

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: 1: Introduction
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-921070>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

Harald Link

1. Introduction

L'aménagement de bassins d'accumulation dans les Alpes est en relation étroite avec l'utilisation de la force hydraulique qui, dépassant le cadre artisanal, apparut et se développa dans une grande mesure lorsque, dès 1891, il fut devenu possible de transporter sur des distances relativement importantes grâce aux lignes à haute-tension, le courant électrique vers les régions de consommation. En comparaison de cela, seule l'irrigation dans les régions méridionales des Alpes revêtait une certaine importance. Après des réalisations isolées relativement anciennes, on note depuis le début de ce siècle, un développement constant qui s'accéléra à la suite des deux guerres mondiales, et qui a atteint son maximum au cours de la dernière décennie. Cet aspect ne se modifie que depuis quelques années. L'évolution des structures de la production d'énergie électrique du centre de l'Europe, caractérisée par l'importance que prennent les huiles minérales, le gaz naturel et, avant tout, l'énergie nucléaire ainsi que la construction de centrales thermiques de plus en plus puissantes comportant des groupes de machines dont la taille croît rapidement, modifie d'une façon déterminante la situation sur le plan de la concurrence, et influence, sur le plan économique, l'interdépendance des centrales de genre différent. Cette évolution coïncide, surtout dans les pays alpins, avec un niveau d'exploitation fort avancé du potentiel d'énergie hydraulique économiquement rentable. C'est pourquoi il peut être utile de faire un inventaire facilitant, tant une vue d'ensemble qu'une certaine perspective.

Les grands bassins d'accumulation et les barrages y ont, en plus de leur rôle dans l'économie sur le plan des sources d'énergie, une importance plus générale dans le domaine hydrologique par leur influence sur l'écoulement des eaux naturelles. Par leur dimension, ils modifient souvent l'aspect du paysage; de vastes milieux y sont intéressés, et ils deviennent de plus en plus un pôle d'attraction pour le tourisme en plein développement, et ce, d'autant plus que leur construction a beaucoup contribué à l'accessibilité de la haute-montagne. C'est pourquoi nous traiterons ici d'eux et de toute la zone alpine où ils se répartissent dans six pays, en une vue d'ensemble, non seulement au point de vue économique de l'énergie et de la technique, mais aussi au point de vue géographique et politique.

C'est dans cette optique, que, dans le domaine économique concernant les eaux et l'énergie, furent publiés autrefois des rapports sur les bassins d'accumulation des Alpes orientales (1951 numéro 6/7 de cette revue mensuelle) et sur ceux des Alpes occidentales (1952 numéro 1/2). Réunis en une édition spéciale augmentée et richement illustrée, ils furent en 1953 publiés pour la première fois dans la publication No 31 de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, sous le titre: «Les bassins d'accumulation des Alpes, inventaire et projets», vue d'ensemble correspondant à la situation à cette époque (publication épuisée depuis longtemps). Entre-temps le nombre des bassins d'accumulation construits jusqu'alors durant les 50 années précédentes, s'est accru d'une bonne moitié environ; leur capacité de retenue a même plus que doublé, apportant ainsi la preuve de l'extraordinaire développement qu'ils connurent durant cette période dans tous les pays alpins.

Le présent ouvrage recense tous les bassins d'accumulation en exploitation ou en construction fin 1969; ils figurent sur des tableaux synoptiques donnant toutes les caractéristiques importantes ainsi que l'exploitation statistique de ces données sous des angles divers. On y fait la distinction entre ceux qui existaient déjà jusqu'en 1954 inclus, et ceux qui s'y sont ajoutés depuis 1955, donc au cours des 15 années écoulées. Cet ouvrage se rattache ainsi, d'une part à la publication plus ancienne évoquée plus haut, si bien que — étant donné le manque de place — nous pouvons nous limiter pour l'essentiel à la description des réalisations plus récentes; il en résulte d'autre part une impression plus exacte concernant la forte activité au cours de cette dernière période, avec des comparaisons qui, à bien des points de vue, sont pleines d'enseignement. Par exemple, en ce qui concerne la situation des récents bassins d'accumulation au point de vue géographique, leur répartition par pays, les complexes en développement, ainsi qu'entre autres, leur importance, leur altitude, leur coût.

La publication de 1953 ne mentionnait dans ses tableaux et l'exploitation de ceux-ci, que les bassins situés à 500 m et plus au-dessus du niveau de la mer. Là où dans les Alpes du sud, en raison de l'altitude plus basse du pied des Alpes, il y en a encore situés plus bas, ils ne furent que cités. Tous les bassins d'accumulation situés dans l'aire alpine déterminée géographiquement et géologiquement y figurent maintenant. Pour certains des bassins d'accumulation mentionnés, en construction ou à l'étude à l'époque antérieure, leur achèvement a tant tardé que, pour la plupart, ils figurent parmi ceux de la période récente. C'est pourquoi ces derniers sont reportés de l'ancien inventaire dans ceux qui s'y ajoutèrent depuis 1955. En raison d'une part, des longs délais de réalisation de nombreuses constructions de grande envergure, et d'autre part souvent aussi de mises en retenue partielles, un découpage chronologique précis est presque impossible. Quelques réalisations figurant sur l'ancien inventaire, et dont la construction fut entreprise avant 1954 mais non achevée à cette date, figurent cependant sur l'inventaire récent à côté d'autres dont la construction est encore actuellement en cours, et qui, dans quelques cas isolés, durera jusqu'en 1973. Dans l'ensemble, il s'établit ainsi une certaine compensation. Enfin, après vérification des anciennes caractéristiques, il apparut utile d'apporter toute une série de rectifications relativement mineures: pour certains bassins d'accumulation on modifia postérieurement et même pendant la construction, les cotes de niveau maximum ou de niveau minimum. Dans d'autres cas, la capacité utile a quelque peu diminué du fait d'apports alluvionnaires, par exemple pour des réservoirs à grand bassin versant et alimentés par des cours d'eau riches en débit solide, tels les bassins d'accumulation de Sautet/Drac, de Castillon/Verdon; mais il se produit aussi des augmentations de capacité dues à la fonte de glaciers, par exemple le bassin de Sab-bione/région du Toce. Toutes les rectifications de ce genre apportées à l'inventaire de 1954, figurent au nouveau, d'autant plus qu'elles se compensent à peu près dans l'ensemble. De plus quelques constructions d'importance réduite qui n'y étaient pas mentionnées, y figurent. Au lieu des 100 bassins tant dans les Alpes occidentales qu'orientales

Harald Link

1. Einleitung

Die Anlage von Wasserspeichern in den Alpen steht in engstem Zusammenhang mit der Wasserkraftnutzung, die über den gewerblichen Rahmen hinaus in grossem und wachsendem Masse einsetzte, als es — seit 1891 — möglich geworden war, elektrischen Strom durch Hochspannungsleitungen über grössere Entfernungen den Verbrauchsgebieten zuzuführen. Daneben hatte nur die Landbewässerung im südlichen Alpenvorland eine gewisse Bedeutung. Nach vereinzelt älteren Anlagen ist seit dem Beginn dieses Jahrhunderts eine ständig wachsende Entwicklung zu verzeichnen, verstärkt nach den beiden Weltkriegen, die im letzten Jahrzehnt ihr Maximum erreicht hat. Erst seit wenigen Jahren ändert sich das Bild. Die Strukturwandlungen in der mitteleuropäischen Elektrizitätserzeugung, gekennzeichnet durch das Vordringen von Mineralöl, Erdgas und vor allem der Kernenergie, sowie den Bau immer grösserer thermischer Kraftwerke mit rasch wachsender Grösse der Maschinensätze, verändern einschneidend die Wettbewerbslage und beeinflussen die Verbundwirtschaft von Kraftwerken verschiedener Gattung. Diese Entwicklung trifft zusammen mit einem vor allem in den grossen Alpenstaaten schon weit fortgeschrittenen Ausbaustand des wirtschaftlich günstigen Wasserkraftpotentials. Daher kann eine Bestandesaufnahme nützlich sein, die sowohl Ueberschau wie eine gewisse Vorausschau erleichtert.

Die grossen Speicherseen und Talsperren haben dabei über ihre energiewirtschaftlichen Aufgaben hinaus eine allgemeinere wasserwirtschaftliche Bedeutung durch die Beeinflussung des Wasserabflusses. Durch ihre Grösse geben sie oft der Landschaft ein verändertes Gesicht; sie finden die Anteilnahme weiterer Kreise und werden zunehmend Ziele für den wachsenden Tourismus, zumal ihr Bau die Erschliessung des Hochgebirges vielfach gefördert hat. So sollen sie hier für sich für den ganzen Alpenraum, in dem sie sich auf sechs Staaten verteilen, in einem zusammenfassenden Ueberblick behandelt werden, auch nach geographisch-landschaftlichen Gesichtspunkten und nicht nur nach energiewirtschaftlichen und technischen.

