

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 66 (1948)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Der Ausbau der Wasserkräfte in den Hohen Tauern  
**Autor:** Kocher, H.F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-56659>

### **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:** 09.01.2026

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

Konstruktion so ausgeführt, dass sich die Maschine bei Durchmesseränderungen (Verjüngung der Leitung) selbsttätig einstellt. Acht Räderpaare zentrieren die Maschine automatisch im Rohr. Um das gleichzeitige Arbeiten von mehreren Maschinen zu ermöglichen, ist die zentrische Hauptwelle hohl, so dass die Maschinen an der gleichen Welle hintereinander gekuppelt werden können. Auch hier wird der Vorschub automatisch reguliert. Die geringe Baulänge ermöglicht das Durchfahren von Bogen bis zu  $45^\circ$  (Bild 9).

Mit einer solchen Maschine wurde die Robbia-Leitung der Kraftwerke Brusio A.-G., Poschiavo, gereinigt. Ihre Hauptdaten sind: Länge 1544 m; Durchmesser (von oben nach unten) 850, 800, 750, 700 mm; Material, teilweise geschweisstes, teilweise genietetes Stahlblech mit starken Ueberlappungen; Befund, sehr dichte Rostwarzen von 10 bis 20 mm Höhe, vereinzelt noch mehr, dazwischen vereinzelter Rostfrass (Bild 10). Druckverlust bei voller Belastung vor der Reinigung 12,1 %. Die Leitung wurde in 65 Tagen gereinigt und eine glatte und blanke Oberfläche erreicht (Bild 11). Der Druckrückgewinn beträgt nach Mitteilung des Werkes bei voller Belastung rd. 6 % des Nettogefälles, d. h. der durch das Verrosten der Leitung entstandene Druckverlust wurde praktisch zurückgewonnen.

Zum Anbringen des Schutzanstriches, der bei der Robbia-Leitung noch von Hand ausgeführt wurde, ist ein dritter Maschinentyp entwickelt worden, so dass nunmehr auch diese Arbeit maschinell ausgeführt werden kann.

#### 5. Zur Wahl des Maschinentyps

Die Wahl des zu verwendenden Maschinentyps hängt weitgehend von der Dicke und den physikalischen Eigenschaften des Belages ab. Für harte Beläge eignen sich schnelllaufende Maschinen, die in zwei oder drei Arbeitsgängen schichtweise fräsen. Man kann auch mehrere Maschinen hintereinander hängen. Hierbei werden die wasserangetriebenen Maschinen in den Fällen vorgezogen, wo die abgefrästen Belagmengen so gross sind, dass sie vom Betriebswasser weggeführt werden müssen, ohne das Rohr zu verstopfen. Mitbestimmend sind ausserdem Länge und Gefälle der Leitung und die Art der Verlegung über oder im Boden, sowie die Anordnung der Schieber, Expansionen, Mannlöcher usw.

Bei Leitungen, die nur kurzfristig unterbrochen werden können (Wasserversorgungen, Kanalisationen, Industrieanlagen usw.), kann die Arbeitszeit den jeweiligen Betriebsbedingungen weitgehend angepasst werden, so dass auch in diesen Fällen eine Reinigung durchgeführt werden kann. So können solche Leitungen z. B. für die unbedingt nötige Wasserversorgung der Konsumenten während der Reinigungszeit täglich für einige Stunden freigegeben werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es heute möglich ist, jede Rohrleitung von 100 bis 2000 mm Durchmesser maschinell zu reinigen und damit den durch Verrostung oder Inkrustierungen jeder Art verursachten Druckverlust oder Rückgang der Durchflussmenge weitgehend zurückzugewinnen. Bedenkt man die Kosten, die z. B. beim Bau von Hochdruck-Wasserkraftwerken für die Verminderung der Druckverluste der Gesamtanlage und für die Erhöhung ihres Wir-

