG, Innsbruck)

Fig. 9

Staudamm und Stausee Gepatsch (1767 m) im Kaunertal; im Hintergrund die Weissespitze (3532 m)

Barrage et bassin d'accumulation du Gepatsch (1767 m) dans la vallée de Kauns, vallée latérale de l'Inn au Tyrol; au fond Weissespitze (3532 m)



Fig. 8 Grenzgebiet Schweiz/Italien mit Talsperre Punt dal Gall, rittlings auf der Grenze, und Stausee Livigno (1805 m) — grösstenteils in Italien gelegen — der Engadiner Kraftwerke; im Hintergrund links der Speichersee San Giacomo di Fraële (1949 m) der Azienda Elettrica Municipale di Milano, im Vordergrund Spöltal und Grenzzone des Schweizerischen Nationalparks am Ofenberg

Fig. 8 Région de frontière Suisse/Italie avec le barrage de Punt dal Gall et bassin d'accumulation de Livigno (1805 m) — situé en majeure partie en Italie — des usines hydroélectriques de l'Engadine; au fond à gauche le bassin d'accumulation de San Giacomo di Fraële (1949 m) des Entreprises électriques de la ville de Milan, au premier plan la vallée du Spöl et partie du Parc National Suisse dans la région du Col «Pass dal Fuorn» (Photo Swissair-Photo AG/Zürich)

ses grosszügigen Ausbaues sind langfristige Stromlieferungsverträge mit westdeutschen Energieversorgungsunternehmen und zur Baufinanzierung geleistete Stromvorauszahlungen.

Im oberen Klostertal wurde der seit 1925 bestehende, durch zwei Gewichtsmauern aufgestaute Spullersee (12) als Speicher der Kraftwerke Danöfen und Braz der Oesterreichischen Bundesbahnen durch eine Stauzielerhöhung von 4,6 m um 2,6 Mio m³ Nutzraum vergrössert (Fig. 5). Die Mauern sind dabei lediglich in Kronenbreite aufbetoniert worden; den erhöhten Wasserdruck nehmen vorgespannte Stahlkabel auf, die durch Bohrlöcher in der Mauer im Untergrund verankert sind. In dem vom Lutzbach durchflossenen Grossen Walsertal ist als Wochenspeicher eines Zweistufenausbaues (28 MW, 110 GWh) in der Schluchtstrecke unterhalb Garsella der 2,4 km lange schmale Speichersee Raggal (13) entstanden.

Insgesamt bestehen im Rheingebiet der Ostalpen nunmehr 472 Mio m³ Speicherraum und leisten einen entsprechenden Zuschuss an Winterwasser für die in den letzten

15 Jahren erheblich gewachsene Kette der Laufkraftwerke im Rhein selbst: 19 m Fallhöhe im Alpenrhein, 97 m in elf Stufen am Hochrhein zwischen dem Bodensee und Basel und 104 m in den acht französischen Werken des Grand Canal d'Alsace am Oberrhein bis Strassburg.

Im oberen Donauegebiet sind zunächst die Speicherseen in den deutschen Alpen an Iller, Lech und Isar zu nennen. Zu den wenigen älteren — dem kleinen Schrecksee (14) im Allgäu, dem Lechspeicher Forggensee (17) mit 149 Mio m³ Nutzraum, davon 15 Mio m³ für Hochwasserschutz, und dem Walchensee (20) mit dem auch heute noch bedeutenden Walchenseekraftwerk Kochel (114 MW) sowie den die Beileitungen von Isar und Rissbach nutzenden Werken Oberrach und Niederrach — sind zwei schöne Neuanlagen hinzugekommen. Bei nur geringen Fallhöhen, ungünstig beeinflusst durch die hohe Lage des Alpenfusses in diesem Gebiet (600 bis 800 m ü. M.), spielt die Wasserkraftnutzung nur eine untergeordnete Rolle. Dagegen hat der Hochwasserschutz im stark überregneten Alpenrandgebiet erhebliche Bedeutung. In den Vorbergen der All-

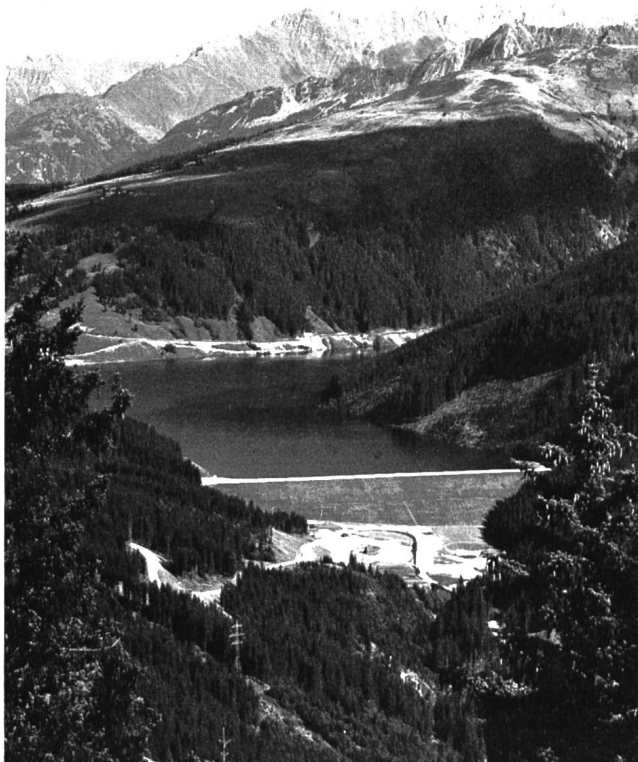
que compte son bassin versant, les débits issus des 217 km² de la Dürbach et du Walchen regagnent l'Inn après turbinage par la centrale de l'Achensee; l'exutoire des 708 km² de l'Isar supérieure et du Rissbach rejoint la Loisach en passant par le lac de Walchensee avec un débit allant jusqu'à 37 m³/s, tandis que le risque de crue subsiste à peine atténué dans la vallée de l'Isar. Le bassin du Sylvenstein offre une capacité utile de 105 millions de m³, dont 70 millions de m³ en été et 52 en hiver constituant les creux de réserve pour absorber les crues. L'étanchéité des fondations du barrage a été obtenue par l'injection de plusieurs écrans pour lesquels on a utilisé 40 000 m³ d'un mélange d'argile et de gel colloïdal résistant à l'érosion, un procédé moderne de construction que l'on retrouve dans d'autres grands barrages alpins. Le lac de retenue a environ 5 km de long et comporte deux baies longues chacune de 2 km environ au confluent des vallées de la Dürbach et du Walchen (fig. 7). Sur 9 km, la rive du bassin est parallèle à la route allemande des Alpes. Le tracé de celle-ci a été étudié en étroite liaison avec le projet du bassin d'accumulation; elle longe le lac de retenue, le franchit sur le pont en courbe de Fallerklamm, et, passant sur la crête du barrage, traverse la vallée romantique du Walchen. Dans cette région, elle forme une route de ceinture entre le lac de Tegernsee, le lac d'Achensee (18) au Tyrol et le bassin d'accumulation du Sylvenstein, et compte parmi les routes les plus impressionnantes de la Bavière.

La vallée longitudinale de l'Inn offre, surtout parmi ses

Fig. 10 Stauee Durlassboden (1405 m) gegen Gerlosplatte; im Hintergrund Kleefelder Kopf (2786 m) über dem Krimmler Tal

Fig. 10 Bassin d'accumulation du Durlassboden (1405 m), vue sur la Gerlosplatte; au fond le Kleefelder-Kopf (2786 m) dominant la vallée de Krimml

(Werkphoto Tauernkraftwerke AG/Salzburg)



vallées transversales méridionales issues de la crête principale des Alpes et de forte déclivité, une quantité de bonnes possibilités pour la création de bassins d'accumulation. Une longue période s'est écoulée à étudier de nombreux projets et à essayer de les réaliser; au cours de la dernière décennie cependant, on put réaliser trois aménagements importants en Engadine et au Tyrol. Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer dans l'aperçu général de l'introduction, ceci est dû, dans une large mesure, à une franche collaboration entre états.

L'historique de la grandiose réalisation des centrales de l'Engadine remonte à plus de 50 ans. Plusieurs circonstances la rendirent particulièrement difficile: le seul emplacement favorable pour le bassin d'accumulation se trouvait dans la vallée de Livigno, en territoire italien; il fallait toucher le moins possible au Parc National Helvétique, et il convenait de tenir compte des sources d'eau minérale de la région de Tarasp. Outre cela, il y avait à tenir compte des intérêts de l'Italie pour l'utilisation des eaux du Spöl, dont 247 km² de bassin versant sont en territoire italien et qu'on peut utiliser en majeure partie après déviation vers le sud par les fortes déclivités des vallées de l'etsch (l'Adige) et de l'Adda. Il n'est pas possible ici, même sous forme schématique, d'exposer le remarquable développement de ce projet aujourd'hui réalisé; que l'on veuille bien se reporter à la bibliographie indiquée. Cela exigea un énorme travail tant sur le plan technique et économique que sous l'angle du respect des impératifs de la protection de la nature, ainsi que dans des domaines politique et diplomatique, avant que la décision de construire puisse être prise en automne 1962.

Le plan no 2 donne le plan d'ensemble des régions concernées. Le premier aménagement achevé à l'heure actuelle concerne la chute de S-chanf-Pradella, d'une hauteur de 500 m sur l'Inn, alimenté par un bassin versant de 1116 km², comportant le bassin d'accumulation du Spöl du palier supérieur. A l'intersection de la galerie de l'Inn, longue de 33,4 km, avec la vallée du Spöl, se trouve intercalé le lac de retenue d'Ova Spin (25) jouant le rôle de bassin de compensation d'un volume de 6,5 millions de m³ grâce à une tranche utile de 30 m. Le lac étroit, d'une longueur de 3,6 km, situé dans une gorge sauvage inaccessible, se trouve avec sa moitié extérieure en bordure du Parc National, et à l'intérieur de celui-ci avec son autre moitié. De ce fait la route d'accès et les installations du chantier purent être édifiées en dehors du domaine protégé. Compte tenu du Parc National, on renonça à un droit ancien des communes intéressées à la concession, qui prévoyait d'aménager le lac de Praspöl, d'un volume utile de 28 millions de m³, avec un niveau de retenue supérieur de 38 m, mais dont la limite du remous aurait été repoussée presque jusqu'à la frontière du pays.

Le réservoir principal est le lac de retenue de Livigno (24), qui, grâce à la cote maximale fixée à 1805 m, retient un volume utile de 164 millions de m³. Bien qu'une cote de retenue supérieure de 3 m et donnant un accroissement de volume de 16 millions de m³ ait été primitivement décidée dans la convention conclue entre les Etats italien et helvétique, on se contenta de ce niveau plus faible en raison de l'altitude de la localité de Santa Maria di Livigno. Le bassin de retenue se trouve presque entièrement en territoire italien. Dans la partie inférieure du Val del Gallo, seule la rive droite est suisse. En conséquence le grand barrage-voûte de Punt dal Gall se trouve avec sa partie droite en Suisse, et sa partie gauche en Italie, en dehors du Parc National, mais non loin de sa limite. Le lac, relativement étroit, s'étend sur une longueur de 9,5 km dans la

Fig. 11

Stillupp-Speicher (1120 m) der Zemmkraftwerke im Zillertal

Bassin d'accumulation de Stillup (1120 m) alimentant les usines hydroélectriques de Zemm, au fond du Zillertal

(Werkphoto Tauernkraftwerke AG/Salzburg)



gäuer Alpen liegt in der oberen Wertach westlich von Nesselwang der Speicher Grüntensee (15). Oberhalb der schluchtartigen Flussstrecke bei Haslach wird ein flaches Talbecken mit 89 km² Einzugsgebiet durch einen Erddamm abgeriegelt. Bei Vollstau fasst es 16 Mio m³, jedoch werden während der hochwassergefährlichen Monate Mai bis Anfang September die oberen 7 m entsprechend rd. 11 Mio m³ Schutzraum freigehalten (Fig. 6). Gleichwohl ist auch der malerisch gelegene Dauersee für die Sommerfrischen Nesselwang und Markt Wertach ein Anziehungspunkt geworden.

Im Isartal ist 1955/58 im einsamen Isarwinkel der Sylvenstein-Stausee (19) entstanden, benannt nach seiner Sperrstelle, einem engen Felsentor im festen Dolomit, in dem jedoch in der Talsohle der Fels fast 100 m von Lockermassen überdeckt ist. Für diese Talstrecke sind lange Zeit verschiedene, zum Teil sehr grosszügige und weitgehende Pläne diskutiert worden³); mit Rücksicht auf die schwierigen Gründungsbedingungen, auf Waldbestand und Strassenführung hat man sich mit 40 m Stauhöhe und Erfüllung der vordringlichsten wasserwirtschaftlichen Aufgaben begnügt. Diese bestehen im Hochwasserschutz und in einer wesentlichen Verbesserung des Niedrigwassers. Vom 1155 km² grossen Einzugsgebiet wird der Abfluss aus 217 km² Dürrach- und Walchengebiet über das Achenseekraftwerk zum Inn abgearbeitet, aus weiteren 708 km² der oberen Isar und des Rissbaches gehen bis 37 m³/s über den Walchensee zur Loisach, während die Hochwassergefahr nur wenig gemindert dem Isartal bleibt. Der Sylvensteinsee bietet einen Nutzraum von 105 Mio m³, davon sind 70 Mio m³ im Sommer, 52 Mio m³ im Winter als Hochwasserschutzraum vorgesehen. Die Untergrunddichtung des Absperrdammes wurde durch eine mehrreihige Einpressschürze bewirkt, in der 40 000 m³ erosionsbeständiges Ton-Gel-Gemisch verpresst worden sind, ein neuzeitliches Bauverfahren, das sich noch bei anderen grossen Staudämmen im Alpenraum findet. Der Stausee ist rd. 5 km lang, mit zwei je rd. 2 km langen Buchten in den Mündungen des Dürrach- und des Walchentales (Fig. 7). Die Seeufer begleitet auf 9 km die Deutsche Alpenstrasse. Ihre Trassierung ist im Zusammenhang mit dem Stauseeprojekt vorgenommen worden; sie verläuft längs des Stausees, diesen auf der im

Grundriss geschwungenen Fallerklamm-Brücke kreuzend, über den Staudamm durch das romantische Walchental. Sie stellt in diesem Bereich eine Ringverbindung zwischen Tegernsee, Achensee (18) in Tirol und Sylvenstein-Speichersee dar und zählt zu den eindrucksvollsten Strassen Bayerns.

Das Längstal des Inn bietet, vor allem in seinen südlichen vom Alpenhauptkamm ausgehenden gefällreichen Quertälern, eine Anzahl guter Möglichkeiten für grosse Speicherwerke. Eine lange Zeit ist über vielfältigen Planungen und Bemühungen um ihre Verwirklichung vergangen, doch konnten im letzten Jahrzehnt im Engadin und in Tirol drei bedeutende Anlagen ausgeführt werden. Wie in der einleitenden Uebersicht bereits vermerkt, ist dies weitgehend einer aufgeschlossenen zwischenstaatlichen Zusammenarbeit zu verdanken.

Die Geschichte eines grosszügigen Ausbaues der Engadiner Kraftwerke reicht mehr als 50 Jahre zurück. Sie war durch mehrere Umstände besonders erschwert: der einzige geeignete Grossspeicher lag im Livignotal auf italienischem Staatsgebiet, der schweizerische Nationalpark durfte nur so wenig wie eben möglich tangiert werden, und auf die Mineralquellen im Raum Tarasp war Rücksicht zu nehmen. Hinzu kamen italienische Interessen an der Nutzung des Spölwassers aus dessen 247 km² grossem italienischen Einzugsgebiet, umgeleitet über die hohen Gefälle im Etsch- und Addatal nach Süden. Die denkwürdige Entwicklung des heute ausgeführten Projekts auch nur in knappster Form zu skizzieren, ist hier nicht möglich; dazu sei auf das angegebene Schrifttum verwiesen. Eine gewaltige Arbeit, in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht, in den Belangen des Landschaftsschutzes, auf politischer und diplomatischer Ebene ist geleistet worden, ehe der Baubeschluss im Herbst 1962 gefasst werden konnte.

Die Uebersicht der beeinflussten Gebiete zeigt Plan 2. Der jetzige erste Ausbau betrifft die 500 m-Innstufe S-chanf-Pradella, die 1116 km² nutzbares Einzugsgebiet erfasst, und das Spöl-Speicherwerk als Oberstufe. An der Kreuzung des 33,4 km langen Innstollens mit dem Spöltal ist das Stau-becken Ova Spin (25) als Ausgleichspeicher mit 6,5 Mio m³ Nutzraum und 30 m Spiegelschwankung eingeschoben. Der schmale, 3,6 km lange See in der wilden unweg-

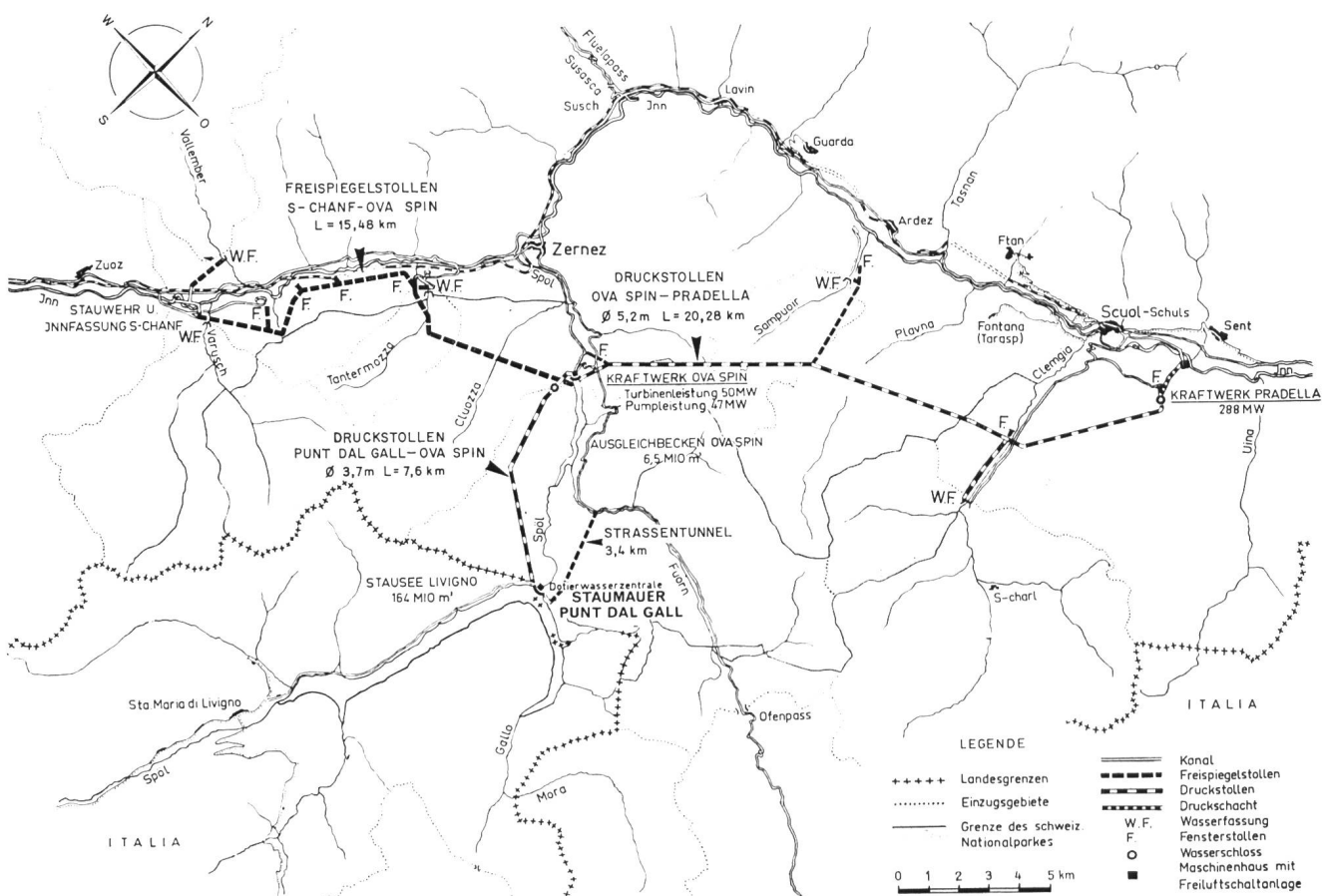
³ vergl. Speicherseen der Alpen 1953, S. 26

vallée de Livigno jusqu'alors déserte, inhabitée et bordée sur une grande distance de pins de montagne, et s'enfonce encore de 4,8 km dans la vallée du Gallo. Sa superficie de 4,8 km², dépasse celle du bassin de la Valle di Lei. Du côté suisse, le barrage et le lac sont accessibles par un tunnel routier de 3,4 km qui, partant de la route du Col d'Ofen passe sous le Parc National. Dans la vallée principale, une nouvelle route, construite sur la rive, longe le lac par sa gauche jusqu'à Santa Maria di Livigno, qui fut prolongée récemment avec une route à travers la Forcola di Livigno jusqu'à la route du Col de la Bernina.

En contrepartie de l'autorisation accordée pour l'aménagement du Spöl, l'Italie s'est réservé le droit contractuel de dériver un volume moyen annuel de 90 millions de m³, provenant des 105 km² du bassin versant du Spöl supérieur dans l'Adda. Au moyen d'un réseau de galeries d'une longueur totale de 24 km, comportant 8 captages de torrents à des altitudes échelonnées entre 2020 et 1965 m et qui collectent 92 % de l'écoulement naturel, ces eaux sont amenées dans le bassin supérieur d'accumulation de Fraële-S. Giacomo (146) dont la cote de retenue est à 1949 m, et de là, par une chute brute de 1550 m, exploitées dans les cinq centrales de la Régie Municipale de la Ville de Milan échelonnées sur l'Adda. Pour les centrales situées plus en aval sur l'Inn et le Danube, où en Allemagne et en Autriche on exploite tout de même 320 m de chute environ, le supplément de production provenant des 170 millions de m³ en apport d'hiver compense la perte due à cette dérivation. La photographie fig. 8 représente la contrée du Livigno avec le bassin d'accumulation de Livigno au premier plan et les bassins de retenue de Fraële à l'arrière-plan. Après ces ponctions, il ne reste au bassin d'accumulation du Spöl que 180 km² sur les 295 km² de son bassin versant

naturel. Son débit d'été ne suffit pas pour le remplir lors des années de mauvaise hydraulicité. C'est pourquoi la centrale d'Ova Spin, accolée au barrage-voûte et coiffée par les évacuateurs de crue, est équipée de deux groupes de turbines-pompes (50/47 MW). Le groupement d'usines totalise 338 MW et produit 960 GWh, dont 40 % en hiver.

C'est au Tyrol que furent construits de 1961 à 1966 la centrale de la Vallée de Kauns près de Prutz et son bassin d'accumulation de Gepatsch qui représentent actuellement la centrale la plus puissante et le lac de retenue de haute-montagne le plus grand d'Autriche. Tout comme les centrales sur l'Inn dans le Vorarlberg, c'est une centrale exportatrice qui put être réalisée grâce à un contrat de longue durée, portant sur la fourniture d'énergie et le financement des ouvrages, conclu avec des Sociétés ouest-allemandes, et qui, pour la plus grande part de sa capacité de production (392 MW, 610 GWh dont 58 % en hiver) est intégrée au réseau interconnecté de l'Allemagne fédérale comme centrale de réglage et de pointe. Le lac de retenue du Gepatsch (26), ainsi nommé d'après le glacier alimentant le Faggenbach et qui est, avec celui de Pasterze, le glacier le plus vaste des Alpes orientales, forme dans la cuvette de Mandarfen un lac de 6 km de long et de 138,3 millions de m³ de retenue à 1767 m d'altitude. Son bassin versant de 107 km² a été porté à 278 km² par trois adductions complémentaires provenant des vallées latérales du Kaunertal (six affluents drainant 43 km² et débouchant à l'aval du barrage), de la Pitze supérieure drainant 83 km² et du versant droit de l'Inn supérieur, drainant 41 km² par le Pfundsersbach. L'ensemble de ce réseau comprend 10 captages et 34 km de galeries à écoulement libre et assure le remplissage de la retenue, même en année de faible hydraulicité. Comme le lieu d'implantation du barrage, bien que situé dans du



Plan No. 2
Lageplan der Engadiner Kraftwerke AG
Situation de l'aménagement des Usines hydroélectriques de l'Engadine SA



Fig. 12 Stauseen Mooserboden (2035 m) und Wasserfallboden (1672 m) im Kaprunertal

Fig. 12 Bassins d'accumulation du Mooserboden (2035 m) et du Wasserfallboden (1672 m) dans la vallée de Kaprun

(Werkphoto Tauernkraftwerke AG/Salzburg)

samen Schlucht liegt mit der äusseren Hälfte am Rande des Nationalparks, mit der inneren im Park. Die Zufahrtsstrasse und die Baustelleneinrichtungen konnten daher ausserhalb des Naturschutzgebietes angelegt werden. Mit Rücksicht auf den Park ist auf ein altes Recht der Konzessionsgemeinden verzichtet worden, mit 38 m höherer Staukote ein 28 Mio m³ fassendes Becken Praspöl auszubauen, dessen Stau viel weiter, bis fast an die Landesgrenze gereicht hätte.

Der Hauptspeicher ist der Stausee *L i v i g n o* (24), nunmehr mit dem Stauziel 1805 m ü. A. und 164 Mio m³ Nutzraum. Obwohl ein 3 m höherer Stau mit 16 Mio m³ grösserem Speicherraum im italienisch-schweizerischen Staatsvertrag bereits festgelegt war, hat man sich mit Rücksicht auf die Ortschaft Sta. Maria di Livigno mit dem niedrigeren Ausbau beschieden. Der Stausee liegt fast ganz auf italienischem Territorium, nur in der unteren Val del Gallo ist das rechte Ufer schweizerisch. Die grosse Bogenstaumauer Punt dal Gall steht infolgedessen mit ihrem rechten Teil in der Schweiz, mit dem linken in Italien, ausserhalb des Nationalparks, aber weit von dessen Rand. Der verhältnismässig schmale See erstreckt sich im bisher einsamen, unbesiedelten, weithin von Legföhren gesäumten Livignotal auf 9,5 km Länge, im Gallotal noch 4,8 km weit. Seine Fläche ist mit 4,8 km² noch grösser als die des Stausees Valle di Lei. Von der Schweiz aus sind Mauer und Stausee durch einen 3,4 km langen Strassentunnel erschlossen, der von der Ofenpass-Strasse aus den Nationalpark unterfährt. Im Haupttal begleitet den See linksseitig eine neue Uferstrasse nach Sta. Maria di Livigno, die kürzlich über die Forcola di Livigno zur Berninapass-Strasse weitergeführt wurde.

Als Gegenleistung für die Genehmigung zur Anlage des Spölwerks hat Italien das vertragliche Recht erhalten, aus 105 km² Einzugsgebiet des oberen Spöls i. M. 90 Mio m³/Jahr zur Adda abzuleiten. Mittels eines insgesamt 24 km langen Stollensystems mit 8 Bachfassungen in Höhen zwischen 2020 und 1965 m ü. A., die 92 % des natürlichen Abflusses einziehen, wird dieses Wasser dem obersten Fraële-Speicher S. Giacomo (146) mit Stauziel 1949 m zugeführt und von dort über 1550 m Bruttofallhöhe in den fünf Addastufen der Stadtwerke Mailand abgearbeitet. Für die Unterlieger an Inn und Donau, wo in Oesterreich und Deutschland immerhin rd. 320 m Fallhöhe ausgebaut sind, ist der Gewinn aus 170 Mio m³ Winterzuschuss grösser als der Verlust durch diese Ableitung. Fig. 8 zeigt uns das Livigno-Gebiet mit dem Speichersee Livigno im Vordergrund und den Fraële-Stauseen im Hintergrund. Dem Spöl-Stausee verbleiben nach diesen Ableitungen von 295 km² natürlichem Einzugsgebiet nur 180 km². Ihr Sommerabfluss reicht zur Füllung in wasserärmeren Jahren nicht aus. Die Zentrale Ova Spin, an die Bogenmauer angebaut und vom Hochwasserüberlauf überdeckt, ist daher mit zwei Pumpenturbinensätzen (50/47 MW) ausgerüstet. Die ganze Werkgruppe mit 338 MW erbringt 960 GWh, davon 40 % Winteranteil.

In Tirol ist 1961/66 durch das Kaunertalwerk bei Prutz mit dem Gepatschspeicher die zur Zeit leistungsstärkste Kraftwerkstufe und der grösste Hochgebirgsstausee Oesterreichs entstanden. Aehnlich wie die Vorarlberger Illwerke ist es Exportkraftwerk, das durch einen langfristigen Stromlieferungs- und Finanzierungsvertrag mit westdeutschen

Fig. 13

Speicher Weiss-See (2250 m) der Stubach-Kraftwerkgruppe der Oesterreichischen Bundesbahnen (ÖBB); Blick auf den Talchluss des Tauernmoostales mit Oedenwinkel-Kees

Bassin d'accumulation du Weiss-See (2250 m) du groupe des usines hydroélectriques de la Stubach des Chemins de fer fédéraux autrichiens (ÖBB); vue sur le fond de la vallée du Tauernmoos avec le glacier de l'Oedenwinkel-Kees

(Photo W. Wagner/Wien)



gneiss ocellé de bonne qualité, ne se prêtait pas à la construction d'un barrage-voûte, on construisit une imposante digue en enrochement d'une longueur de 600 m en crête, comprenant un noyau central d'étanchéité, et qui nécessita un volume de terrassement de 1 million de m³ et un volume de remblai de 7,1 millions de m³. Dans la roche, en-dessous du noyau d'étanchéité, on a aménagé une galerie d'injection. Avec ses 153 m de hauteur à partir de la base rocheuse, le barrage de Gepatsch est le plus haut des Alpes orientales et ne le cède que de peu au barrage de l'Alpe de Goeschenen en Suisse. Lors du remplissage du bassin de retenue, il s'est produit dans une zone d'ébouilés de la rive gauche, des tassements relativement importants dont les causes et les tendances ont pu être déterminés par des observations et examens approfondis, et furent finalement maîtrisés. La photographie en couleur jointe (fig. 9), montre le lac de retenue vu vers sa grandiose arrière-vallée avec la Weissseespitze (3532 m) au fond. La photographie permet aussi de voir comment, d'une façon exemplaire, on a su dans ce site, cicatrifier les plaies dues aux travaux de construction, et comment, grâce à de vastes travaux de réfection et à des plantations, on a pris soin d'intégrer harmonieusement l'ouvrage dans son site.