In diesem Sinne waren früher in der «Wasser- und Energiewirtschaft» Aufsätze über die Speicherseen der Ostalpen (1951, Heft 6/7) und über die Speicherseen der Westalpen (1952, Heft 1/2) erschienen. Als erweiterter und reicher illustrierter Sonderdruck zusammengefasst wurde mit ihnen 1953 in der Verbandschrift Nr. 31 des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes «Die Speicherseen der Alpen, Bestand und Planung» erstmalig ein solcher Gesamtüberblick nach dem damaligen Stande gegeben. (Dieser Bericht ist schon seit langem vergriffen). Inzwischen hat sich die Zahl der bis dahin in rd. 50 Jahren entstandenen Speicherseen um gut die Hälfte vermehrt, ihr nutzbarer Stauraum sich sogar mehr als verdoppelt, womit die ausserordentliche Entwicklung in allen Alpenländern für diesen Zeitabschnitt deutlich wird.

In unserem Bericht werden alle nach dem Stand von Ende 1969 in Betrieb oder Bau stehenden Speicherseen in Haupttabellen mit allen wesentlichen zahlenmässigen Angaben erfasst und diese Daten auch in verschiedener Hinsicht statistisch ausgewertet. Dabei wird abgegrenzt nach den bis einschliesslich 1954 vorhandenen und den seit 1955, also in den letzten 15 Jahren neu hinzugekommenen. Damit

wird einerseits der Anschluss an den erwähnten älteren Bericht gewonnen, so dass wir uns — aus Platzgründen geboten — in der Beschreibung im wesentlichen auf die jüngeren Anlagen beschränken können; andererseits ergibt sich ein deutlicher Eindruck der starken Aktivität in diesem letzten Zeitabschnitt mit in vieler Hinsicht aufschlussreichen Vergleichen, z. B. bezüglich Lage der neuen Speicherseen, geographisch, nach Staaten, im Weiterausbau bestehender Werkgruppen, sowie nach Grösse, Höhenlage, Bauaufwand u. a. m.

Im Bericht von 1953 waren in den Tabellen und deren Auswertung nur die in über 500 m Meereshöhe gelegenen Becken enthalten. Wo in den Südalpen wegen der tiefen Lage des Alpenfusses auch tiefergelegene vorhanden sind, waren sie lediglich erwähnt worden. Nunmehr werden systematisch alle Speicherseen einbezogen, die innerhalb des geographisch-geologisch bestimmten Alpengebiets liegen. Bei manchen der damals in Bau oder Vorbereitung angeführten Speicher hat sich später die Ausführung so verzögert, dass sie grösstenteils in den jüngeren Zeitabschnitt fällt. Diese werden daher aus dem alten Bestand in den Zuwachs seit 1955 übertragen. Wegen der langen Bauzeit vieler Grossanlagen, oft auch Teilstau, ist eine zeitlich scharfe Abgrenzung kaum möglich. Einigen Anlagen des alten Bestandes mit Bauzeit über 1954 hinaus stehen jedoch im jüngeren Zeitabschnitt solche gegenüber, deren Bau z. Zt. noch im Gange ist und in Einzelfällen bis 1973 dauert. Dadurch ergibt sich ein im ganzen etwa passender Ausgleich. Schliesslich hat die Ueberprüfung der alten Daten eine Reihe kleinerer Änderungen ergeben: bei manchen Speicherseen sind nachträglich Stauziel (noch während des Baues) oder Absenkeziel verändert worden, in anderen Fällen hat der Nutzraum durch seither eingetretene Verlandung etwas abgenommen, z. B. bei Speichern mit grossem Einzugsgebiet in geschiebereichen Flüssen wie etwa bei den Stauseen Sautet/Drac, Castillon/Verdon, aber auch Stauraumzunahmen durch Abschmelzen angestauter Gletscher (z. B. Sabbione/Tocegebiet) kommen vor. Alle derartigen Berichtigungen beim Bestand von 1954 sind auch in diesem angerechnet worden, zumal sie sich in der Summe etwa aufheben. Schliesslich wurden auch einige früher fehlende Kleinanlagen ergänzend aufgenommen. Statt der 1953 angeführten je 100 Seen in den West- und Ostalpen sind es nunmehr 102 und 109 mit einer geringeren Nutzraumsumme als damals. Auch die verschiedenen statistischen Kennzahlen sind demzufolge modifiziert.

2. Allgemeiner Ueberblick

Die Unterteilung der Speicherseen in die der Ost- und Westalpen wird beibehalten und dabei als Grenze wie üblich die Linie Bodensee—Rheintal—Splügenpass—Comersee angenommen. Diese Linie teilt den rd. 1000 km langen Alpenbogen «von Nizza bis Wien» ziemlich genau in der Mitte, doch entfallen von rd. 186 000 km² Gesamtfläche (einschl. der provençalischen Voralpen) rd. 43 % auf die West- und 57 % auf die Ostalpen. Im Bereich der grössten Massenerhebung ist das Gebirge auch am schmalsten (130 km im Profil über den Montblanc). Im Westen und Osten werden 200 bis 220 km Breite erreicht. In den Westalpen ist Kalk und Urgestein

recensés en 1953, il y en a maintenant respectivement 102 et 109 avec une capacité totale inférieure à ce qu'elle était à l'époque. Aussi les différentes données chiffrées ont été modifiées en conséquence.

2. Aperçu général

La distinction entre les bassins d'accumulation des Alpes orientales et ceux des Alpes occidentales est maintenue, en se basant, comme il est d'usage sur la ligne Lac de Constance—Vallée du Rhin—Col de Splügen—Lac de Côme. Cette ligne coupe l'arc alpin, long d'environ 1 000 km, «de Nice à Vienne», assez exactement en son milieu. Cependant, des 186 000 km² de superficie totale — y compris les Préalpes de Provence — environ 43 % font partie des Alpes occidentales et 57 % des Alpes orientales. Dans la région du relief le plus important, le massif y est aussi le moins large (130 km pour la section passant par le Mont-Blanc). A l'ouest et à l'est, on atteint de 200 à 220 km. Dans les Alpes occidentales, le calcaire et la roche primitive sont imbriqués l'un dans l'autre et la configuration géologique y est fort complexe; dans les Alpes orientales, deux zones calcaires enserrent une large bande de roche cristalline. Le desserrement des Alpes orientales se révèle, outre par sa plus grande largeur et son altitude moindre, par l'apparition de larges vallées et bassins, et par les formations typiques de la déclivité orientale. Pour le développement de l'exploitation de l'énergie hydraulique, il fut toujours important que le pied des Alpes sur la bordure sud et incliné d'ouest en est, ne se trouve qu'à des altitudes de 300 à 100 m au-dessus du niveau de la mer, alors qu'au nord, il se trouve de 200 à 500 m plus haut.

Parmi les bassins d'accumulation alpins examinés ici, ne figurent pas les grands lacs régularisés situés en bordure des Alpes, tels que les lacs de Traun, de Zurich, d'Annecy, d'Iseo. Parmi les lacs de retenue, ceux de Forgen sur le Lech en amont de Rosshaupten, et de Gruyère sur la Sarine au sud de Fribourg, sont situés à la limite. Leur moitié inférieure est déjà située dans la plaine du pourtour alpin, mais en raison de leur taille et de leur importance au point de vue hydrologique, ils comptent encore parmi les bassins d'accumulation des Alpes. Les lacs qui se trouvent dans la vallée du Rhin postérieur et dans celle du Liro, figurent parmi ceux des Alpes orientales, d'autant plus qu'ils sont principalement alimentés par le versant Est de la vallée.

Tous les bassins d'une contenance de retenue de 0,7 millions de m³ et plus, ont été recensés. Alors qu'on pouvait envisager la capacité limite de un million de m³ et plus, cette limite inférieure fut choisie parce que dans le grand nombre des bassins d'écluse quotidienne, des bassins de compensation et aussi des lacs naturels situés en altitude, il s'est révélé une nette césure dès 0,4 millions de m³. Si, d'autre part, en raison de leur grand nombre actuel, on voulait se limiter aux lacs relativement importants et envisager une limite supérieure avec 2 millions de m³ minimum, 60 lacs n'y figureraient plus; il faut tenir compte du fait que des bassins intermédiaires et relativement petits, sont souvent un maillon important dans des chaînes de barrages échelonnés, et que certains groupes de lacs en altitude comportent des lacs, petits par leur capacité, mais qui jouent un rôle équivalent à celui de lacs plus importants, et que, les passer sous silence, donnerait un aperçu incomplet.