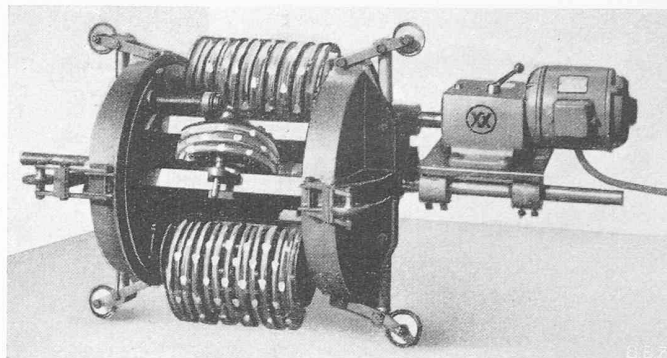


Bild 8. Entrostungsmaschine mit elektrischem Antrieb, besonders geeignet für die Reinigung grosser Druckrohre

kungsgrades aufgewendet werden, dann sollte die periodische Revision der Druckleitungen heute im Rahmen der Aufwendungen für Unterhalt und Verbesserungen den gebührenden Platz finden.

Ebenso wichtig ist die maschinelle Reinigung für Leitungen von kleinen Durchmessern, bei denen die bis heute angewendeten Methoden versagten. Es wird jetzt in vielen Fällen möglich sein, teure Anlagen, die bisher mangels geeigneter Reinigungsmöglichkeiten nur noch beschränkt betriebsfähig waren, wieder zur vollen Leistungsfähigkeit zurückzuführen.

## Der Ausbau der Wasserkräfte in den Hohen Tauern

DK 621.311.21(436)

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

(Schluss von Seite 52)

### 5. Anlage-, Jahres- und Gestehungskosten

In Tabelle 5 sind die Anlagekosten, die Jahreskosten und die Energie-Gestehungskosten für die einzelnen Kraftwerkgruppen des in Ausführung begriffenen Entwurfes 1939/41 zusammengestellt. Vergleichsweise sind auch die entsprechenden Kosten für den Entwurf 1938 angegeben. Die Kosten der Kraftwerkstufe Bruck-Golling, für welche die Projektunterlagen nicht ausreichend vorliegen, sind dabei nicht berücksichtigt. Nachdem die Kosten dieser Stufe bei beiden Entwürfen ziemlich gleich sein dürften, wird der Kostenvergleich dadurch nicht oder nur unwesentlich beeinflusst.

a) Anlagekosten. Die Ermittlung der Baukosten erfolgte auf Grund der beim Bau der Kapruner-Hauptstufe abgeschlossenen Vertrags- und Einheitspreise, d. h. der Vorkriegsperiode 1939. Dabei sind die Aufwendungen für die baulichen Teile und die maschinelle Ausrüstung an Hand der Entwurfsunterlagen berechnet, während die Kosten für die Nebenarbeiten zur Erschliessung der Baustellen (Bahn- und Strassenbauten, Baustromversorgung, Barackenlager für Belegschaft, Magazin- und Werkstättenbauten usw.) entsprechend den örtlichen Verhältnissen ermittelt wurden. Die all-

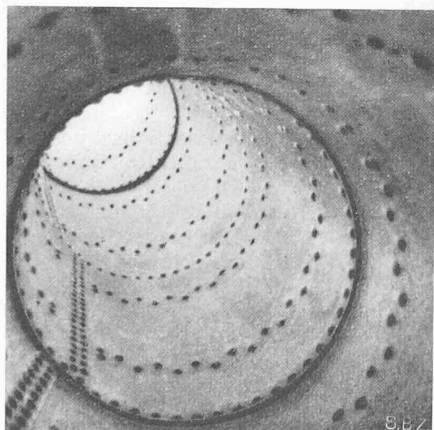


Bild 9. Bogenstück von 800 mm I. W. nach erfolgter Entrostung und Oberflächenbehandlung

