Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 66 (1948)
Heft: 4

Artikel: Der Ausbau der Wasserkräfte in den Hohen Tauern
Autor: Kocher, H.F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-56652

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: 10.12.2025

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

66. Jahrgang Nachdruck von Bild oder Text nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 4

Der Ausbau der Wasserkräfte in den Hohen Tauern

DK 621.311.21(436)

Von Obering. H. F. KOCHER, Zell am See (Salzburg)

(Fortsetzung von Seite 39)

b) Der AEG-Entwurf 1939/41 (Dezentralisierter Ausbau)

Die mit dem Ausbau der Tauernwasserkräfte betraute «Alpen-Elektrowerke A.-G.» in Wien (AEW) lehnte eine weitere Verfolgung des AEG-Entwurfes 1938 mit der Begründung ab, dass eine derart starke Konzentration von Energiequellen aus militärischen Erwägungen und auch betrieblichen Gründen unerwünscht sei. Statt dessen schlug sie — in Anlehnung an das erwähnte ÖKA-Projekt — die Ausnützung der Speicher nach örtlich auseinanderliegenden Kraftwerken vor, die untereinander durch Fernleitungen und durch eine über die Felber-Tauern (2540 m ü. M.) führende Nord-Süd-Uebertragungsleitung verbunden werden. In den Jahren 1939/41 arbeitete die AEG daher neue Vorschläge für einen dezentralisierten Ausbau mit einer Zusammenfassung auf der elektrischen Seite aus. Nach diesem Entwurf, der dann auch Gegenstand der wasserrechtlichen Verhandlungen war, wird ein Einzugsgebiet von rd. 1140 km² sechs Kraftwerkgruppen zugeordnet, von denen zwei nach der Salzach (Norden) und vier nach der Drau (Süden) arbeiten. Nachstehend werden die einzelnen Kraftwerkgruppen kurz beschrieben (Bilder 3 und 4 und Tabelle 4).

Kraftwerkgruppe I: Moserboden-Kaprun (im Bau)

Im Kaprunertal ist ein Zweistufen-Pumpspeicherwerk mit den Speichern Moserboden und Wasserfallboden geplant, wodurch das eigentliche Glocknergebiet im Ausmass von 124 km² krafttechnisch erschlossen wird. Die Nordseite des Glocknermassivs entwässert unmittelbar in den oberen Stauraum (Moserboden), während die Abflüsse der Süd- und Osthänge mit dem mächtigen Pasterzengletscher durch einen rd. 12 km langen Druckstollen herangeholt werden müssen. Der Moserboden wird durch zwei 80 bis 90 m hohe Mauern abgesperrt und dadurch bei einem Stauziel von 2025 m ü. M. ein nutzbarer Speicherraum von 63 Mio m³ gewonnen. Durch Abriegelung des rd. 350 m tiefer gelegenen Wassertalbodens mit einer rd. 120 m hohen Mauer (Limbergsperre) wird ein zweiter Speicher gewonnen, der einen Nutzinhalt von 80 Mio m³ hat. In den beiden Speichern können rd. 70 % des Sommerabflusses zurückgehalten und in Winterenergie verwandelt werden.

In der östlichen Moserbodensperre ist die Wasserfassung der Oberstufe, in der das Gefälle zwischen den zwei Speichern, d. s. 355 bis 380 m, ausgenützt wird, vorgesehen. Das Betriebswasser wird von hier durch einen 3,8 km langen Stollen am rechten Talhang zum Wasserschloss oberhalb der Limbergsperre und von da mittels eines 650 m langen Druckschachtes zu den Maschinen geleitet, die in den Hohlräumen der Limbergsperre untergebracht sind. Diese ist als aufgelöste Gewichtmauer (Rundkopf-Pfeilermauer) vorgesehen; sie soll zwei Maschinensätze erhalten, bestehend aus Motorgenerator zu je 50 000 kVA mit Gegendruck-Francisturbine und angebauter Pumpe für 8,5 m³/s und 380 m Förderhöhe zur Pumpspeicherung, ferner zwei Umspanner für je 50 000 kVA, die mit einer 100 kV-Doppelleitung mit der Freiluftschaltanlage in Kaprun verbunden sind.

Da die Höhenlage der Möllfassung durch die Gletscherzunge der Pasterze bestimmt wird, liegt sie rd. 40 m unter dem höchsten Stauziel des Moserboden-Speichers. In der Moserboden-Ostsperre ist daher ebenfalls eine Pumpanlage vorgesehen, um das Wasser der Möllzuleitung in den Druckstollen der Oberstufe zu pumpen.

Die Triebwasserleitung der Hauptstufe besteht aus dem am linken Talhang verlaufenden Stollen von 3,2 m l. W., in den der Zeferet- und Grubbach eingeleitet werden, dem rd. 600 m langen Schrägstollen zwischen Wasserschloss und Schieberkammer und den vier Rohrleitungen. Die Druckrohre werden offen verlegt und später wieder eingedeckt; im untersten Teil ist jeder Rohrstrang in einem Stollen verlegt und geht in zwei Verteilleitungen von 0,70 m l. W. über. Das Krafthaus ist am Ausgang der Sigmund Thunklamm, der untersten Steilstrecke der Kaprunerache, in die Moräneüberlagerung des linken Talhanges eingebaut und bis auf die talseitige Krafthauswand wieder eingeschüttet. Vorgesehen sind vier Maschinensätze mit waagrechter Welle, Generator von 50 000 kVA, 10 kV mit beiderseits fliegend angebauten eindüsigen Peltonrädern. Der Wasserablauf erfolgt durch kurze Stichkanäle in die Kaprunerache. Das verbleibende Gefälle der Kaprunerache bis zur Salzach beträgt noch rd. 24 m und geht bei der unverständlichen Anordnung des Krafthauses endgültig verloren. Der Verzicht auf die naturbedingte Unterteilung der Fallhöhe Wasserfallboden-Salzach wird hier mit einem dauernden Energieverlust von 14 Mio kWh pro Jahr bezahlt. Im Krafthaus befinden sich auch vier Transformatoren zu je 50 000 kVA, 10/100 kV, ferner zwei Eigenbedarfsmaschinen von je 300 kVA, 380 V, die durch eine Triebwasserleitung von der Sigmund Thunklamm her gespeist werden; die 100 kV-Freiluftschaltanlage ist auf dem höher gelegenen Talboden am rechten Ufer der Kaprunerache vorgesehen.