Sur la carte multicolore au 1:1 000 000 jointe figurent tous les bassins d'accumulation. Ceux des Alpes orientales et ceux des Alpes occidentales sont numérotés séparément, et figurent sous ces numéros dans les tableaux synopti-

ques. Le numérotage débute par le Nord, tourne à droite pour les Alpes orientales et se termine au Sud par le Lac de Côme; il commence de même pour les Alpes occidentales, mais tourne à gauche, suit l'arc formé par les Alpes et se termine par le Lac Majeur. De plus, dans les différentes aires fluviales, il part de la source vers l'aval. Les bassins du recensement de 1954, les bassins d'accumulation qui s'y ajoutèrent de 1955 à 1969 ainsi que l'extension de bassins de la période récente, y sont mentionnés.

2.1 BASSINS D'ACCUMULATION EN EXPLOITATION OU EN CONSTRUCTION

Le tableau 1 donne un aperçu d'ensemble sur tous les bassins d'accumulation exploités ou en construction jusqu'à fin 1969, répartis en Alpes occidentales et orientales et selon les pays concernés. De plus les périodes jusqu'à 1954 et de 1955 à 1969 sont différenciées¹. On y relève d'un côté la quote-part numériquement importante des Alpes occidentales avec 61 % environ du volume de retenue utile, et de l'autre, la forte augmentation durant les 15 dernières années au cours desquelles on créa 111 bassins nouveaux et on en agrandit 11 autres dont certains d'une façon considérable. De la nouvelle capacité de retenue, 4 570 millions de m³ proviennent des bassins récents et 958 millions de m³ de l'extension de bassins anciens.

C'est au cours des deux dernières décennies que se place la réalisation de plusieurs vastes ouvrages sur la base de traités internationaux, un témoignage remarquable de la collaboration internationale croissante et franche dans les domaines de l'hydrologie et de l'énergie entre tous les pays de l'aire alpine. Elle va des centrales hydro-électriques exportatrices qui, bien qu'étant situées sur le territoire d'un pays et étant la propriété de celui-ci, sont dimensionnées en fonction des besoins du partenaire étranger (Autriche et Allemagne), jusqu'aux cas intéressants où les eaux provenant d'un pays sont stockées dans un vaste bassin d'accumulation plus favorablement situé dans un pays voisin (Mont-Cenis: France-Italie; Emosson: France-Suisse), et jusqu'au cas encore, où le bassin d'accumulation principal se trouve dans un pays, et les chaînes de centrales hydro-électriques utilisatrices dans un autre (Valle di Lei et Livigno: Italie-Suisse).

La répartition des bassins d'accumulation par bassins de drainage des fleuves alpins est donnée dans le tableau 2.

Deux cents vingt bassins d'une retenue totale d'environ 69 % de la capacité totale de retenue, s'écoulent dans la Méditerranée par le Rhône, le Pô, ou directement. La plus grande partie, en ce qui concerne les bassins versants alpins des fleuves, se répartit en grandeurs à peu près égales pour le Rhin et le Rhône, avec en gros, une «hauteur d'accumulation» de 100 mm, viennent ensuite le Pô avec 75 mm, puis après les fleuves de la Vénétie, le Danube qui n'atteint que 20 % de la hauteur d'accumulation du Rhin et du Rhône.

Le tableau 3 donne un aperçu d'ensemble sur la répartition des bassins d'accumulation d'après leur importance.

Les grands bassins de 10 millions de m³ et plus de retenue, représentent avec seulement 141 lacs (44 %) et leurs 9 743 millions de m³ 94 % de la capacité totale de retenue; les très grands bassins, de 100 millions de m³ et plus représentent avec leurs 28 lacs (9 %) et leurs 5 622 millions

¹ Un certain nombre de rectifications mineures ont été apportées en dernière heure aux tableaux de caractéristiques, mais n'ont plus été prises en compte pour les calculs statistiques dont les résultats globaux n'auraient pratiquement pas été influencés. Le nombre total des bassins passe à 157 dans les Alpes occidentales (Suisse +1) et à 165 dans les Alpes orientales (Italie: —1).



(Photo Geiger, Flims-Waldhaus)

Fig. 2

Der Stausee Sufers (1401 m) der Hinterrhein-Kraftwerke fügt sich gut in das Landschaftsbild des Rheinwalds; rechts das Dorf Sufers, im Hintergrund links Guggernüll und Einshorn

Le bassin d'accumulation de Sufers (1401 m) des usines hydroélectriques du Rhin postérieur, bien incorporé dans le paysage du Rheinwald; à droite le village de Sufers, au fond à gauche les montagnes Guggernüll et Einshorn

ineinander verknüpft und der geologische Aufbau sehr kompliziert, in den Ostalpen schliessen zwei Kalkzonen einen breiten Streifen kristalliner Gesteine ein. Die Auflockerung der Ostalpen äussert sich neben der grösseren Breite und geringeren Höhe des Gebirges auch in der Einschaltung breiter Täler und Becken und der Ausbildung einer eigenen östlichen Abdachung. Für die Entwicklung des Wasserkraftausbaues war stets von Bedeutung, dass der Alpenrand am Südfuss, von West nach Ost fallend, bloss etwa 300 bis 100 m über dem Meer liegt, im Norden dagegen 200 bis 500 m höher.

In die hier betrachteten alpinen Speicherseen sind die grossen regulierten Alpenrandseen, wie etwa Traunsee, Zürichsee, Lac d'Annecy, Lago d'Iseo u. a. m. nicht einbezogen. Bei den Speicherbecken nehmen der Forggensee im Lech oberhalb Rosshaupten und der Greizer See in der Saane südlich Fribourg eine Grenzstellung ein. Sie liegen mit etwa ihrer unteren Hälfte bereits im Alpenvorland, wurden jedoch wegen ihrer Grösse und wasserwirtschaftlichen Bedeutung noch zu den Alpenspeichern gerechnet. Seen, die im Hinterrheintal und im Lirotal liegen, sind den Ostalpen zugerechnet, zumal sie überwiegend aus der östlichen Talseite gespeist werden.

Als Speicherseen erfasst wurden alle Becken von 0,7 Mio m³ Nutzraum aufwärts. Gegenüber der sich anbietenden Inhaltsgrenze von 1,0 Mio m³ wurde diese niedrigere gewählt, weil sich in der grossen Zahl der kleinen Tagespeicher, Ausgleichbecken oder auch natürlicher Hochseen, die öfter noch als Fernspeicher herangezogen sind, eine deutliche Grenze bereits bei etwa 0,4 Mio m³ zeigt. Würde man andererseits, um sich bei der heute grossen Gesamtzahl auf die bedeutenderen Seen zu beschränken, eine höhere Grenze anstreben — bei z. B. 2,0 Mio m³ Mindestinhalt fallen 60 Seen heraus — so war zu bedenken, dass kleinere Zwischenbecken oft wichtige Verbindungsglieder in mehrstufigen Ausbausystemen sind, und dass manche Hochseengruppen durchaus gleichberechtigt mit grösseren auch inhaltlich kleine umfassen, deren Unterdrückung ein unvollständiges Bild ergäbe.

In der beigefügten mehrfarbigen Uebersichtskarte des gesamten Alpengebietes im Massstab 1:1 000 000 sind sämtliche Speicherseen eingetragen. Die Seen der Ostalpen und der Westalpen sind für sich fortlaufend numeriert und mit diesen Nummern in den Haupttabellen geführt. Die Nummerierung läuft, im Norden beginnend, in den Ostalpen rechts herum und endet im Süden am Comersee, in den Westalpen

desgleichen links herum, den Alpenbogen umkreisend, mit dem Ende am Lago Maggiore. Dabei geht sie in den einzelnen Flussgebieten jeweils vom Quellgebiet talabwärts. Der Bestand bis 1954, die 1955/69 hinzugekommenen Seen und die Erweiterungen bestehender Speicher in der jüngeren Zeitspanne sind gekennzeichnet.

2.1 SPEICHERSEEN IN BETRIEB ODER BAU

Tabelle 1 gibt einen Gesamtüberblick über alle bis Ende 1969 in Betrieb oder Bau stehenden Speicherseen in der Unterteilung auf West- und Ostalpen und die sechs beteiligten Alpenstaaten. Ferner sind die Zeitabschnitte bis 1954 und 1955/69 unterschieden¹⁾. Man erkennt zahlenmässig einerseits den hohen Anteil der Westalpen mit rd. 61 % der Nutzräume, andererseits den hohen Zuwachs in den letzten 15 Jahren, in denen 111 Seen neu entstanden und weitere 11 bestehende z. T. erheblich vergrössert wurden. Vom neuen Gesamtstauraum liegen 4 570 Mio m³ in den jüngeren Seen und 958 Mio m³ in den Erweiterungen bestehender.