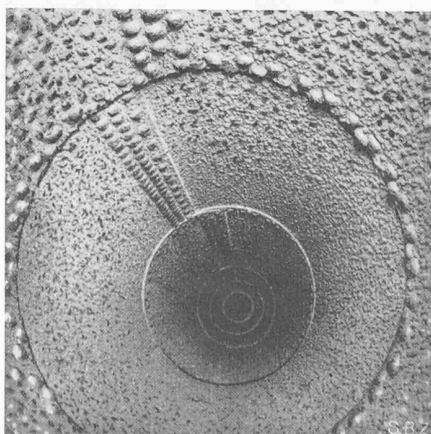


Bild 10. Zustand vor der Reinigung; dichte Rostwarzen von 20 mm Höhe und mehr

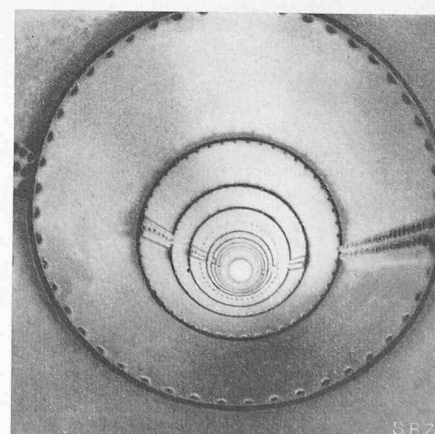


Bild 11. Zustand nach der Reinigung. Das Rohr mit Nieten und Ueberlappungen ist vollkommen glatt

Robbialeitung der Kraftwerke Brusio A.-G., Poschiavo

gemeinen Unkosten (Bauzinsen, Planungs- und Bauleitungskosten, Entschädigungen für Grunderwerb, Ablösungen und Unvorhergesehenes) wurden dagegen an Hand von Erfahrungswerten geschätzt. Die Kostenermittlung, die alle Anlageteile bis zu den abgehenden Fern- bzw. Verbindungsleitungen erfasst, ist im Hinblick auf die z. T. nur generell gehaltenen Unterlagen sehr vorsichtig durchgeführt; insbesondere wurden alle grossen Bauwerke wie Talsperren, Druckstollen und Schächte mit reichlichen Zuschlägen versehen.

b) **Jahreskosten.** Nachdem die für den Betrieb massgeblichen Verhältnisse bei den einzelnen Kraftwerkgruppen recht verschieden sind, wurden die Jahreskosten auch im einzelnen berechnet. Sie enthalten ausser der Kapitalverzinsung und Amortisation die Rücklagen zur Anlageerneuerung, die Aufwendungen für den laufenden Unterhalt, die Kosten der Verwaltung und Betriebsführung, sowie die Steuern und Abgaben. Sie schwanken für die einzelnen Kraftwerkgruppen des Entwurfes 1939/41 zwischen 6,3 und 8,3 % und betragen im Mittel 6,8 %, beim Entwurf 1938 dagegen nur 6,3 % der gesamten Anlagekosten. Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Jahreskosten des Entwurfes 1939/41 verhältnismässig grösser sind als diejenigen des Entwurfes 1938, weil der Anteil der Verwaltungs- und Betriebskosten bei nur zwei Kraftwerken erheblich geringer ist als bei 19 zum Teil weit auseinanderliegenden Kraftwerken. Das Bild wird sich aber noch weiter zugunsten des Entwurfes 1938 verschieben, wenn auch die Bau- und Betriebskosten der Fernleitungen in Betracht gezogen werden. Während beim Entwurf 1938 nur eine kurze Verbindungsleitung zwischen Kraftwerk 1 und 2 vorzusehen ist, erfordert der Entwurf 1939/41 ausser der für grosse Leistungen auszubauenden Süd-Nord-Hauptleitung (Huben-Matrei-Felbertauernpass-Mittersill) noch eine Anzahl sekundärer Leitungen zur Verbindung der Kraftwerke untereinander, die im Hochgebirge nicht nur hohe Anlagekosten, sondern auch erhebliche Instandhaltungskosten verlangen.

c) **Die Energie - Gestehungskosten** sind ausgewiesen einmal pro kWh erzeugter Energie (Jahresdurchschnitt) und dann pro kWh Winterenergie. Nachdem der An-