Kraftwerkgruppe II: Innergschlöss-Mittersill

Diese Kraftwerkgruppe, die ebenfalls nach der Salzach arbeitet, umfasst das Einzugsgebiet des Habaches, Hollers-, Felbertauern- und Ammerbaches im Gesamtausmass von 173,9 km², dem der Speicher Innergschlöss mit dem sehr stark vergletscherten Einzugsgebiet des Gschlössbaches zugeordnet ist. Diese Planung ist bedingt durch die ausserordentlich günstigen Geländeverhältnisse im oberen Tauerntal, die die Anlage von zwei grossen Speichern dicht an der Wasserscheide auf der Tauernsüdseite ermöglichen. Diese beiden Speicher Innergschlöss und Matreier Tauerntal können aus den eigenen Einzugsgebieten allein nicht gefüllt werden; es lag daher nahe, dem oberen Speicher die benachbarten Gebiete der Nordseite zuzuordnen, zumal die steilen Nordhänge der Hohen Tauern zwischen dem Krimmler- und Stubachtal keine Möglichkeit zur Anlage grösserer Speicher bieten.

Das Felbertal, ganz besonders aber das Habach- und das Hollersbachtal sind in ihrem oberen Teil durch Schwemmkegel und Bergstürze stark verschüttet. Die Anlage von betriebsicheren Wasserfassungen mit Tagesspeichern stösst hier auf grosse Schwierigkeiten. Aus diesem Grunde ist eine Zusammenfassung dieser Täler mit einer gemeinsamen Zuleitung zum Speicher Innergschlöss nicht möglich. Es ergibt sich daraus die Aufteilung der Kraftwerkgruppe II in vier Ober-, drei Mittel- und eine Unterstufe. Im einzelnen ist die Kraftausnützung wie folgt geplant (Daten siehe auch Bilder 3 und 4 und Tabelle 4):

a) Oberstufen

Kratzenbergsee-Weisseneck. Der bestehende Kratzenbergsee wird durch eine 25 m hohe Mauer gestaut und damit ein Speicherraum gewonnen, der durch einen Minimalstollen und eine Druckrohrleitung mit dem Kraftwerk Weisseneck in Verbindung steht. Da das Kraftwerk im Winter nicht zugänglich ist, soll der Speicher stets im Spätherbst ganz leergebraucht werden. Der maschinelle Ausbau ist entsprechend dem Gefälle von 280 bis 306 m und der kurzen Betriebszeit mit 11 000 kW vorgesehen.

Weisseneck-Freiwand. Durch einen geschütteten Steindamm von 27 m Höhe wird das Vorder-Moos eingestaut und ein Staubecken von 2,6 Mio m³ Nutzinhalt geschaffen, in das das Kraftwerk Weisseneck entwässert. Da das Becken nicht den ganzen Sommerabfluss aufnehmen kann, wird das Sommer-Ueberwasser zur Speicherung nach dem Speicher Innergschlöss geleitet. Ein 2,9 km langer Stollen und ein 100 m hoher gepanzerter Schacht führen zum Kraftwerk Freiwand, das neben der oberen Wasserschloss-Kammer der Stufe Innergschlöss-Hintersee angeordnet ist und in den Druckstollen dieser Stufe entwässert. Die Maschinenleistung ist entsprechend dem Gefälle von 114 m und einer Betriebswassermenge von 6,5 m³/s mit 6000 kW angenommen.

Innergschlöss-Hintersee ist in Verbindung mit dem Speicher Innergschlöss krafttechnisch die wichtigste Oberstufe. In ihr wird der Abfluss des die Osthänge des Gross-Venedigers bedeckenden Viltragen- und Schlattenkees, vermehrt um die Betriebswassermengen der vorstehenden zwei Oberstufen mit dem Gefälle zwischen dem Speicher