A la même époque, on construisit dans la région du Ziller, dans la vallée de Gerlos, le grand bassin d'accumulation du *Durlasboden* (29). Avec la centrale de Funsingau (25 MW), il constitue l'étage supérieur de la centrale de Gerlos à Zell sur le Ziller (60 MW). Ce réservoir saisonnier, bénéficiant d'une dénivellation de 600 m et d'un volume utile de 52,5 millions de m³ à une altitude de 1405 m, avait naguère suscité bien des projets. Son implantation fut rendue délicate par de vastes phénomènes d'apports alluvionnaires post-glaciaires, dans la vallée, et par des glissements de terrains sur les versants dans le site même du barrage. Ces phénomènes ont eu pour conséquence que, jusqu'à une profondeur de 145 m, l'Alpe actuelle est constituée par une alternance de couches peu compactes et d'alluvions lacustres. Le barrage est constitué par une digue en terre de 70 m de hauteur, et l'on se trouva devant le même problème qu'au barrage du Sylvenstein: assurer l'étanchéité des fondations par des procédés modernes d'injection. Le masque central d'étanchéité est prolongé en fondation par un voile parafouille injecté sur huit rangées dans la zone de transition et sur trois rangées en-

dessous. Il vient s'ancre à une profondeur de 50 à 70 m dans une couche d'argile suffisamment compacte. Pour éliminer tout risque d'érosion par des venues d'eaux d'infiltration, le profil en travers du barrage est prolongé sur son parement aval par un tapis filtrant d'une largeur de 100 m, équipé d'une série de puits de décompression en travers de la vallée. A la base du masque d'étanchéité, on a aménagé une galerie de contrôle visitable en béton. Dans le masque parafouille on a injecté 55 000 m³ de mélange argile / ciment ou bentonite / boue dans les alluvions non compactes qui permettent au sol de conserver sa déformabilité et de s'adapter aux tassements dus à la masse du barrage. Environ à son tiers inférieur, le lac de retenue d'une longueur de 4,2 km (fig. 10) forme un coude presque à angle droit dans la vallée de Wildgerlos. La route du Col de Gerlos, récemment aménagée, a été déplacée en altitude sur le versant droit et offre de splendides points de vue sur le lac et sur les sommets dépassant 3 000 m en amont de la vallée (Reichenspitze 3 303 m). Le bassin versant naturel de la Wilde Gerlos d'une superficie de 44,5 km², a été portée à 75,3 km² par prélèvement de la Salzach supérieure et de la Nadernach dans le Pinzgau, assurant ainsi un apport annuel de 95 millions de m³.

Le groupe des centrales de Zemm, dans la vallée supérieure du Ziller, actuellement en voie d'achèvement, a par sa taille et son équipement en usines de pointe, lui aussi, le caractère d'un aménagement exportateur. Les usines de Rosshag et de Mayrhofen offrent, grâce à un bassin versant de haute-altitude riche en précipitations et d'une superficie de 277 km², la puissance très appréciable de 518 MW avec une productivité de 710 GWh, qui, en vertu d'un contrat, sont pour moitié mis à la disposition de la société wurtembergoise Energieversorgung Schwaben AG. La pièce maîtresse en est le bassin d'accumulation de *Schlegel* (27) qui retient les eaux du Schlegeisbach et du Zamserbach à 1782 m d'altitude, formant un lac long de 4 km, d'une capacité de retenue de 127,4 millions de m³. Son bassin versant naturel de 60,7 km² est complété par les adductions du Zembach supérieur à l'est (33,2 km²), du Tuxbach supérieur à l'ouest (13,7 km²), et celles de torrents du versant gauche de la vallée (17,4 km²) collectés par des galeries en charge, et il est ainsi porté à un total de 125 km². Cette aire comprend les cinq glaciers les plus vastes des Alpes du Zillertal; leurs plus hauts sommets: le Pic Möseler 3478 m,

Energieversorgungsunternehmen realisiert werden konnte und mit dem Grösstteil seines Dargebots (392 MW, 610 GWh mit 58 % Winteranteil) als Regel- und Spitzenwerk im westdeutschen Verbundnetz eingesetzt wird. Der Stausee *Gepatsch* (26), benannt nach dem den Fagenbach speisenden Gepatschgletscher, dem neben der Pasterze grössten Ostalpengletscher, bildet im Mandarfenboden einen 6 km langen See von 138,3 Mio m³ Nutzraum in 1767 m Meereshöhe. Sein 107 km² grosses Einzugsgebiet ist durch drei Beileitungen auf 278 km² vergrössert worden, aus dem Kaurental durch sechs unterhalb der Sperre mündende Seitenbäche (43 km²), aus dem östlich benachbarten oberen Pitzbach (87 km²) und dem Pfundserbach aus der rechten Talflanke des Oberinntals (41 km²) mit zusammen 10 Bachfassungen und 34 km Freispiegelstollen; es sichert die Füllung auch in wasserarmen Jahren. Da die Sperrstelle, obwohl in gutem Augengneis gelegen, für eine Gewölbemauer weniger geeignet war, ist hier ein mächtiger Steindamm von 600 m Kronenlänge mit zentralem Dichtungskern errichtet worden, für den 1,0 Mio m³ Aushub und 7,1 Mio m³ Schüttmasse erforderlich waren. Im Fels unter dem Kern verläuft ein Injektionsstollen. Mit 153 m Höhe über dem Fels ist der Gepatsch-Damm der höchste Staudamm der Ostalpen und steht dem höchsten des Alpenraums, dem Göschernalp-Damm in der Schweiz, nur wenig nach. Bei der Stauseefüllung sind in einem Hangschuttbereich des linken Ufers stärkere Setzungen aufgetreten, deren Ursachen und Bewegungstendenzen durch eingehende Beobachtungen und Untersuchungen geklärt und gefahrlos beherrscht werden konnten. Die Farbbeilage Fig. 9 zeigt den Stausee gegen seinen grossartigen Talschluss mit der Weisseespitze (3532 m) im Hintergrund. Die Aufnahme lässt auch erkennen, wie man hier in vorbildlicher Weise die Wunden der umgebenden Landschaft aus der Bauzeit geheilt und durch umfangreiche Wiederherstellungsarbeiten und Begrünungen für die harmonische Einpassung des Bauwerks in die Natur gesorgt hat.

In der gleichen Zeit ist im Zillergebiet im Gerlostal der grosse Stausee *Durlasboden* (29) ausgebaut worden. Er bildet mit dem Kraftwerk Funsingau (25 MW) nunmehr die Oberstufe zum Gerloskraftwerk Zell a. Z. (60 MW). Der für diese 600 m-Stufe seit langem erstrebte Jahresspeicher mit nunmehr 52,5 Mio m³ in 1405 m ü. A. hat vielseitige Planungen hinter sich. Seine Anlage war erschwert durch ausgedehnte postglaziale Talzuschub-Erscheinungen mit

Hangrutschungen im Sperrbereich. Sie haben verursacht, dass der heutige Almboden bis 145 m Tiefe durch Lockermassen und Seeabsätze wechselnder Zusammensetzung erfüllt ist. Das Sperrbauwerk ist ein 70 m hoher Erddamm, und es lag die schon beim Sylvensteinspeicher angetroffene Aufgabe vor, den Untergrund mit den Mitteln der neuzeitlichen Injektionstechnik sicher abzudichten. Der zentrale Dichtungskern ist durch einen Einpressschleier in den Untergrund verlängert, im Uebergangsbereich in acht Reihen, darunter in drei. Er bindet in 50—70 m Tiefe in eine ausreichend mächtige Schluffschicht ein. Zur sicheren Beherrschung einer möglichen Erosionsgefahr durch aufsteigendes Sickerwasser ist der Dammquerschnitt an der Luftseite durch eine 100 m breite Druckbank verlängert, an deren Beginn eine Reihe Entspannungsbrunnen quer über die Talsohle angeordnet ist. In der Sohle der Kernbaugrube ist ein betonierter begehbare Kontrollgang eingelassen. In der Dichtungsschürze sind 55 000 m³ Ton-Zement-Bentonit-Schlämme in die Lockermassen verpresst worden, bei denen der Boden seine Verformbarkeit behält und Setzungen unter der Dammlast folgen kann. Der 4,2 km lange Stausee (Fig. 10) biegt etwa im unteren Drittel fast rechtwinklig nach Süden ins Wildgerlostal um. Die neuzeitlich ausgebaute Gerlos-Passstrasse ist hoch an den rechten Hang verlegt worden und bietet grossartige Ausblicke über den See auf die Dreitausender des Talschlusses (Reichenspitze 3303 m). Das natürliche Einzugsgebiet der Wilden Gerlos von 44,5 km² ist durch Ueberleitung der obersten Salzach und Nadernach aus dem Pinzgau auf 75,3 km² erweitert worden und bringt einen nutzbaren Jahreszufluss von 95 Mio m³.

Wiederum Exportkraftwerks-Charakter durch ihre Grösse und «spitze» Auslegung hat die im oberen Zillertal in fortgeschrittenem Bau stehende Gruppe der Zemmwerke. In den Stufen Rosshag und Mayrhofen werden aus 277 km² hochalpinem, abflussreichem Einzugsgebiet 518 MW mit 710 GWh hochwertigem Dargebot bereitgestellt, die zu 50 % der württembergischen Energieversorgung Schwaben AG vertraglich zur Verfügung stehen. Ihr Kernstück ist der Speicher *Schlegeis* (27), der Schlegeis- und Zamserbach 1782 m ü. A. zu einem 4 km langen See mit 127,4 Mio m³ Nutzraum aufstaut. Sein 60,7 km² grosses natürliches Einzugsgebiet wird durch Beileitungen vom oberen Zembach im Osten (33,2 km²), vom oberen Tuxbach im Westen (13,7 km²) und von Bächen der linken Talflanke in den



Fig. 14

Aufgestauter Amersee (2279 m) der Stubach-Kraftwerkgruppe der ÖBB

Le lac aménagé de l'Amersee (2279 m) du groupe des usines hydroélectriques des ÖBB sur la Stubach

(Photo W. Wagner/Wien)

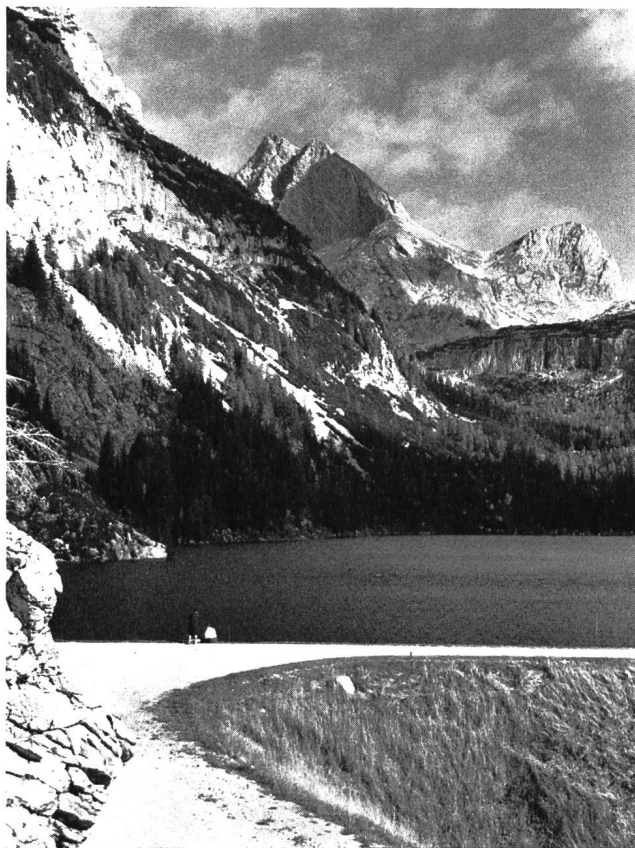


Fig. 15 Diessbach-Stausee (1415 m) im Steinernen Meer

Fig. 15 Bassin d'accumulation du Diessbach (1415 m) dans le massif rocheux Steinernes Meer

(Photo H. Sager/Salzburg)

le Hochfeiler 3510 m, l'Olperer 3476 m, l'encadrent. Ici le barrage est formé d'une imposante voûte en arcs d'ellipse, qui par ses proportions de 131 m de hauteur pour 722 m de longueur en crête, surpasse encore l'ouvrage de la Valle di Lei.

De l'usine supérieure de Rosshag part une galerie en charge, longue de 8,6 km, qui rejoint le bassin d'accumulation avancé de Stillup (28), dans la vallée du même nom. Il collecte les eaux du versant droit de la vallée de la Zemme et de quatre vallées transversales parmi lesquelles celles de Floiten et de Stillup remontent jusqu'à la crête principale. A l'emplacement du barrage, on trouve des conditions géologiques analogues à celles du Durlassboden; en fond de vallée, la roche est recouverte d'une épaisse couche d'alluvions. Un forage de 124 m de profondeur réalisé dans le Thalweg ne permet pas de l'atteindre. Un barrage de 28 m de hauteur crée, par un lac de 2,5 km de long, une capacité de retenue de 6,5 millions de m³ à 1120 m d'altitude. Ici, le noyau du barrage est constitué, selon un procédé développé en Allemagne, d'un masque de béton bitumineux. Dans les fondations, celui-ci est prolongé sur une profondeur de 22 à 52 m, par une paroi moulée. La photographie (fig. 11) donne une idée de ce lac situé au fond de l'étroite vallée de la Stillup. La centrale supérieure du Rosshag est en même temps station de pompage. En raison de la hauteur d'aspiration des pompes d'une puissance de 120 MW, elle est calée à environ 60 m en-dessous du niveau normal de retenue du bassin de la Stilluppe. Les importants chantiers de construction ont nécessité des travaux de grande envergure pour permettre l'accessibilité. La nouvelle route menant au Schlegeisgrund constitue même

un point de départ pour un nouveau franchissement des Alpes; il ne manque plus qu'un petit tronçon de route pour atteindre la croupe du Pfitscherjoch à 2248 m d'altitude, qu'on atteint déjà par une route carrossable sur le versant italien.

Dans la province de Salzbourg, dans les Hohe Tauern, après l'achèvement des grands bassins d'accumulation de la vallée de Kaprun avec ses grands lacs de retenue du Mooserboden (36) et du Wasserfallboden (37) que la photographie (fig. 12) représente entourés de leur ceinture de montagnes, il s'agissait avant tout d'aménager des bassins d'accumulation supplémentaires pour accroître la puissance des centrales du groupe de la Stubach des Chemins de fer fédéraux autrichiens. A la surélévation de l'ancien lac du Tauernmoos (35) succéda en 1950—1952 celle du Weissee (34) à 2250 m (fig. 13). Comme appoint pour le Weissee on réalisa alors les adductions de l'Amerssee (32) surélevé dans la vallée supérieure de l'Amer (fig. 14), et celle du petit lac de Salzplatten (33) à 2229 m dans la vallée supérieure de l'Ödbach. Le plan d'eau du Weissee collecte ainsi les eaux d'un bassin versant de 10,1 km² bénéficiant de hauteurs de précipitations importantes. Une forte augmentation de la capacité de retenue du lac du Tauernmoos résultera de sa surélévation projetée depuis longtemps et mise en chantier en 1968. L'accès au site du barrage a nécessité la construction d'une route de chantier d'un tracé particulièrement difficile. Le relèvement du niveau de retenue de 20 m permet de gagner 34,3 millions de m³ de volume utile. La surface du lac atteindra alors 192 ha, dépassant celle du bassin voisin de Mooserboden. Le bassin versant est accru de 12,1 km² par des adductions amenant les eaux du Landeckbach du Tyrol oriental qui par le Tauernbach s'écoule dans l'Isel et la Drau. On atteint au total 50,1 km² pour l'alimentation du bassin et de la centrale supérieure d'Enzingerboden. Cette dernière a été rénovée et atteint maintenant la puissance de 79 MW. On érige un nouveau barrage en aval du barrage existant; c'est là un nouvel exemple, plus modeste, après ceux de la Grande-Dixence, de Cancano et du Mont-Cenis. Sur la rive droite, ce barrage doit surélever le seuil rocheux situé au-dessus de la paroi du Klausen et, de ce fait, il atteindra une longueur de 1100 m. Le groupe des bassins d'accumulation de la région de la Salzach, enrichi aujourd'hui par le réservoir de Margaritze contenant 250 millions de m³ est revalorisé par l'aménagement de Schwarzach (120 MW, 480 GWh) sur la Salzach, exploitant 142 m de chute entre Taxenbach et Schwarzach. Cette usine bénéficie de l'appoint du réservoir de pointe de Brandstatt (39), d'un volume de 1,5 millions de m³ aménagé à l'extrémité de la galerie d'amenée longue de 17 km. Ce bassin artificiel a été aménagé derrière une cime sur le versant droit de la vallée au prix de terrassements importants; sa profondeur est de 22 m et il est entièrement revêtu de béton bitumineux. Dans le secteur de la Saalach, on a créé dans la Steinerne Meer, à 1415 m, le lac de retenue du Diessbach (43). Il se trouve au fond de la belle vallée, difficilement accessible, de l'Alpe du Diessbach, du haut de laquelle le Diessbach se précipite d'une hauteur de 700 m dans une gorge sauvage. Son bassin versant de 13 km² alimente une usine de haute chute (12 MW, 25 GWh). Le site du barrage est constitué d'un calcaire résistant du type Dachstein. Une digue en enrochements revêtue sur son parement amont de béton bitumineux retient une masse de 4,8 millions de m³ d'eau. La photographie (fig. 15) le montre dans son cadre pittoresque.

Parmi les bassins d'accumulation relativement anciens du Salzkammergut (Région de la Traun), le plus grand, le

Druckstollen (17,4 km²) auf 125 km² erweitert. Darin liegen die fünf grössten Gletscher der Zillertaler Alpen, und deren höchste Gipfel — Möselner 3478 m, Hochfeiler 3510 m, Olpe-ner 3476 m — umrahmen es. Das Absperrbauwerk ist hier eine mächtige weitgespannte Bogenmauer, mit elliptischen Bögen gestaltet, die in ihrem Verhältnis von 131 m Höhe zu 722 m Kronenlänge die Valle di Lei-Mauer noch übertrifft.

Vom Krafthaus Rosshag der Oberstufe geht ein 8,6 km langer Druckstollen zum vorgeschobenen Stillup-Stausee (28) im gleichnamigen Tal. Er sammelt die Abflüsse der rechten Flanke des Zemmtales mit vier Quertälern, von denen Floiten- und Stilluptal an den Hauptkamm reichen. An der Sperrstelle liegen verwandte Untergrundverhältnisse wie am Durlassboden vor, der Fels ist im Talgrund auf grosse Tiefe verschüttet; in einer 124 m tiefen Bohrung in Talmitte wurde er nicht erreicht. Ein 28 m hoher Staudamm schafft einen Nutzraum von 6,5 Mio m³, 1120 m ü. M. mit 2,5 km Seelänge. Den Dammkern bildet hier nach einer in Deutschland entwickelten Bauweise eine Asphaltbetonwand. In den Untergrund ist sie auf 22 bis 52 m Tiefe als Schlitzwand aus Erdbeton verlängert. Fig. 11 vermittelt einen Eindruck des Sees im engen Stillupgrund. Das Oberstufenkraftwerk Rosshag ist zugleich Pumpspeicherwerk. Wegen des für die Pumpen (120 MW) erforderlichen Zulaufdrucks liegt es rd. 60 m tiefer als das Stauziel des Stillupbeckens. Die Grossbaustellen haben umfangreiche Erschliessungsarbeiten erfordert. Die neue Strasse zum Schlegeisgrund schafft sogar Vorleistungen für einen neuen Alpenübergang: zum Pfitscherjoch, 2248 m, zu dem auf der italienischen Seite eine Fahrstrasse hinaufführt, fehlt nur ein kurzes Stück.

Im Bundesland Salzburg in den Hohen Tauern galt nach der Vollendung der Grossspeicherwerke im Kapruner Tal mit den Stauseen Mooserboden (36) und Wasserfallboden (37), die Fig. 12 in ihrem Bergkranz zeigt, der weitere Bau von Speicherbecken vor allem der Leistungssteigerung der Stubachgruppe der Oesterreichischen Bundesbahnen. Hier war dem alten Tauernmoossee (35) 1950/52 der Aufstau des Weissees (34) 2250 m ü. A. gefolgt (Fig. 13). Als Beileitungen zum Weissee folgten sodann der Anschluss des aufgestauten Amersees (32) im

obersten Amertal (Fig. 14) und des kleinen Salzplattensees (33) 2299 m ü. A. am oberen Oedbach. Im Weissee-Horizont sind damit 10,1 km² Einzugsgebiet mit ausserordentlich grosser Abflusshöhe vereinigt. Als bedeutende Erweiterung des verfügbaren Speicherraums ist 1968 der seit langem geplante Aufstau des Tauernmoossee's begonnen und die Sperrstelle durch eine äusserst schwierig liegende Baustrasse erschlossen worden. Durch 20 m Spiegelhebung werden 34,3 Mio m³ neu gewonnen. Die Seefläche wächst auf 192 ha und übertrifft die des benachbarten Mooserboden-Stausees. Das Einzugsgebiet wird erweitert durch Ueberleitung aus 12,1 km² des Osttiroler Landeckbaches, der über den Tauernbach zur Isel und Drau entwässert. Insgesamt werden 50,1 km² für die Speisung des Sees und des Oberstufenkraftwerks Enzingerboden erreicht. Letzteres ist bereits erneuert und wesentlich auf 79 MW erweitert worden. Eine neue Stau-mauer wird unterhalb der bestehenden errichtet, ein weiteres, bescheideneres Beispiel nach Grande Dixence, Cancano, Montcenis. Sie muss am rechten Ufer die niedrige Felsschwelle des Beckens über der Klausenwand aufhöhen und wird dadurch 1100 m lang. Die Speichergruppe im Salzachgebiet, nunmehr einschliesslich Margaritze 250 Mio m³, erfährt eine Aufwertung durch die unterliegende Salzachstufe von Taxenbach bis Schwarzach mit 142 m Fallhöhe (120 MW, 480 GWh). Am Ende des 17 km langen Stollens besitzt diese das Spitzenbecken Brandstatt (39) von 1,5 Mio m³. Hinter einer Rückfallkuppe am rechten Talhang ist es als 22 m tiefer Kunstspeicher unter erheblicher Bodenbewegung angelegt und ganz mit Asphaltbeton ausgekleidet.

Im Gebiet der Saalach ist im Steinernen Meer, 1415 m ü. A. der Diessbach-Stausee (43) entstanden. Er liegt im schönen, schwer zugänglichen Boden der Diessbachalm, von der der Diessbach über 700 m tief in einer unwegsamen Schlucht herabstürzt. Sein 13 km² grosses Einzugsgebiet wird in einer kleinen Hochdruckstufe (12 MW, 25 GWh) genutzt. Die Sperrstelle liegt in festem Dachsteinkalk. Ein Steindamm mit einer Asphaltbetondichtung auf der Wasserseite staut den 4,8 Mio m³ fassenden See. Fig. 15 zeigt ihn in seiner reizvollen Umrahmung.



Fig. 16
Vorderer Gosausee (923 m) mit Dachstein (2995 m) im Salzammergut

Lac antérieur de Gosau (923 m) avec l'imposant massif du Dachstein (2995 m) dans le Salzammergut

(Photo Bährendt/Bad Ischl)



Fig. 17
 Speicher Margaritze (2000 m) unter dem Pasterzengletscher; hinten rechts der Grossglockner (3798 m)
 Bassin d'accumulation de la Margaritze (2000 m) au pied du glacier de la Pasterze; au fond, à droite le Grossglockner (3798 m)
 (Werkphoto Tauernkraftwerke AG/ Salzburg)

G o s a u s e e a v a l (46) est représenté à nouveau dans le grandiose paysage du Dachstein (fig. 16).

Dans le bassin de l'Enns, en aval de sa section torrentueuse, ce cours d'eau est désormais entièrement équipé d'une chaîne d'usines au fil de l'eau, jusqu'au Danube, soit environ 300 m de chute pour 14 centrales, dont 8 furent réalisées au cours des 15 années écoulées. Il n'a pas été créé de nouveau lac de retenue; en effet, le projet d'aménagement d'un lac à buts multiples de Kastenreith (volume utile 410 millions de m³, superficie 13 km²) sur l'Enns elle-même, a avorté en raison des nombreuses répercussions qu'il aurait entraînées sur le plan de l'habitat et des communications routières et ferroviaires dans la zone inondée longue de 37 km. Seul le réservoir de pointe de la centrale d'Hieflau, le W a g (49) sur le haut-plateau, est digne d'être mentionné ici. Ce plateau situé sur la droite de l'Enns constitue un vestige de l'alluvionnement par la fonte du

glacier du Würm. Ce bassin artificiel, fondé sur des enrochements en partie conglomérés, est entièrement étanché par du béton bitumineux.

3.2 BASSINS D'ACCUMULATION DES ALPES ORIENTALES-SUD

Toujours en territoire autrichien, dans l'espace entre les Tauern et la chaîne des Alpes Carniques et des Karawanken, on trouve d'abord dans le bassin supérieur de la Mur, dans le Lungau salzbourgeois, près de la crête des Tauern, le lac naturel R o t g ü l d e n s e e (51) avec ses 11 km² de bassin versant. Par un abaissement du niveau minimum de 3,4 m et une surélévation de 8,5 m du niveau de retenue, on gagna une capacité utile de 3,0 millions de m³, en accroissant la superficie de ce lac pittoresque de 60 %. Le barrage est remarquable sur le plan technique: il est formé d'une digue à talus en forte pente, comprenant un masque d'étanchéité oblique, fait de béton bitumineux à grosse granulométrie.

La figure 17 montre le bassin de compensation M a r g a r i t z e (54), au pied du Pasterzenkees, sur le versant sud des Hautes Tauern. Ce bassin capte la Möll supérieure ainsi que l'adduction du Leiterbach (64 km² de bassin versant) et les dérive vers le groupement du Kaprun. Dans le massif du Goldberg, on vient de terminer l'aménagement de la chaîne d'usines de Fragant. La vallée de Fragant est caractérisée par une forte pente; elle comprend notamment plusieurs lacs d'érosion glaciaire en haute altitude qui constituent autant de réservoirs naturels. Le plus élevé et le plus grand de ces lacs est le lac d' O s c h e n i k (57) à 2333 m dominant le versant gauche de la vallée; cet ombilic glaciaire est le plus profond d'autriche (116 m). C'est pourquoi il est la pièce maîtresse du complexe. Grâce à la profondeur de sa prise d'eau, on peut actuellement utiliser 11,5 millions de m³ de réserve d'eau (fig. 18). On a prévue pour l'avenir un relèvement important du niveau de retenue. Comme il ne recueille durant l'été que 2,7 millions de m³ en provenance de son propre bassin versant de faible dimension, l'essentiel de sa capacité doit être fourni par pompage. Le second bassin d'accumulation important de ce complexe a été créé dans l'Alpe de W u r t e n (56) par la construction d'une digue de retenue. Outre l'écoulement de son propre bassin de 21,1 km² — à l'intérieur duquel se situe la réserve du F e l d s e e (55), lac naturel légèrement rehaussé — ce réservoir recueille, par une galerie d'ad-

Fig. 18 Oscheniksee (2333 m) im Fragantertal auf der Südabdachung der Hohen Tauern

Fig. 18 Lac d'Oschenik (2333 m) dans la vallée de Fragant sur le versant sud du massif des Hautes Tauern

(Werkphoto Kärntner Elektrizitäts-AG/Klagenfurt)



Fig. 19 Die vier Speicherseen in der Reisseckgruppe; hinten Hochalmsee (2379 m), rechts Radlsee (2399 m), im Vordergrund Kleiner (2379 m) und Grosser Mühdorfersee (2319 m)

Fig. 19 Les quatre bassins d'accumulation des usines hydroélectriques du Reisseck; au fond le lac de Hochalm (2379 m), à droite le lac de Radl (2399 m), au premier plan le Petit (2379 m) et le Grand lac de Mühdorf (2319 m)

(Werkphoto Oesterreichische Draukraftwerke AG/Klagenfurt) ▶

Von den älteren Speicherseen im Salzkammergut (Traungebiet) wird deren grösster, der *Vordere Gosausee* (46) in der grossartigen Landschaft des Dachsteins noch einmal im Bild vorgestellt (Fig. 16).

Im Ennsgebiet ist vom Gesäuse abwärts die Enns nunmehr in einer geschlossenen Kette von Flusstaustrufen bis zur Donau vollständig ausgebaut, rd. 300 m in 14 Werken, von denen acht in den letzten 15 Jahren angelegt wurden. Ein neuer Speicher ist nicht entstanden; das grosse und günstige Mehrzweckprojekt eines Stausees in der Enns selbst, Kastenreith mit 410 Mio m³ Nutzraum und 13 km² Oberfläche hat sich wegen zu starker Eingriffe in die bestehenden Verhältnisse seiner 37 km langen Flussstrecke (Besiedlung, Bahn, Strasse) nicht durchsetzen lassen. Nur das Spitzenbecken des Kraftwerks Hiefiau, auf der Hochfläche der *W a g* (49), ist hier zu nennen. Diese Hochfläche rechts der Enns stellt einen Rest der Talauffüllung des abschmelzenden Würmgletschers dar. Das Kunstbecken auf teilweise konglomeriertem Schotteruntergrund ist ganz mit einer Asphaltbetondichtung ausgekleidet.