teil der Winterenergie in den einzelnen Kraftwerkgruppen sehr verschieden ist, gibt der Jahresdurchschnitt keinen richtigen Bewertungsmaassstab; erst der Gestehungspreis pro kWh Winterenergie, wobei die anfallende zwölfstündige Sommerenergie mit 1 Pfg./kWh eingesetzt und von den Jahreskosten abgesetzt wurde, erlaubt einen Vergleich der Kraftwerkgruppen untereinander, sowie der zwei Entwürfe mit hydraulischer bzw. elektrischer Kupplung der Einzugsgebiete. Es zeigt sich, dass die Kraftwerkgruppe I krafttechnisch die günstigste und auch die wirtschaftlichste ist. Etwas höhere Gestehungskosten ergeben sich für die Kraftwerkgruppe III, dann folgen die Gruppen V und IV und schliesslich als unwirtschaftlichste die Gruppe II. Mit diesen Gruppen nicht direkt vergleichbar ist die Isel-Laufwerkstufe Trattner-Huben, welche die Vorteile der grossen Speicher der Gruppen III und IV ausnützt, aber kostenmässig nicht damit belastet ist. Daher sind hier die Gestehungskosten im Jahresdurchschnitt ungefähr gleich denen der Gruppe V, während sie für die Winterenergie weitaus geringer sind als bei allen anderen Gruppen. Berechnet man die Gestehungskosten der Gruppen III, IV und VI zusammen, so erhält man im Jahresdurchschnitt 3,42 Pfg./kWh und für die Winterenergie 3,77 Pfg./kWh (d. h. etwas mehr als für die energiewirtschaftlich beste Gruppe I). Die Gestehungskosten nach dem Entwurf 1938 sind trotz der bedeutend grösseren baulichen Aufwendungen im Jahresdurchschnitt unwesentlich höher, die der Winterenergie dagegen geringer als diejenigen aller sechs Gruppen des Entwurfes 1939/41 zusammen. Berücksichtigt man weiter das bereits früher Gesagte über das weitverzweigte Hochspannungsnetz des Entwurfes 1939/41, so spricht das wiederum zugunsten des Entwurfes 1938.

#### 6. Vor- und Nachteile der Entwürfe 1938 und 1939/41

Beim Ausbau der Wasserkräfte in den Alpen ist die Aufgabenstellung nur in seltenen Fällen so eindeutig, dass nicht verschiedene Lösungen möglich wären. Immer werden jedoch die örtlichen Verhältnisse die Planung in gewissen Grenzen bestimmend beeinflussen. Selbst die Wertigkeit einer Wasserkraftanlage, gegeben durch Anlagekosten und Energiepro-

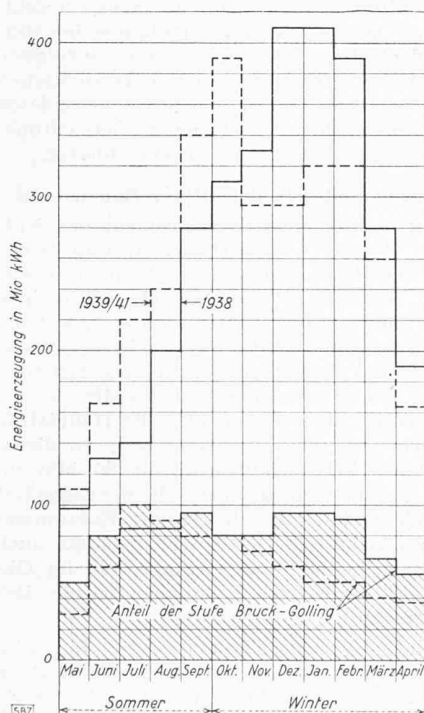


Bild 5. Vergleich der Energie-Erzeugung beider Entwürfe, einschliesslich der Stufe Bruck-Golling

<b>Entwurf 1938:</b>	
Sommer . . .	848 Mio kWh = 26,7%
Winter . . .	2322 Mio kWh = 73,3%
Jahr . . .	3170 Mio kWh = 100,0%
<b>Entwurf 1939/41:</b>	
Sommer . . .	1466 Mio kWh = 47,0%
Winter . . .	1654 Mio kWh = 53,0%
Jahr . . .	3120 Mio kWh = 100,0%

Tabelle 5. Anlage- und Jahreskosten, Energiemengen und -Gestehungskosten ohne die Stufe VII, Bruck-Golling