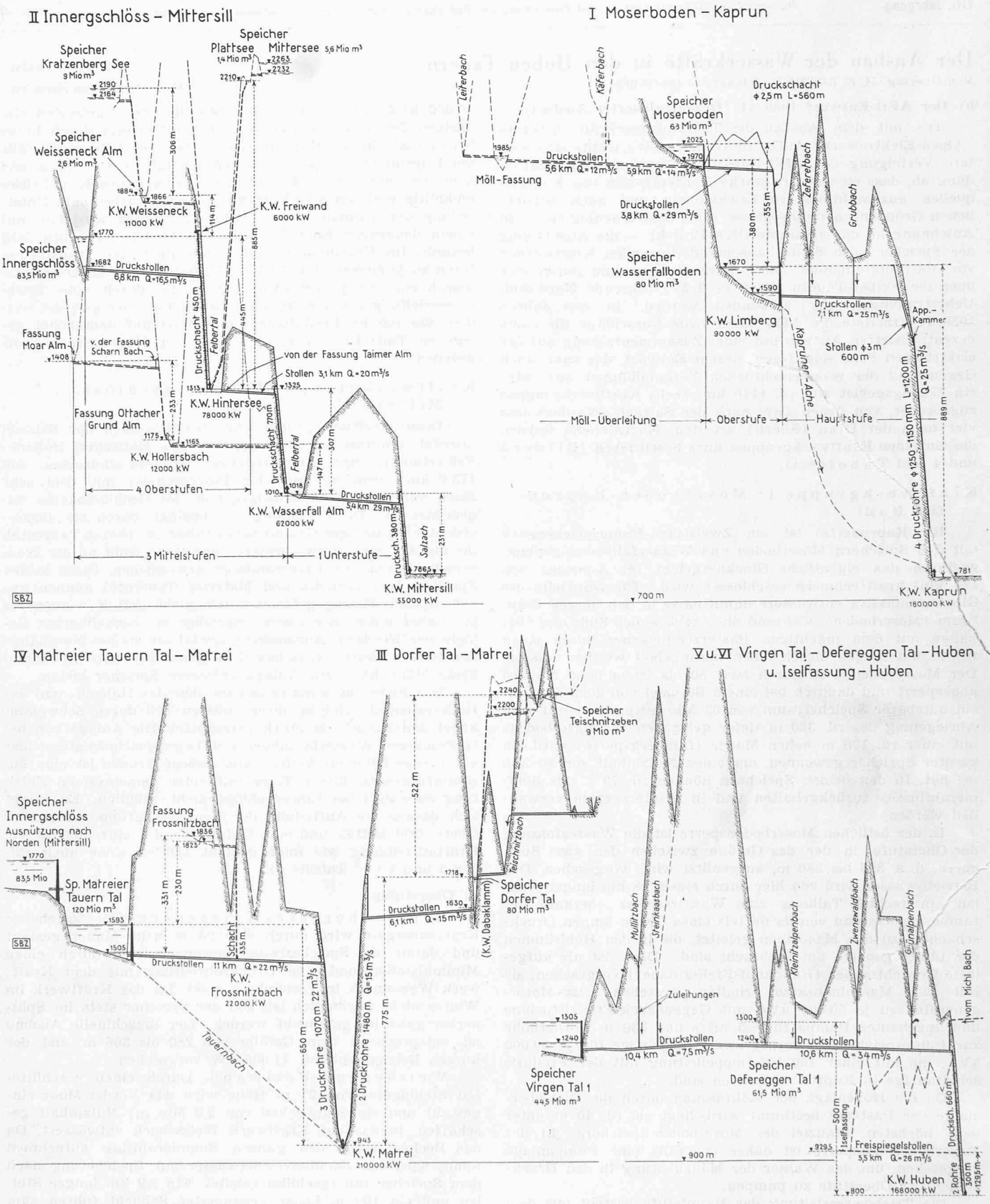


Bild 4. Längenprofile zu Bild 3; Masstab der Längen 1 : 300000, der Höhen 1 : 15000

Innergschlöss und dem Hintersee (357 bis 445 m) ausgenützt. Der Speicher Innergschlöss vermag in Verbindung mit den Speichern der zwei erwähnten Oberstufen fast den gesamten Sommerabfluss aufzunehmen, sodass in der Stufe Innergschlöss-Hintersee vornehmlich Winterenergie erzeugt wird.

Mittersee-Plattsee-Hintersee. Diese Stufe nützt das oberste, über 2000 m ü. M. gelegene Einzugsgebiet des Tauern- und Seebaches aus. Der bestehende Plattsee und Mittersee sollen durch eine 10 m hohe Mauer bzw. einen 35 m hohen geschütteten Damm aufgestaut werden. Beide Speicher werden durch einen Stollen untereinander verbunden und haben zusammen einen Nutzinhalt von 7 Mio m³. Beachtenswert ist das grosse Gefälle (865 bis 885 m) dieser als Winterspeicherwerk ausgebauten Stufe.

b) Mittelstufen

Hintersee-Wasserfallalm. Von den Mittelstufen ist diese die bedeutendste. Der wahrscheinlich durch eine alte Stirnmoräne des Felbertal-Gletschers entstandene Hintersee lässt sich mit verhältnismässig einfachen Mitteln