In die beiden letzten Jahrzehnte fällt auch das Zustandekommen mehrerer grosser Werke aufgrund internationaler Verträge als bemerkenswerte Zeugen wachsender aufgeschlossener zwischenstaatlicher Zusammenarbeit auf wasser- und energiewirtschaftlichem Gebiet in allen Ländern des Alpenraumes. Sie reicht von Exportkraftwerken, die, wiewohl im Land und Besitz eines Staates, in der Auslegung auf die Bedürfnisse des ausländischen Partners zugeschnitten sind (Oesterreich — Deutschland), bis zu den interessanten Fällen, wo Wasser aus einem Land in einem günstigen Grossspeicher des Nachbarlandes gespeichert wird (Montcenis: Frankreich-Italien, Emosson: Frankreich-Schweiz), und jenen, wo der Hauptspeicher im einen, die ausnutzenden Kraftwerkstufen im anderen Land liegen (Valle di Lei und Livigno: Italien—Schweiz).

Die Verteilung der Alpenspeicher auf die grossen Stromgebiete, die in den Alpen entspringen, enthält Tabelle 2.

Zum Mittelmeer, durch Rhone, Po oder unmittelbar, entwässern 220 Seen mit rd. 69 % des Gesamtstauraums. Der grösste Anteil, bezogen auf die alpinen Einzugsgebiete der Ströme, entfällt etwa gleichstark auf Rhein und Rhone mit

¹⁾ In den Haupttabellen sind einige kleinere Berichtigungen, die erst in jüngster Zeit bekannt wurden, berücksichtigt, jedoch nicht mehr in der statistischen Auswertung, deren Bild sich praktisch nicht ändert. Die Gesamtzahl der Speicherseen beträgt durch Veränderung bei den Kleinspeichern 157 in den Westalpen (Schweiz + 1) und 165 in den Ostalpen (Italien — 1).

Alpine Speicherseen in Betrieb oder Bau (bis 1954 und Zuwachs 1955/69)

Tabelle 1

		WESTALPEN		OSTALPEN		GESAMTE ALPEN		in %	
		Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	1954	1969
SCHWEIZ	bis 1954	40	1471	8	111	48	1582	32,5	34,4
	1955/69	31+3E	1542	6	454	37+3E	1996		
FRANKREICH	bis 1954	29	710	—	—	29	710	14,6	27,2
	1955/69	18+1E	2116	—	—	18+1E	2116		
ITALIEN	bis 1954	33	326	67	1525	100	1851	38,0	25,1
	1955/69	5+1 E	200	29+3E	566	34+4E	766		
DEUTSCHLAND	bis 1954	—	—	4	261	4	261	5,4	3,7
	1955/69	—	—	2	121	2	121		
ÖSTERREICH	bis 1954	—	—	28	454	28	454	9,3	9,5
	1955/69	—	—	20+3E	529	20+3E	529		
JUGOSLAWIEN	1954—69	—	—	2	11	2	11	0,2	0,1
	bis 1954	102	2507	109	2362	211	4869	100 %	—
	1955/69	54+5E	3858	57+6E	1670	111+11 E	5528+		
insgesamt (Stand 1969/70)		156	6365	166	4032	322	10397	—	100 %

E = Erweiterung bestehender Seen

Bassins alpins d'accumulation en exploitation ou en construction
(jusqu'en 1954 et augmentation de 1955 à 1969)

Tableau 1

		ALPES OCCIDENTALES		ALPES ORIENTALES		ALPES AU TOTAL		pourcentage	
		Lacs nombre	Retenue Mio m ³	Lacs nombre	Retenue Mio m ³	Lacs nombre	Retenue Mio m ³	1954	1969
SUISSE	jusqu'en 1954	40	1471	8	111	48	1582	32,5	34,4
	1955—1969	31 + 3E	1542	6	454	37 + 3E	1996		
FRANCE	jusqu'en 1954	29	710	—	—	29	710	14,6	27,2
	1955—1969	18 + 1E	2116	—	—	18 + 1E	2116		
ITALIE	jusqu'en 1954	33	326	67	1525	100	1851	38,0	25,1
	1955—1969	5 + 1E	200	29 + 3E	566	34 + 4E	766		
ALLEMAGNE	jusqu'en 1954	—	—	4	261	4	261	5,4	3,7
	1955—1969	—	—	2	121	2	121		
AUTRICHE	jusqu'en 1954	—	—	28	454	28	454	9,3	9,5
	1955—1969	—	—	20 + 3E	529	20 + 3E	529		
YUGOSLAVIE	1954 et 1969	—	—	2	11	2	11	0,2	0,1
	jusqu'en 1954	102	2507	109	2362	211	4869	100 %	—
	1955—1969	54 + 5E	3858	57 + 6E	1670	111 + 11E	5528		
Total	Recensement 1969/70	156	6365	166	4032	322	10397	—	100 %

Mio = millions

E = Extension de lacs existants

Répartition des bassins d'accumulation alpins par aires fluviales

Tableau 2

Aires fluviales	ALPES OCCIDENTALES		ALPES ORIENTALES		ALPES AU TOTAL	
	Lacs nombre	Retenue Mio m ³	Lacs nombre	Retenue Mio m ³	Lacs nombre	Retenue Mio m ³
Danube jusque Vienne	—	—	38	1293	53	1362
Drau + Sava	—	—	15	69	—	—
Rhin	36	1374	13	472	49	1846
Rhône	53	3892	—	—	53	3892
vers Mer de Ligurie	11	96	—	—	11	96
Pô	56	1003	49	1134	105	2137
vers l'Adriatique	—	—	51	1064	51	1064
Totaux	156	6365	166	4032	322	10397

Nota: Les lacs sont affectés aux bassins fluviaux dans lesquelles leurs eaux s'écoulent.

Répartition des bassins d'accumulation selon l'importance des volumes utiles

Tableau 3

Catégories en Mio m ³	ALPES OCCIDENTALES		ALPES ORIENTALES		ALPES AU TOTAL	
	Lacs nombre	Volume utile Mio m ³	Lacs nombre	Volume utile Mio m ³	Lacs nombre	Volume utile Mio m ³
0,7 — 5	60	133	70	160	130	293
5 — 10	24	177	27	184	51	361
10 — 25	23	339	30	488	53	827
25 — 50	15	558	13	523	28	1081
50 — 100	18	1260	14	953	32	2213
100 — 200	10	1393	11	1518	21	2911
plus de 200	6	2505	1	206	7	2711
Totaux	156	6365	166	4032	322	10397

de m³, à eux seuls 54 %. Pour les bassins jusqu'à 200 millions de m³, leur répartition et leur volume total sont pour les Alpes occidentales et les Alpes orientales très comparables quant à leur différentes catégories et à leur nombre. Comme le fait ressortir le tableau 3, la grande avance des Alpes occidentales est due uniquement aux cinq bassins les plus grands, tous situés dans les Alpes occidentales. Ce sont ceux de Serre-Ponçon sur la Durance avec 1030 millions de m³, de la Grande-Dixence avec 400 millions de m³ — barrages qui occupent une place toute particulière en tant que plus grand barrage de rivière pour l'un, et plus grand bassin d'accumulation de haute montagne pour l'autre — puis ceux du Mont-Cenis (321 Mio m³), de Ste-Croix sur le Verdon (300 Mio m³) et de Tignes sur l'Isère (228 Mio m³), soit quatre réalisations françaises et une helvétique.

Pour une part considérable, on utilisa des lacs naturels comme bassins d'accumulation, soit uniquement par des abaissements de cote de retenue (23 dans les Alpes orien-

tales et 14 dans les Alpes occidentales), soit en plus par surélévation de niveau. Il y en a au total 66 dans les Alpes orientales et 64 dans les Alpes occidentales, ce qui représente pour chaque zone environ 40 % de l'ensemble des bassins d'accumulation. Ils renferment 32 % de la capacité de retenue utile des Alpes orientales et 16 % de celle des Alpes occidentales. La plupart figurent sur l'inventaire de 1954. Parmi les nouveaux bassins d'accumulation des années de 1955 à 1969, environ 20 % sont des lacs naturels. Cependant, sur les 11 surélévations de réservoirs existants réalisés à cette époque, 8 concernent des lacs naturels, la plupart avec une importante capacité de retenue.

Les renseignements concernant l'altitude des bassins d'accumulation des Alpes, sont donnés par le tableau 4. Les bassins d'accumulation y sont d'abord classés par tranches d'altitude. Les bassins de haute altitude présentent un intérêt tout particulier. Sont considérés comme tels, les bassins situés à 1500 m et plus. Dans l'inventaire de 1954,

Stromgebiet	WESTALPEN		OSTALPEN		GESAMTE ALPEN	
	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³
Donau bis Wien	—	—	38	1293	53	1362
Drau+Sava	—	—	15	69	—	—
Rhein	36	1374	13	472	49	1846
Rhone	53	3892	—	—	53	3892
z. Ligurischen Meer	11	96	—	—	11	96
Po	56	1003	49	1134	105	2137
z. Adriatischen Meer	—	—	51	1064	51	1064
zusammen	156	6365	166	4032	322	10397

Bemerkung: Die Seen sind den Stromgebieten zugerechnet, in die sie ihr Nutzwasser entsenden.