	Entwurf 1939/41 Kraftwerkgruppen							Entwurf 1938
	I	II	III	IV	V	VI	Total	Werke 1 und 2
<b>Anlagekosten in Mio RM:</b>								
Nebenarbeiten <sup>1)</sup> . . . . .	21,0	20,7	6,3	10,9	28,9	1,4	89,2	100,0
Hauptarbeiten, baulicher Teil	149,4	125,1	45,0	78,5	138,2	12,7	548,9	700,0
Hauptarbeiten, mechan.-elektrischer Teil <sup>2)</sup> . . . . .	19,0	18,2	6,3	9,4	16,3	2,1	71,3	60,0
Allgemeine Unkosten . . .	65,0	58,2	19,8	33,8	66,4	6,8	250,6	280,0
<b>Zusammen</b>	<b>254,4</b>	<b>222,2</b>	<b>77,4</b>	<b>132,6</b>	<b>249,8</b>	<b>23,0</b>	<b>960,0</b>	<b>1140,0</b>
<b>Jahreskosten in Mio RM:</b>								
Verzinsung und Amortisation	12,75	11,10	3,87	6,63	12,49	1,15	48,00	57,00
Rücklagen für Erneuerungen	0,87	0,77	0,27	0,45	0,78	0,10	3,24	3,42
Unterhaltskosten . . . . .	0,79	0,71	0,26	0,39	0,71	0,09	2,95	3,18
Verwaltungs-, Betriebskosten, Steuern, Abgaben und Unvorhergesehenes . . . . .	2,19	3,21	0,70	0,83	3,62	0,56	11,11	7,80
<b>Zusammen<sup>3)</sup></b>	<b>16,60</b>	<b>15,79</b>	<b>5,10</b>	<b>8,30</b>	<b>17,60</b>	<b>1,90</b>	<b>65,30</b>	<b>71,40</b>
<b>Energieerzeugung, Mio kWh:</b>								
Im Winter . . . . .	433,0	257,0	141,0	177,0	266,0	72,0	1346,0	1760,5
Im Sommer . . . . .	233,5	150,0	11,0	32,0	583,5	15,0	1025,0	447,5
Im Jahr . . . . .	<b>666,5</b>	<b>407,0</b>	<b>152,0</b>	<b>209,0</b>	<b>849,5</b>	<b>87,0</b>	<b>2371,0</b>	<b>2208,0</b>
<b>Energie-Gestehungskosten:</b>								
Jahresdurchschnitt Pfg/kWh	2,49	3,88	3,35	3,97	2,07	2,18	2,76	3,23
Winter-Speicherenergie Pfg/kWh <sup>4)</sup> . . . . .	3,29	5,56	3,54	4,51	4,43	2,43	4,09	3,80

<sup>1)</sup> Erschliessung der Baustellen, Transporteinrichtungen, Mannschaftslager Siedlungen usw.; <sup>2)</sup> elektrischer Teil bis Abspannung der 110 bzw. 220 kV-Leitungen; <sup>3)</sup> ohne Kosten der Energie-Fortleitung; <sup>4)</sup> Erlös aus Sommer-Energie mit 1 Pfg/kWh berücksichtigt.



duktion, ist oft nicht massgebend, wenn Rücksichten auf die Betriebsführung oder Instandhaltung der Anlagen eine andere Lösung bedingen.

In den zwei vorstehend beschriebenen Entwürfen ist der Ausbau der Tauernwasserkraft auf zwei grundlegend verschiedene Arten versucht worden. Der Entwurf 1938 (siehe S. 38 und 39) zeigt eine aussergewöhnlich starke Konzentration der Energieerzeugung, bei dem ein Einzugsgebiet von 1617 km<sup>2</sup> in einer einzigen Reihe von drei Kraftwerkstufen — durch das Kaprunertal — verarbeitet und ein Arbeitsvermögen von 3,170 Mia kWh erreicht wird (Zentralisierter Ausbau mit hydraulischer Kupplung der Einzugsgebiete). Beim Entwurf 1939/41 (siehe S. 48 und 49) wird ein Einzugsgebiet von 2017 km<sup>2</sup> sieben, dem natürlichen Wasserablauf entsprechenden Kraftwerkgruppen zugeordnet; die Ausnützung erfolgt in 20 über das Einzugsgebiet verteilten Kraftwerken mit einem Arbeitsvermögen von 3,120 Mia kWh, die untereinander mit Uebertragungsleitungen verbunden werden müssen (Dezentralisierter Ausbau mit elektrischer Kupplung). Die Vor- und Nachteile dieser Entwürfe seien nachstehend kurz dargelegt.