Ausbau der Wasserkräfte in den Hohen Tauern

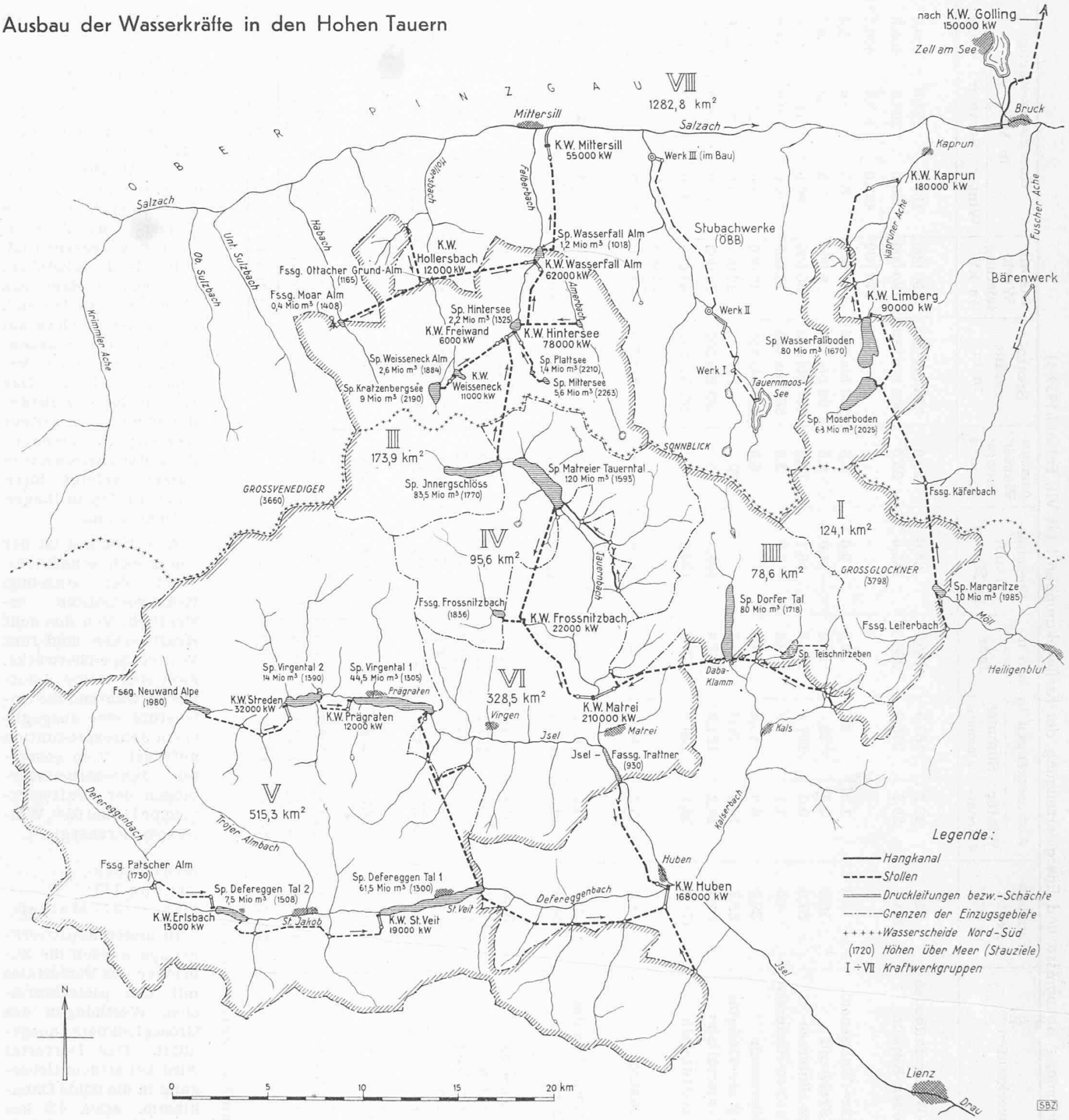


Bild 3. Plan der Anlagen gemäss dem vorläufig der Ausführung zu Grunde gelegten Projekt 1939/41. Masstab 1 : 300 000

um 10 bis 12 m aufstauen und damit ein Staubecken von 2,2 Mio m³ schaffen. Im Speicher Hintersee sammeln sich nicht nur die von den hohen Felswänden des Talabschlusses niederstürzenden Schmelzwässer, sondern wahrscheinlich auch ein ausgiebiger Grundwasserstrom, welcher die gewaltigen Schuttmassen am Fusse des Talkessels erfüllt. Ausser dem Abfluss aus dem Kraftwerk Hintersee wird auch der in der Taimer Alm gefasste Ammerbach mit einem 2,7 km langen Freispiegelstollen in den Speicher Hintersee geleitet. Das Wasserschloss des Kraftwerks Wasserfallalm liegt an der Nordflanke des Archenkogels.

Moaralm - Hollersbach. Eine betriebsichere Wasserfassung im Habachtal ist erst auf 1410 m ü. M. bei der Moaralm möglich. Hier kann mit einem rd. 10 m hohen Erddamm ein Tagesausgleichbecken von 400 000 m³ Inhalt geschaffen werden, in das die Zuleitungen aus dem Kesseltal und dem äussern und innern Schiefergraben münden. Ein 4,8 km langer Stollen führt ins Wasserschloss im Hollersbachtal, wo noch der Scharnbach und die Abflüsse des Watzfeldkees eingeleitet werden. Das Kraftwerk Hollersbach liegt knapp oberhalb der Ottacher-Grundalm.

Hollersbach-Wasserfallalm. Die Wasserfassungsmöglichkeiten im Hollersbachtal sind durch die geologischen Verhältnisse ebenfalls eng begrenzt. Es findet sich in dem stark verschütteten Tal nur oberhalb der Ottacher-Grundalm eine Fassungsstelle, bei der der gewachsene Fels wenigstens an einer Talflanke ansteht. Von hier wird der Hollersbach, vermehrt um den Abfluss aus dem Kraftwerk Hollersbach, mittels eines 5,6 km langen Freispiegelstollens ins Felbertal geleitet und im Kraftwerk Wasserfallalm verarbeitet.

c) Unterstufe

Wasserfallalm-Mittersill. In der Unterstufe werden die Zuflüsse aus den Restgebieten des Ammer- und Felberbaches und die Betriebswassermengen aus den Mittelstufen verwertet. Unter Ausnützung der Speicher der Ober- und Mittelstufen ergibt sich eine maximale Betriebswasser-

Tabelle 4. Einzugsgebiete, Abflussmengen, Speicherräume, Ausbaugrösse und Energieerzeugung der Kraftwerkgruppen I bis VII, Entwurf 1939/41