Verteilung der Speicher nach der Grösse der Nutzräume

Tabelle 3

Grössenklasse Mio m ³	WESTALPEN		OSTALPEN		GESAMTE ALPEN	
	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³
0,7 — 5	60	133	70	160	130	293
5 — 10	24	177	27	184	51	361
10 — 25	23	339	30	488	53	827
25 — 50	15	558	13	523	28	1081
50 — 100	18	1260	14	953	32	2213
100 — 200	10	1393	11	1518	21	2911
über 200	6	2505	1	206	7	2711
zusammen	156	6365	166	4032	322	10397

Höhenlage der Alpenspeicher

Tabelle 4

Höhenstufe m ü. M.	WESTALPEN		OSTALPEN		GESAMTE ALPEN	
	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³
a) bis 1954						
unter 500	7	69	12	301	19	370
500—1000	20	911	37	1021	57	1932
1000—1500	7	131	8	162	15	293
1500—2000	31	931	31	568	62	1499
2000—2500	35	445	20	293	55	738
über 2500	2	21	1	16	3	37
zusammen	102	2508	109	2361	211	4869
b) insgesamt						
unter 500	15	705	17	384	32	1089
500—1000	28	1982	52	1293	80	3275
1000—1500	10	225	19	361	29	586
1500—2000	55	2405	44	1456	99	3861
2000—2500	45	1024	31	512	76	1536
über 2500	3	24	3	26	6	50
zusammen	156	6365	166	4032	322	10397

rd. 100 mm «Speicherungshöhe», dann folgt der Po mit 75 mm und nach den venetianischen Flüssen an letzter Stelle die Donau, die nur 20 % der Speicherungshöhe des Rhein- und Rhonegebiets erreicht.

Einen Ueberblick über die Grössenverteilung der Speicherseen gibt Tabelle 3.

Die grossen Becken von 10 Mio m³ Nutzraum aufwärts stellen in nur 141 Seen (44 %) mit 9743 Mio m³ 94 % des Gesamtstauraums, die sehr grossen von 100 Mio m³ aufwärts in 28 Seen (9 %) mit 5622 Mio m³ allein 54 %. Bis 200 Mio m³ Einzelgrösse ist die Verteilung und die Inhaltssumme für West- und Ostalpen in den einzelnen Grössenklassen und deren Summe sehr ähnlich. Wie die Aufstellung zeigt, entsteht der grosse Vorsprung der Westalpen

ausschliesslich durch die fünf grössten Speicher des Alpenraums, die alle in den Westalpen liegen. Es sind dies der Durance-Stausee Serre Ponçon mit 1030 Mio m³, die Grande Dixence mit 400 Mio m³, die als grösste Flusstalsperre und grösster Hochgebirgsspeicher eine Sonderstellung einnehmen, sodann Montcenis (321 Mio m³), Ste Croix/Verdon (300 Mio m³), und Tignes/Isère (228 Mio m³), vier französische und eine schweizerische Anlage.

Für die Speicher sind zu einem ansehnlichen Anteil natürliche Seen ausgenutzt worden, teils nur durch Absenkung (23 Seen in den Ost-, 14 in den Westalpen), teils durch zusätzlichen Aufstau. Insgesamt sind es in den Ostalpen 66 Seen und 65 in den Westalpen, also je rd. 40 % aller Speicherseen. Auf sie entfallen 32 % des Nutzraums der Ostalpenspeicher und 16 % desjenigen der Westalpenbecken.

Altitude en m au-dessus du niveau de la mer	ALPES OCCIDENTALES		ALPES ORIENTALES		ALPES AU TOTAL	
	Bassins nombre	Retenue Mio m ³	Bassins nombre	Retenue Mio m ³	Bassins nombre	Retenue Mio m ³
a) en 1954						
moins de 500	7	69	12	301	19	370
500 à 1000	20	911	37	1021	57	1932
1000 à 1500	7	131	8	162	15	293
1500 à 2000	31	931	31	568	62	1499
2000 à 2500	35	445	20	293	55	736
plus de 2500	2	21	1	16	3	37
Total	102	2508	109	2361	211	4869
b) total actuel						
moins de 500	15	705	17	384	32	1089
500 à 1000	28	1982	52	1293	80	3275
1000 à 1500	10	225	19	361	29	586
1500 à 2000	55	2405	44	1456	99	3861
2000 à 2500	45	1024	31	512	76	1536
plus de 2500	3	24	3	26	6	50
Total	156	6365	166	4032	322	10397

Altitude moyenne des bassins d'accumulation alpins

Tableau 5

Aires	INVENTAIRE 1954		AUGMENTATION 1955—69		TOTAL	
	Lacs nombre	Altitude en m	Lacs nombre	Altitude en m	Lacs nombre	Altitude en m
Alpes orientales	109	1175	57 + 6 E	1547	166	1328
Alpes occidentales	102	1434	54 + 5 E	1342	156	1378
Alpes au total	211	1309	111 + 11 E	1404	322	1360

Altitude moyenne des bassins d'accumulation alpins

Tableau 6

Pays	INVENTAIRE 1954		AUGMENTATION 1955—69		TOTAL		Capacité Mio m ³
	Lacs nombre	Altitude en m	Lacs nombre	Altitude en m	Lacs nombre	Altitude en m	
Suisse	48	1389	37 + 3 E	1862	85	1653	3578
Autriche	28	1487	20 + 3 E	1776	48	1643	983
Italie	100	1270	34 + 4 E	1396	134	1303	2617
France	29	1324	18 + 1 E	922	47	1024	2626
Allemagne	4	788	2	764	6	783	382
Yougoslavie	2	306	—	—	2	306	11

il y en a 120, représentant 47 % de la capacité utile totale. Jusqu'en 1969, leur nombre est passé à 181 bassins représentant 52 % de la capacité totale de retenue. Il convient de noter que ces chiffres subissent la forte incidence du vaste bassin de Serre-Ponçon, figurant dans la catégorie des moins de 1000 m. Si l'on ne tient pas compte de ce dernier, la proportion de la capacité de retenue des bassins de haute altitude atteint alors 58 %, et il apparaît plus nettement que durant la dernière période, la proportion des bassins de haute altitude est restée, quant à leur nombre sensiblement identique, mais qu'elle a sensiblement augmenté quant à leur capacité utile. On peut donc constater une augmentation de l'altitude moyenne des bassins, ce qui ressort encore plus nettement de l'examen du tableau 5, établi en tenant compte des niveaux moyens pondérés. Cela vaut particulièrement pour les Alpes orientales, alors que pour les Alpes occidentales le bassin de retenue de la Durance abaisse sensiblement la moyenne. En conséquence, l'influence des soulèvements tectoniques plus importants des Alpes occidentales, encore sensible dans l'ancien inventaire, n'apparaît presque plus.

Dans le tableau 6, l'altitude moyenne des bassins d'accumulation se trouve en regard des six pays alpins. Elle indique nettement que, durant la période de 1955 à 1969, la

Suisse et l'Autriche ont particulièrement augmenté la capacité de leurs bassins de haute altitude, par contre l'Italie, peu. Pour les bassins français, l'altitude moyenne a même baissé. En ce qui concerne l'Autriche et la Suisse, l'altitude moyenne de leurs bassins est presque la même, cependant pour la Suisse, cela représente une capacité de retenue 3,6 fois plus élevée.

Avec l'aménagement de bassins d'accumulation, on crée, dans une large mesure, des plans d'eau nouveaux. Le tableau 7 donne des indications à ce sujet. Dès avant 1954, on en avait ainsi créé dans les Alpes 145 km² environ. Il faut remarquer que, dans ce calcul, seul entre en considération, pour les lacs naturels, l'accroissement de superficie résultant de la surélévation du niveau. La forte activité de construction des dernières 15 années a plus que doublé la superficie des plans d'eau créés artificiellement, et a porté celle-ci actuellement à environ 300 km².

Les 2/3 de ces nouveaux plans d'eau sont situés dans les Alpes occidentales. En comparaison avec les vastes lacs situés en bordure des Alpes, leurs superficies peuvent ne pas sembler considérables; elle correspond, par exemple, exactement à celle du Lac Majeur (212 km²) et à celle du Lac de Zurich (88 km²) réunis. Par leur situation en altitude et leur implantation dans des sites splendides de haute-montagne,

Die meisten gehören zum Bestand bis 1954. Unter den neuen Speichern der Jahre 1955/69 sind rd. 20 % Naturseen. Jedoch betreffen von den 11 Erhöhungen bestehender Seen in dieser Zeit allein acht natürliche Seebecken, die meisten mit beträchtlichem Stauraum.