a) Im Abschnitt 3 wurde bereits darauf hingewiesen, dass eine rationelle Ausbeute der Tauernwasserkraft ohne entsprechende Speicherung nicht möglich ist. Die restlose Ausnützung der naturgegebenen Speichermöglichkeiten muss daher Grundgedanke jeder energiewirtschaftlich richtigen Lösung bleiben. Beim Entwurf 1939/41 sind aber zwei ausserordentlich günstige Speichermöglichkeiten (Tauernmoos und Krimmlertal) nicht ausgenützt; der Anteil an Winterenergie ist daher trotz des rund 400 km<sup>2</sup> grösseren Einzugsgebietes um 670 Mio kWh geringer als nach dem Entwurf 1938. Da die beim Ausbau der Tauernwasserkraft gewonnene Energie zum grössten Teil auf grosse Entfernungen transportiert werden muss, sollte der Ausbau so erfolgen, wie er für den Stromtransport am vorteilhaftesten ist. Es hat also keinen Sinn, Sommerenergie weit fortzuleiten, die durch Ausbau günstig gelegener Flusskraftwerke billiger gewonnen werden kann, sondern es muss durch Einschaltung von Speichern eine volle Ausnützung der hydrologischen Darbietung angestrebt werden. Dieser Anforderung entspricht der Entwurf 1939/41 hinsichtlich der Kraftwerkgruppen II und V zu wenig, daher beträgt der Anteil der Winterenergie beim Entwurf 1939/41 nur 53 % gegenüber 73 % beim Entwurf 1938. Der Entwurf 1938 ist also bezüglich der Winterenergie absolut und auch im Verhältnis zur Gesamterzeugung der günstigere, somit der energiewirtschaftlich wertvollere.

b) Der dezentralisierte Ausbau nach dem Entwurf 1939/41 verlangt die elektrische Verbindung der Kraftwerke untereinander und eine rd. 60 km lange 220 kV-Süd-Nord-Uebertragungsleitung über den Felbertauernpass (2540 m ü. M.). Ganz abgesehen davon, dass in einem so ausgedehnten Hochspannungsnetz ganz erhebliche Verluste auftreten, ist der Betrieb und Unterhalt von Hochspannungsleitungen im Hochgebirge, ganz besonders im Winter, schwierig und kostspielig. Die elektrische Zusammenfassung der vielen kleinen Kraftwerke wird daher stets eine Quelle unliebsamer Betriebsstörungen sein, während beim Entwurf 1938 die Voraussetzungen für eine einfache, klare und störungsfreie Betriebsführung gegeben sind.

c) Die Kostenenergie (Tabelle 5) zeigt, dass die Gestehungskosten pro kWh Winterenergie 3,80 Pfg. beim Entwurf 1938 gegenüber 4,09 Pfg. beim Entwurf 1939/41 betragen. Berücksichtigt man jedoch auch die Anlage- und Jahreskosten für den elektrischen Zusammenschluss der einzelnen Kraftwerke, so verschiebt sich das Bild ganz wesentlich zugunsten des Entwurfes 1938; er ist also in wirtschaftlicher Hinsicht der günstigere.

d) Beim Entwurf 1938 wird der Abfluss aus einem Gebiet von 450 km<sup>2</sup> mit 625 Mio m<sup>3</sup> von Süden nach Norden übergeleitet, während beim Entwurf 1939/41 nur ein Entzug von 220 Mio m<sup>3</sup> vorgesehen ist. Der grosse Wasserentzug kann sich in der Isel und Möll und schliesslich auch im Flussregime der Drau schädlich auswirken. Eine Beurteilung solcher Schäden ist jedoch recht schwierig, da sich die Auswirkungen erst im Laufe der Jahre bemerkbar machen. Bei einer Verarbeitung in verschiedenen Kraftwerkgruppen nach Norden und Süden lassen sich solche Schäden in erträglichen Grenzen halten. Der Entwurf 1939/41 trägt daher den bestehenden wasserwirtschaftlichen Verhältnissen mehr Rech-

nung und vermeidet allzu starke Eingriffe in den natürlichen Wasserablauf.