Kraftwerkgruppen	Kraftwerkstufen	Einzugsgebiet in km²	Abflussmengen in Mio m³ Winter 6 Monate	Sommer 6 Monate	Jahr	Speicherraum in Mio m³	Ausbau-Wassermenge in m³/s	Bruttogefälle in m	Install. Werkleistung in kW	Energieerzeugung in Mio kWh Winter	Sommer	Jahr
I *Moserboden-Kaprun*												
Oberstufe:	Moserboden-Wasserfallboden	95,6	22,2	158,5	180,7	63,0	29,0	355 bis 380	90 000	133,0	125,0	258,0 *)
Hauptstufe:	Wasserfallboden-Kaprun	124,1	30,7	205,9	236,6	143,0	25,0	809 bis 889	180 000	300,0	108,5	408,5
									270 000	433,0	233,5	666,5 *)
II *Innergschlöss-Mittersill*												
Oberstufen:	Kratzenbergsee-Weisseneck	5,3	1,2	8,7	9,9	9,0	4,5	280 bis 306	11 000	5,5	0,0	5,5
	Weisseneck-Freiwand	15,2	3,6	22,5	26,1	11,6	6,5	96 bis 114	6 000	3,5	2,5	6,0
	Innergschlöss-Hintersee	57,0	9,0	107,4	116,4	95,1	16,5	357 bis 445	60 000	86,0	11,0	97,0
	Mittersee-Plattsee-Hintersee	4,6	1,1	7,0	8,1	7,0	2,5	865 bis 885	18 000	14,0	0,0	14,0
Mittelstufen:	Moaralm-Hollersbach	38,0	9,0	45,8	54,8	—	6,5	229 bis 233	12 000	4,0	21,5	25,5
	Hollersbach-Wasserfallalm	68,7	16,5	78,6	95,1	—	10,0	147	12 000	5,0	23,0	28,0
	Hintersee-Wasserfallalm	93,4	18,2	154,2	172,4	104,3	20,0	295 bis 307	50 000	74,0	30,0	104,0
Unterstufe:	Wasserfallalm-Mittersill	173,9	38,4	239,9	278,3	105,5	29,0	223 bis 231	55 000	65,0	62,0	127,0
									224 000	257,0	150,0	407,0
III *Dorfertal-Matrei*	Dabaklamm-Matrei	78,6	15,2	86,8	102,0	80,0	15,0	687 bis 775	95 000	141,0	11,0	152,0
IV *Matreiertauerntal-Matrei*												
Oberstufe:	Mitteldorferalm-Schildalm	30,9	6,2	42,2	48,4	—	8,0	230 bis 331	22 000	3,5	23,0	26,5
Hauptstufe:	Schildalm-Matrei	95,6	20,5	125,9	146,4	120,0	22,0	562 bis 650	115 000	173,5	9,0	182,5
									137 000	177,0	32,0	209,0
V *Virgen-Defereggental-Huben*												
Oberstufen:	Neuwandalm-Streden	50,2	8,5	69,8	78,3	—	6,5	590	32 000	10,0	82,0	92,0
	Streden-Prägraten	144,0	22,4	197,2	219,6	14,0	17,5	35 bis 85	12 000	5,0	25,0	30,0
	Patscheralm-Erlsbach	78,0	19,5	62,4	81,9	—	7,0	222	13 000	9,0	29,0	38,0
	Erlsbach-St. Veit	136,6	33,5	123,4	156,9	7,5	11,0	170 bis 208	19 000	16,0	45,5	61,5
Hauptstufe:	St. Veit-Huben	515,3	107,5	545,7	653,2	127,5	34,0	440 bis 500	140 000	226,0	402,0	628,0
									216 000	266,0	583,5	849,5
VI *Iselstufe Matrei-Huben* (einschliesslich III und IV)	Trattner-Huben	328,5	78,1	258,6	336,7	200,0	26,0	129,5	28 000	72,0	15,0	87,0
VII *Salzachstufe Bruck-Golling*	Bruck/Fusch-Golling	1282,8	540,0	773,0	1313,0	—	40 bis 65,0	285	150 000	308,0	441,0	749,0
Kraftwerkgruppen I bis VI	zusammen	1141,8	254,7	1250,1	1504,8	—	—	—	970 000	1346,0	1025,0	2371,0
Kraftwerkgruppen I bis VII	zusammen	2017,2	542,1	1673,9	2216,0	—	—	—	1 120 000	1654,0	1466,0	3120,0

*) Davon aus Pumpspeicherbetrieb: Winter 73,0, Sommer 70,5, Jahr 143,5 Mio kWh

menge von 22 m³/s im Winter und 29 m³/s im Sommer, also eine ziemlich ausgeglichene Ausnützung der Triebwasserleitung und der Maschinensätze der Unterstufe. Von einem Tages- und Wochenendspeicher, der unterhalb des Zusammenflusses des Felber- und Ammerbaches vorgesehen ist, führt der Druckstollen, am rechten Hang des Felbertales verlaufend, zum Wasserschloss am Südhang des Salzachtales, oberhalb der Ortschaft Felben. Das Kraftwerk soll vollständig in den Berg verlegt werden; die Rückgabe des Unterwassers an die Salzach erfolgt durch einen rd. 900 m langen offenen Kanal.

Aus Tabelle 4 ist der energiewirtschaftliche Wert der einzelnen Kraftwerkstufen ersichtlich. Von den acht Kraftwerken sind fünf Winter-Speicherwerke, zwei sind reine Laufwerke, während die Unterstufe eine ausgeglichene Jahresproduktion aufweist. Vom gesamten Jahresarbeitsvermögen der Kraftwerkgruppe II sind 63% Winterspeicherenergie.

Kraftwerkgruppe III: Dorfertal-Matrei

In dieser Kraftwerkgruppe werden die Zubringer des Dorfertales mit den gletscherreichen Westhängen des Grossglockners ausgenützt. Das Dorfertal wird bei seinem Uebergang in die wilde Dabaklamm, etwa 4,5 km oberhalb der Ortschaft Kals, durch eine rd. 150 m hohe Bogenmauer abgesperrt und der flache Talboden bis zum Kalser-Tauernhaus eingestaut. Der Speicher Dorfertal kann den ganzen Sommerabfluss seiner Zubringer aufnehmen. Da das unterhalb der Dabaklamm beginnende Kalsertal für eine Triebwasserleitung recht ungünstige Verhältnisse aufweist, sind ein Stollen nach dem Tauerntal und zwei Rohrleitungen zum am südlichen Ausgang der Prosegg-Klamm gelegenen Kraftwerk

Matrei vorgesehen. Vom Arbeitsvermögen sind 93 % Winterspeicherenergie.

Diese Kraftwerkstufe liesse sich in Verbindung mit einer Oberstufe sehr gut zu einem zweistufigen Pumpspeicherwerk ausbauen. Mit einer rd. 50 m hohen Mauer könnte der Talboden von Teischnitzeben bis zur Pifanghütte eingestaut und nochmals ein Speicherraum von 9 Mio m³ gewonnen werden. Die Ausnützung des Speichers Teischnitzeben nach dem Speicher Dorfertal ergäbe eine zusätzliche Kraftstufe von 522 m Gefälle und einem Jahresarbeitsvermögen von rd. 13 Mio kWh.

Kraftwerkgruppe IV: Matreier-Tauerntal-Matrei

Aehnlich wie im Kaprunertal, erlauben die günstigen orographischen Verhältnisse auch im Matreier-Tauerntal die Anlage von zwei, knapp hintereinanderliegenden Gross-Speichern. Der obere Speicher Innergschlöss gehört, wie bereits ausgeführt, zur Kraftwerkgruppe II; der untere Speicher, Matreier-Tauerntal, wird der Kraftwerkgruppe IV zugeordnet und wie der Speicher Dorfertal im Kraftwerk Matrei verarbeitet. Der Speicher Matreier-Tauerntal ist der grösste Speicher des vorliegenden Entwurfes. Er hat eine Mauerhöhe von 110 m und einen nutzbaren Inhalt von 120 Mio m³. Ausser dem Tauernbach werden auch die unterhalb der Sperrstelle mündenden Zubringer Frossnitzbach, Landeck- und Petersbach einbezogen. Der Druckstollen verläuft am rechten Hang des Tauerntales und nimmt unterwegs den Frossnitzbach auf. Dessen stark vergletschertes Einzugsgebiet macht ein grösseres Tagesausgleichbecken erforderlich. Ein solches kann erst bei der Mitteldorferalm auf 1820 m ü. M. angelegt werden. Um das Gefälle auszunützen, wird der Frossnitzbach mit einem 1835 m langen Stollen und einem Schacht von 335 m Höhe zu einem, im Berginnern über dem Druckstollen der Hauptstufe vorgesehenen Kraftwerk geleitet.