3.2 SPEICHERSEEN IN DEN SÜDLICHEN OSTALPEN

Weiterhin auf österreichischem Staatsgebiet, im Raum zwischen Tauern und der Kette der Karnischen Alpen und Karawanken, finden wir zunächst im obersten Murgebiet, im Salzburger Lungau, nahe dem Tauernkamm den natürlichen *Rotgüldensee* (51) mit 11 km² Einzugsgebiet. Durch 3,4 m Absenkung und 8,5 m Aufstau wurde ein Speicherraum von 3,0 Mio m³ gewonnen und die Fläche des schöngelegenen Sees dabei um 60 % vergrössert. Das kleine Sperrbauwerk ist technisch bemerkenswert als steil geböschter Steindamm mit schrägem Dichtungskern aus Asphaltgrobbleton.

Aus der Südabdachung der Hohen Tauern zeigt Fig. 17 den Ausgleichspeicher *Margaritze* (54) unter dem Pasterzen-Kees, in dem die obere Möll und der beigeleitete Leiterbach (zusammen 64 km²) gefasst und zum Mooserboden übergeleitet werden. In der Goldberggruppe ist in den letzten Jahren die Kraftwerkgruppe *Fragant* ausgebaut worden. Das Fraganter Tal zeichnet sich durch hohes Gefälle aus, vor allem birgt es mehrere hochgelegene Karseen als Naturspeicher. Der höchstgelegene und grösste ist der *Oschenskisee* (57) auf 2333 m ü. A. über der linken Talflanke, mit 116 m Tiefe der tiefste Karsee Oesterreichs. Er bildet daher das Kernstück der Werkgruppe. Durch einen tief liegenden Seeanstich können zur Zeit 11,5 Mio m³ Wasservorrat genützt werden (Fig. 18). Ein späterer beträchtlicher Aufstau ist geplant. Bei nur 2,7 Mio m³ Sommerzufluss aus seinem natürlichen kleinen Einzugsgebiet muss der Hauptteil der Füllung zugepumpt werden. Der zweite wichtige Speicher dieses Systems wurde auf der *Wurtenalm* (56) durch einen Staudamm geschaffen. Er erfasst 21,1 km² eigenes Einzugsgebiet, in dem der leicht aufgestaute *Feldsee* (55) als Fernspeicher dient, und durch einen Ueberleitungsstollen weitere 26,1 km² des westlich angrenzenden *Zirknitzbaches*. Durch Ausdehnung der

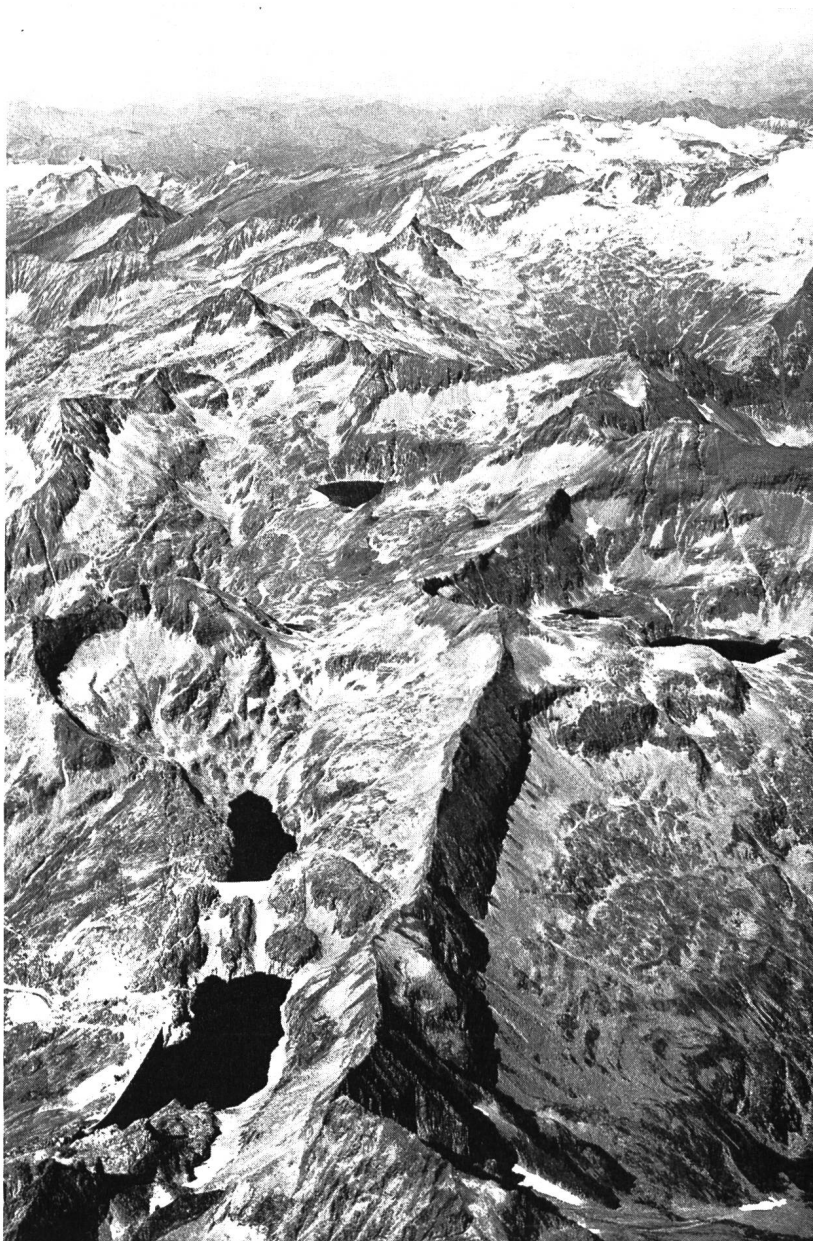


Fig. 20 Grosser Mühdorfersee (2319 m) der Reisseckgruppe

Fig. 20 Grand Lac de Mühdorf (2319 m) des usines hydroélectriques du Reisseck

(Werkphoto Oesterreichische Draukraftwerke AG/Klagenfurt) ▼



tion de l'ouest, les apports de 26,1 km² appartenant au bassin voisin du ruisseau Zirknitz. En développant les collecteurs d'adduction, tant vers l'ouest que vers l'est, on doit au stade final réunir dans ce lac les précipitations d'un bassin versant de 111,3 km², drainé par les affluents de la Möll issus de la crête principale des Alpes, sur la distance de 32 km² séparant la route du Grossglockner du Tunnel des Tauern.

Dans la centrale de Innerfragant, on exploite les eaux provenant de trois retenues: les barrages d'Oschenik, de Wurten et de Haselstein, ce dernier collectant les précipitations des 21,5 km² du bassin de Fragant. Surmontant des différences de niveau respectivement de 638 et de 863 m, on refoule par pompage les apports d'été dans le lac d'Oschenik. Si l'on y comprend la centrale d'Ausserfragant, située à la sortie de la vallée, ce groupement d'usines exploitant les eaux du lac d'Oschenik sur une hauteur de chute cumulée de 1625 m, constitue un producteur de pointe caractérisé avec une puissance installée de 215 MW et une productivité de 240 GWh.

En descendant la Möll, on trouve dans le groupe du Reisseck l'aménagement de production hivernale de Reisseck-Kreuzeck. Ce massif culminant à 2962 m est caractérisé par son relief extraordinaire au-dessus de la vallée de la Möll (centrale de Kolbnitz, 606 m). En altitude, en plein gneiss central on a aménagé quatre lacs situés dans des dépressions en un système de bassins d'accumulation tant par abaissement que par surélévation du niveau de retenue; il s'agit du lac de Radl (59) s'écoulant naturellement dans la Lieser, ainsi que des Lacs de Hochalm (58), du Petit lac et du Grand lac de Mühldorf (60 et 61). La photographie (fig. 19) en donne une vue aérienne.

Leur altitude, les valeurs d'abaissement et de relèvement des cotes de retenue sont les suivantes:

Noms		Lac de Radl	Lac de Hochalm	Petit lac de Mühldorf	Grand lac de Mühldorf
Niveau de retenue en m	s. m.	2399	2379	2379	2319
Surélévation	en m	+11	+19	+33	+35
Abaissement	en m	-34	-30	-11	-29

Ils contiennent ensemble un volume utile de 17,2 millions de m³ dont seuls 11,8 millions de m³ proviennent de l'écoulement d'été de son bassin versant naturel de 7,6 km². Le reliquant est fourni par pompage à partir de la centrale au fil de l'eau à la cote 1289 (station de pompage d'Attelberg, 20 MW, 26 GWh). Le lac de Radl est le bassin d'accumulation le plus élevé d'Autriche. Le lac de Hochalm et le Petit lac de Mühldorf sont communicants et constituent le bassin d'accumulation supérieur offrant la plus haute chute du monde (1773 m) directement exploitée. Les lacs de Mühldorf sont nichés dans un sillon tectonique remodelé par le travail des glaciers. En ce qui concerne le Grand lac de Mühldorf, son flanc droit orienté vers la vallée de la Möll, a été profondément raboté par les glaces, si bien qu'il fallut y construire un mur de surélévation relativement long (433 m), et parfaitement adapté au tracé de ce seuil (fig. 20). La maçonnerie des barrages présente un intérêt technique par une grande cavité intérieure limitant les sous-pressions, ainsi que par les plaques de revêtement préfabriquées, en béton particulièrement résistant pour la construction des parements extérieurs, et que l'on utilisa comme coffrage perdu.

Dans la vallée même de la Drau, la chaîne des grands barrages étagés sur la rivière et débutant en aval de Villach et du confluent de la Gail, est remarquable par ses rete-



Fig. 21 Freibach-Stausee (729 m) in den Karawanken

Fig. 21 Bassin d'accumulation de Freibach (729 m) dans la chaîne des Karawanken

(Werkphoto Oesterreichische Draukraftwerke AG/Klagenfurt)

nues de 20 à 23 m de hauteur qui ont créé de grands plans d'eau et une grande capacité de retenue permettant l'exploitation en écluse d'usines au fil de l'eau: Rosegg (en construction), Freistritz, Edling, Schwabegg et Lavamünd.

Au sud-est de Klagenfurt, en amont du barrage d'Edling se jette le Freibach venant des Karawanken, à l'ouest du Hochobir. Au fond d'une gorge, il traverse les hautes terrasses du Rosental situées entre 300 et 400 m au-dessus du niveau de la Drau; en amont de ces gorges, le bassin du Freibach (65) verrouille un bassin versant de 45 km² (fig. 21) et alimente la centrale du même nom d'une puissance de 17 MW assurant une production de 40 GWh.

La région des Alpes de Slovénie en Yougoslavie ne possède jusqu'à présent que deux bassins d'accumulation, ceux de Moste (66) dans la vallée de la Sava, et de Podselo (67) dans la vallée de la Soča (Isonzo). Depuis 1953 et malgré nombre de projets d'un grand intérêt aucune réalisation nouvelle de bassins d'accumulation n'est venue s'y ajouter. A cette époque l'aménagement des équipements hydrauliques se concentrait sur la Drau où, entre Lavamünd et Maribor (Marbourg) dans la partie du cours topographiquement favorable à la construction de hauts barrages de retenue, on terminait la série de ceux-ci. Elle comprend les biefs de Dravograd, de Vuzenica, de Vuhred, d'Ožbald, de Fala, de Mariborski Otok, et, le plus récent, celui de Zlatolicje comportant un canal de dérivation près du Ptuj (Pettau) totalisant 119 m de chute et une productivité de 2100 GWh. Ils bénéficient des lâchures d'hiver des bassins d'accumulation autrichiens (actuellement 48 millions de m³), en compensation des prélèvements du bassin de la Drau, évoqués plus haut, au bénéfice des vallées de Kaprun et de la Stubach.

Dans les Alpes vénétiennes orientales, un nouvel aménagement a été créé sur le Tagliamento, à l'aval de l'usine d'Ampezzo, alimentée par le grand lac de Sauris (68) sur le Lumiei. Cet aménagement capte également les débits du principal affluent rive gauche, le Degano, par un réseau de

Beleitungen nach Westen und Osten sollen im Endausbau die Abflüsse zur Möll von 32 km Alpenhauptkamm — zwischen Grossglocknerstrasse und Tauertunnel — aus 111,3 km² hier zusammengefasst werden. Im Krafthaus Innerfragant werden die Wasser aus drei Horizonten verarbeitet: Oschenik-, Wurten- und Haselsteinstufe, welche letztere 21,5 km² des Fragantbaches erfasst. Ueber beide Differenzhöhen von 638 bzw. 863 m wird Sommerwasser in den Oscheniksee hochgepumpt. Zusammen mit dem Kraftwerk Ausserfragant am Talaustritt bietet die Gruppe zur Zeit 215 MW mit rd. 240 GWh als ausgeprägtes Spitzenwerk, wobei der Oscheniksee eine Abarbeitungshöhe von 1625 m erreicht.

Möllaabwärts befindet sich in der Reisseckgruppe das Winterspeicherwerk Reisseck-Kreuzeck. Dieser in 2962 m kulminierende Gebirgsstock ist durch eine aussergewöhnlich grosse Reliefenergie über dem Mölltal (Kraftwerk Kolbnitz 606 m ü. A.) ausgezeichnet. In der Hochregion im Zentralgneis gelegen, sind vier Karseen durch Absenkung und Aufstau zu einem Speichersystem ausgestaltet worden: der natürlich zur Lieser entwässernde Radlsee (59) sowie Hochalm- (58), Kleiner und Grosser Mühldorfer See (60/61). Fig. 19 zeigt sie in einer Luftaufnahme. Höhenlage, Aufstau- und Absenkungsmasse sind die folgenden:

Name		Radlsee	Hochalmsee	Kleiner Mühldorfer See	Grosser Mühldorfer See
Stauziel	m ü. A.	2399	2379	2379	2319
Aufstau	m	+11	+19	+33	+35
Absenkung	m	-34	-30	-11	-29

Zusammen liefern sie einen Nutzraum von 17,2 Mio m³, dem aus 7,6 km² natürlichem Einzugsgebiet nur 11,8 Mio m³ Sommerwasser zufließen. Der Fehlbetrag wird durch Pumpspeicherung aus dem Horizont 1289 m der Laufwerkstufe (Pumpwerk Hattelberg, 20 MW, 26 GWh) zugeführt. Der Radlsee ist der höchst gelegene Speichersee Oesterreichs. Hochalm- und Kleiner Mühldorfer See, kommunizierend verbunden, bilden den oberen Speicherhorizont, der die höchste, bisher in einer Stufe ausgenützte Fallhöhe der Welt von

1773 m erbringt. Die Mühldorfer Seen sind in eine tektonisch angelegte und glazial überformte Furche gebettet. Beim Grossen Mühldorfer See ist deren rechte, gegen das Mölltal zeigende Flanke vom Eis nidergehobelt, so dass hier eine für die Grössenverhältnisse sehr lange Aufhöhungsmauer (433 m) nötig war, die sich dem Verlauf dieser Schwelle bestmöglich anpassen musste (Fig. 20). Die Stau-mauern sind technisch interessant durch einen grossen, den Sohlenwasserdruck ermässigenden inneren Hohlraum und aus besonders hochwertigem Beton vorgefertigte Verkleidungsplatten der Aussenwände als verlorene Schalung.

Im Drautal selbst ist die unterhalb Villach und der Gailmündung beginnende Kette grosser Flusstau-stufen bemerkenswert, mit Stauhöhen von 20 bis 23 m, die grosse Stauflächen und Stauräume für den Schwell- und Durchlaufspeicherbetrieb geschaffen haben: Rosegg (im Bau), Feistritz, Edling, Schwabegg und Lavamünd.

Südöstlich von Klagenfurt, oberhalb der Staustufe Edling mündet der aus den Karawanken westlich des Hochobir kommende Freibach. Er quert die etwa 300 bis 400 m über dem Drauspiegel liegenden Hochterrassen des Rosentales in einer Schluchtstrecke; oberhalb davon sperrt der Stausee Freibach (65) ein Einzugsgebiet von 45 km² (Fig. 21) und speist das gleichnamige Kraftwerk von 17 MW und 40 GWh Dargebot.

Das slowenische Alpengebiet in Jugoslawien besitzt bisher nur zwei Speicherseen, Moste (66) im Sava- und Podselo (67) im Soča (Isonzo) -Tal. Seit 1953 ist trotz vieler interessanter Planungen keine neue Speicheranlage hinzugekommen. Der Wasserkraftausbau konzentrierte sich in dieser Zeit auf die Drau, wo in der topographisch für hohe Staukraftwerke sehr günstigen Flussstrecke zwischen Lavamünd und Maribor (Marburg) die Kette geschlossen wurde. Sie umfasst die Stufen Dravograd, Vuzenica, Vuhred, Ožbald, Fala, Mariborski Otok und als jüngste das grosse Kanalkraftwerk Zlatolicje bei Ptuj (Pettau), mit zusammen 119 m Fallhöhe und 2100 GWh Dargebot. Ihnen kommt der Winterzuschuss der österreichischen Speicher zugute, zur Zeit 48 Mio m³ als Ausgleich für die oben erwähnten Ableitungen aus dem Draugebiet ins Kapruner- und Stubach-Tal.



Fig. 22

Stausee Ca' Selva (495 m) im obern Medunagebiet, südlich des Tagliamento-Oberlaufs

Bassin d'accumulation Ca' Selva (495 m) dans la région du Haut Meduna, au sud du fleuve Tagliamento supérieur

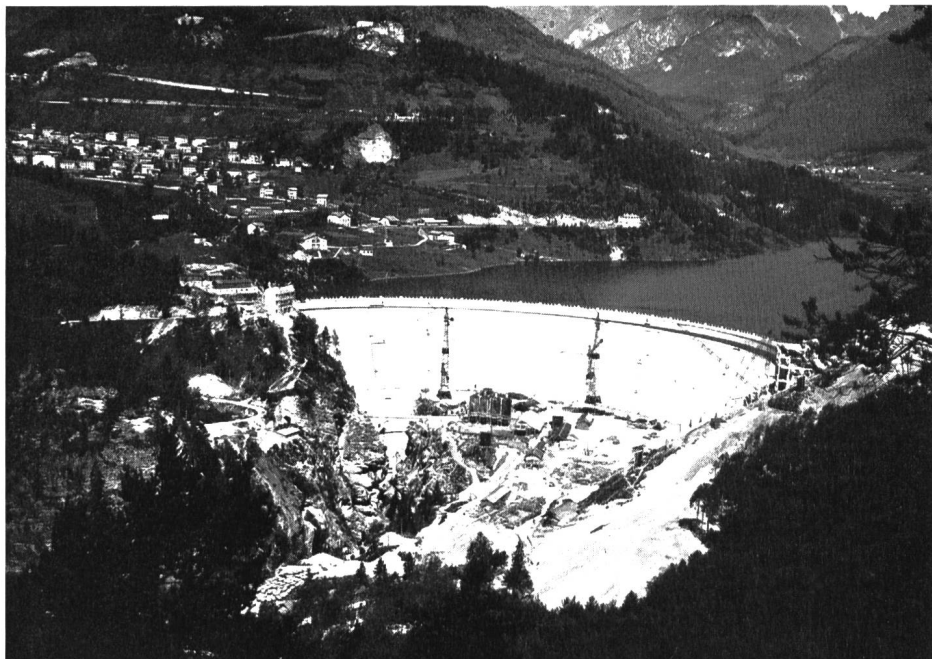
(Photo Pozzar/Trieste)

Fig. 23

Piave-Stausee Pieve di Cadore (684 m), der Hauptspeicher der Kraftwerkgruppe Piave-Boite-Maè-Vaiont

Bassin d'accumulation Pieve di Cadore (684 m) sur le fleuve Piave, servant de bassin principal du groupe des usines hydroélectriques Piave-Boite-Maè-Vaiont

(Photo ENEL/Compartimento di Venezia)



galeries d'adduction long de 40 km environ. Au croisement du collecteur principal avec la vallée de l'Ambiesta, est intercalé, comme réservoir journalier et hebdomadaire, le *Lago di Verzegnis* (69) ainsi nommé d'après la montagne voisine. En raison des risques de séismes, le mur de son barrage-coupole présente une résistance accrue par l'emploi d'une armature renforcée. La puissante usine souterraine de Somplago (275 MW), débite dans un lac naturel, le *Lago di Cavazzo* (70), utilisé comme bassin de compensation subissant des variations de niveau de 4 m.

Au sud du Tagliamento supérieur, dans le bassin du Meduna et dans un site montagneux jusqu'alors quasi inaccessible, on a construit deux grands bassins d'accumulation nouveaux venant compléter le lac de retenue de Ponte Racli ou *Lago di Tramonti* (74) long de 4 km, recueillant les apports d'un bassin versant de 220 km² et alimentant trois centrales en cascade jusqu'à Istrago sur la Cosa. Sur l'Alto Meduna même, en amont de Frassaneit, se trouve le bassin de *Ca'Zul* (72), et sur l'affluent droit de Silisia, 100 m plus bas, le bassin d'accumulation principal de *Ca'Selva* (73) avec une capacité de retenue de 36 million de m³ (fig. 22). Une nouvelle route de 4 km, essentiellement en tunnel, relie ces deux barrages. Fermés par de hauts barrages-voûte, les lacs de retenue ont 3,0 et 4,5 km de longueur. Chacun d'eux stocke les écoulements d'un bassin versant de 40 km². Les eaux du bassin d'accumulation supérieur, turbinées par la centrale de Valina rejoignent le bassin de Ca'Selva; ce dernier alimente la centrale de Chievolis (11 MW) située dans une baie sur la rive droite du lac de Meduna.

Dans la région de la Piave, on a continué à équiper jusqu'en 1962 le complexe de bassins et de centrales créé depuis la fin de la Seconde guerre mondiale. On y amène les eaux de la Piave supérieure et de la Boite recueillies dans le grand lac de retenue de *Pieve di Cadore* (80) — représenté par la fig. 23 avec son grand barrage poids-voûte connu — par une galerie en charge de 25 km de long alimentant le réservoir de pointe du *Val Gallina* (85) et la grande centrale souterraine de Soverzene (220 MW).

Au confluent avec la vallée profondément encaissée du *Vaiont* (84), on avait, à l'origine, projeté un bassin d'ac-

cumulation d'un niveau de retenue adapté à celui du lac précité, et d'une capacité de 60 millions de m³. Des études plus poussées ont abouti à utiliser la topographie favorable de l'étroite gorge du Vaiont pour y situer ce bassin, comportant maintenant 44 m de hauteur de retenue supplémentaire et un volume utile total de 150 millions de m³, grâce à un barrage-voûte de 262 m le plus haut du monde. Le remplissage de ce grand lac de retenue, d'un niveau plus haut que prévu initialement, entraîna d'autres mesures qui influencèrent les récents aménagements de bassins d'accumulation complémentaires. Dans la vallée de Maè, située sur le versant droit, on réalisa le bassin de retenue de *Pontesei* (83) plus petit que prévu, et dans la vallée de Boite, le bassin de prise d'eau de *Vodo* (81). Une galerie relie ce dernier au bassin de Maè dont la photographie fig. 24 illustre le site enchanteur. Un ensemble de galeries dans lequel sont insérées les centrales de Gardona et de Colomber, et franchissant en siphon la vallée de la Piave, relie le bassin de Maè avec le réservoir d'accumulation du Vaiont, si bien que ce dernier, long de 6,5 km, collecte, outre l'écoulement de son propre bassin versant de 62 km², également une fraction des eaux des vallées de Boite et de Maè.

Le lac de retenue ainsi que le barrage sur le Vaiont ont connu une tragique renommée mondiale par la catastrophe la plus grave qui se soit jamais produite dans un bassin d'accumulation alpin: peu après le début du remplissage en automne 1960, on avait déjà remarqué, au tiers antérieur du lac de retenue, de lents glissements d'une importante masse rocheuse au flanc du Monte Toc sur le versant gauche des gorges abruptes creusées par l'érosion. Comme il n'était pas question d'en arrêter le mouvement on pouvait admettre que la coulée terminerait sa trajectoire en se bloquant contre le versant opposé de la vallée, au prix du déplacement d'importantes masses d'eau. C'est pourquoi on maintint le niveau du lac de retenue à environ 20 m au-dessous du niveau maximum, ce qui correspondait à un creux de sécurité de 40 à 50 millions de m³, et l'on continua à surveiller de près les glissements des roches. Dans la nuit du 9 au 10 octobre 1963, il se produisit ce que personne n'avait cru possible; la masse en mouvement dont la progression s'était accélérée en l'espace de quelques heures,

In den östlichen Venetianer Alpen ist im Tagliamento-Gebiet, vom Unterwasser des vom grossen Lumiei-Stausee Sauris (68) gespeisten Kraftwerks Ampezzo ausgehend, eine grosse Unterstufe mit Einbeziehung des linksseitigen Hauptzubringers Degano ausgebaut worden, mit rd. 40 km langem Stollensystem. An der Kreuzung des Hauptstollens in der rechten Talflanke mit dem Ambiesta-Tal ist als grosser Tages- und Wochenspeicher der nach dem nahegelegenen Berg benannte Lago di Verzegnis (69) eingeschoben. Seiner Kuppelstaumauer wurde mit Rücksicht auf die Möglichkeit von Erdbeben durch starke Bewehrung erhöhte Sicherheit verliehen. Das leistungsstarke Kraftwerk Somplago (275 MW) in Kaverne am natürlichen Lago di Cavazzo (70) benutzt diesen mit 4 m Spiegelschwankung als Ausgleichbecken.

Südlich vom oberen Tagliamento sind im Meduna-Gebiet in bisher fast unerschlossenem Bergland als Ergänzung des bestehenden 4 km langen Stausees Ponte Racli oder Lago di Tramonti (74), mit 220 km² Einzugsgebiet und drei unterliegenden Kraftwerken bis Istrago an der Cosa, zwei neue grosse Speicherseen entstanden. Im Alto Meduna selbst oberhalb Frassaneit liegt das Becken Ca'Zul (72), im rechten Zubringer Silisia 100 m tiefer der Hauptspeicher Ca'Selva (73) mit 36 Mio m³ Stauraum (Fig. 22). Eine neue 4 km lange tunnelreiche Strasse verbindet beide Sperrstellen. Durch hohe Gewölbemauern aufgestaut sind die Seen 3,0 und 4,5 km lang. Jeder sperrt ein Einzugsgebiet von 40 km². Vom Oberspeicher wird das Wasser durch das Kraftwerk Valina zum Ca'Selva-Becken abgearbeitet; dieses speist das Kraftwerk Chievolis (11 MW) an einer rechtsufrigen Bucht des Meduna-Sees.

Im Piave-Gebiet ist bis 1962 das seit dem Ende des 2. Weltkriegs entstandene Speicher- und Kraftwerkssystem weiter ausgebaut worden. In ihm werden die Wasser des oberen Piave und Boite aus dem grossen Stausee Pieve di Cadore (80), den Fig. 23 mit seiner weitgespannten Bogenstaumauer zeigt, durch einen 25 km langen Druckstollen dem Spitzenbecken Val Gallina (85) und dem grossen Kavernenkraftwerk Soverzene (220 MW) zugeführt. An der Kreuzung mit dem tief eingeschnittenen Vaiontetal (84) war ursprünglich ein Speicher mit einem dem Spiegel der genannten Becken angepassten Stauziel und 60 Mio m³ Inhalt geplant. Weitere Studien führten dazu, die Gunst der engen Vaiontschlucht als Sperrstelle ausnutzend, ihn 44 m höher mit 150 Mio m³ Nutzraum und der mit 262 m höchsten Bogenstaumauer der Welt auszubauen. Die Füllung dieses über dem oben genannten Horizont liegenden grossen Stauraumes bedingte weitere Massnahmen, welche die jüngeren Ergänzungsspeicher beeinflusst haben. Im rechtsseitigen Maè-Tal entstand der Stausee Pontesei (83), kleiner als ursprünglich gedacht, und im Boitetal der Wasserfassungsspeicher Vodo (81). Von letzterem führt ein Stollen zum Maè-Becken, dessen reizvolle Landschaft Fig. 24 zeigt. Dieses ist durch einen Stollenzug, in dem die Kraftwerke Gardona und Colomber eingeschaltet sind, das Piavetal als Düker querend mit dem Vaiont-Speicher verbunden, so dass dessen 6,5 km langer Stausee ausser vom eigenen 62 km² grossen Einzugsgebiet noch mit Boite- und Maè-Wasser gespeist wird.

Vaiont-Stausee und Staumauer haben durch die schwerste Katastrophe, die je den alpinen Talsperrenbau betroffen hat, weltweit eine tragische Berühmtheit erlangt. Bald nach Staubeginn im Herbst 1960 hatten sich bereits in der linken Flanke der steilen Erosionsschlucht im vorderen Drittel des Stauraums langsame Gleitbewegungen einer ausgedehnten Felsmasse am Monte Toc bemerkbar gemacht. Man musste, da ein Abfangen unmöglich war, damit rechnen, dass die

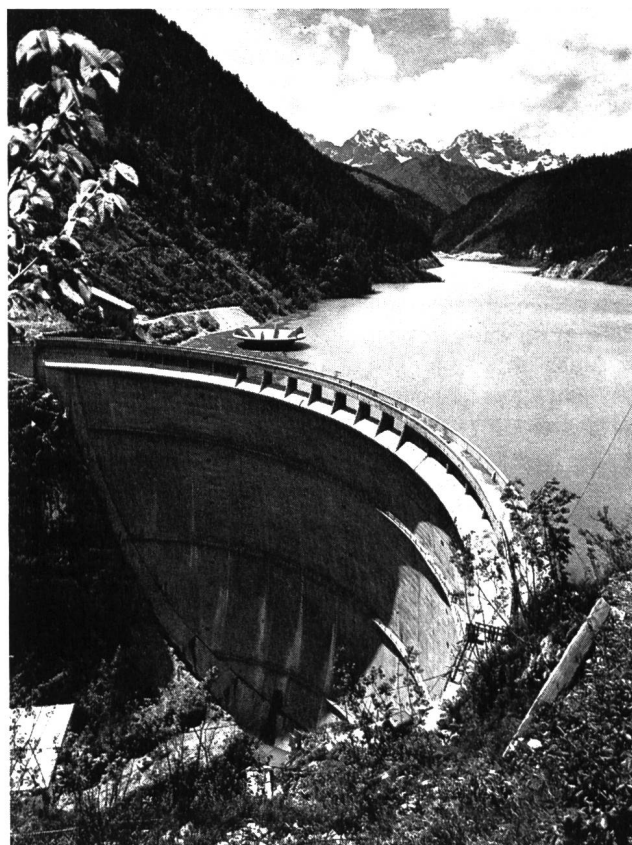
Gleitmasse erst an der gegenüberliegenden Talwand sich abstützen und zum Stillstand kommen würde, unter Verdrängung einer erheblichen Wassermasse. Der Seespiegel wurde daher rd. 20 m unter Vollstau gehalten, was einem Schutzraum von 40 bis 50 Mio m³ entsprach, und die Felsbewegungen genau beobachtet. In der Nacht vom 9./10. Oktober 1963 trat ein, was niemand für möglich gehalten hatte: die Gleitmasse, deren Bewegung sich innerhalb weniger Stunden verstärkt hatte, verlor plötzlich ihren Halt und auf einer tiefliegenden Bruchfläche glitten mehr als 300 Mio m³ Fels in 2 km breiter Front mit hoher Geschwindigkeit in den See, eine gewaltige Flutwelle aufwerfend, die am Gegenhang 200 m hoch aufbrandete, ins obere Tal lief, dessen Ufer verwüstend, und eine ca. 70 m hohe Woge über die Mauerkrone warf. Etwa 25 Mio m³ Wasser rasten turmhoch aus der engen Vaiontschlucht ins Piavetal hinaus, mehrere Dörfer zu grossen Teilen unter sich begrabend, namentlich die nächstgelegene Ortschaft Longarone. Ueber 2000 Todesopfer waren zu beklagen.