Ueber die Höhenlage der Alpenseicher gibt Tabelle 4 Auskunft. Darin sind die Speicherseen zunächst nach Höhengruppen unterteilt. Von besonderem Interesse sind die Hochseen. Als solche seien die 1500 m ü. M. und darüber gelegenen bezeichnet. Im Bestand bis 1954 sind es 120 Seen mit 47 % des Gesamtnutzraums. Bis 1969 sind sie auf 182 Seen mit 52 % Anteil am Gesamttraum gewachsen. Allerdings wird dieses Bild stark durch den Grosse See Ponçon in der Gruppe <1000 m beeinflusst. Bleibt dieser unberücksichtigt, so erreicht der Stauraumanteil der Hochseen 58 % und es wird deutlicher, dass im letzten Zeitabschnitt bei den Hochseen ihr Anteil der Anzahl nach etwa gleich geblieben, im Nutzraum aber fühlbar gewachsen ist. Es ist also eine Zunahme der mittleren Höhenlage der Speicherseen zu verzeichnen, die in der folgenden Tabelle 5 unter Verwendung der Schwerebenen-Höhen der Stauräume noch deutlicher wird. Dies gilt besonders für die Ostalpen, während in den Westalpen der Durance-Stausee den Mittelwert fühlbar drückt. Infolgedessen kommt der im alten Bestand klar ersichtliche Einfluss der grösseren Massenerhebung der Westalpen kaum noch zum Ausdruck.

In Tabelle 6 ist die mittlere Höhenlage der Speicherseen für die sechs Alpenstaaten gegenübergestellt. Sie zeigt deutlich, dass im Zeitraum 1955/69 besonders die Schweiz und Oesterreich den Stauraum in Hochseen erheblich vergrössert haben, Italien nur wenig. Für die französischen Seen ist die mittlere Höhe sogar kleiner geworden. Bei der Schweiz und Oesterreich ist die mittlere Höhe ihrer Speicherseen fast gleich, doch betrifft sie in der Schweiz einen 3,6fach grösseren Nutzraum.

Durch die Anlage der Speicherseen werden in ansehnlichem Mass neue Wasserflächen geschaffen. Darüber gibt Tabelle 7 Auskunft. Bereits bis 1954 waren in den Alpen rd. 145 km² neue Seeflächen entstanden. Dabei ist bei der Benutzung natürlicher Seen nur der Flächenzuwachs gerechnet, der durch Aufstau entsteht. Die starke Bautätigkeit in den letzten 15 Jahren hat die künstlich geschaffenen Seeflächen reichlich verdoppelt auf nunmehr rd. 300 km².

Neue Seeflächen durch Alpenseicher

Seefläche in km² Tabelle 7

	WESTALPEN	OSTALPEN	GESAMTE ALPEN
Stand 1954	75,6	69,1	144,7
Zuwachs 1955/69	105,6	48,7	154,3
Gesamtbestand	181,2	117,8	299,0

Neue Alpen-Seeflächen in den einzelnen Staaten

Tabelle 8

	STAND 1954 km ²	ZUWACHS 55/69 km ²	GESAMTBESTAND km ²
Frankreich	17,1	76,6	93,7
Schweiz	48,4	36,4*	84,8
Italien	49,2	21,1*	70,3
Deutschland	16,5	8,7	25,2
Oesterreich	11,6	11,5	23,1
Jugoslawien	1,9	—	1,9

* Valle di Lei und Livigno bei Italien eingerechnet

Von den neuen Seeflächen liegen zwei Drittel in den Westalpen. Die Gesamtgrösse mag bei einem Vergleich mit den grossen Alpenrandseen nicht sehr erheblich erscheinen; sie entspricht z. B. gerade der des Lago Maggiore (212 km²) und des Zürichsees (88 km²) zusammen. Für ihre Höhenlage und die Einbettung zum grössten Teil in prachtvollen Hochgebirgslandschaften sind Vergleiche mit bekannten Gebirgsseen anschaulicher. Der jetzige Stand bedeutet für die Ostalpen etwa 28mal die Fläche des Silsersees, 17mal des Achensees oder 14mal des Hallstättersees. Für die Westalpen etwa achtmal die Fläche des Walensees oder siebenmal die des Lac d'Annecy. In den Gebirgslagen wurde dabei zum allergrössten Teil nur unbesiedeltes Land mit unbedeutendem alp- oder forstwirtschaftlichem Nutzwert beansprucht. Die Kennzahlen «Seefläche bezogen auf den gewonnenen Speicherraum» betragen für den Bestand bis 1954 rd. 2,9 ha/Mio m³ in den Ostalpen und 3,0 ha/Mio m³ in den Westalpen. In den Ostalpen ist sie durch den höheren Anteil natürlicher Seen etwas ermässigt. Der jüngste Gesamtstand hat diese Zahlen kaum verändert, für die Ostalpen ist der Wert gleich geblieben, für die Westalpen leicht auf 2,85 ha/Mio m³ gesunken.

Mittlere Höhenlage der Speicherräume in den Alpen

Tabelle 5

Gebiet	BESTAND 1954		ZUWACHS 1955/1969		INSGESAMT	
	Seen Anzahl	mittlere Höhe m ü. M.	Seen Anzahl	mittlere Höhe m ü. M.	Seen Anzahl	mittlere Höhe m ü. M.
Ostalpen	109	1175	57+ 6 E	1547	166	1328
Westalpen	102	1434	54+ 5 E	1342	156	1378
gesamte Alpen	211	1309	111+11 E	1404	322	1360

Mittlere Höhenlage der Speicherräume in den Alpen

Tabelle 6

Staat	BESTAND 1954		ZUWACHS 1955/1969		INSGESAMT		
	Seen Anzahl	mittlere Höhe m ü. M.	Seen Anzahl	mittlere Höhe m ü. M.	Seen Anzahl	mittlere Höhe m ü. M.	Nutzraum Mio m ³
Schweiz	48	1389	37+3 E	1862	85	1653	3578
Oesterreich	28	1487	20+3 E	1776	48	1643	983
Italien	100	1270	34+4 E	1396	134	1303	2617
Frankreich	29	1324	18+1 E	922	47	1024	2826
Deutschland	4	788	2	764	6	783	382
Jugoslawien	2	306	—	—	2	306	11

Nouveaux plans d'eau dus à la création de bassins de retenue

Superficie en km² Tableau 7

	ALPES OCCIDENTALES	ALPES ORIENTALES	ALPES AU TOTAL
jusqu'en 1954	75,6	69,1	144,7
Augmentation 1955—69	105,6	48,7	154,3
Superficie totale	181,2	117,8	299,0

Superficie nouvelle des bassins alpins dans les divers pays

Tableau 8

Pays	Jusqu'en 1954 en km ²	Augmentation 1955—69 en km ²	Total en km ²
France	17,1	76,6	93,7
Suisse	48,4	36,4*	84,8
Italie	49,2	21,1*	70,3
Allemagne	16,5	8,7	25,2
Autriche	11,6	11,5	23,1
Yougoslavie	1,9	—	1,9

* Les bassins de Val di Lei et de Livigno sont comptés pour l'Italie

la comparaison avec de célèbres lacs de montagne sera plus frappante. En l'état actuel, cette superficie correspond pour les Alpes orientales, à environ 28 fois la superficie du Lac de Sils en Engadine, à 17 fois celle du Lac d'Achen ou à 14 fois celle du lac de Halstatt; pour les Alpes occidentales, à environ 8 fois la superficie du Lac de Walenstadt ou à 7 fois celle du lac d'Annecy. Ce faisant, on n'a utilisé dans les sites de montagne, pour la grande majorité des aménagements, que des étendues inhabitées et d'une valeur économique insignifiante au point de vue de l'élevage et de l'exploitation forestière. L'indice donnant la superficie rapportée au volume utile, s'établit pour l'inventaire de 1954, à environ 2,9 ha par million de m³ dans les Alpes orientales, et de 3,0 ha pour les Alpes occidentales. Cette moyenne est quelque peu réduite dans les Alpes orientales en raison de la plus forte proportion de lacs naturels. Pour le dernier inventaire, ces données ont été à peine modifiées: elle est restée inchangée pour les Alpes orientales et a légèrement baissé à 2,85 ha par million de m³ pour les Alpes occidentales.

Les barrages de grande hauteur, établis dans les vallées glaciaires en U, exigent le minimum de surface, avec des indices allant de 1,5 à 2 ha/million de m³. Pour des hauteurs de retenues plus modérées, ainsi que pour les barrages fluviaux, elle est le plus souvent de l'ordre de 2,5 à 4 ha par million de m³.