Die gesamte Energieerzeugung im Kraftwerk Matrei aus den Kraftwerkgruppen III und IV ergibt sich nach Tabelle 4 zu 361 Mio kWh, wovon 318 Mio kWh oder 88 % Winter-Speicherenergie sind. Dabei ist die zusätzliche Stufe Teischnitzeben-Dorfertal mit 13 Mio kWh nicht berücksichtigt.

Kraftwerkgruppe V: Virgen-Defereggen-tal-Huben

Diese Kraftwerkgruppe umfasst die obersten Einzugsgebiete der Isel und des Defereggenbaches, d. h. das Virgen- bzw. Defereggental. Die Abflussmengen aus diesen Gebieten, die rd. 500 km² gross sind, betragen im Winter 107,5 Mio m³, im Sommer 545,7 Mio m³. Es steht dieser Kraftwerkgruppe also eine Betriebswassermenge zur Verfügung, die fast so gross ist wie diejenige der Kraftwerkgruppen I—IV zusammen; doch fehlen hier die erforderlichen Speicherräume. Ferner liegen die hier möglichen Stauräume bedeutend tiefer als bei den anderen Kraftwerkgruppen (1300 m ü. M.), was im Arbeitsvermögen selbst und im Verhältnis der Winter- zur Sommerenergie zum Ausdruck kommt. Sowohl im Virgen-, wie auch im Defereggental besteht die Möglichkeit, je einen grösseren und einen kleineren Speicher zu erstellen; diese vier Speicher haben zusammen aber nur einen Nutzinhalt von 127,5 Mio m³, sodass der grösste Teil der erzeugten Energie als Sommer-Laufkraft anfällt. Es war deshalb ursprünglich geplant, die Abflüsse aus dem oberen Virgental mit einem 8 km langen Stollen durch das Venedigermassiv nach Norden einem Speicher im Krimmlertal zuzuleiten und nach der Salzach abzuleiten. Dieser geplante Speicher — der grösste und geologisch günstigste Speicher des Tauerngebietes — musste aber infolge übertriebener Forderungen des Naturschutzes fallen gelassen werden, wodurch rd. 550 Mio kWh Winter-Speicherenergie verloren gehen.

Knapp unterhalb des Weilers Bobojach, wo sich das Virgental klammartig verengt, soll die Isel durch eine 110 m hohe Sperre zum Speicher Virgental 1 aufgestaut werden. Eine weitere Speichermöglichkeit ist bei der Ortschaft Hinterbichl gegeben. Hier kann durch eine rd. 70 m hohe Sperre der Speicher Virgental 2 geschaffen werden. Der Defereggenbach kann unterhalb der Ortschaft St. Veit durch eine rd. 90 m hohe Sperre zum Speicher Defereggental 1 aufgestaut werden. Ungefähr 14 km talaufwärts könnte der Speicher Defereggental 2 (Sperrenhöhe rd. 70 m) angelegt werden. Die Ausnützung des Speichers Virgental 1 nach dem Kraftwerk Matrei musste wegen der für die Anlage eines Druckstollens ungünstigen geologischen Verhältnisse im unteren Virgental fallen gelassen werden. Die Speicher Virgental 1 und Defereggental 1 sind daher zu einem gemeinsamen Speicherraum gekuppelt, der durch das Defereggental nach Huben entwässert wird. Der Druckstollen am rechten Talhang des Defereggenbaches nimmt unterwegs noch vier Zubringer auf. Vom Wasserschloss aus führt ein rd. 660 m langer Druckschacht zum Kraftwerk Huben. Sowohl im Virgen-, als auch im Defereggental ist noch je eine Oberstufe zur restlosen Ausnützung der Bachgefälle im Kraftwerk Streden bzw. Erlsbach vorgesehen. Von der gesamten Jahreserzeugung aller Stufen der Kraftwerkgruppe V fallen 31,3 % im Winter an.

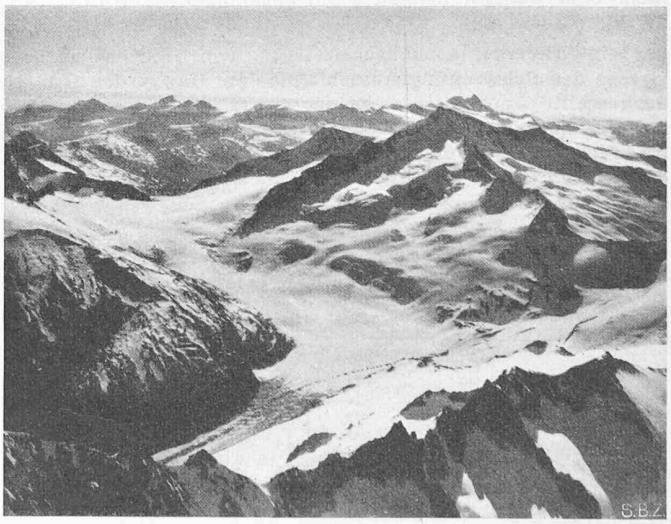
Kraftwerkgruppe VI: Iselstufe Trattner-Huben