Die Staumauer selbst hat standgehalten, ein eindrücklicher Beweis, welche Sicherheitsreserven eine gutfundierte Gewölbesperre auch bei extremer Ueberlastung bietet. Die bei den grossen Stauhöhen vieler Speicherseen gebotene Pflicht, auch die Stauseeufer eingehend auf ihre Standicherheit zu untersuchen, war in nachdrücklichster Weise unterstrichen worden. Seither sind wohl alle möglicherweise zu Bedenken Anlass gebenden Uferbereiche der Alpenspeicher streng überprüft worden. Die junge Wissenschaft der Felsmechanik hat Gefahren und Bedingungen des «progressiven Bruchs» im Fels, auch unter dem Einfluss wechselnden Kluftwassers, eingehend erforscht. Vertiefte Erkenntnisse, verfeinerte Untersuchungsmethoden und die moder-

Fig. 24 Stausee Pontesei (800 m) im Maè-Tal Valle di Zoldo

Fig. 24 Bassin d'accumulation de Pontesei (800 m) dans la vallée de Maè Valle di Zoldo

(Photo ENEL/Compartimento di Venezia)



perdit soudain toute assise, et, le long d'une ligne de rupture située en profondeur, plus de 300 millions de m³ de roches furent précipités à grande vitesse dans le lac, sur un front de 2 km, provoquant un gigantesque raz-de-marée qui se réfléchit jusqu'à une hauteur de 200 m sur le versant opposé, remonta le cours supérieur de la vallée en détruisant tout sur son passage, et projeta une lame d'environ 70 m de haut par-dessus la crête du barrage. Environ 25 millions de m³ s'échappèrent ainsi à une vitesse folle des gorges du Vaiont et se répandirent dans la vallée de la Piave, ensevelissant en grande partie plusieurs villages, en particulier le village voisin de Longarone. On déplora plus de 2000 victimes.

Le barrage lui-même tint bon; c'était une démonstration éclatante de la marge de sécurité qu'offre un barrage-voûte bien ancré, même en cas de surcharge extrême. L'obligation formelle de sonder à fond la stabilité des rives des nombreux bassins d'accumulation de haute retenue, a été ainsi mise en évidence d'une façon éclatante. Bien entendu, après cette catastrophe toutes les rives en bordure des bassins d'accumulation alpins, qui pouvaient sembler douteux de quelque façon que ce soit, ont été strictement contrôlés. La toute nouvelle science de la mécanique des roches a exploré à fond les dangers et les conditions de «rupture progressive» du roc, également sous l'influence des variations de débits des eaux d'infiltration. Des connaissances approfondies, des méthodes d'auscultation plus poussées, ainsi que les moyens modernes mis en œuvre dans les ouvrages fondés sur la roche, offrent aujourd'hui toutes les garanties pour affronter de tels dangers dans les meilleures conditions.

Le glissement de rochers du Monte Toc a subdivisé le bassin d'accumulation du Vaiont en deux parties: un petit lac attenant au barrage et un grand dans la partie amont. On a construit une galerie de décharge pour évacuer les apports naturels vers la vallée voisine de Cellina. Ce n'est qu'après une longue période d'observation et de travaux d'adaptation que l'on pourra se prononcer sur l'utilisation possible du volume de retenue résiduel de ce bassin. En attendant, il figure dans notre statistique pour une capacité de 20 millions de m³.

Depuis 40 ans, en aval de Soverzene, une grande fraction du débit de la Piave est dérivée par le sillon tracé pendant la période glaciaire par le glacier de la Piave, dans la retenue du Lago S. Croce (76), situé dans la région de Tesa-Meschio, dans laquelle elle est exploitée par plusieurs centrales en cascade sous une hauteur de chute totale de 280 m. Au cours des années écoulées, on a modernisé les anciennes centrales de Fadalto, de Nove, de S. Floriano et de Castelletto; la première, située entre le Lago di S. Croce et le Lago Morto (77), constitue avec ses 210 MW de puissance et son équipement en pompes d'accumulation prévu une usine de pointe très moderne.

Dans la région du Cordevole, principal affluent rive droite de la Piave inférieure, la vallée du Mis a été dotée d'un lac de retenue (88) fort bien situé. Le bassin du Cordevole, alimentant l'usine de Sospirolo (40 MW) reçoit les eaux restituées par le groupement d'usines de Cencenighe, Agordo et Stanga, qui turbine les apports du bassin d'accumulation de Fedaià (110) sur la Marmolada (fig. 25), du lac d'Alleghe (86), ainsi que du lac de Cavia (87) dans le Biois supérieur à proximité du col de San Pellegrino. Sur la Piave on rencontre ensuite le nouveau bief de Quero, avant que les eaux soient dirigées vers les canaux d'irrigation de la région de Brentella-Nervesa dans la plaine du pourtour alpin.

Dans la vallée du Cison, affluent de la Brenta, le com-

plexe des bassins d'accumulation de Corlo (94) et de Senaiga (93) sur le cours inférieur, a été complété, sur le cours supérieur, par les bassins d'accumulation du Val Nonana (91) dans la vallée en rive gauche de même nom, et du Val Schenèr (92) dans la vallée principale, tous deux mis en retenue par de hauts barrages-voûtes. Le premier alimente la centrale souterraine de S. Silvestro (55 MW), le second utilise également l'eau amenée par une galerie d'adduction depuis le bassin de Forte Buso (111) dans le Travnolo.

Dans la région de l'Adige et de l'Isarco au Tyrol méridional, six bassins d'accumulation existaient dès avant 1954. Le plus vaste d'entre eux, le Lago di Resia (95) réunissant les deux lacs naturels de Reschensee et de Mittersee, a vue depuis sa capacité utile portée à 121 millions de m³ par une surélévation du niveau de la retenue de 2 m. Dans le Val di Senales même, en amont de La Madonna (Unsere Frau), le bassin d'accumulation de Vernago / Vernagt (97), situé à l'altitude de 1690 m, est passé de 15,7 millions de m³ lors de son aménagement partiel, à 43,2 millions de m³. Il est alimenté par les eaux issues de la crête principale de l'Oetztal, du Weisskugel jusqu'à la Hochwilde, ainsi que de la crête du Saldura. La fig. 26 (en couleurs) montre ce lac dans son cadre grandiose de hautes montagnes. Comme pour le Lac de Resia, on a érigé ici sur un dépôt alluvionnaire de 200 m d'épaisseur environ, une digue en terre comportant un noyau d'étanchéité intérieur, dont le masque en béton n'est ancré dans les fondations que sur une faible profondeur, mais qui est complété par des injections. Au temps de leur construction, ces deux digues représentaient une solution d'avantgarde d'une technique constructive, qui a été depuis lors maintes fois mise en œuvre dans les aménagements alpins, même pour des hauteurs de retenue importantes. L'ancienne centrale de Schnalstal est aujourd'hui supplantée par la nouvelle usine de Naturno, qui grâce à une hauteur de chute doublée (1150 m), délivre une puissance de 116 MW et une productibilité de 285 GWh, son bassin versant totalisant maintenant 150 km², mais elle est maintenue en service pour l'exploitation des écoulements du bassin versant non capté par la nouvelle usine.

Le Val d'Ultimo, dont le confluent se trouve en aval de Meran, a été au cours de la dernière décennie, complètement aménagé au point de vue de l'énergie hydraulique, par un groupement de quatre biefs principaux et un bief latéral, comportant 2200 m de chute globale et cinq bassins d'accumulation. Le lac naturel du Lago Verde / Grünsee (98), a été endigué par un barrage en enrochements de 87 m de hauteur, ce qui porte sa cote de retenue à l'altitude de 2529 m. Il ne peut être rempli qu'en faisant appel à un appoint de pompage et appartient à l'un des trois lacs les plus élevés des Alpes orientales (fig. 27). Il est suivi dans la vallée principale du torrent de Valsura, par le petit bassin intermédiaire de Fontana Bianca / Weissbrunnsee (99), et, à la cote 1141 m, par le bassin principal de Zoccolo / Zocklersee (100) avec ses 33,1 millions de m³ de volume utile. Comme pour les lacs de Resia et de Vernago, on a construit une digue en terre haute de 66 m sur un dépôt d'une profondeur atteignant 160 m, dans la zone de la rive gauche contiguë au cône d'alluvions. Une paroi de pieux forés s'ancre à une profondeur comprise entre 45 et 59 m dans la fondation; le talus amont de la digue est revêtu de béton bitumineux. Des puits de décompression installés au pied du parement aval servent à prévenir les effets des eaux d'infiltrations souterraines. Dans la vallée du Jan-Bach, affluent rive gauche du lac de retenue Zoccolo, on a aménagé au niveau de la



(Photo Azienda Elettrica Consorziale di Bolzano e Merano, Bolzano)

Fig. 26

Stausee Vernagt/Vernago (1690 m) im Südtiroler Etschgebiet
Bassin d'accumulation de Vernago/Vernagt (1690 m) dans la région de l'Adige au Tyrol du Sud



Fig. 25 Fedaiia-Stausee (2053 m) unter der Marmolada (3342 m) in den Dolomiten; westliche Pfeilerstaumauer gegen das Avisio-Tal

Fig. 25 Bassin d'accumulation de Fedaiia (2053 m) au pied de la Marmolata (3342 m) dans les Dolomites; barrage à contreforts vers la vallée de l'Avisio à l'ouest du bassin
(Photo ENEL/Compartimento di Venezia)

nen Mittel des Felsbaues geben heute alle Voraussetzungen, derartigen Gefahren sicher zu begegnen.

Der Felsrutsch am Monte Toc hat den Vaiont-Stausee in zwei Becken unterteilt, ein kleines an der Mauer und ein grosses im hinteren Bereich. Zur Abführung des natürlich zufließenden Wassers wurde ein Entlastungsstollen ins östliche Nachbartal der Cellina getrieben. Der Grad, in dem der verbliebene Speicherraum weiter genutzt werden kann, hängt von langfristigen Beobachtungen und Anpassungsmassnahmen ab. In unserer Statistik ist er einstweilen mit 20 Mio m³ eingesetzt.

Unterhalb Soverzene wird seit 40 Jahren ein Grossteil des Piaveabflusses, der Furche des eiszeitlichen Piavegletschers folgend, zum aufgestauten Lago di S. Croce (76) ins Tesa-Meschio-Gebiet abgeleitet und dort noch in mehreren Kraftwerkstufen über 280 m ausgenutzt. In den letzten Jahren wurden hier die alten Werke Fadalto, Nove, S. Floriano und Castelletto erneuert, das erstere, zwischen Lago di S. Croce und Lago Morto (77), mit 210 MW und vorgesehener Pumpspeicherergänzung als modernes Spitzenwerk.

Im Gebiet des Cordevole, dem rechten Hauptzubringer des unteren Piave, hat das Mis-Tal einen schön gelegenen grossen Stausee (88) erhalten. Vom Unterwasser der Kraftwerkstufen Cencenighe, Agordo und Stanga, die den Zuschuss aus den Speicherseen Fedaiia (110) an der Marmolada (Fig. 25), Lago d'Alleghe (86) und dem hochgelegenen Lago di Cavia (87) im oberen Biois,

nahe beim San Pellegrino-Pass, nützen, ist der Cordevole eingeleitet und die neue Speicherstufe speist das Kraftwerk Sospirolo (40 MW). Im Piave folgt die neue Stufe Quero, ehe das Wasser an die Bewässerungskanäle im Bereich Brentella-Nervesa im Alpenvorland übergeht.

Im Tal des zur Brenta entwässernden Cison sind zu den bestehenden Speicherseen im Unterlauf Corlo (94) und Senaiga (93) im Oberlauf die Stauseen Val Noana (91) im gleichnamigen linken Seitental und Val Schenèr (92) im Haupttal hinzugekommen, beide von hohen Gewölbemauern aufgestaut. Ersterer speist das Kavernenkraftwerk S. Silvestro (55 MW), letzterer nutzt auch aus dem Vanoital das Ueberleitungswasser des Speichers Forte Buso (111) im Travignolo.

Im Südtiroler Etsch- und Eisack-Gebiet waren schon vor 1954 sechs Speicherseen entstanden. Der grösste von ihnen, der den natürlichen Reschen- und Mittersee vereinigende Lago di Resia (95) ist inzwischen durch Hebung seines Stauziels um 2 m auf 121 Mio m³ Nutzraum vergrössert worden. Auch der im inneren Schnalstal oberhalb Unser Frau 1690 m ü. A. gelegene Speicher Vergnago (97) ist von seinem Teilausbau von 15,7 Mio m³ nunmehr auf 43,2 Mio m³ erhöht worden. Er wird von den Abflüssen des Oetztaler Hauptkamms, von Weisskugel bis Hochwilde, und des Salurnkamms gespeist. Das Farnebild Fig. 26 zeigt den See in seiner grossartigen Gebirgsumrahmung. Wie am Reschensee ist hier auf einer etwa 200 m mächtigen Talverschüttung ein Erddamm mit



◀ Fig. 27 Aufgestauter Grünsee/Lago Verde (2529 m) im obersten Ultental (Südtirol)

Fig. 27 Le lac surélevé Lago Verde/Grünsee (2529 m) dans le Val d'Ultimo supérieur (Tirol du Sud)

(Photo S. Dino/Milano)

cheminée d'équilibre de la retenue de S. Valpurga (collectant 70 km² de bassin versant), l'usine de pompage de Pracomune (42 MW). Le réservoir supérieur de cette usine est le Quaira della Miniera / Achtzgersee (101) situé à 2250 m d'altitude, dans une cuvette glaciaire partiellement comblée, au pied de l'Orecchia (3256 m). L'ensemble des centrales du Val d'Ultimo, jusqu'à Lana, dispose ainsi d'un bassin versant de 243 km² et fournit une puissance de 250 MW et une production de 570 GWh dont 215 GWh en hiver.

Dans le Val Pusteria, région de l'Isarco, on a aménagé deux nouveaux bassins d'accumulation: dans la vallée même de la Rienza, en aval du Val d'Anterselva, le lac d'accumulation Valdaora-Olang (103) avec la centrale souterraine de Brunico (27 MW). Le Val di Türes qui le rejoint près de Brunico comprend dans le vallon de Lappago (vallée supérieure de Selva dei Molini), sur le versant sud de la crête principale du Zillertal, à 1856 m d'altitude, le bassin d'accumulation de Neves/Nöfes (104). Il est endigué par un barrage-couple de 90 m de hauteur implanté dans un étranglement de la vallée (fig. 28). A 10 km à vol d'oiseau, au-delà de la crête principale, se situe le grand lac de Schlegeis. L'usine de Lappago fait partie de l'aménagement de Neves, mais les deux réservoirs contribuent à la production de la chaîne des centrales au fil de l'eau de Bressanone jusqu'à Cardano (en gros 400 m de hauteur de chute) par un sérieux appoint d'hiver.

Près du défilé de Salerno, nous trouvons dans les flancs de porphyre de la vallée de l'Adige, la grande centrale souterraine d'Egna (195 MW) qui, sous 550 m de chute, turbine les eaux de l'Avisio. Le bassin d'accumulation de Stramentizzo (112) qui l'alimente avec ses 10 millions de m³ de capacité utile, se situe dans un élargissement de vallée, intéressant au point de vue morphologique. Le thalweg primitif est barré par une moraine de la période glaciaire, et l'Avisio emprunte ici une gorge épigénétique creusée dans le porphyre. Cette gorge de Forra dei Camini est verrouillée par un barrage-voûte de 62 m de hauteur; sur la rive gauche, la barre de moraine, soumise à la poussée de la retenue, a été consolidée et étanchée sur son parement amont ainsi que dans ses fondations par des injections (fig. 29).

Dans le Val di Sole où il existe depuis 1934 le bassin d'accumulation le plus haut des Alpes orientales, le lac du Careser (107) à 2600 m d'altitude, et, depuis 1950, le grand bassin d'accumulation de S. Giustina (109) sur le Noce avec ses 172 millions de m³ de volume utile, on a achevé sur le Noce di Val del Monte, le lac de retenue de Pian Palù (108). Son ouvrage de retenue repose sur une masse d'éboulis barrant l'exutoire du lac en partie comblé par des alluvions. A l'origine on avait prévu ici un barrage en enrochements édifié en trois étages. Mais on l'a réalisé finalement avec un procédé nouveau de cons-



Fig. 28 Stausee Nöfes/Neves (1856 m) im Lappachtal/Südtirol. Blick auf den Zillertaler Hauptkamm mit Gross Möseler (3478 m)

Fig. 28 Bassin d'accumulation Neves/Nöfes (1856 m) dans la vallée de Lappago/Val Selva dei Molini au Tirol du Sud; vue sur la chaîne principale des montagnes du Zillertal avec le Grand Möseler (3478 m) (Photo Ferruzzi/Venezia)



◀ Fig. 30 Stausee Pian Palù (1800 m) im Noce-Gebiet

Fig. 30 Bassin d'accumulation de Pian Palù (1800 m) dans la région du fleuve Noce

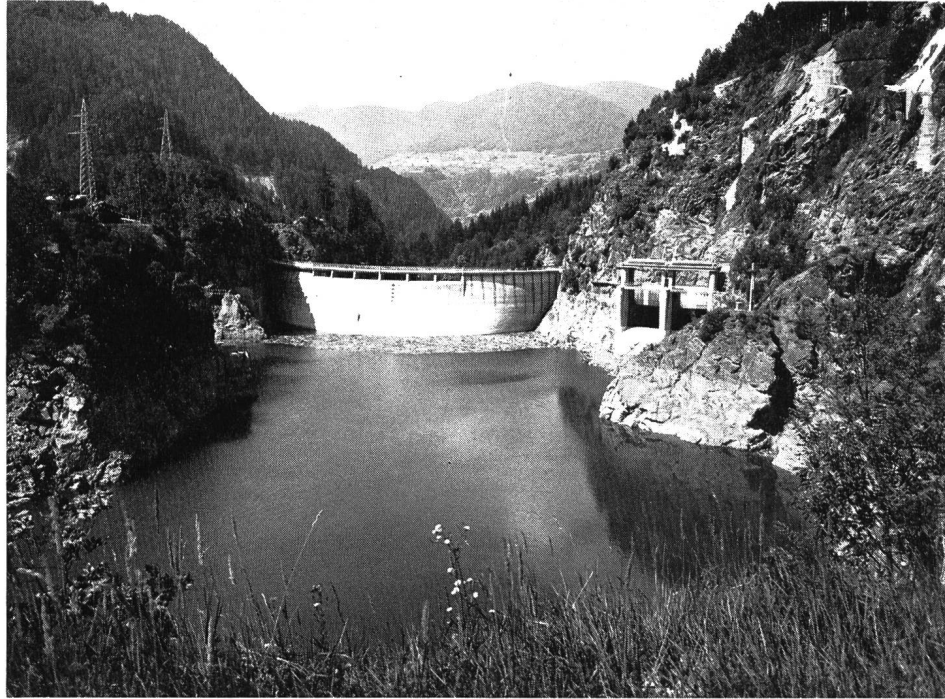
(Photo G. Chiolini/Pavia)

Fig. 29

Avisio-Stausee Stramentizzo (789 m) im Val di Fiemme; Bogenstaumauer in der epigenetischen Schlucht

Bassin d'accumulation de Stramentizzo (789 m) sur l'Avisio dans le Val di Fiemme/ Dolomites; barrage-voûte dans la gorge épigénétique

(Photo Ferruzzi/Venezia)



innerem Dichtungskern errichtet, der als Betonwand nur auf begrenzte Tiefe in den Untergrund reicht und durch Einpressungen ergänzt ist. Diese beiden Dämme waren bei ihrer Erbauung fortschrittliche Lösungen einer Bauaufgabe, die seither bei alpinen Staubecken öfter und bis zu grössten Stauhöhen gemeistert wurde. Das alte Schnalstalkkraftwerk Turnns wurde durch eine Neuanlage mit der doppelten Fallhöhe, 1150 m bei 116 MW Leistung und 285 GWh aus 150 km² erfasstem Einzugsgebiet ersetzt, bleibt aber für das Restgebiet in Betrieb.

Das unterhalb von Meran mündende Ultental ist im letzten Jahrzehnt durch eine Gruppe von vier Hauptstufen und einer Seitenstufe mit fünf Speichern kraftwirtschaftlich vollständig über 2200 m Fallhöhe ausgebaut worden. Der natürliche Grünsee — Lago Verde (98) durch einen

87 m hohen Steindamm auf 2529 m ü. A. aufgestaut, mit teilweiser Pumpspeicherfüllung, gehört zu den drei höchstgelegenen der Ostalpen (Fig. 27). Ihm folgt im Haupttal des Valschauer Bachs der kleinere Zwischenspeicher Weissbrunn — Fontana-Bianca (99) und auf 1141 m ü. A. der Hauptspeicher Zocklersee — Zoccolo (100) mit 33,1 Mio m³ Nutzraum. Aehnlich wie am Reschen- und Vernagtsee ist auch hier auf bis zu 160 m tiefer Talverschüttung — in der Tiefe Moräne, seitlich Schwemmkegel — ein 66 m hoher Erddamm errichtet. In den Untergrund greift 45 bis 55 m tief eine Betonbohrpfahlwand; der Damm selbst besitzt eine Böschungsdichtung aus Asphaltbeton. Der Beherrschung unterirdischer Durchsickerungen dienen Entspannungsbrunnen am luftseitigen Dammfuss. In den 3,5 km langen Zocklersee mündet von links der Jan-Bach. In

Fig. 31

Lago di Molveno (833 m) im Trentino; Blick auf die Brentagruppe

Lac de Molveno (833 m) au Trentino; vue sur le groupe de la Brenta

(Photo Pedrotti/Trento)



truction que la fig. 30 permet de distinguer: la juxtaposition d'énormes cubes de béton coulés sur place mais non joints de façon à autoriser un tassement sans risque de contrainte. Le parement amont, de forte pente, est rendu étanche par un revêtement en tôle d'acier. L'étanchéité des fondations a été obtenue par un éperon de béton, large de 3 m, progressant jusqu'à 68 m de profondeur sous le radier de la vallée (en rive gauche, cette profondeur atteint même 92 m).

Près de Rovereto débouchent les vallées du Leno qui recueillent les précipitations du Massif du Pasubio, théâtre d'âpres combats lors de la Première guerre mondiale. Durant la dernière décennie, les «Usines municipales de Vérone» ont aménagé quelques bassins d'accumulation mineurs ainsi qu'une chaîne d'usines. Sur le cours inférieur du Leno di Vallarsa se situe, à 280 m d'altitude seulement, le bassin du T o l d o (115) ou du Colombano alimentant l'usine du même nom. L'adduction du Leno di Terragnolo porte la surface du bassin versant à 84 km²; les eaux du cours supérieur de cette rivière ajoutées à la dérivation provenant du Rio Carrello sont turbinées dans cette même centrale sous 470 m de chute. Le cours supérieur de ce torrent est équipé du réservoir de S p e c c h e r i (114) à 805 m d'altitude, et contenant un volume utile de 9,5 millions de m³, il est mis en retenue par un barrage-voûte de 156 m de hauteur, implanté dans une gorge étroite. La centrale de Mezzocorona qu'il alimente se trouve dans la vallée de l'Adige près d'Ala.

Au total la région de l'Adige dispose à présent d'une capacité de retenue de 497 millions de m³ répartis en 20 bassins, non compris les dérivations vers les bassins de retenue de Fedaia et de Forte Buso situés dans les Dolomites et exploités respectivement sur le Cordevole et le Cison. Ils procurent également un important apport d'hiver à la chaîne des grandes centrales au fil de l'eau sur l'Adige inférieur: Ala, Bussolengo, Chievo, Tombetta et Zevio, la plus récente, utilisant au total 105 m de chute nette.

Le lac naturel du L a g o d i M o l v e n o (118) situé à l'est du groupe de la Brenta, est aménagé depuis 1953 comme bassin d'accumulation de grande capacité de la centrale de Sta Massenza, la plus puissante des anciennes usines souterraines d'Italie; le lac d'une profondeur de

125 m (fig. 31), doit son existence à un formidable éboulement de montagne; sans aucun écoulement de surface, le bilan hydrologique de son bassin de 65 km², s'équilibrait par les seuls phénomènes d'évaporation et d'infiltration. Grâce à un double voile d'étanchéité injecté dans les éboulis, on put obtenir une étanchéité satisfaisante; le reliquat des eaux d'infiltration est refoulé dans le lac par pompage. En raison de la profondeur de sa prise d'eau (116 m), ce lac offrait, à l'époque, une capacité de retenue de 178 millions de m³ pour la régularisation des affluents de la Sarca, drainant un bassin versant de 545 km², et dont les eaux sont amenées par une galerie de 48 km de long. Depuis 1963, la construction d'une digue en enrochements de 16 m de haut et l'exécution des travaux confortatifs ont permis de surélever le niveau de retenue de 8 m et d'augmenter son volume utile de 28 millions de m³. Simultanément, la centrale de Sta Massenza (582 m de hauteur de chute maximale, 355 MW) a été équipée de deux pompes d'accumulation. En outre, la centrale de Torbole (110 MW, 302 GWh) utilisant le L a g o d i C a v e d i n e (120) comme réservoir journalier, a été aménagée comme dernier palier de restitution au lac de Garde

Sur la côte ouest du lac de Garde, où il existait déjà l'usine alimentée par le lac naturel du L a g o d i L e d r o (121) et complétée en 1947 par une pompe d'accumulation, on a construit plus tard l'usine spécifique de pompage du Toscolano qui utilise également le lac de Garde comme réservoir inférieur. Le bassin d'accumulation de V a l v e s t i n o (122) aux rives échanquées de nombreuses baies, retient 47,5 millions de m³ à 438 m au-dessus du niveau du lac de Garde, et alimente la centrale souterraine de Villa Gargnano (135 MW). Longtemps inexploitée, la région du Chiese supérieur qui collecte les eaux du versant sud-est du massif de l'Adamello, a été équipée au cours des années 1954 à 1957 d'un groupement de trois usines de lac en cascade. Dans la vallée supérieure, appelée Val Daone, un impressionnant barrage à contreforts évidés retient les 60 millions de m³ du réservoir de la M a l g a B i s s i n a (123) situé dans une cuvette glaciaire fortement alluvionnée et qui, grâce aux adductions des torrents des deux rives, collecte les écoulements d'un bassin versant de 75 km². La

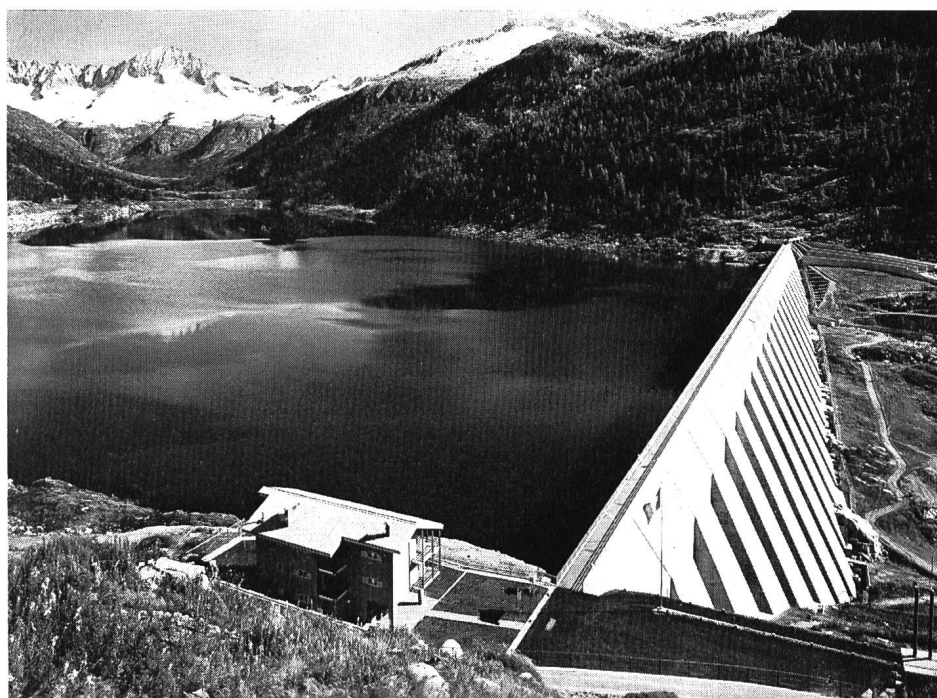


Fig. 32

Stausee Malga Bissina (1788 m) im oberen Chiese (Adamello-Gruppe) mit M. Carè Alto (3462 m)

Bassin d'accumulation de Malga Bissina (1788 m) dans le fleuve Chiese supérieur (Massif de l'Adamello); vue sur le M. Carè Alto (3462 m)

(Photo G. Chiolini/Pavia)

seinem Tal ist im Wasserschlosshorizont der 70 km² erfassenden Stufe II, St. Walburg, das Pumpspeicherwerk Kuppelwieseralm-Pracomune (42 MW) ausgebaut worden, mit dem in einer verlandeten glazialen Wanne auf 2250 m ü. A. unter dem Hasenohr (3256 m) gelegenen Oberspeicher Achtergersee — Quaira della Miniera (101). Insgesamt erbringen die Ultental-Werke bis Lana aus 243 km² Einzugsgebiet bei 250 MW Leistung 570 GWh, davon 215 GWh im Winter.