Le tableau 8 donne également la répartition des superficies des bassins d'accumulation, par pays. L'augmentation, de loin la plus forte, est à l'actif de la France, augmentation due à plusieurs grands barrages en rivière, en particulier au barrage de Serre-Ponçon déjà évoqué, et, dont la retenue totalise, à elle seule, 28,0 km² de superficie.

Le développement de la capacité de stockage des bassins d'accumulation alpins, donc de la productivité possible des centrales hydro-électriques aménagées en aval, sont mentionnées au tableau 9.

Les réserves énergétiques se sont accrues dans les années 1955 à 1969 non seulement par la mise en service de nouveaux bassins, avec leurs centrales en cascade, mais aussi, pour les bassins figurant sur l'état de 1954, par la construction de nouvelles centrales en aval. Ainsi que l'indiquent les chiffres, la productivité moyenne des bassins nouvellement créés, n'est que très faiblement supérieure à celle des anciens après achèvement complet de leur équipement. La valeur moyenne de la productivité pour l'ensemble des bassins est supérieure d'environ 17 % à celle relevée en 1954. Par suite de la mise en service des grands bassins déjà cités, situés en France, l'avance initiale des Alpes occidentales a diminué et sa productivité n'est plus que faiblement supérieure à la valeur atteinte par les Alpes orientales.

La capacité en énergie a été calculée non seulement pour les bassins échelonnés faisant directement partie d'un complexe, mais aussi pour toutes les centrales existant actuellement plus en aval. Elle comprend donc aussi les chutes des barrages au fil de l'eau, sur le Danube actuellement jusqu'à Ybbs-Persenbeug, sur le Rhin jusqu'à Strasbourg, sur le Rhône jusqu'à la Méditerranée, et si elle dépasse même parfois les chiffres à caractère «national», c'est afin de donner une vue d'ensemble plus complète.

Si l'on établit la relation entre la superficie des bassins d'accumulation et leur capacité en énergie, on obtient une

Potentiel énergétique des bassins d'accumulation alpins

Tableau 9

	ALPES OCCIDENTALES			ALPES ORIENTALES			ALPES AU TOTAL		
	Vu Mrd m ³ 10 ⁹ m ³	E TWh ¹	e kWh/m ³	Vu Mrd m ³ 10 ⁹ m ³	E TWh	e kWh/m ³	Vu Mrd m ³ 10 ⁹ m ³	E TWh	e kWh/m ³
Fin 1954	2,51	5,41	2,16	2,36	3,83	1,63	4,87	9,24	1,90
Augmentation due aux nouvelles centrales développées en aval 1955—1969	—	+ 0,56	2,30	—	+ 0,49	1,83	—	1,05	2,12
Nouveaux bassins 1955—1969	3,86	8,77	2,27	1,67	4,08	2,44	5,53	12,85	2,32
Totaux ou moyenne	6,37	14,74	2,32	4,03	8,40	2,08	10,40	23,14	2,23

Vu = Volume utile

TWh = 10⁹ kWh

Volume de la maçonnerie des barrages d'accumulation (en millions de m³)

Tableau 10

	ALPES OCCIDENTALES			ALPES ORIENTALES		
	Murs	Digues		Murs	Digues	
Jusqu'en 1954 s'y ajoutèrent de 1955 à 1969	13,83	0,79	(0,22)	7,68	5,83	(1,06)
TOTAUX dont en béton	18,21	51,82	(7,97)	9,22	17,39	(3,16)
	32,04	52,61	(8,19)	16,90	23,22	(4,22)
			40,23			21,12

Den geringsten Flächenbedarf ergeben die hoch aufgestauten Seen in den glazialen Zungenbecken mit Kennwerten von 1,5 bis 2 ha/Mio m³; bei mässigen Stauhöhen sowie bei Flusstalsperren liegt er meist im Bereich von 2,5 bis 4 ha/Mio m³. Tabelle 8 bringt noch die Verteilung der Speichersee-Flächen auf die einzelnen Staaten. Den bei weitem stärksten Zuwachs hat Frankreich zu verzeichnen, erhöht durch mehrere grosse Flusstalsperren, insbesondere die erwähnte Durance-Talsperre Serre Ponçon mit allein 28,0 km² Seefläche.

Die Entwicklung des Energieinhaltes der alpinen Speicherseen, also des Arbeitsvermögens des gespeicherten Wassers in den unterhalb liegenden ausgebauten Kraftwerkstufen enthält Tabelle 9.

Der Energievorrat ist in den Jahren 1955/69 nicht nur durch das Hinzukommen neuer Speicher mit zugehörigen Kraftstufen gewachsen, sondern auch beim alten Bestand durch den Ausbau neuer Unterliegerwerke. Wie die Zahlen zeigen, ist der mittlere «Arbeitswert» für die neuentstandenen Speicherseen nur unwesentlich höher als bei den älteren nach dem jüngsten Stand des Kraftausbaues. Der Mittelwert für alle Speicher ist rd. 17 % höher als für den Stand von 1954. Der frühere Vorsprung der Westalpen ist durch das Hinzukommen der erwähnten grossen Talsperrenwerke in Frankreich gesenkt und nur noch wenig höher als der gestiegene Wert der Ostalpenspeicher.

Der Energieinhalt ist dabei nicht nur für die unmittelbar zugehörigen Speicherstufen gerechnet, sondern für alle unterhalb ausgebauten Kraftwerke nach dem gegenwärtigen Stand. Er umfasst also auch die Fallhöhen in den Flusskraftwerken in der Donau bis z. Zt. Ybbs-Persenbeug, im Rhein bis Strassburg, in der Rhone bis zum Mittelmeer und geht z. T. über die «nationalen» Werte hinaus, um ein einheitliches Gesamtbild zu geben.

Bezieht man den Energieinhalt auf die Seeflächen der Speicher, so gewinnt man einen Kennwert als «kWh-Ernte» von den überstauten Flächen. Unter Hinweis auf Tabelle 7 findet man so als Gesamtmittelwert 770 000 kWh/ha, für die Westalpen 815 000 kWh/ha und für die Ostalpen 715 000 kWh/ha, also keine wesentlichen Unterschiede, wiewohl diese bei den Einzelanlagen eine grössere Spanne umfassen.

Schliesslich sei noch ein Ueberblick über den mit der Schaffung der Speicherräume geleisteten Bauaufwand gegeben. Die wichtigsten Zahlen dazu enthält Tabelle 10.

Es handelt sich um sehr eindrucksvolle Bauleistungen. Die Kubatur der Staumauern hat sich in der Zeitspanne 1955/69 mehr als verdoppelt. Hinzu kommt als besonders bemerkenswert eine ausserordentliche Steigerung im Bau grosser Erd- und Steindämme. Wird deren Schüttmasse zum leichteren Vergleich über den Kostengleichwert angenähert in eine fiktive Betonmenge umgerechnet (Werte in Klammern), so ergibt sich für die Westalpen eine Erhöhung auf das rd. 2,9fache Volumen, für die Ostalpen auf das 2,4fache. Der mittlere Umrechnungsfaktor ist in den Ostalpen grösser, weil hier mehr Dämme mit umfangreicher Untergrunddichtung in tiefverschütteten Talböden vorkommen als in den Westalpen. Die Zunahme der Energieinhalte der neuen Speicherräume betrug dagegen nur das 2,33- bzw. 2,17fache. Man erkennt deutlich, dass trotz neuzeitlicher massensparender Bauweisen ein erhöhter Massenaufwand erforderlich war. Er ist jedoch nicht zu verwechseln mit einem entsprechend höheren Kostenaufwand, denn bei den vorherrschenden Grossanlagen werden durch den stark mechanisierten Baubetrieb wesentlich wirtschaftlichere Einheitskosten erreicht als bei den früheren kleineren Sperren.

Wird zur Veranschaulichung die Cheopspyramide, als Wahrzeichen einer gewaltigen Massenleistung (2 595 000 m³) gewählt, so ist bis 1954 fast das 9fache ihrer Kubatur in den Alpentalssperren eingebaut worden, in rd. vier Jahrzehnten, denn bis zum ersten Weltkrieg sind bloss 3 % des zugehörigen Stauraums mit verschwindend geringem Bauaufwand geschaffen worden. Auf die Zeitspanne 1955/69 kommt allein die 15fache Masse der Cheopspyramide, d. h. durchschnittlich einmal pro Jahr, ein erstaunlicher Wert, der sogar im Jahrzehnt 1955/64 noch übertroffen wurde.