Diese Kraftwerkstufe ist ein Laufwerk, in dem einmal die Betriebswassermengen der Kraftwerkgruppen III und IV, die nach dem Verlassen des Kraftwerks Matrei in einem Ausgleichbecken wieder auf 24stündigen Abfluss verteilt werden, ferner die Abflussmengen der restlichen Einzugsgebiete der Isel und des Tauernbaches bis zur Wasserfassung beim Trattner und das Gefälle der Isel bis zur Ortschaft Huben ausgenützt werden. Der Ausbau dieser Stufe ist trotz des relativ geringen Gefälles von 130 m wirtschaftlich, weil sich die Speicherräume von 200 Mio m³ hier auswirken. Vom Jahresarbeitsvermögen fallen 83 % im Winter an. Die Wasserfassung ist bei der Oertlichkeit Trattner, rd. 3 km südlich Matrei, nach dem Zusammenfluss der Isel und des Tauernbaches vorgesehen. Durch eine Stauanlage von rd. 30 m Breite wird die Isel auf Kote 929,5 m ü. M. gestaut. Die Triebwasserleitung ist auf eine Länge von 450 m als offener Kanal vorgesehen, der dann in einen 5,5 km langen Freispiegelstollen übergeht. Das Wasserschloss befindet sich am Südhang des Blöseck oberhalb der Ortschaft Huben. Von hier führen zwei offen verlegte Rohrleitungen zu dem mit der Kraftwerkgruppe V gemeinsamen Kraftwerk Huben. Die maschinelle Leistung ist mit 28 000 kW angenommen, sodass die gesamte im Kraftwerk Huben installierte Leistung 168 000 kW beträgt.

Gemäss Tabelle 4 wird mit den vorstehend beschriebenen Kraftwerkgruppen I—VI ein Einzugsgebiet von 1142 km² mit einem Jahresabfluss von 1505 Mio m³ in 19 Kraftwerkstufen mit einer maschinellen Ausbauleistung von 970 000 kW ausgenützt. Das gesamte Arbeitsvermögen beträgt 2371 Mio kWh, davon sind 1346 Mio kWh oder 56,8 % Winter-Speicherenergie.

Kraftwerkgruppe VII: Salzachstufe Bruck-Golling

Um einen Vergleich mit dem Entwurf 1938 zu ermöglichen, soll auch hier die Energieerzeugung in der Salzachstufe Bruck-Golling berücksichtigt werden. Das restliche Einzugsgebiet der Salzach bis zur Wasserfassung bei Bruck beträgt 985 km² und der Abfluss aus diesem Gebiet 263,4 Mio m³ im Winter und 909,6 Mio m³ im Sommer. Mit den aus den Kraftwerkgruppen I und II kommenden Betriebswassermengen beträgt der Gesamtabfluss im Winter 581



Venediger-Gruppe aus Westen, rechts darüber am Horizont der Grossglockner. Links im Vordergrund das Obersulzbachtal (siehe Bild 3, Seite 49) Phot. W. Mittelholzer †

Mio m³, im Sommer 1107 Mio m³, im Jahr 1688 Mio m³. Wird die Ausbauwassermenge des Kraftwerkes Golling mit 65 m³/s begrenzt, so ergibt sich eine Energieerzeugung von 308 Mio kWh im Winter, 441 Mio kWh im Sommer und 749 Mio kWh im Jahr.

Nach dem Entwurf 1939/41 wird ein Einzugsgebiet von 2017 km² in 20 Kraftwerkstufen ausgenützt und bei einer Ausbauleistung von 1,12 Mio kW ein Arbeitsvermögen von 3,12 Milliarden kWh erzielt, wobei 1,654 Milliarden kWh, d. s. 53 % als Winterenergie anfallen (s. Tabelle 4). (Schluss folgt)

Zuordnung von Drehzahlen umlaufender Rotoren

Von A. ROMANOWSKI, Wöhler-Institut, Braunschweig

DK 621-253

Experimentelle Untersuchungen

1. Vorbemerkung

In einem früheren Aufsatz hat O. Föppl die Eigenschwingungszahlen einer umlaufenden, mit einer Schwungmasse besetzten Wellen unter dem Einfluss von Kreiselmomenten behandelt, die durch Schrägstellung der Schwungmasse beim Umlauf hervorgerufen werden[1]). Zur Bestätigung der theoretisch gewonnenen Ergebnisse hat der Verfasser eine Reihe praktischer Versuche durchgeführt[2]).

2. Versuchseinrichtung

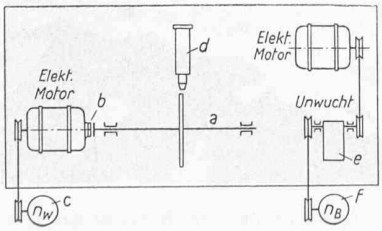
Die Eigenschwingungszahlen, die einer beliebigen Wellendrehzahl zugeordnet sind, werden durch eine periodische Kraft von aussen her erregt. Neben die mit einer Schwungscheibe besetzte Welle wurde auf ein gemeinsames Fundament eine umlaufende Unwucht e (Bild 2) gesetzt, die, durch einen Elektromotor angetrieben, periodisch veränderliche Massenkräfte mit der erforderlichen Stärke und Frequenz auf die Wellenlager übertragen konnte. Die Grösse des Schwingungsausschlages der Welle und damit die gute Messbarkeit der auftretenden Schwingungen ersten und zweiten Grades hängt von den Massenkräften ab. Um diese Kräfte gut auf die Versuchsanordnung zu übertragen, wurden Versuchsanordnung und Erregervorrichtung auf ein möglichst starres Fundament gesetzt.

In Bild 1 ist die Versuchseinrichtung für den Fall, dass die Schwungmasse symmetrisch zwischen den Lagern auf der Welle sitzt, schematisch dargestellt, während Bild 2 die gleiche Vorrichtung mit der Schwungmasse auf dem überstehenden Ende der Welle zeigt. Die Welle a, die in Pendelkugellagern läuft, wird durch einen Elektromotor über eine Gummikupplung b angetrieben. Die zur Erregung der Schwingung benötigte Unwucht besteht aus einem Gewicht e, das exzentrisch auf eine Achse aufgekeilt ist und durch einen Elektromotor über einen Riemenantrieb in rotierende Bewegung versetzt wird. Die Wellen- und die Unwuchtdrehzahlen werden durch zwei Drehzahlmesser c und f festgestellt, die nach den Vorversuchen zur Verhütung von Beschädigungen vom eigentlichen Versuchsfundament heruntergenommen werden mussten. Zur Beobachtung der Schwingungsausschläge wurde ein kleines Messmikroskop d mit einer Masstabskala im Okular benutzt, das auf den gut beleuchteten Rand der Schwungscheibe eingestellt war. Im Ruhezustand oder bei langsamen Umdrehungen der Welle erschien der Scheibenrand als Strich; er zog sich im Gebiet der Eigenschwingungszahl zu einem mehr oder weniger breiten Band auseinander.