Im Eisack-Gebiet sind im Pustertal zwei schöne Speicherseen neu entstanden. Im Rienztal selbst oberhalb des Antholzer Tales der Stausee Olang — Valdora (103) mit dem Kavernenkraftwerk Brunico (27 MW). Das bei Brunec mündende Tauferer-Tal birgt im Lappachtal (oberes Mühlwaldertal), am Südfall des Zillertaler Hauptkamms auf 1856 m ü. A. hochalpin gelegen den Speichersee Nöfes — Neves (104). An einer Talwieselung staut ihn eine 90 m hohe Kuppelmauer (Fig. 28). Jenseits des Hauptkamms, in kaum 10 km Luftlinienentfernung, liegt ihm der grosse Schlegeissee gegenüber. Dem Becken Neves zugeordnet ist das Kraftwerk Lappago. Beide Speicher bringen zudem der Laufwerkette von Brixen bis Kardaun (rd. 400 m Fallhöhe) erwünschten Winterzuschuss.

Nahe der Salurner Klause finden wir in den Porphyrrwänden des Etschtales das grosse Kavernenkraftwerk Egna (195 MW), in dem unter 550 m Fallhöhe das Wasser der Avisio abgearbeitet wird. Der zugehörige Speichersee Stramentizzo (112), 10 Mio m³, in der Val di Fiemme liegt in einer morphologisch interessanten Talweitung. Der ursprüngliche Talweg ist durch eine Moräne der Würmeiszeit abgedämmt und der Avisio fliesst hier in einer epigenetischen Schlucht im Porphyrr. Diese Forra dei Camini sperrt eine 62 m hohe Bogenmauer; der angestaute Fuss der Moräne im linken Ufer ist durch eine Böschungsbefestigung und Untergrundeinpressungen gesichert und gedichtet (Fig. 29).

Im Nonstal, wo seit 1934 der höchste Ostalpenspeicher Careser (107) 2600 ü. A., seit 1950 der grosse Noce-Stausee S. Giustina (109), 172 Mio m³, in Betrieb stehen, wurde im Noce di Val del Monte der Stausee Pian Palù (108) vollendet. Sein Stauwerk ruht auf Hangschuttmassen, die einen verlandeten Seeboden sperren. Hier war ursprünglich ein Steindamm geplant, der in drei Stadien hochgeführt werden sollte. Man hat es dann in einer neuartigen Bauweise hergestellt, die Fig. 30 erkennen lässt: aus an Ort betonierten Riesenquadern mit offenen Fugen, die sich zwanglos setzen können. Die steile Wasserseite ist mit einem Stahlblechmantel versehen. Zur Untergrunddichtung greift ein 3 m breiter bergmännisch hergestellter Betonsporn bis 68 m unter die Talsohle, der unter dem linken Hang sogar 92 m Tiefe erreicht.

Bei Rovereto münden die Täler des Leno, die das im Ersten Weltkrieg hart umkämpfte Pasubio-Massiv entwässern. Hier sind im letzten Jahrzehnt einige kleinere Speicher und Kraftstufen durch die Stadtwerke Verona ausgebaut worden. Im unteren Leno di Vallarsa liegt nur 280 m ü. M. das Becken Toldo (115) oder Colombano mit dem gleichnamigen Kraftwerk. Beigeleitet ist der Leno di Terragnolo (zus. 84 km²), dessen oberes Gebiet mit Ueberleitung des Rio Cavallo im gleichen Kraftwerk als 470 m-Stufe genutzt wird. Der Oberlauf des ersten Wildbachs birgt den Speicher Speccheri (114), 805 m ü. A. mit 9,5 Mio m³ Nutzraum, den eine 157 m hohe Bogenmauer in enger Schlucht aufstaut. Das zugehörige Kraftwerk Mezzocorona liegt im Etschtal bei Ala.

Insgesamt besitzt das Etschgebiet nunmehr 497 Mio m³ Speicherraum in 20 Becken, ohne die durch Ueberleitung im

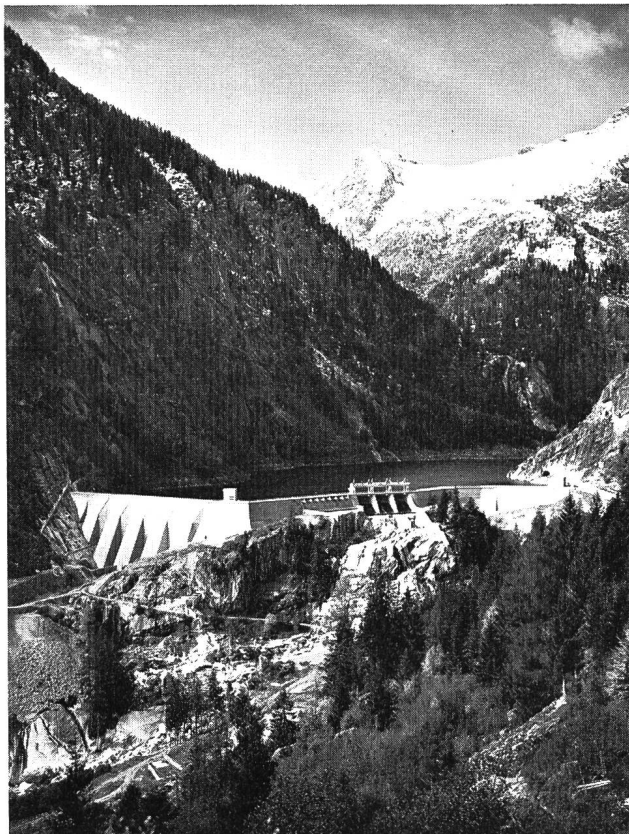


Fig. 33 Stausee Malga Boazzo (1225 m) im obern Chiesetal mit seiner eine Talstufe krönenden Pfeilerstau-mauer

Fig. 33 Bassin d'accumulation de Malga Boazzo (1225 m) dans la vallée du Chiese supérieur avec le barrage à contreforts
(Photo G. Chiolini/Pavia)

Cordevole bzw. Cison ausgenützten Dolomitenstauseen Fedaia und Forte Buso. Sie bringen auch der Kette der grossen Laufwerke an der unteren Etsch: Ala, Bussolengo, Chievo, Tombetta, Sorio und als jüngstes Zevio, mit rd. 105 m Nutzfallhöhe einen ansehnlichen Winterzuschuss.

Der natürliche Lago di Molveno (118) im Osten der Brentagruppe ist seit 1953 als Grossspeicher des Kraftwerks Sta. Massenza, der grössten der älteren Kavernenzentralen Italiens, ausgebaut. Der 125 m tiefe See (Fig. 31) verdankt seine Entstehung einem gewaltigen Bergsturz; ohne oberirdischen Abfluss regelte sich sein Wasserhaushalt aus 65 km² Einzugsgebiet durch Verdunstung und Versickerung. Durch einen doppelreihigen Einpress-Schleier in der Bergsturzmasse konnte eine befriedigende Dichtigkeit erzielt werden; verbleibendes Sickerwasser wird zurückgepumpt. 116 m unter seinem natürlichen Spiegel angezapft, bot er zunächst einen Nutzraum von 178 Mio m³ zur Regelung der Sarcazuflüsse aus 545 km², die durch einen 48 km langen Stollen zugeleitet sind. Nunmehr ist seit 1963 durch einen 16 m hohen Steindamm, verbunden mit weiteren Dichtungsmassnahmen, das Stauziel um 8 m gehoben, der Inhalt um 28 Mio m³ vergrössert worden. Zugleich wurde das Kraftwerk Sta. Massenza (582 m max. Fallhöhe, 355 MW) durch zwei Speicherpumpen ergänzt. Ferner ist als leistungsfähige neue Unterstufe zum Gardasee das Kraftwerk Torbole (110 MW, 302 GWh) ausgebaut worden, das den Lago di Cavetine (120) als Tagesspeicher nutzt.

Auf der Westseite des Gardasees ist dem alten Ponalewerk mit dem natürlichen Lago di Ledro (121), das 1947 durch einen Pumpensatz ergänzt wurde, im Toscolano ein ausgesprochenes Pumpspeicherwerk ebenfalls mit dem

photographie fig. 32 représente ce panorama de haute-montagne avec les glaciers de l'Adamello et le sommet principal, le M. Carè Alto (3462 m). Sur un palier situé 560 m plus bas, à la jonction des vallées du Val Danerba et du Val di Leno, une petite cuvette glacière a été aménagée en bassin d'accumulation sous le nom de Malga Boazzo (124). Comme le montre la photographie fig. 33 un barrage à contreforts en suréléve le seuil rocheux, épousant son tracé irrégulier. Les fondations des deux barrages reposent sur une roche de bonne qualité de tonalite. Les usines du lac de Malga Boazzo (souterraine), de Cimego (y compris une petite centrale sur l'Adanà), ainsi que le palier inférieur de Storo restituant dans le Lago d'Idro, ont une puissance installée globale de 328 MW et une productibilité de 590 GWh, dont 41 % en hiver. Le lac naturel du Lago d'Idro (126) d'une superficie de 14 km² à 368 m d'altitude, est utilisé depuis longtemps, par approfondissement de sa prise d'eau, comme bassin d'accumulation de 76 millions de m³ pour la centrale de Vobarno qui fonctionne sous 100 m de chute.

Dans les vallées du Massif de l'Adamello qui débitent vers le nord et l'ouest dans l'Oglio (Val Camonica), un assez grand nombre de lacs naturels a pu être aménagé en bassins d'accumulation à la fois par abaissement de prises d'eau et surélévation de niveaux de retenue, à la faveur de conditions topographiques favorables, et ce, dès le début de la création d'aménagements hydroélectriques dans les Alpes. Au nord, on trouve le groupement des bassins de l'Avio avec les lacs Pantano d'Avio (127), Lago Benedetto (129) et Lago d'Avio (130) ainsi que le Lago d'Aviolo (131) récupéré après dégrèvement comme réservoir saisonnier. Il s'y ajoute encore le petit Lago Venerocolo (128) réalisé entre 1957 et 1959 à 2538 m d'altitude, et qui occupe la deuxième place, par ordre d'altitude dans les Alpes orientales. Il est relié à la galerie en charge joignant le palier supérieur à l'usine souterraine de Benedetto (13 MW). Le grand bassin d'accumulation de Pantano d'Avio et son imposant barrage à contreforts, sont représentés par la figure 34. Dans le groupement

des bassins ouest, en plus des bassins d'accumulation interconnectés de Lago Baitone (132), Lago Dosazzo (133), Lago Salarno (134) et Lago d'Arno (135), représentant au total 73,2 millions de m³ de volume utile, les anciens barrages de Salarno et d'Arno construits en matériaux de carrière ont été, tout comme le barrage de l'Avio doublés d'une paroi de béton pourvue d'un système de drainage sur leurs parements amont. Le bassin de prise d'eau du Lago d'Arno alimentait jusqu'alors les paliers d'Isola et de Cedegolo (47 MW chacune). A présent, un aménagement unique de 1420 m de hauteur de chute, court-circuitant la centrale supérieure, est en cours de réalisation. La centrale sera équipée en deux étapes d'une puissance de 500 MW en turbine et de 212 MW en pompe, ce qui est un exemple remarquable du progrès développé de nos jours dans le domaine des réservoirs d'accumulation d'énergie. Le site de cette usine se prête particulièrement bien à la modulation de l'énergie nucléaire de la centrale de Mezzanone (783 MW), actuellement en construction près de la retenue de l'usine au fil de l'eau Isola Serafini, sur le Po, à 100 km plus au sud.

Dans la région du Serio et du Brembo dans les Alpes de Bergame, aucun aménagement nouveau n'est venu s'ajouter aux nombreux petits bassins d'accumulation déjà existants, dont sept uniquement sur le Brembo di Branzi (22,4 millions de m³).

La vallée longitudinale de l'Adda en amont du lac de Côme (Valtellina/Veltlin), comportant de forts déclivités dans son cours supérieur ainsi que dans ses vallées latérales, représente depuis longtemps un centre riche en bassins d'accumulation importants. Les grands lacs de retenue de la vallée supérieure de Fraële, San Giacomo (146) et Cancano di Fraële (147) offrant des volumes utiles respectifs de 64 et de 123 millions de m³, sont alimentés par un vaste réseau de galeries d'adduction et ont déjà été évoqués à propos de l'ouvrage international du Spöl (fig. 8). La surélévation de 36 m du barrage de Cancano permettant une mise en retenue supplémentaire de 117 mil-

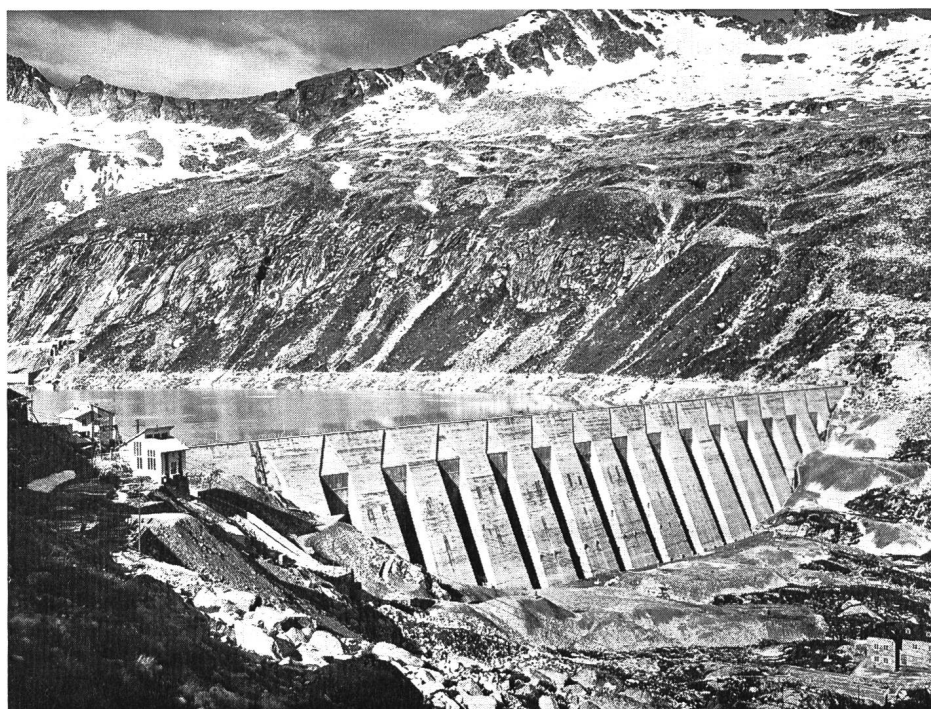


Fig. 34

Stausee Pantano d'Avio (2378 m), der oberste grosse Speicher im Ogliogebiet/Adamellogruppe

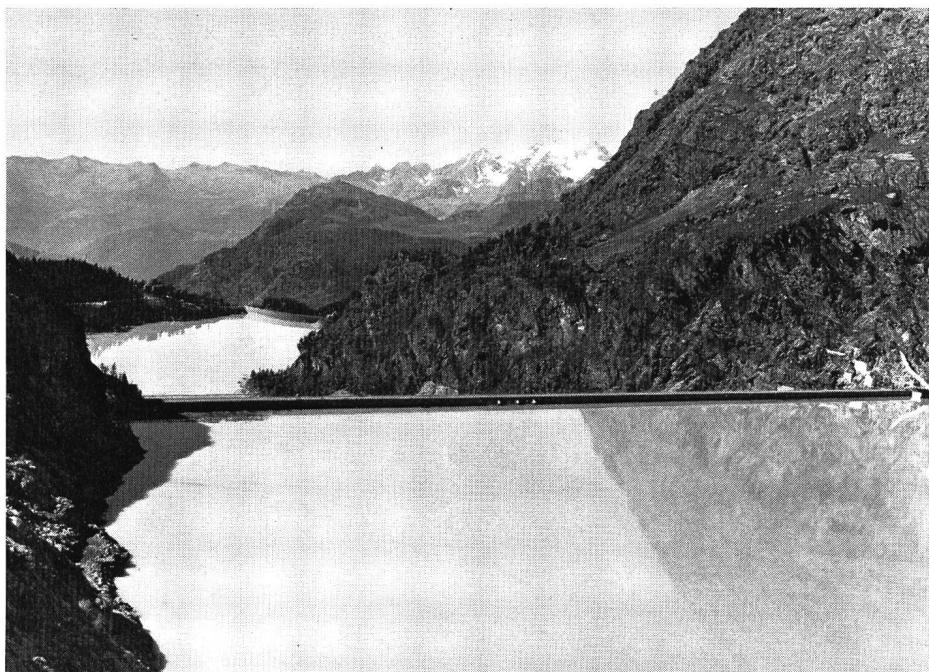
Bassin d'accumulation de Pantano d'Avio (2378 m), le plus élevé des grands bassins dans la région de l'Oglio/Massif de l'Adamello (Photo G. Chiolini/Pavia)

Fig. 35

Die untereinander liegenden Stauseen Alpe Gera (2125 m) und Campo Moro (1967 m) im Torrente Cormor/Val Malenco; im Hintergrund M. Disgrazia (3678 m)

Les bassins d'accumulation de l'Alpe Gera (2125 m) et de Campo Moro (1967 m) étagés sur le T. Cormor dans le Val Malenco; à l'arrière plan le M. Disgrazia (3678 m)

(Photo Nani/Sondrio)



Gardasee als Unterwasser gefolgt. Zum buchtenreichen Speicher Valvestino (122) mit 47,5 Mio m³, 438 m über dem Gardasee, gehört das Kavernen-Kraftwerk Villa Garignano (135 MW)

Das lange ungenutzte obere Chiesegebiet, das die Südostseite der Adamellogruppe entwässert, hat in den Jahren 1954/57 eine dreistufige Speicherwerkgruppe erhalten. Im Val Daone benannten Hochtal staut im verlandeten glazialen Becken der Malga Bissina (123) eine eindrucksvolle Pfeilerstauwand (tipo Marcello) den 60 Mio m³ grossen See, der mit beiderseitigen Bacheinleitungen 75 km² erfasst. Fig. 32 zeigt das hochalpine Panorama mit den Gletschern des Adamello und dem Hauptgipfel M. Carè Alto (3462 m). Auf einer 560 m tieferen Talstufe, wo Val Danerba und Val di Leno einmünden, ist eine kleinere glaziale Wanne zum Speichersee Malga Boazzo (124) gestaltet. Wie Fig. 33 erkennen lässt, erhöht eine Pfeilermauer in geknicktem Verlauf die unregelmässige Felsschwelle. Der Baugrund beider Mauern ist guter Tonalit-Fels. Die Speicherkraftwerke Malga Boazzo (Kaverne) und Cimego, eine kleine Seitenstufe aus dem bei Cimego mündenden Adanà-Tal und die Unterstufe Storo vor dem Lago d'Ildro liefern ein Dargebot von 328 MW und 590 GWh, davon 41 % im Winter. Der 14 km² grosse Natursee Lago d'Ildro (126), 368 m ü. A., bildet seit langem durch Absenkung einen 76 Mio m³-Speicher für das Kraftwerk Vobarno mit 100 m Fallhöhe.

In den Tälern der Adamellogruppe, die nach Norden und Westen zum Oglio (Val Camonica) entwässern, ist dank günstiger topographischer Voraussetzungen seit Beginn des alpinen Wasserkraftausbaues eine grössere Zahl von Naturseen durch Absenkung und Aufstau zu Speicherbecken gestaltet worden. Im Norden liegt die Avio-Gruppe, mit den Seen Pantano d'Avio (127), Lago Benedetto (129) und Lago d'Avio (130), sowie dem durch Ausspülung gewonnenen, als Fernspeicher genutzten Lago d'Aviolo (131). Ihr ist 1957/59 noch der kleine Lago Venerocolo (128) 2538 m ü. A. als zweithöchster Ostalpenspeichersee zugefügt worden. Er ist an den Druckstollen der Oberstufe zum Kavernenkraftwerk Benedetto (13 MW) angeschlossen. Den grossen Pantano d'Avio-Stausee mit seiner eindrucksvollen Pfeilerstauwand zeigt Fig. 34. In der Westgruppe, mit den untereinander verbundenen

Speicherseen Lago Baitone (132), Lago Dosazzo (133), Lago Salarno (134) und Lago d'Arno (135) von zusammen 73,2 Mio m³ Nutzraum sind 1958/60 und 1965/66 die ältesten Bruchsteinmauern Salarno und Arno, wie vorher schon die Avio-Mauer durch eine vorgelegte, verankerte und dränierte Betonwand gedichtet und instandgesetzt worden. Der Entnahmespeicher Lago d'Arno speiste bisher die Kraftstufen Isola und Cedegolo (je 47 MW). Nunmehr ist als Ersatz der Oberstufe und Erweiterungsbau ein neuer einstufiger Kraftabstieg über 1420 m Fallhöhe im Werden. Das Kraftwerk erhält in zwei Schritten 500 MW Turbinen- und 212 MW Pumpenleistung, ein markantes Beispiel für die jüngere Entwicklung im Ausbau von Speicherwasserkräften. Es kann günstig mit dem jüngsten und grössten italienischen Kernkraftwerk Mezzanone (783 MW) zusammenarbeiten, das 110 km südlich am Po an der Stauhaltung des Laufwerks Isola Serafini errichtet wird.

Im Gebiet des Serio und Brembo in den Bergamasker Alpen sind zu den dort bestehenden zahlreichen kleineren Speichern, allein sieben im Brembo di Branzi (22,4 Mio m³), keine jüngeren Ergänzungen zu verzeichnen.

Das Längstal der Adda oberhalb des Comersees (Valtellina-Veltlin) mit seinen grossen Gefällen im Oberlauf und in den Seitentälern ist seit langem ein Zentrum bedeutender Speicherwerke. Die grossen Stauseen im Fraële-Hochtal, San Giacomo (146) und Cancano di Fraële (147) mit 64 und 123 Mio m³ Nutzraum und ausgedehnten Beileitungen sind im Zusammenhang mit dem internationalen Spölwerk (vergl. Fig. 8) schon erwähnt worden. Die in der Anlage der Staumauer Cancano vorgesehene Erhöhung um 36 m mit 117 Mio m³ zusätzlichem Stauraum, um das übergeleitete Spölwasser in das Winterhalbjahr zu verlagern, ist noch nicht verwirklicht worden. Zunächst wurde nach der Speicherstufe Premadio (690 m, 375 MW) die Mittelstufe Grosio (600 m, 430 MW) mit dem Zwischenspeicher Valgrosina (148) ausgebaut. Sein Sperrbauwerk, in einem Talquerschnitt mit stark von Hangschutt und Moränenmassen überdeckten Flanken eingefügt, ist eine Pfeilermauer mit bergmännisch hergestellten seitlichen Schlitzwänden.

Im Speichersystem der Mailänder Stahlwerke Falck in den südlichen Quertälern ist der grosse Stausee Ferra

lions de m³, capable de stocker les apports du Spöl pour la période d'hiver, est encore à l'état de projet. Par contre, après l'aménagement de Premadio (690 m, 375 MW), on a poursuivi l'équipement de ce site par l'aménagement de Grosio (600 m, 430 MW), comprenant le bassin intermédiaire de Valgrosina (148). L'ouvrage de retenue de son bassin d'alimentation est implanté au travers d'une vallée aux versants recouverts d'une épaisse couche d'éboulis et de moraines. Il est formé d'un barrage à contreforts comportant des écrans latéraux taillés dans les talus à coups de mine.

Parmi le complexe des bassins d'accumulation des aciéries Falck de Milan, dans les vallées latérales méridionales, on a achevé le grand réservoir de Frera (151) à 1484 m d'altitude, contenant 50 millions de m³ de volume utile. Il est mis en retenue par un barrage du type «poids-voûte» haut de 138 m, et collecte, dans la vallée du Belviso, les écoulements d'un bassin versant de 47 km², agrandi par des adductions complémentaires.

Dans le Puschlav suisse on trouve la centrale la plus ancienne de cette vallée, celle de Campocologno (36 MW) qui a été modernisée récemment. Il en résultera, pour le Berninasee (Lago Bianco) (149) au Col de la Bernina, ainsi que pour le lac naturel de Poschiavo (150) d'une superficie de 2 km², une légère revalorisation de la capacité en énergie. Au cours de la dernière décennie, un groupement de trois usines de lacs en cascade a été aménagé dans la vallée de Malenco dans la partie italienne des Alpes de la Bernina, drainée par le Mallero et son affluent principal, le Lanterna. Dans cette région au potentiel énergétique très élevé, on exploite ici l'écoulement d'un bassin versant de 230 km² sous une hauteur de chute maximale de 1830 m. Deux grands bassins d'accumulation aménagés sur le Cormor, cours supérieur du Torrente Lanterna, en constituent la pièce maîtresse. Dans des cuvettes glaciaires, on trouve successivement les bassins d'accumulation de l'Alpe Gera (156) (niveau de retenue 2125 m, volume utile 65 millions de m³), et du Campo Moro (157) avec 1967 m et 10,6 millions de m³. Le lac de haute-montagne d'une superficie de 115 ha se situe dans un splendide panorama dominé par le massif de la Bernina. Il est alimenté par un bassin versant de 63 km², comprenant 60 % de glaciers, ainsi que 26,5 km² en provenance du torrent de Scerscen sur la rive droite. Il est mis en retenue par l'ouvrage le plus imposant des Alpes italiennes, un barrage poids de 175 m de hauteur et de 530 m de longueur de crête, construit sur de la roche serpentine. Il a nécessité la mise en œuvre d'un volume de béton de 1 716 000 m³, soit sensiblement le double des grands barrage-voûte, tel que celui de la Valle di Lei ou de Schlegeis. C'est pourquoi on a recherché, tant pour les études que pour l'exécution des travaux, des solutions permettant d'en réduire le coût et de raccourcir les délais d'exécution. Le béton de masse du barrage n'est que faiblement dosé; l'étanchéité et la résistance aux agents atmosphériques du parement amont sont assurées par un revêtement en tôle d'acier anti-corrosion d'une surface de 42 700 m². La distance qui le sépare du bassin de Campo Moro n'est que de 1700 m. Ce dernier possède un barrage en deux parties car le seuil rocheux barrant la cuvette glaciaire présente une bosse. Ce phénomène se retrouve souvent dans le cas de bassins d'accumulation alpins du même type, par exemple la Margaritze et le Mooserboden dans le massif du Glockner-Kaprun, le lac de retenue de Monte Spluga dans la vallée supérieure du Liro, et, d'une façon caractéristique, dans le massif de la Grimsel ainsi qu'au Plan d'Aval (région de l'Arc). Le vallon principal gauche est verrouillé par un barrage poids-voûte, haut de 96 m;

celui de droite, moins encaissé, par une digue en enrochements. La photographie fig. 35 montre les deux lacs dominés par l'imposant Monte Disgrazia (3678 m) sur la crête ouest de ce bassin. La différence de niveau entre les deux bassins est exploitée par l'usine souterraine de Campo Moro (35 MW), qui comprend également une pompe d'accumulation. Le palier principal de Lanzada fournit une puissance de 211 MW sous 1000 m de chute et vient d'être complété par deux groupes de pompage (110 MW). Corrélativement, le bassin de compensation a été agrandi.

L'affluent le plus occidental de «l'Adda prelacuale», à l'amont du lac de Côme, c'est-à-dire, la Mera (Maira), provenant du Bergell suisse, a été équipé dans le massif granitique escarpé du Zocca-Ferro du seul bassin d'accumulation de haute altitude dans ce groupe de vallées: le lac d'Albigna (162) de 69 millions de m³ de volume utile à 2163 m d'altitude (fig. 36). Son bassin versant de 20,5 km² à forte prédominance glaciaire est un des plus productifs de toutes les Alpes, avec un écoulement atteignant le double de celui enregistré dans le versant nord du massif de la Bernina. Son volume utile a augmenté de 2 millions de m³ au cours de la dernière décennie, par suite de la fonte de la portion du glacier d'Albigna immergée dans la retenue. Le précipice abrupt que forme un seuil raboté par les glaciers, est couronné d'un barrage poids de 115 m de haut et d'une longueur de crête inhabituelle de 810 m. Le site du barrage ne fut accessible, durant le chantier, que par téléphérique et reste, aujourd'hui encore inaccessible aux véhicules. Ce lac constitue le réservoir saisonnier des deux centrales de haute chute de Löbbia et de Castasegna qui fonctionnent sous 1478 m de chute jusqu'à la frontière du pays, avec une puissance de 138 MW et une productibilité de 410 GWh, dont 62 % en hiver. La centrale de Löbbia, pourvue d'un réservoir journalier, utilise, au fil de l'eau, le débit de l'Orlegna (altitude 1987 m, 21,8 km² de bassin versant), issue du glacier Forno. Elle est équipée d'une pompe d'accumulation de 7 MW pour le refoulement sous une hauteur d'élévation réduite des eaux de l'Orlegna (18 millions de m³ en moyenne) et d'une deuxième pompe de 28 MW, calculée pour la hauteur d'élévation totale, et utilisée tant pour le remplissage du réservoir saisonnier pendant les années déficitaires, que pour l'accroissement de l'énergie d'accumulation journalière. Le bassin d'accumulation d'Albigna apporte en outre un précieux concours à la protection contre les crues, car il subsiste un creux de 2,5 millions de m³, entre le niveau de retenue et la cote d'arase du barrage. A partir de Chiavenna, les eaux issues de ce réservoir sont également exploitées dans une chaîne de centrales italiennes totalisant 400 m de hauteur de chute. Un petit réservoir de 1,7 millions de m³, devant servir uniquement à l'écrêtement des crues, est en cours d'aménagement sur l'Orlegna; c'est le bassin de Orden à 1788 m d'altitude. Il collecte les eaux d'un bassin de 36,1 km² et il est mis en retenue par un barrage-voûte de 40 m de hauteur. L'équipement de la vallée du Liro, parcourue par la route venant du Col de Splügen, qui comprend les réservoirs d'accumulation déjà mentionnés de monte Spluga (164) ainsi que du Lago Truzzo (166) dans la branche droite de la vallée, ne s'est accru, au cours des années écoulées, que d'une usine au fil de l'eau dans la branche latérale gauche du Madesimo. Non loin de là, le Col de l'Angeloga (2391 m) nous conduit à la Valle di Lei, bouclant ainsi notre circuit.