2.2 GEPLANTE SPEICHERSEEN

Nicht minder von Interesse sind auch die Planungen für weitere Speicherseen, deren Entstehen in absehbarer Zukunft noch erwartet werden kann. Nach dem Stand von 1953 waren in der Verbandschrift Nr. 31 genannt und kurz

Energieinhalt der Alpenspeicher

Tabelle 9

	WESTALPEN			OSTALPEN			GESAMTE ALPEN		
	In Mrd. m ³	E TWh	e kWh/m ³	In Mrd. m ³	E TWh	e kWh/m ³	In Mrd. m ³	E TWh	e kWh/m ³
Bestand 1954	2,51	5,41	2,16	2,36	3,83	1,63	4,87	9,24	1,90
Zuwachs durch neue Unterlieger 1955/1969	—	+ 0,56	2,38	—	+ 0,49	1,83	—	1,05	2,12
neue Seen 1955/1969	3,86	8,77	2,27	1,67	4,08	2,44	5,53	12,85	2,32
zusammen	6,37	14,74	2,32	4,03	8,40	2,08	10,40	23,14	2,23

In = Nutzinhalt

TWh = 1 Mrd. kWh

Baumassen der Sperrbauwerke (Mio m³)

Tabelle 10

	WESTALPEN			OSTALPEN	
	Mauern	Dämme		Mauern	Dämme
Bestand 1954	13,83	0,79	(0,22) ¹⁾	7,68	5,83 (1,06)
Zuwachs 1955/69	18,21	51,82	(7,97)	9,22	17,39 (3,16)
zusammen in Beton	32,04	52,61	(8,19)	16,90	23,22 (4,22)
			40,23		21,12

¹⁾ Gleichwert in Beton

valeur de la «récolte en kWh» rapportée aux surfaces submergées. En se référant au tableau 7, on trouve ainsi comme valeur moyenne générale 760 000 kWh par ha, soit 785 000 kWh/ha pour les Alpes occidentales et 715 000 kWh/ha pour les Alpes orientales, donc sans différence sensible, bien que la fourchette soit plus grande si l'on compare des complexes pris isolément.

Pour terminer, il nous faut encore donner un aperçu des volumes de maçonnerie mis en œuvre pour construire les barrages d'accumulation. Le tableau 10 donne les renseignements les plus importants à ce sujet.

Il s'agit là de performances très impressionnantes en matière de génie civil.

Le volume de maçonnerie des barrages a plus que doublé durant la période de 1955 à 1969. D'autre part, la construction de digues en terre et en enrochements a pris un essor considérable. Si l'on convertit le volume de remblais de ces digues en un volume fictif de béton de coût équivalent (valeurs indiquées entre parenthèses), il en résulte pour les Alpes occidentales une augmentation de volume d'environ 2,9 fois, et pour les Alpes orientales d'environ 2,4 fois. Le facteur de conversion moyen pour les digues est plus élevé à l'Est qu'à l'Ouest parce qu'on y rencontre davantage de digues implantées dans des vallées fortement alluvionnées et ayant nécessité de volumineux confortatifs pour leur fondation. Par contre, le coefficient d'augmentation du potentiel énergétique des nouveaux bassins n'atteint respectivement que 2,33 et 2,17. On se rend facilement compte que, malgré la mise en œuvre de procédés modernes de construction plus économiques, le volume total de matériaux utilisés a néanmoins augmenté. Mais il ne faut cependant pas confondre ce supplément de matériaux avec un supplément de coût, car, pour les grands aménagements on atteint, en raison de la forte mécanisation du chantier, des prix unitaires sensiblement plus économiques que pour les petits barrages d'autrefois.

Si, pour illustrer les choses, on prend la pyramide de Chéops comme symbole d'un ouvrage d'une masse imposante (2 595 000 m³), on constate que, jusqu'en 1954, on a utilisé presque 9 fois son volume en matériaux pour la construction de barrages alpins au cours d'une période d'environ quatre décennies, car jusqu'à la première guerre mondiale, on n'avait créé que 3 % du volume de retenue grâce à des ouvrages d'un coût pratiquement négligeable. Durant la période de 1955 à 1969, les ouvrages construits représentant, à eux seuls, 15 fois la masse de la pyramide de Chéops, c'est-à-dire en moyenne une fois son volume par année, moyenne qui fut même dépassée au cours de la décennie 1955 à 1964.

2.2 BASSINS D'ACCUMULATION PROJÉTÉS

L'intérêt que présentent les projets de construction d'autres bassins d'accumulation dont l'exécution peut être attendue dans un avenir prévisible, n'est pas moindre. L'inventaire de 1953, publié dans la publication No 31 de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, mentionnait et décrivait brièvement: pour les Alpes orientales, environ 90 bassins nouveaux et quelques extensions de bassins existants, avec une capacité de retenue utile d'environ 5,9 millions de m³, pour les Alpes occidentales, environ 50 bassins nouveaux et quelques extensions avec environ 4,9 millions de m³. Leur réalisation multiplierait la capacité de retenue totale, alors de 4,9 millions de m³ environ, par 3,2. Entre-

temps une partie de ces projets a été réalisée. De l'augmentation enregistrée au cours des années 1955-1969 conformément aux projets d'alors, 21 bassins et 3 extensions concernent les Alpes orientales. Conformément à la tendance générale d'utiliser au maximum les bassins d'accumulation rentables, on choisit, dans un certain nombre de cas, des capacités supérieures, tandis qu'on renonçait à aménager de petits bassins complémentaires. C'est ainsi que les 21 bassins nouveaux correspondent à 24 projets de l'époque antérieure. Dans les Alpes occidentales, on réalisa 20 bassins nouveaux sur les 25 projets connus à l'époque, ainsi que 2 extensions. Rétrospectivement, il est intéressant de constater que parmi les aménagements nouveaux de l'époque 1955-1969, il y en avait tout de même 29 dans les Alpes orientales et 30 dans les Alpes occidentales qui, à cette époque, n'étaient pas encore définis, voire même dans quelques cas totalement inconnus. Dans chaque région 13 aménagements concernent des ouvrages de modeste importance; il subsiste néanmoins 16, respectivement 17 aménagements de réservoirs d'accumulation de grande ou moyenne importance issus de projets récents, signe de l'effort constant des ingénieurs pour trouver, dans chaque cas, les solutions les meilleures dans le cadre de l'évolution du progrès technique et des impératifs et besoins économiques dans les domaines de l'hydrologie et de l'hydroélectricité. C'est pourquoi aussi, bon nombre d'autres projets de l'époque antérieure sont dépassés.

On constate donc que toute prévision est toujours entachée d'un certain degré d'incertitude. Celle-ci est, aujourd'hui encore, bien plus difficile à établir, compte tenu de la nouvelle évolution des moyens de production d'électricité, évoquée dans l'introduction. Il en résultera certainement à l'avenir une forte régression dans l'aménagement de bassins d'accumulation par rapport aux deux dernières décennies, mais, en aucun cas — comme on l'entend dire parfois actuellement — elle ne perdra toute son importance. Pour cela, même dans l'optique actuelle les gisements alpins encore inexploités sont encore trop considérables, et offrent, particulièrement dans les Alpes orientales, de précieuses réserves. Au cours de la génération précédente, on a construit, outre les centrales hydroélectriques de haute-chute, un nombre très important de centrales au fil de l'eau à l'intérieur du bassin alpin (l'Inn, l'Enns, la Mur, la Drau, l'Etsch ainsi que l'Aar, l'Isère, la Durance, la Dora Baltea) et sur les fleuves issus de ce bassin: le Rhin, le Danube, le Rhône. Les aménagements de cette nature touchent à leur fin. Mais selon toutes les prévisions, l'importance des bassins d'accumulation alpins, non seulement subsistera, mais croîtra, et dépassant le cadre des différents pays, ils connaîtront une importance et une valeur considérables dans l'économie européenne. Il s'agira à l'avenir bien moins d'assurer des réserves d'énergie d'hiver — puisqu'aussi bien l'Italie et même la Suisse ont passé du régime d'autarcie hydraulique au régime mixte hydraulique/thermique/nucléaire — que de disposer de puissantes centrales de pointe ou de réglage. A l'avenir on modernisera et développera les bassins d'accumulation existants, surtout ceux présentant de fortes chutes concentrées en un même site, de bonnes conditions géologiques pour forer des galeries et puits sous pression, ainsi que des cavernes, bassins dont il existe, particulièrement en Italie, des exemples remarquables, mais on créera aussi de nouveaux bassins d'accumulation de grande dimension. Outre ceux-ci, des bassins relativement petits garderont toute leur importance dans le cadre régional, en tant que compléments à des chaînes de centrales, et il convient de ne pas négliger l'apport en puissance économique dont ils feront bénéficier nombre de



(Werkphoto Vorarlberger Illwerke AG, Bregenz)

Fig. 3

Der aufgestaute Lünensee (1970 m) im Rhätikon

Le bassin aménagé du Lünensee (1970 m) dans le Rhétikon

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 Alpentalschaften 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.