In Vorversuchen wurde festgestellt, dass die Richtung der einwirkenden periodischen Kraft von Einfluss auf die Grösse des Schwingungsausschlages ist. Die in den Bildern dargestellte Anordnung der Unwucht ergab den für die Versuche günstigsten, grössten Schwingungsausschlag. Durch Auswechseln der Unwuchtgewichte konnte der Maximalwert der Kraft bei den verschiedenen Unwuchtdrehzahlen in der erforderlichen Grenze von 200 bis 600 kg gehalten werden.

[1]) SBZ 1948, Nr. 3, S. 31. Siehe auch *O. Föppl:* Mitt. d. Wöhler-Instituts, Heft 40.

[2]) S. auch *A. Romanowski:* Dissertation, Verlag Fr. Vieweg, Braunschweig, 1948.



Legende zu Bild 1 und 2:
a Welle
b Gummikupplung
c Drehzahlmesser
d Mikroskop
e Unwucht
f Drehzahlmesser

Bild 1. Versuchseinrichtung mit symmetrisch angeordneter Schwungmasse

3. Symmetrische Lagerung der Schwungmasse

Für die Untersuchung dieser Anordnung wurde eine Welle aus Leichtmetall «Lautal» mit einem Durchmesser $d = 6{,}5$ mm und einer Stützweite $l = 320$ mm benutzt. Die Lagerstellen waren auf einen Durchmesser von 10 mm verstärkt. Die Schwungmasse war als Scheibe mit einem Durchmesser $D = 260$ mm, einer Breite $B_1 = 2{,}5$ mm und einer Nabenbreite $B_2 = 15$ mm ausgebildet. Die Scheibe wurde mit Pressitz auf die Welle gebracht. Bei der Berechnung der Eigenschwingungszahlen wurde die Länge des Wellenstückes in der Nabe, unter der Annahme, dass Welle und Scheibe als ein Stück betrachtet werden können, auf den Wellendurchmesser $d = 6{,}5$ mm reduziert. Die reduzierte Länge dieses Wellenstückes war kleiner als 0,001 mm und wurde vernachlässigt. Der Berechnung wurde deshalb die Messlänge $l_{red} = 305$ mm zu Grunde gelegt. Wie sich später herausstellte, erhielt man mit dieser Reduzierung Ergebnisse, die den beim Versuch wirklich vorherrschenden Verhältnissen sehr nahe kamen.

In der Praxis wird die versteifende Wirkung der Scheibennabe auf die Welle häufig unberücksichtigt gelassen. C. Biezeno und R. Grammel berücksichtigen sie mit der Maxwellschen Einflusszahl α[3]). Die Berechnung der Eigenschwingungszahlen für die Biege- und die Taumelschwingung der nicht umlaufenden Welle ergab bei einer Schwungscheibenmasse $m = 1{,}1/981$ kg s²/cm und einem axialen Massenträgheitsmoment $\Theta_y = 0{,}0449174$ cm kg s²:

$$n_1 = 945 \text{ 1/min und } n_2 = n_{B_0} = 2295 \text{ 1/min}$$

Bei den nachfolgenden praktischen Untersuchungen wurden folgende Werte ermittelt:

$$n_1 = 930 \text{ 1/min und } n_2 = n_{B_0} = 2300 \text{ 1/min}$$

Die Eigenschwingungszahl n_1 für die Biegeschwingung wurde als kritische Drehzahl und n_2 für die Taumelschwingung bei nicht umlaufender Welle durch Erregung mittels Unwucht festgestellt. Der grösste Schwingungsausschlag am Scheibenrand betrug im zweiten Falle $\pm$ 0,45 mm.

Bei Drehzahlen der Welle bis 100 1/min konnten sowohl Gleichlauf- wie auch Gegenlaufschwingungen einwandfrei festgestellt werden (Bild 3). In diesem Gebiet stellten sich stets zwei Maximalwerte ein, von denen der erste, mit Ausnahme des Gegenlaufs bei $n_W = 50$ 1/min stets tiefer und der zweite stets höher lag als n_{B_0}.

Die Untersuchung der Eigenschwingungszahlen n_B für den Gleichlauf wurde bei Wellendrehzahlen $n_W = 50$, 85,

[3]) *C. Biezeno* und *R. Grammel:* Techn. Dynamik, 1939, S. 776.

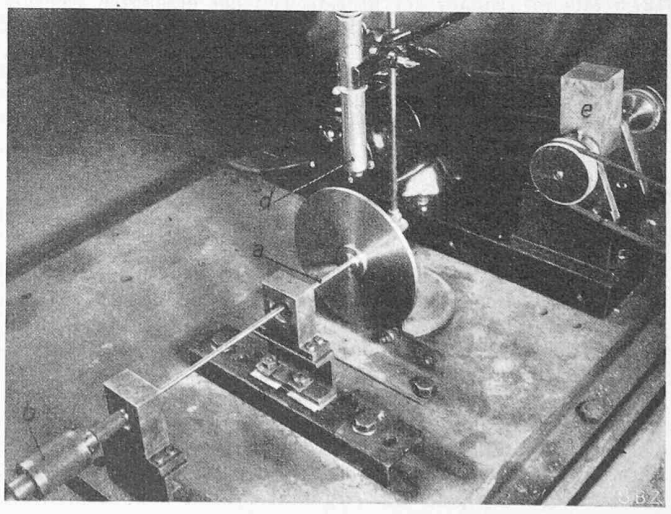


Bild 2. Versuchseinrichtung mit Schwungmasse auf dem überstehenden Wellenende