A la fin de cette étude, le tableau B donne des renseignements complémentaires sur les propriétaires de tous les bassins d'accumulation des Alpes orientales et des centrales hydroélectriques correspondantes.

Fig. 36

Stausee Albigna (2163 m) im Bergell; Blick auf Cima di Cantone und Cima di Castello (3378 m)

Bassin d'accumulation de l'Albigna (2163 m) dans le Val Bregaglia aux Grisons; à gauche Cima di Cantone et Cima di Castello (3378 m)

(Photo Militärflugdienst)



(151) 1484 m ü. A. mit 50 Mio m³ Nutzraum vollendet worden. Im Belvisotal, mit 47 km² durch Beileitungen vergrössertem Einzugsgebiet, staut ihn eine 138 m hohe Bogen-gewichtsmauer.

Eine grosse Dreistufen-Speicherwerkgruppe hat im letzten Jahrzehnt das Val Malenco, im italienischen Teil der Bernina-Alpen, erhalten, das vom Mallero und dessen Hauptzubringer Lanterna durchflossen wird. Hier wird in einem Bereich stärkster Reliefenergie der Ostalpen ein Gebiet von 230 km² über max. 1830 m Fallhöhe genutzt. Das Kernstück bilden zwei Grossspeicher im Cormor, dem Oberlauf des Torrente Lanterna. In glazialen Wannen liegen untereinander die Speicher *Alpe Gera* (156) Stauziel 2125 m ü. A., Nutzinhalt 65 Mio m³, und *Campo Moro* (157), mit Stauziel 1967 m und 10,6 Mio m³. Den 115 ha grossen Hochgebirgssee, mit dem prachtvollen Panorama der Berninagruppe im Talschluss, speisen die Abflüsse eines 63 km² grossen, zu fast 60 % vergletscherten Einzugsgebiets, davon 26,5 km² Beileitung des rechtsufrigen Scerscenbaches. Ihn staut die mächtigste Staumauer der italienischen Alpen, eine 175 m hohe und 530 m lange Gewichtsmauer, auf Serpentinfels. Die erforderliche Betonkubatur von 1 716 000 m³ erreicht etwa das Doppelte so bedeutender Bogenmauern wie Valle di Lei oder Schlegeis. Man hat deshalb in Entwurf und Ausführung bemerkenswerte kosten- und bauzeit-sparende Lösungen getroffen. Die Mauer ist mit relativ niedrigem Zementgehalt im Mauer Kern betoniert worden; Wasserdichtheit und Wetterbeständigkeit der Wasserseite sichert eine Verkleidung mit korrosionsbeständigem Stahlblech von 42 700 m² Fläche. Die Entfernung bis zur Sperrstelle des Campo-Moro-Beckens beträgt nur rd. 1700 m. Dieses hat zwei Absperrbauwerke, da die glaziale Wanne abschliessende Felsschwelle einen Buckel aufweist. Diese Erscheinung findet sich öfter bei solchen alpinen Speicherbecken, z. B. Margaritze und Mooserboden in der Grup-

pe Glockner-Kaprun, am Stausee Montespluga im oberen Lirotal, ferner in den Westalpen ausgeprägt an der Grimsel, sowie am Plan d'Aval (Arc-Gebiet). Die linke Hauptfurche schliesst eine 96 m hohe Bogengewichtsmauer, die flachere rechte ein Steindamm. Fig. 35 zeigt den Blick über die Seentreppe talaus mit dem eindrucksvollen M. Disgrazia, 3678 m, im Westkamm des Gebiets. Den Höhenunterschied beider Seen nützt das mit einem Pumpspeichersatz ausgerüstete Kavernenkraftwerk Campo Moro (35 MW). Auch die Hauptstufe Lanzada mit rd. 1000 m Fallhöhe, 211 MW, wurde letztlich durch zwei Pumpen (110 MW) und Vergrösserung des Ausgleichbeckens zum Pumpspeicherwerk erweitert.

Der westlichste Zubringer der «Adda prelacuale» vor dem Comersee, die aus dem schweizerischen Bergell kommende Mera (Maira) hat in der schroffen Granitwelt der grossartigen Zocca-Ferro-Gruppe den einzigen Hochgebirgsspeicher dieser Talschaft, den Stausee *Albigna* (162) 2163 m ü. A. mit 69 Mio m³ Nutzraum erhalten (Fig. 36). Sein stark vergletschertes 20,5 km² grosses Einzugsgebiet ist eines der abflussreichsten der ganzen Alpen mit nahezu der doppelten Spende wie auf der Nordseite der Berninagruppe. Durch Abschmelzen der in den Stausee tauchenden Zunge des Albignagletschers hat der Nutzraum im letzten Jahrzehnt um 2 Mio m³ zugenommen. Den steilen Absturz einer gletscherpolierten Schwelle krönt eine 115 m hohe Gewichtsstaumauer mit der ungewöhnlichen Länge von 810 m. Die Sperrstelle ist seinerzeit nur durch eine Schwerseilbahn für den Baubetrieb erschlossen worden und ist auch heute noch nicht durch eine Fahrstrasse aus dem Tal erreichbar. Das Becken ist der Jahresspeicher der beiden Hochdruckstufen Löbbia und Castasegna über fast 1500 m Fallhöhe bis zur Landesgrenze, mit 138 MW und 410 GWh Dargebot, davon 62 % im Winter. Das Werk Löbbia mit einem Tagesspeicherbecken (1418 m ü. M.) nutzt auch als Laufstufe die vom Fornogletscher abfliessende Orlegna (1987 m ü. M.,

3.3 BASSINS D'ACCUMULATION PROJÉTÉS DANS LES ALPES ORIENTALES

Après avoir déjà dans l'aperçu général, paragraphe 2.2, esquissé la situation probable existante ou prévisible des bassins d'accumulation à équiper dans l'avenir, nous donnons ci-dessous quelques indications sur les plus importants ou les plus prometteurs. Il est probable que des modifications seront apportées, mêmes aux projets récents, en fonction des besoins énergétiques et hydrauliques du moment, si bien que nous pouvons nous limiter aux renseignements les plus importants.

Pour le développement du groupement des usines de l'III supérieure-Lünersee, un lac de retenue dans la vallée du Kleinvermunt à 1811 m d'altitude offrirait une précieuse capacité d'accumulation de 62 millions de m³ pour les écoulements d'été excédentaires à l'altitude de Kops et de Vermunt, ainsi que les conditions préalables pour la construction d'une nouvelle usine de pointe, en aval de Partenen. Préalablement, on prévoit l'extension de l'usine de pompage de Rodund par un deuxième bassin supérieur, Latschau II, et une puissance de pompage supplémentaire de 250 MW.

Dans les Alpes allemandes, comme nous l'avons déjà évoqué, la protection contre les crues, revêt une importance particulière face aux aménagements hydroélectriques. C'est pourquoi les projets actuels concernent essentiellement des aménagements à buts multiples. En premier, il convient de nommer le bassin d'accumulation de Rottach d'une capacité de 22,5 millions de m³ utilisables à la fois pour la production d'énergie et pour l'écrêtement des crues. Par un barrage de 40 m de hauteur, il verrouillerait à 850 m d'altitude un bassin versant de 30 km² riche en précipitations. En complément du bassin d'accumulation du Sylvenstein on envisage d'aménager sur l'Isar, en amont du confluent avec le Rissbach, le bassin d'accumulation de Lochsenitz, long de 6,5 km avec une capacité utile de 60 à 70 millions de m³, ce qui exigera un barrage de 57 m de haut, ainsi que des travaux d'étanchéité à grande profondeur. Depuis peu, ce projet est concurrencé par un autre aménagement à buts multiples: l'extension du Lac de Kochel situé sur le cours de la Loisach; ce lac naturel d'une superficie de 5,9 km² à 599 m d'altitude sert de bassin de compensation à la centrale du Walchensee. Il est le vestige de l'époque post-glaciaire qui couvrait encore au moyen âge une superficie de 15 km², et dont l'ancien fond, le marais du Kochel, s'étend sur 11 km en aval. Une surélévation de niveau du Kochensee n'est pas à envisager pour des raisons tant culturelles que démographiques. Par contre le marais de Kochel pourrait être partiellement submergé par l'édification d'une petite digue près de Penzberg; il conviendrait de le draguer par érosion hydraulique et de remblayer ses rives pour le rendre insubmersible aux crues. Ainsi pourrait-on créer un lac de 25 km² qui, parmi les lacs de Bavière, passerait de la neuvième à la quatrième place. Grâce à sa capacité de 50 à 60 millions de m³, il aurait grande importance dans la protection contre les crues, car il collecte les écoulements de son propre bassin versant de 807 km² ainsi que ceux du bassin Walchensee (74 km²) soit 31 % des apports de l'Isar à Munich et contrôle ainsi le débit du principal affluent de l'Isar. Il pourrait, en outre, fonctionner comme bassin de compensation pour l'usine du Walchensee et réunir toutes les conditions requises pour l'extension de cette usine par l'adjonction d'une usine de pompage environ huit fois plus puissante, bénéficiant d'un réservoir hebdomadaire de grande valeur. Dans

le domaine du tourisme et de la villégiature, il offre la chance unique de créer 24 km environ de nouvelles rives non encore urbanisées et permettant la création d'un centre de repos et de détente à proximité immédiate de la zone urbaine de Munich en pleine expansion.

Dans la région de l'Inn, on peut citer le réservoir de Chamuera dans l'Engadine, comme bassin supérieur de la centrale de l'Inn-Spöl. Dans la vallée de même nom en rive droite, il retiendrait 50 millions de m³ à 2090 m d'altitude.

Le Tyrol présente encore de nombreux sites susceptibles d'être équipés de réservoirs saisonniers qui s'inscriraient parfaitement dans une interconnexion de plus en plus vaste. Le lac du Riffelsee pourrait, en tant que réservoir supérieur de la centrale du Kaunertal, contenir un volume de 30 millions de m³ à 2280 m d'altitude pour l'exploitation d'une puissante usine d'accumulation par pompage (300 MW environ). Le projet d'équipement de la région de l'Ötz, récemment révisé, prévoit même un agrandissement des lacs de retenue de Zwieselstein et de Huben les portant respectivement à 200 et 110 millions de m³. Avec le bassin d'accumulation du Fischbach à 2215 m d'altitude et ses 47 millions de m³ de volume, ils constituent l'épine dorsale d'une chaîne de centrales totalisant une puissance de 1450 MW. Par ailleurs, on a repris un projet ancien d'aménagement de bassin d'accumulation au Tyrol: celui des lacs de haute-montagne de la vallée de Finstertal, situés au-delà de Silz dans la vallée de l'Inn, présentant plus de 1650 m de dénivellation pour une distance de 8 km à vol d'oiseau seulement. Un petit bassin intermédiaire près de Kühtal doit recueillir, par un réseau d'adductions secondaires, les eaux des bassins de la Melach et de l'Hairlachbach; ces eaux seraient ensuite refoulées par une usine de pompage 400 m plus haut dans le réservoir du Finstertal, surélevé jusqu'à la cote d'altitude 2315 m et pouvant contenir 50 à 70 millions de m³. Le groupement Sellrain-Silz devrait fournir une puissance de 420 à 520 MW et une énergie de 500 GWh par utilisation des seuls apports naturels.

L'équipement de la vallée du Ziller avec une connexion au bassin d'accumulation de tête de Stillup est projeté dans le cadre du développement des centrales de la Zemme. Le bassin d'accumulation du Zillergündl avec son bassin versant de 61 km² retient à 1850 m d'altitude 86 millions de m³, et, sous une chute de 700 m, alimente l'usine d'accumulation par pompage de Häusling qui recueille de son côté les apports d'un bassin de 75 km².

Dans les Hohe Tauern du nord, on a remis à l'ordre du jour le projet d'aménagement d'un groupement d'usines en deux paliers, comportant également des pompes d'accumulation, avec le lac de Kratzenberg (vallée du Hollerbach) comme réservoir d'accumulation. Dans la vallée de Gastein, on est sur le point d'ouvrir le chantier d'aménagement du lac du Bockhart (14,2 millions de m³) avec les centrales de Nassfeld et de Böckstein (750 m de chute, 41 MW, 110 GWh); une digue en enrochements doit surélever le niveau des eaux de 30 m et le porter à 1872 m d'altitude. Ce projet n'a mûri qu'après de longues études liées à l'exploitation des sources thermales de Gastein.

Les projets d'aménagements de bassins d'accumulation plus modestes dans la région de l'Enns près de Schladming: le lac de Riesach (25 millions de m³, 1385 m d'altitude), et, sur le Triebenbach, le lac de Hohentauern près du col (40 millions de m³), ont gagné en importance après l'achèvement de la chaîne des centrales sur l'Enns, exploitant une hauteur de chute nette de 300 m. Dans la région inférieure de l'Enns, sur la Steyr, on projette

21,8 km²). Es verfügt über Speicherpumpen, eine (7 MW) zum Hochfördern von i. M. 18 Mio m³ Orlegnawasser über die Differenzhöhe und eine von 28 MW über die Gesamthöhe zur Unterstützung der Beckenfüllung in abflussarmen Jahren und für zusätzlichen Wälzbetrieb. Das Zuschusswasser des Albignaspickers kommt ab Chiavenna noch rd. 400 m ausgebaute Fallhöhe in italienischen Stufen zugeht. Daneben leistet er einen wertvollen Beitrag zum Hochwasserschutz. Ueber dem Stauziel stehen noch 2,5 Mio m³ Auffangraum bis zur Mauerkrone zur Verfügung. In der Orlegna wird z. Zt. das reine Hochwasser-Rückhaltebecken *Orden* für 1,7 Mio m³ (1788 m ü. M., 36,1 km²) mit einer 40 m hohen Bogenstaumauer ausgebaut.

Zum Ausbauzustand des Lirotales, in dem die Strasse vom Splügenpass herunterzieht, mit dem schon erwähnten Speicher *Monte Spluga* (164) sowie *Lago Truzzo* (166) in der rechten Talflanke ist in den letzten Jahren lediglich ein kleineres Laufwerk im linken Seitental des *Madesimo* hinzugekommen. Unweit von hier leitet der *Passo di Angeloga* (2391 m) zur *Valle di Lei* hinüber und damit ist unser Rundgang geschlossen.

Am Ende dieser Betrachtung gibt *Tafel I* noch Auskunft über die Eigentümer aller Ostalpen-Speicherseen und die zugehörigen Kraftwerke.

3.3 GEPLANTE SPEICHERSEEN IN DEN OSTALPEN

Nachdem bereits im Uebersichts-Abschnitt 2.2 die für künftige auszubauende Speicher gegebene bzw. sich abzeichnende Situation skizziert wurde, mögen hier einige Angaben über die wichtigeren oder aussichtsreichsten folgen. Aenderungen auch jüngerer Projekte in jeweiliger Anpassung an die energie- und wasserwirtschaftlichen Bedürfnisse sind wahrscheinlich, so dass wir uns auf die wesentlichsten Hinweise beschränken können.

Für den Weiterausbau der Vorarlberger Kraftwerkgruppe *Oberer Ill-Lünersee* bietet ein Stausee im *Kleinvermunttal* auf 1811 m ü. M. eine wertvolle Speichermöglichkeit von 62 Mio m³ für die reichen Ueberschüsse an Sommerwasser im Horizont *Kops* und *Vermunt* und die Voraussetzung für ein weiteres grosses Spitzenwerk in der Stufe nach *Partenen*. Vorangehen wird ihm eine Erweiterung der Pumpspeicherstufe *Rodund* um 250 MW mit einem neuen Oberbecken *Latschau II*.

Im deutschen Alpengebiet hat wie bereits erwähnt neben der Wasserkraftnutzung der Hochwasserschutz besondere Bedeutung. Die aktuellen Pläne gelten daher solchen Mehrzweckanlagen. Vorrangig soll im *Allgäu* der Speicher *Rottach* für 22,5 Mio m³ Nutz- und Schutzraum entstehen. Auf 850 m ü. M. wird er mit einem 40 m hohen Staudamm ein sehr niederschlagsreiches Einzugsgebiet von 30 km² sperren. Als Ergänzung des *Sylvensteinspeichers* ist in der *Isar* oberhalb der *Rissbachmündung* ein 6,5 km langer Stausee *Ochsensitz* für 60 bis 70 Mio m³ Nutz- und Schutzraum geplant, der einen 57 m hohen Staudamm mit tieferreichender Untergrunddichtung erfordert. Dieser Plan hat in jüngster Zeit Konkurrenz durch das interessante Mehrzweckprojekt einer Erweiterung des *Kochelsees* erhalten. Der von der *Loisach* durchflossene natürliche *Kochelsee* von 5,9 km² Oberfläche, 599 m ü. M., dient als Ausgleichbecken des *Walchenkraftwerks*. Er ist der Rest eines einst 60 km² grossen postglazialen Sees, der noch im Mittelalter mindestens 15 km² bedeckte und dessen alter Seeboden, das *Kocheler Moos*, sich 11 km talwärts erstreckt. Ein Aufstau über den *Kochelseespiegel* ist wegen Besiede-

lung und Landeskultur nicht zulässig. Durch einen niedrigen Damm nahe *Penzberg* kann jedoch das *Kocheler Moos* teilweise überstaut werden: grösstenteils ist es durch einen ausgedehnten Spülbetrieb zu vertiefen, seine Randzonen sind dabei hochwasserfrei aufzulanden. Derart kann ein 25 km² grosser See entstehen, der unter den grossen bayrischen Seen von der neunten an die vierte Stelle rücken würde. Dieser See hat bedeutenden Wert als Hochwasserschutzraum von 50 bis 60 Mio m³, da er mit 807 km² natürlichem Einzugsgebiet zuzüglich 74 km² *Walchenseegebiet* 31 % des *Isareinzugsgebiets* in *München* erfasst und den Hauptzufluss der *Isar* unter Kontrolle bringt. Er liefert ferner einen so grossen Ausgleichsraum für die 200 m-Stufe des *Walchensee-Grossspeichers*, dass er damit die Voraussetzung für eine Erweiterung des *Walchenseewerks* durch Angliederung eines Pumpspeicherwerkes etwa achtfacher Leistung bei besonders wertvoller Wochenspeichermöglichkeit bietet. Und für *Volkserholung* und *Fremdenverkehr* bringt er die einmalige Chance, verkehrsgünstig zum rapide wachsenden *Grossraum München* in schönster Lage rd. 24 km neue unverbaute Seeufer zu schaffen, die zum Zentrum eines erweiterten Erholungsgebietes gestaltet werden können.

Für das Inngebiet ist im *Engadin* der Stausee *Chamuera* als Oberstufe des *Inn-Spöi-Werks* zu nennen. Im gleichnamigen rechten Seitental würde er 2090 m ü. M. 50 Mio m³ stauen. *Tirol* bietet noch zahlreiche günstige Möglichkeiten für Speicherwerke, die sich den Erfordernissen einer grossräumigen *Verbundwirtschaft* gut anpassen lassen. Als Oberstufe zum *Kaunertalwerk* kann der aufgestaute *Riffelsee* einen 30 Mio m³-Speicher, 2280 m ü. M. für ein leistungsstarkes Pumpspeicherwerk (etwa 300 MW) liefern. Der Ausbauplan für das *Oetzgebiet* sieht nach jüngster Uebearbeitung sogar eine Vergrösserung der *Stauseen Zwieselstein* und *Huben* auf 200 und 110 Mio m³ vor. Zusammen mit dem Speicher *Fischbach* für 47 Mio m³, 2215 m ü. A., bilden sie das Rückgrat einer Werkgruppe von insgesamt 1450 MW. Dazu ist eines der ältesten *Tiroler Speicherprojekte*, die zweistufige Abarbeitung der hochgelegenen *Finstertalenseen* nach *Silz* im *Inntal* über 1650 m bei nur 8 km *Horizontaldistanz* wieder aufgefunden worden. Einem kleinen *Zwischenbecken* bei *Kühtai* werden durch wesentlich ausgedehnte Beileitungen Wasser aus dem *Melach-* und *oberen Hairlachbachgebiet* zugeführt und über eine 400 m-Pumpenturbinen-Oberstufe im 50 bis 70 Mio m³ grossen, stark aufgestauten Speicher *Finstertal*, 2315 m ü. M. gesammelt. Die Gruppe *Sellrain-Silz* soll bei 420 bis 520 MW Leistung 500 GWh aus dem natürlichen Zufluss erbringen. Als Erweiterung der *Zemmerwerke* ist der Ausbau des *Zillergrundes* mit Einleitung in den *Kopfspeicher Stillup* geplant. Der Speicher *Zillergründl*, mit 61 km² Einzugsgebiet auf 1850 m ü. M., staut 86 Mio m³ und speist unter 700 m Fallhöhe das Pumpspeicher-Kraftwerk *Häusling*, das weitere 75 km² erfasst.

In den nördlichen *Hohen Tauern* ist weiterhin ein ebenfalls mit Pumpspeicherung vorgesehenes Zweistufenwerk mit dem aufgestauten *Kratzenbergsee* im innersten *Hollersbachtal* für etwa 48 Mio m³ aktuell. Im *Gasteiner Tal* steht der Aufstau des *Bockhartsees* zu einem 14,2 Mio m³-Becken mit den Kraftwerken *Nassfeld* und *Böckstein* (750 m Fallhöhe, 41 MW, 110 GWh) vor dem Baubeginn. Durch einen *Steindamm* soll der *Seespiegel* um 30 m auf 1872 m ü. M. gehoben werden. Das Projekt hat mit Rücksicht auf die *Gasteiner Thermalquellen* langwierige Abklärungen erfordert.

Im *Ennsgebiet* haben die Pläne für die kleineren Speicherwerke bei *Schladming* mit dem *Riesachsee*

la construction d'une puissante usine d'accumulation par pompage, proche à la fois des centres de consommation et du lieu d'implantation de la première centrale nucléaire autrichienne, d'une puissance de 600 MW, actuellement en chantier près de Zwentendorf, dans le Tullnerfeld, à 120 km à l'est, et qui viendrait compléter judicieusement l'énergie au fil de l'eau sur l'Enns, ainsi que celle des centrales thermiques. L'aménagement doit débiter par le bassin d'accumulation de *Klaus* sur la Steyr avec 15 millions de m³ de retenue. Puis suivra le grand réservoir de *Mölln*, situé 160 m plus haut sur la Krumme Steyrling d'une capacité de 475 millions de m³ contenue dans une tranche utile de 50 m. Il sera rempli en grande partie avec des apports de pompage, par l'intermédiaire du bassin de *Breitenau* (4 millions de m³) permettant de transférer 540 millions de m³ de la Steyr dans l'Enns. L'ouvrage principal en sera l'usine d'accumulation par pompage de *Wendbach* située au niveau du bief de *Ternberg* sur l'Enns et fonctionnera sous une chute de 160 m.

Le projet du plus grand lac d'accumulation pour le réseau d'interconnexion autrichien, celui du réservoir saisonnier de *Inneres Maltatal-Kolbnitz* en Carinthie, n'attend plus que le feu vert pour la mise en chantier. Il comprend la partie la plus orientale des *Hohe Tauern* près d'*Ankogel*, la *Hochalm Spitze*, la *Hafnerspitze*, le *Grosse Reisseck* et bénéficie de conditions tant géologiques que morphologiques favorables. Le réservoir principal du *Samerboden*, collectant les apports d'un bassin versant de 51 km² à 1883 m d'altitude, doit atteindre une capacité utile de 160 millions de m³ grâce à un barrage-voûte de 180 m de hauteur nécessitant la mise en œuvre de 1,4 millions de m³ de béton (photographie fig. 37). Il est précédé à l'amont du réservoir de *Wastlbaueralm* d'un volume de 4,4 millions de m³ à 1704 m d'altitude, utilisé comme bassin de prise d'eau et collectant lui-même les apports d'un bassin de 81 km². La centrale supérieure (60 MW) est équipée de turbines-pompes. Sur le parcours de la galerie en charge longue de 20,3 km, se trouve le bassin de compensation de *Gösskar* avec ses 1,4 millions de m³ de retenue, susceptible de fonctionner comme réservoir inférieur d'une centrale de pompage alimentée par la retenue du lac du *Dönsensee* avec ses 19 millions de m³ à 2310 m d'altitude. Cette galerie, déjà creusée en grande partie, est utilisée temporairement pour dériver les apports de la rivière vers la centrale au fil de l'eau de *Reisseck*. L'usine principale de *Kolbnitz* fonctionnera sous 1100 m de hauteur de chute, et doit fournir une puissance de 360 MW, avec l'appoint des apports de pompage provenant de la *Möll*. L'aménagement routier nécessaire pour ces chantiers présente un autre intérêt: la route d'accès à la crête du barrage du *Samerboden* peut facilement être poursuivie au-delà de l'*Arlscharte* (2258 m) dans la vallée de *Grossarl* sur le versant nord des *Tauern*, et créer ainsi un nouveau point de franchissement des Alpes bénéfique pour les vallées intéressées.

Le groupement d'usines du *Fragant* doit-être complété par son rattachement à une série de réservoirs d'accumulation. Les usines de la *Wurten*, de leur côté, pourront bénéficier de l'aménagement du lac de *Grossee* au fond de la vallée du *Zirknitz*, avec une capacité de 8,9 millions de m³ résultant d'une surélévation de 25 m et d'un creux supplémentaire de 54 m. Viendraient s'y ajouter le réservoir du *Hochwurtten*, au pied du *Wurtenkees* (5,8 millions de m³) ainsi que par l'adduction du *Fleissbach*, le bassin du *Zirmsee*, qui, surélevé et creusé de 10 m, retiendrait 2,5 millions de m³ à 2505 m d'altitude. Il est possible de surélever de 60 m en deux étapes éventuellement le niveau

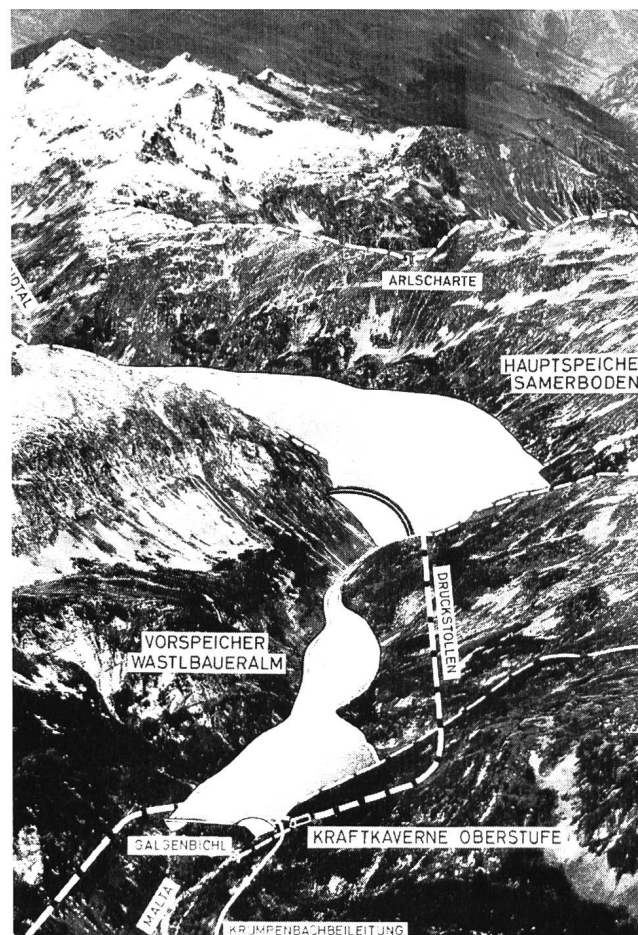
du lac d'*Oschenik* par une digue en enrochements, ce qui apporterait 22 millions de m³ de retenue supplémentaire. Dans son ensemble, ce programme est caractérisé par sa bonne faculté d'adaptation à l'évolution des besoins de la Carinthie.

Les bonnes conditions d'implantation de bassins dans la région de l'*Isel*, au Tyrol oriental, étaient représentées autrefois par les bassins d'accumulation d'*Innerschlöss* et de *Tauerntal* sur le *Tauernbach* de *Matrei*, et par celui de *Dorfertal* sur le *Kalserbach*, avec de 100 à 120 millions de m³ de retenue pour chacun d'eux. Depuis l'achèvement du tunnel routier de *Felbertauern*, on a renoncé à la réalisation d'un bassin dans la vallée des *Tauern*, au profit d'un projet de grande envergure: l'aménagement du bassin d'accumulation de *Dorfertal* à 1793 m d'altitude et contenant 235 millions de m³. Par un réseau de galeries d'une longueur accumulée de 32 km, il recueille l'écoulement du versant méridional des massifs du *Venediger* et du *Glockner*, et celui du versant nord du *Schober*. Un barrage-voûte de 215 m de haut serait implanté dans un site particulièrement favorable à sa construction; le lac de retenue d'une longueur de 5 km, représente une superficie de 260 ha environ. Ses eaux sont restituées en deux paliers, et à travers un bassin intermédiaire situé près de *Gruben* (1,8 millions de m³, 1430 m d'altitude) au niveau de *Matrei* (944 m) en assurant une production annuelle de 840 GWh avec une puissance installée de 600 MW.

Fig. 37 Projekt des geplanten Winterspeicherwerkes Inneres Maltatal-Kolbnitz mit Hauptspeicher Samerboden (1883 m)

Fig. 37 Projet du bassin d'accumulation d'hiver dans la vallée supérieure de la Malta jusqu'à Kolbnitz avec le bassin principal du Samerboden (1883 m)

(Werkphoto Oesterreichische Draukraftwerke AG/Klagenfurt)



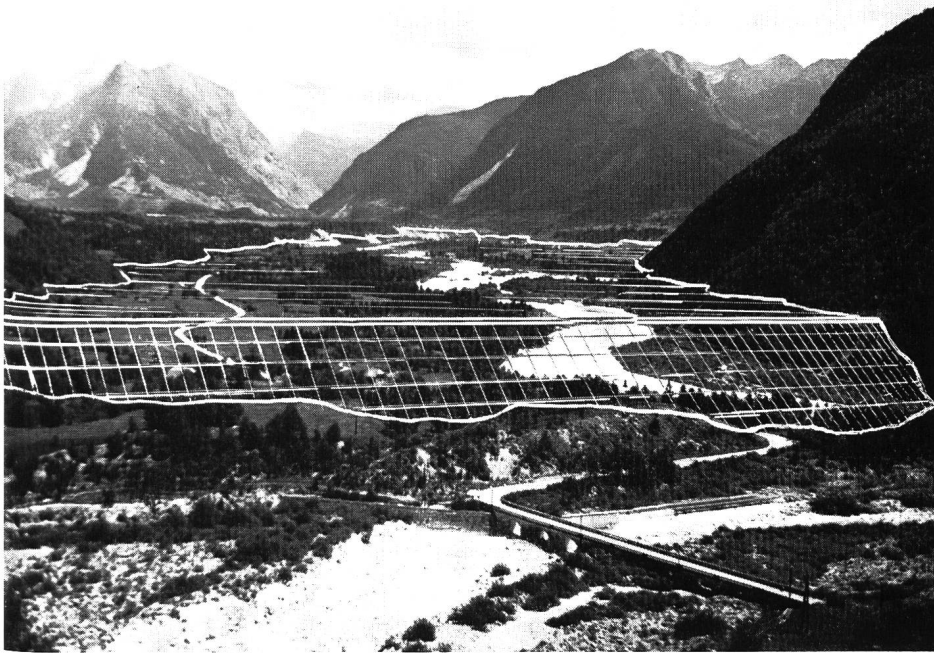


Fig. 38

Projekt des geplanten Speichers Bovec (420 m) im Trenta-Tal (Soca-Gebiet) für das jugoslawische Kraftwerk Trnovo

Projet du bassin d'accumulation de Bovec (420 m) dans le Val Trenta (fleuve Soca) pour l'aménagement yougoslave de Trnovo

(Werkphoto Elektroprojekt/Ljubljana)

(25 Mio m³, 1385 m ü. M.) und am Triebenbach mit dem 40 Mio m³-Passstausee *Hohentauern* nach Vollendung der Ennskette mit 300 m Nutzfallhöhe an Wert gewonnen. An der unteren Enns kann im Steyrgebiet ein grosses Pumpspeicherwerk, in günstiger Lage zu den Verbrauchsschwerpunkten wie auch zum Standort des ersten österreichischen Kernkraftwerks (600 MW), das 120 km östlich bei Zwentendorf im Tullnerfeld entsteht, sowohl die Laufenergie der Enns wie thermischer Kraftwerke bedarfsgerecht ergänzen. Der Ausbau soll mit dem 15 Mio m³-Speicher *Klaus* im Steyrfluss beginnen. Später folgt der 160 m höher gelegene Grossspeicher *Mölln* in der Krumpfen Steyr mit 475 Mio m³ bei 50 m Spiegelschwankung. Er ist weitgehend durch Pumpspeicherung über ein Zwischenbecken *Breitenau* von 4 Mio m³ zu füllen, wobei 540 Mio m³ von der Steyr zur Enns übergeleitet werden. Die Hauptstufe ist das Pumpspeicherwerk *Wendbach* an der Ennsstufe *Ternberg* mit 160 m Fallhöhe.

Als grösstes Speicherwerk für den innerösterreichischen Verbund ist in Kärnten das Winterspeicherwerk *Inneres Maltatal-Kolbnitz* baureif vorbereitet. Es umfasst den östlichsten Teil der Hohen Tauern um Ankogel, Hochalmspitze, Hafnerspitze und Grosses Reisseck mit günstigen geologischen und morphologischen Verhältnissen. Der Hauptspeicher *Samerboden* 1883 m ü. M. mit 51 km² natürlichem Einzugsgebiet soll 160 Mio m³ Nutzraum erhalten und wird durch eine 180 m hohe Gewölbemauer mit 1,4 Mio m³ Betonbedarf aufgestaut (Fig. 37). Ihm ist der Vorspeicher *Wastlbaueralm* mit 4,4 Mio m³ Nutzraum, 1704 m ü. M. als Hauptwasserfassungshorizont für weitere 81 km² vorgeschaltet. Das Oberstufenkraftwerk (60 MW) ist Pumpspeicherwerk mit Pumpenturbinen. Im Zug des 20,3 km langen Druckstollens liegt das Ausgleichbecken *Gösskar*, 1,4 Mio m³, dem als Seitenstufe ein Pumpspeicherwerk mit dem aufgestauten *Dönersee*, 2310 m ü. M., 19 Mio m³ günstig angegliedert werden kann. Dieser Stollen ist grösstenteils mit Teilprofil für die zwischenzeitliche Ueberleitung von Wasser zur Laufstufe des Reisseckwerks als Vorleistung bereits ausgeführt. Die Hauptstufe *Kolbnitz* mit 1100 m Fallhöhe ist für 360 MW ausgelegt, mit zusätzlicher Pumpspeicherung aus der Möll. Die Verkehrserschlies-

sungen für diesen Ausbau haben allgemeinere Bedeutung. Die Strasse zur Mauerkrone *Samerboden* kann leicht über die *Arlscharte* (2258 m) ins *Grossartal* auf die *Tauernnordseite* weitergeführt und ein neuer *Alpenübergang* mit hohem Wert für die beteiligten Täler geschaffen werden.

In der *Fraganter* Werkgruppe soll dem Ausbau der Kraftstufen die sehr günstig gewordene Angliederung mehrerer Speicherbecken folgen. Als Fernspeicher zur *Wurtenstufe* bieten sich der *Grossee* im Talschluss der kleinen *Zirknitz*, 2400 m ü. M., 8,9 Mio m³ durch 26 m Aufstau und 54 m Absenkung, ein kommunizierendes Becken *Hochwurten* unter dem *Wurtenkees* mit 5,8 Mio m³, und mit der Ueberleitung des *Fleissbaches* der *Zirmssee* 2505 m, 2,5 Mio m³ mit je 10 m Aufstau und Absenkung. Der *Oschentniksee* kann durch einen Steindamm, u. U. in zwei Schritten, um 60 m aufgestaut werden und bringt dann 22 Mio m³ zusätzlichen Nutzraum. Das Gesamtprogramm zeichnet sich durch gute Anpassungsfähigkeit an die Bedarfsentwicklung im *Kärntner Raum* aus.

Die guten Möglichkeiten im *Osttiroler Iselgebiet* gingen früher von den Speichern *Innerschlöss* und *Tauerntal* im *Matreier Tauernbach* sowie *Dorfertal* im *Kalserbach* mit je 100 bis 120 Mio m³ Nutzraum aus. Nach dem Ausbau der Durchgangsstrasse durch den *Felbertauerntunnel* hat man unter Verzicht auf das *Tauerntal-Becken* einen Grossausbau des Speichers *Dorfertal*, 1793 m, 235 Mio m³, studiert. Durch Stollenzüge von 32 km Länge erfasst er die Abflüsse von der Südseite der *Venediger-* und *Glocknergruppe* und der Nordseite der *Schobergruppe*. Seine hervorragend günstige Sperrstelle ist durch eine 215 m hohe Gewölbemauer zu schliessen; der 5 km lange See weist eine Fläche von rd. 260 ha auf. Die zweistufige Abarbeitung nach *Matrei* (944 m) mit einem Zwischenbecken bei *Gruben* (1,8 Mio m³, 1430 m ü. M.) würde eine Jahresarbeit von 840 GWh bei 600 MW Leistung ergeben.

Als Speicherpläne im *jugoslawischen Alpengebiet* waren 1953 14 Becken mit zusammen 1350 Mio m³ Nutzraum an *Drau* (sechs), *Sava* (vier) und *Soča* (vier) dargestellt worden. Ausserdem war ein Speicher *Planina* in der oberen *Ljubljana* für 200 Mio m³ erwähnt, der jedoch schon zum *dinarischen Karst* rechnet. Seitdem konnte, wie er-

Dans la région des Alpes yougoslaves on avait projeté, dès 1953, l'aménagement de 14 bassins d'un volume utile total de 1350 millions de m³ sur la Drau (6), la Save (4) et la Soča (4). On faisait également état du bassin de Platinina sur le cours supérieur de la Ljubljanica, avec 200 millions de m³, mais ce dernier se situe plutôt dans la région du Karst dinarique. Comme nous l'avons déjà mentionné, aucun de ces projets n'a encore été réalisé. On a néanmoins poursuivi depuis cette époque les études et les travaux préliminaires, car en raison de la forte irrégularité des écoulements et de l'importance des crues, la régularisation des débits par l'aménagement de bassins de retenue, demeure un problème capital. Actuellement, les projets dont l'étude se poursuit sérieusement, sont au moins au nombre de 12, comprenant des anciens projets modifiés, ainsi que des projets nouveaux, parmi lesquels quelques bassins d'accumulation par pompage, totalisant un volume utile de 1850 millions de m³ environ.

Dans la région de la Drave, sur la branche gauche du Posruck et principalement sur le versant sud du massif plus important du Pohorje (Massif du Bachergebirge), on compte sept bassins dont trois petits, celui de Sosnar na Pohorju étant un bassin d'accumulation par pompage pour assurer la production de pointe avec 2,5 millions de m³, 360 m de hauteur de chute et 250 MW. Parmi les bassins d'accumulation saisonnière, dont trois d'accumulation par pompage, nous ne citerons ici que les plus vastes: Remsnik na Kozjaku (400 millions de m³, 660 m d'altitude, 320 m de hauteur de chute), et Vuhred na Pohorju (450 millions de m³, 620 m d'altitude, 260 m de hauteur de chute), comportant tous deux d'imposants barrages en terre.

Dans la région de la Save, on projette l'aménagement d'une chaîne de sept centrales au fil de l'eau, équipées de groupes bulbe. Ces usines s'échelonnent entre Litija (Littai) et Krško (Gurkfeld) et totalisent 70 m de hauteur de chute avec une productivité de 910 GWh. Il leur est adjoint la centrale de pompage de Pozarje (430 m de hauteur de chute, 200 MW) alimentée par un bassin d'accumulation hebdomadaire de 3,5 millions de m³ à 670 m d'altitude, situé dans le Massif de Sv. Miklauž (Nikolaï). Pour respecter les exigences de la protection de la nature, on a renoncé à aménager le lac de la Wochein près du Triglav (2863 m).

Ce sont des considérations du même ordre qui ont également fortement influencé les projets de la région de la Soča, car la vallée de Trenta (cours supérieur de la Soča) est une des plus belles de la Slovénie. Se substituant aux projets plus anciens, il existe un projet dont les études sont pratiquement achevées: celui de la centrale d'accumulation de Trnovo (134 MW, 475 GWh) qui au lieu de trois

bassins n'en comporte plus qu'un grand, celui de Bovec de 292 millions de m³ à 420 m d'altitude, mis en retenue par un barrage en enrochement de 80 m de hauteur. Comme l'illustre la photographie fig. 38, ce lac de retenue situé dans une large vallée au pied de la haute-montagne pourrait parfaitement constituer un élément moteur pour le développement du tourisme, mais sa réalisation se heurte encore à de fortes oppositions. Les études du projet bien connu du grand lac de retenue de Trebuša sur l'Ildrijca (286 millions de m³) pouvant alimenter, en variante, une grosse centrale exportatrice, sont actuellement mises en sommeil. Cependant le palier au fil de l'eau de Solkan, situé plus en aval sur la Soča, où il exploitera une chute de 20 m, doit être prochainement mis en chantier.

Le silence s'est fait, au cours des dernières années, sur les nouveaux projets de bassins d'accumulation dans les Alpes orientales italiennes. On a même ajourné la réalisation de quelques réservoirs dont la construction était décidée et faisaient déjà l'objet de travaux préliminaires, tels que ceux de Caprile (Cordevole), de Cornisello dans la région supérieure de la Sarca, ou de Predarossa dans la vallée de Masino (Région de l'Adda). Le principal motif de ce coup d'arrêt réside dans les faits que l'équipement du potentiel hydraulique est déjà très poussé et aussi que les aménagements les plus récents ont coûté fort cher (cf, par exemple, l'Alpe Gera, le Lago Verde, la Quaira della Miniera/Achtzger). D'autre part, 58 % de tous les bassins d'accumulation des Alpes orientales sont italiens, et ils représentent 52 % de la capacité totale de retenue. Par contre nous retrouvons dans cette région les exemples, déjà évoqués, de modernisation d'installations existantes en usines de pointe, partiellement complétées par des pompes d'accumulation (par exemple du lac de S. Croce/Fadalto, et celui d'Arno/S. Fiorano). Il n'y a donc que peu de projets nouveaux dignes d'être mentionnés. Les Usines Municipales de Verona et Rovereto projettent d'aménager, comme bassin supérieur du groupement d'usines du Leno, le lac de Campi, d'une capacité de 1,5 millions de m³, sur le Leno di Terragnolo, à 820 m d'altitude. Les Usines Municipales de Milan ont encore la possibilité d'augmenter la capacité du lac de retenue de Cancano, comme prévu, à 117 millions de m³. Le bassin d'accumulation de Pugnato, dans la vallée du Roasco, que les projets initiaux prévoyaient plus grand, est destiné maintenant à être utilisé comme réservoir supérieur (1480 m d'altitude, 2 millions de m³) d'une usine de pompage. Il subsiste malgré tout dans les Alpes méridionales un certain nombre de sites susceptibles d'être aménagés en réservoirs d'accumulation, dont la destination première serait la protection contre les crues.

Erratum, remarqué pendant l'impression:
A la page 256, la troisième ligne d'en haut est à corriger comme suit:
valeur moyenne générale 770 000 kWh par ha, soit 815 000
(Le texte allemand pouvait encore être corrigé).

wähnt, noch keines dieser Projekte verwirklicht werden. Studien und Vorarbeiten sind jedoch laufend weitergeführt worden, da bei schroffen Abflussschwankungen und starken Hochwassern ein Abflussausgleich durch Staubecken sehr wichtig ist. Zur Zeit umfassen die ernsthaft verfolgten Projekte immer noch mindestens zwölf teils veränderte, teils neue Stausee-Pläne, darunter mehrere Pumpspeicher, mit sogar rund 1850 Mio m³ Nutzraum.

Im Gebiet der Drava, im linksseitigen Posruck und hauptsächlich im grösseren Pohorje (Bachergebirge) auf der Südseite, handelt es sich um sieben Becken, darunter drei kleine, eines als Pumpspeicher für Tagesspitzen, *S o s n a r n a P o h o r j u*, 2,5 Mio m³, 360 m Fallhöhe, 250 MW. Von den Langzeitspeichern, unter ihnen drei mit Pumpspeicherung, seien hier nur die grössten genannt: *R e m s n i k n a K o z j a k u*, 400 Mio m³, 660 m ü. M., 320 m Fallhöhe, und *V u h r e d n a P o h o r j u*, 450 Mio m³, 620 m ü. M., 260 m Fallhöhe, beide mit mächtigen Staudämmen.

Im Sava-Gebiet steht der Ausbau einer Kette von sieben Laufwerken zwischen Litija (Littai) und Krško (Gurkfeld) mit 70 m Fallhöhe, 150 MW und 910 GWh als Rohrturbinenkraftwerke bevor. Ihnen ist das Pumpspeicherwerk *P o z a r j e*, 430 m Fallhöhe, 200 MW, zugeordnet, mit einem Wochenspeicherbecken von 3,5 Mio m³, 670 m ü. M. im Sv. Miklauž (Nikolai)-Gebirge. Auf die früher geplante Ausnutzung des Wocheiner Sees am Triglav ist aus Naturschutzrücksichten verzichtet worden.

Rücksichten auf den Landschaftsschutz in den Julischen Alpen haben auch die Planungen im Soča-Gebiet stark beeinflusst, da das Trenta-Tal (obere Soča) zu den schönsten Tälern Sloweniens gehört. Es besteht ein baureifes Projekt — als Ersatz der früheren Pläne — für ein Speicherwerk *Trnovo* (134 MW, 475 GWh), das anstelle von drei Becken nur ein grosses, *B o v e c*, 292 Mio m³, 420 m ü. M. mit einem 80 m hohen Steindamm vorsieht. Wie Fig. 38 erken-

nen lässt, würde sich der Stausee im breiten Tal vor dem Hochgebirge mit einer Förderung des Tourismus wohl vereinen lassen, begegnet jedoch Widerstand. Das bekannte Projekt des grossen Stausees *T r e b u š a* in der Idrijca, 286 Mio m³, zeitweise als Exportkraftwerk verfolgt, ruht zur Zeit, doch steht eine unterliegende Soča-Flussstufe *Solkan* mit 20 m Fallhöhe vor dem Ausbau.

Im italienischen Ostalpen-Gebiet ist es in den letzten Jahren um aktuelle Speicherpläne still geworden. Sogar einzelne zum Bau beschlossene, in Vorbereitung stehende sind aufgeschoben worden, wie *C a p r i l e* (Cordevole), *C o r n i s e l l o* im oberen Sarca-Gebiet oder *P r e d a r o s s a* im Masinotal (Adda-Gebiet). Dies ist verständlich angesichts des sehr weit fortgeschrittenen Ausbaues des Wasserkraftpotentials und des öfters recht hohen Bauaufwandes, den jüngere italienische Speicherseen erfordern haben (vergl. z. B. Alpe Gera, Grünsee-Lago Verde, Achtzger-Quaira della Miniera). Entfallen doch in den Ostalpen 58 % aller Speicher, mit 52 % des Gesamtnutzraumes auf italienische Seen. Dagegen finden wir hier bereits die schon erwähnten Fälle des Neuausbaues hoher Leistungen, z. T. mit Pumpspeicherung, an dafür günstigen bestehenden Speicherstufen (*Lago di S. Croce/Fadalto*, *Lago d'Arno/S. Fiorano*). So können hier nur wenige Pläne genannt werden. Die Stadtwerke Verona und Rovereto planen als Oberstufe ihrer Leno-Gruppe das 1,5 Mio m³-Becken *C a m p i* im Leno di Terragnolo 820 m ü. M. Die Stadtwerke Mailand verfügen noch über die günstige Möglichkeit, den Stausee *C a n c a n o* wie vorbereitet (117 Mio m³) zu erhöhen. Der früher grösser geplante Speicher *P u g n a l t o* im Roasotal ist als Pumpspeicher-Oberbecken ca. 1480 m ü. M. mit 2 Mio m³ vorgesehen. Doch bleiben in den Südalpen für die Zukunft noch manche Speichermöglichkeiten mit dem Vorrang des Hochwasserschutzes.

SPICHERSEEN DER OSTALPEN

BASSINS D'ACCUMULATION DES ALPES ORIENTALES

Tabelle A

No	Name	Flussgebiet Bassin fluvial	Stauziel m ü. M. Cote de retenue m.s.m.	Nutzraum Volume utile Mio m ³	Energie accumulée Mio kWh	Seefläche Surface du bassin ha	Spiegel- schwankung Variation de niveau m	Sperrbauwerk / Barrage Type	Höhe Hauteur m	Länge Longueur m	Masse Volume 1000 m ³	Bauzeit Durée de construction
a) SCHWEIZ — SUISSE												
Speicherseen in den nördlichen Ostalpen Bassins d'accumulation du versant nord												
1	Valle di Lei (Italien/Suisse)	Reno di Lei/Hinterrhein Rhein	1931	197,0	622,7	420	101	V	143	710	834	1957/61
2	Sufers	Hinterrhein	1401	18,3	41,2	90	29	V	58	125	22	1959/62
3	Bärenburg	Hinterrhein	1080	1,0	1,3	7	20	P	64	110	55	1959/61
4	Davosersee (n)	Landquart/Rhein	1568	11,0	19,4	57	28	—	—	—	—	1920/25
5	Marmorera	Julia/Albula	1680	60,0	165,5	138	61	T	70	375	2700	1949/55
6	Heidsee (n)	Heidbach/Albulas Rhein	1484	0,8	1,3	41	3	Bp	—	—	—	1947
21	Silsenersee (n)	En (Inn)/Donau	1797,5	2,2	3,8	415	0,5	Bp	—	—	—	1947
22	Silvaplannersee (n)	En (Inn)	1791,6	2,2	3,8	320	0,7	Bp	—	—	—	1947
23	St. Moritzersee (n)	En (Inn)	1768,4	0,9	1,5	80	1,2	Bp	—	—	—	1922
24	Livigno (Italien/Suisse)	Spöl/En	1805	164,0	330,6	477	105	V	130	540	776	1964/69
25	Ova Spin	Spöl/En	1630	6,5	11,0	36	30	V	73	129	25	1956/69
b) DEUTSCHLAND — ALLEMAGNE												
Speicherseen in den südlichen Ostalpen Bassins d'accumulation du versant sud												
14	Schrecksee (n)	Osterrach/Iller/Donau	1811	1,0	1,0	8	15	T	8	26	2	1949/50
15	Grüntensee (Haslach)	Wertach/Lech	882	16,0	1,5	250	12	T	21	170	130	1959/61
17	Forggensee (Rosshaupten)	Lech/Donau	782	149,0	80,4	1580	17	T	41	280	650	1950/53
19	Sylvenstein	Isar/Donau	764	105,0	22,7	621	28	T	46	210	1000	1959/59
20	Walchensee (n)	Jachen/Isar	802	110,0	101,6	1650	7	Bp	—	—	—	1927/23
44	Reichenhall	Saalach/Salzach/Inn	486	1,0	0,3	44	3	P	32	77	10	1911/13
c) ÖSTERREICH — AUTRICHE												
Speicherseen in den südlichen Ostalpen Bassins d'accumulation du versant sud												
7	Silvretta Hauptsperr Bieler Dam	Ill/Rhein	2030	38,6	128,2	134	44	P	80	572	426	1939/48
8	Vermunt	Ill/Rhein	1743	5,3	14,5	35	24	P	50	488	393	1928/31
9	Kops	Zeinsbach/III	1809	43,5	126,2	101	89	V	122	614	663	1962/67
10	Laischau	Verleibach/III	982	0,9	1,1	7	17	Ra	—	—	~250	1941/43
11	Lünzersee (n)	Avrerbach/III	1970	78,3	258,8	153	73	P	28	380	41	1959/58
12	Spullersee (n) Südmauer Nordmauer	Spreubach/Alfenz/III	1825	(13,1)	(36,5)	54	35	P	26	280	63	1921/25
13	Raggal	Lutzbach/III	1830	15,7	43,6	98	40	P	28	186	24	1962/65
16	Plansee u. Heiterwangersee	Archbach/Lech	715	2,0	1,7	16	20	P	+4	+20	+10	1964/67
18	Achensee (n)	Walchen/Isar (Nutz. - utilis. Inn)	977	22,0	20,4	430	5	—	48	105	45	1925
26	Gepatsch	Faggensbach/Inn	1767	138,3	371,0	261	102	E	153	600	7092	1926/29
27	Schiegels	Zammersbach/Inn	1782	127,4	385,5	219	102	V	131	722	960	1967/71
28	Stillup	Stilpupbach/Zemmbach/Ziller	1120	6,5	9,5	57	14	T	28	480	850	1966/68
29	Durlasboden	Gerlos/Ziller	1405	52,5	103,2	189	45	T	70	470	2520	1963/67
30	Gmünd	Gerlos/Ziller	1190	0,8	1,4	8	14	V	37	69	22	1943/45
31	Hintersteirersee (n)	Weissbach/Inn	882	1,6	1,7	47	4	—	—	—	—	1923
32	Amersee (n)	Amerbach/Salzach/Inn	2279	5,5	15,5	20	32	P	30	162	20	1956/58
33	Salzplattensee (n)	Oedbach/Stubach/Salzach	2299	1,1	3,1	5	37	P	16	88	5	1955/58
34	Weisse (n)	Weissbach/Tauernmoosbach/ Stubach	2250	16,0	45,0	46	53	P	37	235	59	1950/52
35	Tauernmoossee (n)	Tauernmoosbach/Stubach/ Salzach	2003	(21,0)	(61,2)	145	21	P	28	190	29	1926/29
E	Mooserboden	Kapruner Ache/Salzach	2023	55,3	155,7	192	38	P	55	1100	215	1969/74
36	Moosersperre Drosensperre	Wasserfallboden	2036	85,4	286,2	167	75	P	104	462	670	1951/55
37	Bockhartsee (n)	Naasfelder Ache/Gastleiner Ache/1843 Salzach	1672	82,8	203,6	153	82	V	112	357	350	1952/55
39	Brandstatt (Schwarzach)	Salzach	738	1,5	0,8	9	23	Ra	—	—	~600	1957/58
40	Hinense (n)	Almbach/Salzach	683	7,5	3,2	95	14	—	—	—	—	1932
41	Strubkiam	Almbach	688	2,5	1,5	38	10	P	36	66	9	1920/24
42	Wiestal	Almbach	555	7,5	2,7	103	11	P	28	66	11	1909/13
43	Diessbach	Diessbach/Saalach/Salzach	1415	4,8	9,0	30	25	E	36	204	165	1962/64
45	Schwarzensee (n)	Traun/Donau	711	3,2	1,5	48	7	Bp	—	—	—	1908
46	Vord. Gosausee (n)	Traun	923	24,7	18,0	65	62	T	21	73	26	1910/13
47	Offensee (n)	Traun	651	0,9	0,5	61	1,5	Bp	—	—	—	1908
48	Salza (Grümming)	Salza/Enns/Donau	771	10,6	9,2	80	26	V	53	120	23	1947/49
49	Wag (Hiefiau)	Enns	555	1,6	1,0	15	12	Ra	15	1700	600	1962/63
50	Erlaufklause	Erlauf/Donau	779	1,8	0,9	23	14	P	35	88	22	1908/10
a) ÖSTERREICH — AUTRICHE												
Speicherseen in den südlichen Ostalpen Bassins d'accumulation du versant sud												
51	Rotgüldensee (n)	Mur/Drau	1711	3,0	3,0	37	12	E	18	112	35	1956/57
52	Pack	Packerbach/Teigtisch/ Kainbach/Mur	868	5,4	4,1	50	23	P	33	262	44	1929/31
53	Hierzmann	Teigtisch/Kainach	708	7,2	5,2	49	33	V	58	172	43	1948/50
54	Margaritze	Möll/Drau	2000	3,2	9,9	21	20	V	93	164	35	1950/52
55	Feldsee (n)	Nutz. — utilis. Kapruner Ache)	2212	1,1	2,9	10	19	E	15	100	23	1989/70
56	Wurten	Wurtenbach/Fragantbach/Möll	1695	2,7	7,2	21	20	T	30	200	190	1967/70
57	Oschentisee (n)	Fragantbach/Möll	2333	11,5	47,3	22	88	—	—	—	—	1967/69
58	Hochalmsee (n)	Reckenbach/Möll	2379	4,1	18,4	13	49	P	25	358	34	1957/58
59	Radisee (n)	Radbach/Lieser/Drau	2399	2,5	11,6	13	45	E	17	212	22	1957/58
60	Kl. Mühlidorfersee (n)	Mühlidorferbach/Möll	2379	2,8	12,4	11	34	Pe	41	159	60	1956/58
61	Gr. Mühlidorfersee (n)	Mühlidorferbach/Möll	2319	7,7	33,4	21	64	Pe	47	433	153	1954/57
62	Weissensee (n)	Weissenbach/Drau	900	4,3	3,3	660	0,7	Bp	—	—	—	1952
63	Wiederschwing	Weissenbach/Drau	675	1,2	0,9	16	13	V	30	75	8	1951/53
64	Forstsee (n)	Wörthersee/Gurk/Drau	606	5,0	3,3	38	19	P	14	36	2	1925 u. 1936/37
65	Freibach/Drau	Freibach/Drau	729	5,3	5,5	42	24	T	41	150	235	1957/60
1	Nummer in der Übersichtskarte; E = Erweiterung											
2	Numéro dans la carte synoptique; E = extension											
	(n) = gestauter oder abgenenkter Natursee; Erh. = Erhöhung der Sperre											
	(n) = Lac naturel aménagé; Erh. = exhaussement du barrage											
	3	P	Gewichtsstaumauer / Barrage-poids									
		Pe	Gewichtsstaumauer mit Sparräumen / Barrage-poids évidé									
		PV	Bogenschnittstaumauer / Barrage poids-voûte									
		V	Bogenstaumauer / Barrage-voûte									
		C	Kuppelstaumauer / Barrage-coupoles									
		F	Pfeilerstaumauer / Barrage à contreforts									
		VM	Pfeilergewölbestaumauer / Barrage à voûtes multiples									
		T	Erdstaudamm / Barrage en terre									
		E	Steindamm / Barrage en enrochements									
		Bp	Kleines Wehr / Petit barrage									
		Ra	Kunstbecken / Réservoir artificiel									

Tableau A (suite)

Table A (Foris.)

No	Name	Flussgebiet Bassin fluvial	Stauziel m l. M. Cote de retenue m s.m.	Nutzraum Volume utile Mio m ³	Energie accumulée Mio kWh	Seefläche Surface du bassin ha	Spiegel- schwankung Variation de niveau m	Typ Type 3)	Höhe Hauteur m	Länge Longueur m	Masse Volume 1000 m ³	Bauzeit Durée de construction
b) JUGOSLAWIEN — YUGOSLAVIE												
65	Moste	Sava Dolinka	523	4,6	0,9	67	9	P	45	55	27	1946/52
67	Podselo (Sta. Lucia)	Soca (Isonzo)	153	6,3	0,9	120	10	V	58	38	24	1937/39
c) ITALIEN — ITALIE												
68	Sauris (Lumiei)	Lumiei/Tagliamento	980	70,0	113,0	164	75	C	136	138	104	1946/48
69	Lago di Verzegnis (Ambiesta)	Ambiesta/Tagliamento	487	3,6	2,3	28	29	C	59	141	29	1951/56
70	Lago di Cavazzo (n)	Tagliamento	194	4,8	—	130	4	—	—	—	—	1956
71	Tul	Cosa/Tagliamento	271	0,8	0,2	11	10	V	40	33	2	1953/54
72	Ca Zul	Meduna/Livenza	596	9,4	8,3	35	36	V	72	160	65	1964/65
73	Ca Selva	Silisia/Meduna	485	36,0	24,8	115	50	PV	99	245	350	1962/65
74	Lago di Tramonti	Meduna	313	22,0	6,9	160	23	V	75	119	18	1949/51
75	Barcis	Cellina/Livenza	402	20,4	10,0	110	29	C	50	73	8	1951/53
76	Lago di S. Croce (n)	Tessa/Meschio	386	111,5	73,6	780	24	T	11	1975	350	1927/29
77	Lago Morto (n)	Meschio/Livenza	275	3,0	1,1	75	5	—	—	—	—	1929
78	Comelico	Anseli/Piave	830	1,2	1,8	13	22	V	66	113	32	1930/31
79	S. Caterina	Piave	800	6,7	10,0	90	22	P	58	185	93	1930/31
80	Piave di Cadore	Piave	684	64,3	78,0	230	58	PV	112	410	377	1947/50
81	Vodo	Botte/Piave	855	1,2	1,9	11	17	C	42	77	10	1959/60
82	Pontesei	Botte/Piave	707	4,2	5,3	25	33	V	61	38	5	1949/50
83	Valont	Mab/Piave	800	5,8	8,4	38	45	C	93	145	63	1959/57
84	Gallina	Val Gallina/Piave	722	~20	~25,0	270	~100	V	262	190	352	1956/60
85	Lago d'Alleghe (n)	Cordeole/Piave	677	6,2	7,5	20	68	C	92	228	99	1949/51
86	Lago di Cavia (n)	Biois/Cordeole	968	3,2	5,0	50	8	Bp	—	—	—	1937/39
87	Mis	Mis/Cordeole	2099	2,3	8,9	18	20	P	24	414	18	1947/48
88	La Stua	Corame/Piave	427	39,0	16,8	133	45	V	91	157	55	1980/62
89	Costa Brunella (n)	Grigno/Brenta	690	3,5	3,1	14	37	P	58	27	20	1932/54
90	Vai Noana	Noana/Cison/Brenta	2021	5,1	13,8	14	61	P	21	111	9	1939/42
91	Vai Schener	Cison	1015	9,0	15,2	24	60	V	125	143	164	1956/58
92	Senatiga	T. Senatiga/Cison	560	8,0	6,0	38	35	V	73	74	18	1961/62
93	Corio	Cison/Brenta	402	6,5	3,0	30	30	C	68	121	25	1953/54
94	Reschensee-Lago Resia (n)	Etsch (Adige)	268	45,0	8,6	245	31	C	71	89	26	1952/53
95	Erh.	Etsch (Adige)	1497	(110,0)	(273,0)	650	31	T	—	—	600	1942/51
96	Zurrit-Gioveretto	Pimabach/Etsch (Adige)	1499	19,6	65,0	70	55	F	82	375	310	1954/56
97	Vernagt-Vernago	Schnalbach/Etsch (Adige)	1656	121,0	300,0	660	33	T	(40)	(333)	(750)	1949/56
E	Erh.	Schnalbach/Etsch (Adige)	1666	(15,7)	(19,3)	93	24	T	65	490	2200	1962/66
99	Grünsee-L. Verde (n)	Grünseebach/Falschauerbach/Etsch (Adige)	1690	43,2	133,0	126	46	E	87	426	805	1964/66
98	Weissbrunnsee-Fontana Bianca	Falschauerbach	2529	7,1	36,2	25	43	E	87	426	805	1964/66
100	Zocklensee-Zoccolo	Falschauerbach	1872	1,3	4,7	15	10	T	22	347	115	1956/60
101	Achtzersee-Quira della Miniera	Falschauerbach	1141	33,1	55,4	144	46	T	66	516	1400	1961/65
102	Mitterbadsee-Alborelo	Falschauerbach/Etsch (Adige)	2250	12,4	65,0	33	49	P	85	464	610	1965/68
103	Olang-Valdaora	Rienz/Eisack/Etsch (Adige)	810	3,0	3,6	17	30	P	52	110	84	1949/51
104	Nötes-Neves	Rienz	1055	4,8	7,4	45	15	V	47	140	15	1956/58
			1856	15,0	47,7	77	60	C	92	275	95	1962/64
105	Mühlbach-Rio Pusteria	Rienz/Eisack	729	1,7	1,8	28	12	P	27	30	19	1940/41
106	Franzensleite-Forzezza	Eisack/Etsch (Adige)	723	1,7	1,8	18	20	V	63	57	17	1940/41
107	Careser	Noce/Adige	2600	16,1	55,8	47	48	P	62	444	198	1928/34
108	Pian Patù	Noce di Val del Monte/Noce/Adige	1800	15,8	39,4	58	48	P	53	180	100	1954/59
109	S. Giustina	Noce/Adige	530	172,0	132,0	350	85	V	152	124	112	1946/50
110	Fedaia West Ost	Avio/Adige (Nutz.-utils. Cordeole/Piave)	2053	16,0	60,3	70	40	F	55	342	164	1953/56
111	Fortè Buso	Travignolo/Avio (Nutz. — utils. Cison/Brenta)	1458	32,0	82,0	63	78	PV	110	321	260	1950/52
112	Stramentizzo	Avio/Adige	789	10,0	14,2	67	25	C	62	99	25	1953/55
113	Lago delle Piazze (n)	Pine/Adige	1026	6,1	8,4	37	23	E	15	230	25	1925/28
114	Speccheri	Leno di Vallarsa/Adige	805	9,5	14,2	28	60	V	157	192	117	1956/57
115	S. Colombano (Toido)	Leno di Vallarsa	280	2,2	0,6	19	20	V	68	83	16	1965/66
117	Pra da Stua	Aviana/Adige	1042	1,5	2,4	10	30	PV	43	188	31	1950/51
118	Lago di Molveno (n)	Lambini/Sarca/Mincio/Po	825	(178,2)	(255,0)	(335)	109	—	16	177	33	1962/53
E			833	204,5	332,0	347	117	E	—	—	—	1962/63
119	Ponte Pia	Sarca/Mincio	462	1,5	1,3	22	8	V	54	70	8	1953/55
120	Lago di Cavedine (n)	Sarca/Mincio	242	4,7	1,9	98	5	—	—	—	—	1960
121	Lago di Ledro (n)	Ponale/L. di Garda	655	45,0	53,8	217	23	—	—	—	—	1928
122	Valvestino	Toscolano/L. di Garda	503	47,5	42,0	101	65	C	124	288	240	1960/62
123	Malga Bissina	Chiese/Oglio/Po	1788	60,0	209,5	138	67	F	84	563	443	1954/57
124	Malga Boazzo	Chiese	1225	11,8	27,0	62	29	F	57	440	79	1954/56
125	Lago della Vacca (n)	Cattaro/Chiese	2359	2,5	5,0	16	25	P	20	87	6	1925/28
126	Lago d'Ildro (n)	Chiese	388	76,0	16,0	1410	6	Bp	—	—	—	1930
127	Pantano d'Avio	Avio/Oglio	2378	12,5	52,5	42	41	F	65	400	200	1952/56
128	Lago Venerocolo (n)	Avio/Oglio	2538,4	2,5	10,8	20	24	F	30	348	42	1957/59
129	Lago Benedetto (n)	Avio/Oglio	1930	7,7	25,0	37	38	P	38	322	40	1937/40
130	Lago d'Avio (n)	Avio/Oglio	1909	21,3	69,5	45	60	P	39	300	80	1922/29
131	Lago di Avio (n)	Avio/Oglio	1920	1,0	1,6	14	10	—	—	—	—	1947
132	Lago Balitone (n)	Remulo/Oglio	2281	16,3	66,1	38	65	P	37	228	46	1927/30
133	Lago Dosazzo (n)	Poglia/Oglio	2084	1,6	6,0	11	34	—	—	—	—	1942
134	Lago Salarno (n)	Poglia/Oglio	2070	17,3	65,4	39	68	P	41	272	83	1919/28
135	Lago d'Arno (n)	Poglia/Oglio	1817	38,0	130,8	95	52	P	40	159	30	1910/17
136	Pian Barbellino	Serio/Adde/Po	1869	18,6	36,6	58	50	P	73	256	160	1927/31
137	Lago Nero (n)	Val Goglio/Serio	2023	3,3	8,3	13	35	P	43	146	35	1924/29
138	Lago Diavolo (n)	Brembo/Adda	2142	2,5	6,1	13	35	P	25	56	5	1931
139	Fregabolia	Brembo di Branzi	1957	4,7	11,2	17	50	P	63	193	87	1930/32
140	Sardagnana	Brembo di Branzi	1738	2,3	5,5	11	30	P	38	170	30	1941/47
141	Colombo	Borleggia/Brembo	2057	2,5	7,2	16	25	P	32	140	19	1929
142	Laghi Gemelli (n)	Borleggia/Brembo	1953	7,0	19,6	37	31	P	37	198	49	1930/33
143	Lago Marcio (n)	Borleggia/Brembo	1841	0,9	2,1	6	22	P	18	38	5	1923
144	Piano delle Casere (n)	Borleggia/Brembo di Branzi	1816	2,5	6,0	12	32	P	43	115	10	1941/47

1 Nummer in der Übersichtskarte; E = Erweiterung

2 Numéro dans la carte synoptique; E = extension

(n) = gestauter oder abgenenkter Natursee; Erh. = Erhöhung der Sperre

(n) = Lac naturel aménagé; Erh. = exhaussement du barrage

3 P Gewichtsstaumauer / Barrage-poids

Pe Gewichtstaumauer mit Sparräumen / Barrage-poids évidé

PV Bogenstaumauer / Barrage-voûte

C Kuppelstaumauer / Barrage-couple

F Pfeilerstaumauer / Barrage à contreforts

VM Pfeilergewölbestaumauer / Barrage à voûtes multiples

T Erdämm / Barrage en terre

E Steinräum / Barrage en enrochements

Bp Kleines Wehr / Petit barrage

Ra Kunstbecken / Réservoir artificiel

4 Kein Sperrbauwerk; natürliche Seealuvion zur Staunungsgewinnung ausgespült

Sans barrage; alluvions dans le lac naturel éliminées pour gagner du volume utile

No	Name	Flussgebiet	Stauziel	Nutzraum	Energieinhalt	Seefläche	Spiegel-	Sperrbauwerk / Barrage	Masse	Bauzeit
1)	Nom	Bassin fluvial	m ü. M.	Volumen utile	Energie	Surface	schwankung	Typ	Volumen	Durée de
2)			Cote de	Mio m ³	accumulée	du bassin	de niveau	Type	1000 m ³	Durée de
			retenue		Mio kWh	ha	m	3)		Durée de
			m.s.m.							Durée de
										Durée de
145	Alto Mora	Brembo	1800	0,8	1,6	7	20	P	34	1951/53
146	S. Giacomo	Adda	1949	64,0	217,0	200	66	F	666	1940/50
147	Cancano di Fraële	Adda	1856	(24,5)	—	(105)	45	P	170	1928/30
	Cancano II (E.)	Adda	1900	123,0	403,5	155	85	PV	522	1953/56
148	Valgrosina	T. Roasco/Adda/Po	1210	1,3	2,3	8	25	F	144	1958/60
151	Belviso (Frera)	Belviso/Aprica/Adda	1484	50,0	126,0	90	100	PV	399	1955/59
152	Lago Venina	Venina/Adda	1824	11,2	34,6	40	42	VM	90	1923/26
153	Scalis	Caronno/Venina	1495	9,0	21,9	33	50	F	200	1935/38
154	Lago Publino (n)	Livrio/Adda	2134	5,0	18,4	27	34	V	34	1950/52
155	Lago Pirola (n)	Mallero/Adda	2250	1,9	2,9	10	30	P	3	1919
156	Alpe Gera	Cormor/Mallero/Adda	2125	65,0	263,0	115	87	P	1716	1961/64
157	Campo Moro	Cormor/Mallero	1966	10,6	39,5	39	35	P	205	1956/58
158	Campo	Tartano/Adda	955	1,3	1,4	8	45	P	120	1927/29
159	Lago dell'Inferno (n)	Bitto/Adda	2085	4,0	15,6	22	38	F	39	1941/44
160	Lago di Trona (n)	Bitto/Adda	1805	5,3	17,6	19	49	F	84	1939/42
161	Lago Pescegiallo (n)	Bitto/Adda	1860	1,1	3,8	7	23	P	25	1948/49
163	Villa di Chiavenna	Mera/Adda	626	1,1	1,0	12	16	F	22	1947/49
164	Spluga: Cardinello	Liro/Mera/Adda	1901	32,1	112,4	130	45	P	123	1928/32,
	Stuetta							P	70	1942/45
165	Isolato	Liro/Mera/Adda	1248	1,7	3,4	17	17	C	7	1953
166	Lago Truzzo (n)	Drogo/Liro	2085	21,3	79,2	70	86	P	62	1925/27,
										1942/46
d) SCHWEIZ — SUISSE										
149	Bernina See-Lago Bianco (n)	Poschiavino/Adda	2234	18,0	67,2	170	27	P	7	1926/27,
	Nord									1941/45
	Süd									1904/06
150	Lago di Poschiavo (n)	Poschiavino/Adda	962	14,8	20,0	198	8	—	—	1956/59/
162	Albigna	Albigna/Maira (Mera)/Adda	2163	69,0	297,0	103	97	Pe	940	

1 Nummer in der Uebersichtskarte; E = Erweiterung
 Numéro dans la carte synoptique; E = extension

2 (n) = gestauter oder abgesehenkter Natursee; Erh. = Erhöhung der Sperre
 (n) = Lac naturel aménagé; Erh. = rehaussement du barrage

3 P Gewichtstaumauer / Barrage-poids
 Pe Gewichtstaumauer mit Sparräumen / Barrage-poids évidé
 PV Bogenstaumauer / Barrage poids-voûte
 V Bogenstaumauer / Barrage-voûte
 C Kuppelstaumauer / Barrage-coupole
 F Pfeilerstaumauer / Barrage à contreforts

VM Pfeilergewölbestaumauer / Barrage à voûtes multiples
 T Erdamm / Barrage en terre
 E Steindamm / Barrage en enrochements
 Bp Kleines Wehr / Petit barrage
 Ra Kunstbecken / Réservoir artificiel

SPEICHERSEEN UND UNTERLIEGENDE KRAFTWERKE IN DEN OSTALPEN

BASSINS D'ACCUMULATION ET USINES EN AVAL DANS LES ALPES ORIENTALES

Tableau B

Tabelle B

No.	SPEICHERSEE	UNTERLIEGENDE KRAFTWERKE	EIGENTÜMER BZW. NUTZUNGS- BERECHTIGTER DES SPEICHERS PROPRIÉTAIRE RESP. CONCESSIONNAIRE DU BASSIN D'ACCUMULATION
1)	BASSIN D'ACCUMULATION	USINES EN AVAL	
1	Valle di Lei	Innerferrera*, Bärenburg, Sils	} Kraftwerke Hinterrhein AG, Thusis
2	Sufers	Bärenburg, Sils	
3	Bärenburg	Sils	
4	Davosersee	Klosters, Küblis+Landquart I-III	} AG Bündner Kraftwerke, Klosters
5	Marmorera	Tinzen, Tiefenkastral, Sils (Albulawerk)	
6	Heidsee	Solis	} Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, Zürich
21	Silsersee		
22	Silvaplannersee	} St. Moritz (Islas)+Pradella	} Elektrizitätswerk der Gemeinde St. Moritz
23	St. Moritzersee		
24	Livigno	Ova Spin, Pradella	} Engadiner Kraftwerke AG (EKW), Zernez
25	Ova Spin	Pradella	
14	Schrecksee	Auele	} Elektrizitätswerk Hindelang GmbH, Hindelang
15	Grüntensee (Haslach)	Haslach	
17	Forggensee (Rosshaupten)	Rosshaupten+Lechkette	} Bayerische Wasserkraftwerke AG (BAWAG), München
19	Sylvenstein	Sylvenstein*+Bad Tölz	
20	Walchensee	Kochel	} Oberste Baubehörde, München
44	Saalachsee	Reichenhall+Rott	
7	Silvretta	Obervermunt, Partenen, Latschau, Rodund	} Deutsche Bundesbahn, Dir. München
8	Vermunt	Partenen, Latschau, Rodund	
9	Kops	Kopswerk*, Latschau, Rodund	
10	Latschau	Rodund	
11	Lünersee	Lünerseewerk, Rodund	} Vorarlberger Illwerke AG (VIW), Bregenz
12	Spullersee	Danöfen, Braz*+Alfenzwerk	
13	Raggal	Lutzkraftwerk — Oberstufe*, Unterstufe	} Österreichische Bundesbahnen/OBB Generaldirektion Wien
16	Plansee+ Heiterwangersee	Reutte, Kniepasswerk, Weissshaus	
18	Achensee	Jenbach	} Vorarlberger Kraftwerke AG (VKW), Bregenz
26	Gepatsch	Kaunertalwerk Prutz/Imst*	
27	Schlegeis	Rosshag, Mayrhofen	} Tiroler Wasserkraftwerke AG (TIWAG), Innsbruck
28	Stillup	Mayrhofen	
29	Durlassboden	Funsingau, Gerloswerk Zell a. Z.	} Tauernkraftwerke AG (TKW), Salzburg
30	Gmünd	Gerloswerk Zell a. Z.	
31	Hintersteinersee	Kaiserwerk Kufstein+Weissachwerk	} Perlmooser Zement AG, Wien
32	Amersee		
33	Salzplattensee	} Enzingerboden, Schneiderau, Uttendorf (ÖBB) Schwarzach (TKW)	} Österreichische Bundesbahnen, Wien
34	Weissee		
35	Tauernmoossee		} Tauernkraftwerke AG, Salzburg
36	Mooserboden	Limberg, Kaprun, Schwarzach	
37	Wasserfallboden	Kaprun, Schwarzach	} Salzburger AG für Elektrizitätswirtschaft (SAFE), Salzburg
38	Bockhartsee	Nassfeld	
39	Brandstatt	Schwarzach	} Tauernkraftwerke AG, Salzburg
40	Hintersee		
41	Strubklamm	} Faistenau, Hallein	} Städtische Elektrizitätswerke, Salzburg
42	Wiestal		
43	Diessbach	Wiestalwerk Hallein Diessbach	} Salzburger AG für Elektrizitätswirtschaft, Salzburg
45	Schwarzensee	St. Wolfgang	
46	Vorderer Gosausee	Gosauwerk III+V (Steeg)	} Oberösterreichische Kraftwerke AG (OKA), Linz
47	Offensee	Offensee I+II	
48	Salza (Grimming)	St. Martin+Hieflau	} Steirische Wasserkraft- u. Elektrizitäts-AG (STEWEAG), Graz
49	Wag	Hieflau	
50	Erlaufklause	Wienerbruck, Erlaufboden	} Niederösterreichische Elektrizitätswerke AG (NEWAG), Wien
51	Rotgüldensee	Rotgüldenwerk, Murfall, Ramingstein	
52	Pack	Pack, St. Martin, Arnstein, Teigitschmühle	} SAFE, Salzburg
53	Hierzmann	St. Martin, Arnstein, Teigitschmühle	
54	Margaritze	Mölpumpwerk, Limberg, Kaprun, Schwarzach	} Steirische Wasserkraft- u. Elektrizitäts-AG (STEWEAG), Graz
55	Feldsee		
56	Wurten	} Innerfragant (Wurtenstufe), Ausserfragant	} Tauernkraftwerke AG, Salzburg
57	Oscheniksee		
58—61	Reisseckseen	Innerfragant (Oschenikstufe), Ausserfragant Kolbnitz	} Kärntner Elektrizitäts-AG (KELAG), Klagenfurt

1) No. in der Übersichtskarte
No dans la carte synoptique

* Kaverne
caverne

° Halbkaverne bzw. eingeeerdet
semi-caverne resp. enterrée

No.	SPEICHERSEE	UNTERLIEGENDE KRAFTWERKE	EIGENTÜMER BZW. NUTZUNGS- BERECHTIGTER DES SPEICHERS PROPRIETAIRE RESP. CONCESSIONNAIRE DU BASSIN D'ACCUMULATION
1)	BASSIN D'ACCUMULATION	USINES EN AVAL	
62	Weissensee	} Kamering	} Kärntner Elektrizitäts-AG, Klagenfurt
63	Wiederschwing		
64	Forstsee	Forstseewerk Velden	} Sava-Kraftwerke, Ljubljana Soca-Kraftwerke, Ljubljana
65	Freibach	Freibachwerk	
66	Moste	Moste+Medvode (Tacen)	} Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL), Compartimento di Venezia
67	Podselo	Doblar*, Plave	
68	Sauris	Ampezzo*, Somplago*	} Soc. Elettrica del Tul
69	Lago di Verzegnis	Somplago*	
70	Lago di Cavazzo	—	} SNIA Viscosa S.A. Milano, Stabilimento di Torviscosa
71	Tul	Tul	
72	Ca'Zul	Valida, Chievolis, Meduno, Colle, Istrago	} ENEL, Compartimento di Venezia
73	Ca'Selva	Chievolis . . . Istrago	
74	Lago di Tramonti	Meduno, Colle, Istrago	} ENEL, Comp. di Venezia
75	Barcis	Barcis°, Malnisio, Giais, Partidor, S. Foca, Villa Rinaldi	
76	Lago di S. Croce	Fadalto*, Nove, S. Floriano*, Castelletto resp. Caneva, Livenza	} ENEL, Comp. di Venezia
77	Lago Morto	Nove . . . Livenza	
78	Comelico	Pelos, Soverzene*, Fadalto* . . . Livenza	} ENEL, Comp. di Venezia
79	S. Caterina	Soverzene* . . . Livenza	
80	Pieve di Cadore	Pontesei*, Gardona*, Colomber*, Soverzene* . . . Livenza	} ENEL, Comp. di Venezia
81	Vodo	Soverzene* . . . Livenza	
82	Valle	Soverzene* . . . Livenza	} ENEL, Comp. di Venezia
83	Pontesei	Pontesei*, Gardona*, Colomber*, Soverzene* . . . Livenza	
84	Vaiont	Colomber*, Soverzene* . . . Livenza	} ENEL, Comp. di Venezia
85	Gallina	Soverzene* . . . Livenza	
86	Lago d'Alleghe	Cencenighe*, Agordo*, Stanga*, Sospirolo, Quero	} ENEL, Comp. di Venezia
87	Lago di Cavia	Falcade, Cencenighe* . . . Quero	
88	Mis	Sospirolo, Quero	} Soc. Idroelettrica Cismon
89	La Stua	Caorame, Quero	
90	Costa Brunella	Costa Brunella, Grigno*	} ENEL, Comp. di Venezia
91	Val Noana	S. Silvestro*, Pedesalto, Moline, Arsie*, Cavilla*	
92	Val Schener	Moline, Arsie*, Cavilla*	} ENEL, Comp. di Venezia
93	Senaiga	Arsie*, Cavilla*	
94	Corlo	Cavilla*	} Montecatini-Edison S.A., Milano
95	Reschensee — Lago di Resia	Glurns — Glorenza*, Kastelbell — Castelbello*	
96	Zufritt — Gioveretto	Laas — Lasa, Kastelbell — Castelbello*	} Etschwerke der Städte Bozen und Meran, Bozen — Azienda Elettrica Consorziale delle città di Bolzano e Merano, Bolzano
97	Vernagt — Vernago	Naturns — Naturno, Töll — Tel	
98	Grünsee — Lago Verde	Weissbrunn — Fontana Bianca, St. Walburg — Sta. Valpurga St. Pankraz — S. Pancrazio, Lana*	} ENEL, Comp. di Venezia
99	Weissbrunnsee — Fontana Bianca	St. Walburg . . . Lana*	
100	Zocklersee — Zoccolo	St. Pankraz, Lana*	} ENEL, Comp. di Venezia
101	Achtzgersee — Quaira della Miniera	Kuppelwieser Alm — Pracomune*, St. Pankraz — S. Pancrazio, Lana*	
102	Mitterbadsee — Alborelo	Lana*	} Montecatini-Edison S.A., Milano
103	Olang — Valdaora	Bruneck — Brunico*+Brixen* . . . Kardaun (No 105/106)	
104	Nöfes — Neves	Lappach — Lappago, Mühlen — Molini di Tures+ Brixen* . . . Kardaun	ENEL, Comp. di Venezia
105	Mühlbach — Rio Pusteria	Brixen — Bressanone*	} Ferrovie dello Stato (F. S.), Roma
106	Franzensfeste— Fortezza	+Waidbruck — Ponte all'Isarco*, Kardaun — Cardano	
107	Careser	Malgamare, Cogolo, Taio*, Mezzocorona	} ENEL, Comp. di Venezia
108	Pian Palù	Cogolo, Taio*, Mezzocorona	
109	S. Giustina	Taio*, Mezzocorona	} ENEL, Comp. di Venezia
110	Fedaia	Malga Ciapela*, Saviner, Cencenighe*, Agordo*, Stanga*, Sospirolo, Quero	
111	Forte Buso	Caoria, Pedesalto, Moline+Arsie*, Cavilla* (ENEL)	Serbatoi Montani per Irrigazione ed Elettricità (SMIRREL), Venezia
112	Stramentizzo	Egna*	} ENEL, Comp. di Venezia
113	Lago delle Piazze	Pozzolago	

1) No. in der Übersichtskarte
No dans la carte synoptique

* Kaverne
caverne

° Halbkaverne bzw. eingeerdet
semi-caverne resp. enterrée

No.	SPEICHERSEE	UNTERLIEGENDE KRAFTWERKE	EIGENTÜMER BZW. NUTZUNGS- BERECHTIGTER DES SPEICHERS
1)	BASSIN D'ACCUMULATION	USINES EN AVAL	PROPRIETAIRE RESP. CONCESSIONNAIRE DU BASSIN D'ACCUMULATION
114	Speccheri	Masocorona (Ala)	} Azienda Generale Municipalizzata di Rovereto e Verona
115	S. Colombano (Toldo)	S. Colombano	
117	Pra da Stua	Aviana	} ENEL, Comp. di Venezia
118	Lago di Molveno	S. Massenza I*, Torbole	
119	Ponte Pia	S. Massenza II*, Torbole	} ENEL, Comp. di Milano
120	Lago di Cavedine	Torbole	
121	Lago di Ledro	Impianto del Ponale Riva	} ENEL, Comp. di Milano
122	Valvestino	Villa Gargnano*	
123	Malga Bissina	Boazzo*, Cimego, Storo, Vobarno	} Società Elettrica ed Electrochimica del Caffaro, Milano
124	Malga Boazzo	Cimego, Storo, Vobarno	
125	Lago della Vacca	Caffaro+Vobarno	} ENEL, Comp. di Milano
126	Lago d'Idro	Vobarno	
127	Pantano d'Avio	} Benedetto*, Temù, Sonico, Cedegolo II*, Cividate°	} ENEL, Comp. di Milano
128	Venerocolo		
129	Lago Benedetto	} Temù, Sonico, Cedegolo II*, Cividate°	} ENEL, Comp. di Milano
130	Lago d'Avio		
131	Lago d'Aviolo	Sonico, Cedegolo II*, Cividate°	} ENEL, Comp. di Milano
132	Lago Baitone	Stazione di pompaggio Baitone*, Salarno*, Campellio, Isola, Cedegolo I, Cividate°	
133	Lago Dosazzo	} Campellio, Isola, Cedegolo I, Cividate°	} ENEL, Comp. di Milano
134	Lago Salarno		
135	Lago d'Arno	Isola, Cedegolo I, S. Fiorano*, Cividate°	} ENEL, Comp. di Milano
136	Pian Barbellino	Gavazzo, Dossi	
137	Lago Nero	Aviasco, Gromo	} ENEL, Comp. di Milano
138	Lago Diavolo	} Carona, Bordogna, Lenna	
139	Fregabolgia		
140	Sardegna	} Sardegna, Carona, Bordogna, Lenna	} ENEL, Comp. di Milano
141	Colombo		
142	Laghi Gemelli	} Carona, Bordogna, Lenna	} Società Italcementi
143	Lago Marcio		
144	Piano delle Casere	} Averara	} Azienda Elettrica Municipale di Milano
145	Alto Mora		
146	S. Giacomo di Fraële	S. Giacomo, Premadio*, Grosio*, Lovero, Stazzona (AEM)+Boffetto (Falck)	} ENEL, Comp. di Milano
147	Cancano	Premadio* . . . Boffetto	
148	Valgrosina	Grosio* . . . Boffetto	} ENEL, Comp. di Milano
151	Belviso	Ganda* (Belviso Sup.), Belviso Inf.*+Boffetto	
152	Lago Venina	Zappello*, Vedello, Venina	} ENEL, Comp. di Milano
153	Scais	Vedello, Venina	
154	Lago Publino	Publino*, Zappello*	} ENEL, Comp. di Milano
155	Lago Pirola	Mallero I u. II (vecchio); Sondrio* (nuovo)	
156	Alpe Gera	Campo Moro*, Lanzada, Sondrio*	} ENEL, Comp. di Milano
157	Campo Moro	Lanzada, Sondrio*	
158	Campo (Tartano)	Talamona	} ENEL, Comp. di Milano
159	Lago dell'Inferno	Trona, Gerola°, Pedesina, Regoledo*	
160	Lago di Trona	} Gerola°, Pedesina, Regoledo*	} ENEL, Comp. di Milano
161	Pescegallo		
163	Villa di Chiavenna	Mera I* . . . Mera III	} ENEL, Comp. di Milano
164	Spluga	Isolato*, Prestone, Mese, Mera III (Gordona)	
165	Isolato	Prestone, Mese, Mera III	} ENEL, Comp. di Milano
166	Lago di Truzzo	S. Bernardo, Mese, Mera III	
149	Bernina-See	Palù, Cavaglia, Robbia, Campolongo I+II	} Kraftwerke Brusio AG, Poschiavo (Forze Motrici di Brusio S.A.)
150	Lago di Poschiavo	Campocologno I+II (+Boffetto)	
162	Albigna	Löbbia, Castasegna*+Mera I* . . . Mera III	Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, Zürich

1) No. in der Übersichtskarte
No dans la carte synoptique

* Kaverne
caverne

° Halbkaverne bzw. eingeerdet
semi-caverne resp. enterrée