e) Beim dezentralisierten Ausbau lässt sich eine grosse Zusammenballung der Energiequellen, die aus militärischen Gründen unerwünscht sein kann, vermeiden. Ausserdem ist ein schrittweiser, dem Energiebedarf sich anpassender Ausbau leichter zu erreichen als beim Entwurf 1938, bei dem mindestens die Hauptglieder von Anfang auf den endgültigen Ausbau ausgelegt werden müssen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die zentralisierte Ausnützung wohl sehr grosse Vorteile bietet, doch darf der Konzentrationsgedanke nicht so weit getrieben werden, dass sich dadurch zu starke Eingriffe in den natürlichen Wasserablauf ergeben. Auf keinen Fall lässt sich ein Wasserentzug aus dem Süden zur Erzeugung von Sommerenergie energiewirtschaftlich vertreten. Die Speicher Dorfertal, Matreier-Tauern (Innerschlöss) und Krimml liegen in verschiedenen Höhen, sodass ihre Verbindung mit dem Speicher Wasserfallboden nur unter Einbusse des Zwischengefälles oder mittels Hebung, sowie langer und teurer Zuleitungsstollen möglich ist. Die ersten zwei Speicher sollten daher nach Süden ausgenützt werden, während für den Speicher Krimml, auf den aus energiewirtschaftlichen Gründen nicht verzichtet werden kann, die natürliche Ableitung durch das Krimmlertal nach der Salzach (Wald) gegeben ist. Diesem Speicher könnten dann die obersten Gebiete des Virgentales, der beiden Sulzbachtäler, des Habach- und des Hollersbachtals zugeordnet werden, wodurch sich die Anordnung der Kraftwerkgruppen II und V wesentlich vereinfachen liesse. Bei entsprechender Auslegung der Stufe Krimmlertal-Wald könnten die Krimmler Wasserfälle erhalten bleiben, sodass ein Verzicht auf den in jeder Hinsicht günstigen Speicher aus diesem Grunde gar nicht berechtigt ist.

Nachdem keiner der vorliegenden Entwürfe in technischer und wirtschaftlicher Beziehung voll befriedigt, kann das Studium über den Ausbau der Tauernwasserkraft nicht als abgeschlossen gelten. Der für den Ausbau massgebende Entwurf wird wohl eine Kombination der zwei beschriebenen Lösungen darstellen, wobei die hydraulische Kupplung der Einzugsgebiete im allgemeinen weitgehend beibehalten werden sollte, ohne dass naturgegebene Zusammenhänge auseinandergerissen werden. Da die früheren Planungen im Hinblick auf den grossdeutschen Versorgungsraum erfolgten, wird der neue Entwurf den Forderungen des österreichischen Wasser- und Energiewirtschaft, sowie der ganz besonderen Stellung der Tauernwasserkraft im Rahmen der europäischen Kraftstrom-Versorgung Rechnung tragen müssen.

## 7. Das Kraftwerk Kaprun und sein derzeitiger Bauzustand

Von den sieben geplanten Kraftwerkgruppen des Entwurfes 1939/41 ist die Gruppe I, Moserboden-Kaprun (siehe Seite 47 bis 50), krafttechnisch und wirtschaftlich die beste. Diese Vorzugsstellung verdankt sie den besonders günstigen orographischen Verhältnissen des Kaprunertales, das trotz seiner Steilheit die Anlage von zwei Gross-Speichern (Moserboden und Wasserfallboden) ermöglicht. Als erstes Teilstück des Gesamtplanes über den Ausbau der Wasserkraft in den Hohen Tauern wurde daher im Sommer 1938 die Hauptstufe Wasserfallboden-Kaprun in Angriff genommen. In dieser Stufe sollte der Speicher Wasserfallboden mit 80 Mio m<sup>3</sup> Nutzinhalt bei einem Gefälle von 809 bis 889 m ausgenützt werden. Das Kriegsende und der damit erfolgte Zusammenbruch der gesamten Wirtschaft in Oesterreich bedingte auch die Einstellung der Bauarbeiten dieser Anlage, die im Oktober 1944 als Laufwerk in Betrieb genommen wurde. Der damals erreichte Bauzustand war folgender:

a) Der Speicher Wasserfallboden. Zur Einstauung des Wasserfallbodens ist am nördlichen Talausgang bei der Alm Limberg eine aufgelöste Gewichtsstaumauer (Rundkopf-Pfeilermauer) mit einem Mauerinhalt von rd. 550 000 m<sup>3</sup> vorgesehen. Die Kronenlänge der Mauer beträgt 320 m, die grösste Höhe über Talboden rd. 110 m. Dieses wichtigste und die Bauzeit bestimmende Bauobjekt ist aber unverständlicherweise erst 1942 begonnen worden. Neben der zur Wasserhaltung erforderlichen Umleitung der Kaprunerache durch einen 240 m langen Stollen ist lediglich ein Teil der Felsüberlagerung abgeräumt, während der eigentliche Felsaushub für die Pfeilerfundamente noch aussteht. Es musste daher für die Inbetriebnahme der Anlage im Oktober 1944 eine provisorische Wasserfassung erstellt werden. Rund

500 m oberhalb der Sperrstelle wurde durch einen 8 bis 10 m hohen geschütteten Damm ein Staubecken von rd. 100 000 m<sup>3</sup> Inhalt geschaffen, das durch eine eingedeckte Holzrohrleitung von 1,70 m l. W. mit dem Druckstollen verbunden wurde. Durch dieses Provisorium ist es möglich, im Winter eine Leistung von 40 000 kW während 1 bis 2 Stunden auszunützen, während die Sommerleistung durch die Wasserführung der Holzrohrleitung (rd. 7 m<sup>3</sup>/s) begrenzt wird.

Die zur Mauerbetonierung erforderlichen Bauinstalltionen mit einer Höchstleistung von 180 m<sup>3</sup>/h (Aufbereitungs- und Betonieranlage) sind begonnen, während die zur Betonbringung vorgesehenen Kabelkrane noch fehlen. Für den Antransport von Zement ist eine Luftseilbahn von Kaprun bis zur Sperrstelle erstellt worden (Zweiseilbahn mit Umlaufbetrieb, 7800 m lang, 920 m Höhenunterschied, 30 t Stundenleistung). Sie ist jedoch im Winter 1944/45 durch Lawinen stark beschädigt worden und seither ausser Betrieb. Nachdem die Betonzuschlagstoffe auf dem rd. 350 m höher gelegenen Moserboden gewonnen und aufbereitet werden sollen, sind für deren Beförderung zwei nebeneinander liegende Seilbahnen von Moserboden zur Sperrstelle vorgesehen, von denen bisher einige Seilstützen erstellt worden sind (Zweiseilbahnen mit Umlaufbetrieb, 4200 m lang, 320 m Höhenunterschied und 300 t Stundenleistung).

b) Der Druckstollen, rund 7000 m lang, durchwegs im Kalkglimmerschiefer verlaufend, ist durchgeschlagen und ausgemauert. Sein Innendurchmesser beträgt 3,20 bis 3,34 m, die Stärke der Betonauskleidung 30 bis 40 cm. Zur Aufnahme des Innendruckes (87 bis 105 m) ist eine Torkretmanschette von 3 bis 10 cm vorgesehen, bisher jedoch nur teilweise eingebracht. Streckenweise wurde eine neuartige Spannbetonauskleidung ausgeführt. Das auf 4,20 m ausgebrochene Profil hat man zuerst mit einer Betonschale von 17,5 cm versehen, dann wurde eine Ausmauerung von 30 cm Stärke, bestehend aus vorbetonierten Ringsegmenten (6 St / Umfang) mit aussenliegender vorgespannter Ringbewehrung eingebracht und mit einer 2,5 cm starken Putzschicht mit Drahtnetzeinlage versehen. Die Fugen zwischen den beiden Mauerungsringen und den einzelnen Ringsegmenten wurden nachträglich durch Injektionen geschlossen. Der Druckstollen ist seit Oktober 1944 im Betrieb, jedoch ohne Innendruck, weil die Limbergssperre noch nicht erstellt ist, so dass über die neue Druckstollenauskleidung noch kein Urteil vorliegt. Der Stolleneinlauf ist ebenfalls fertig erstellt, es fehlen jedoch der Einlaufrechen und die als Stollenverschlüsse vorgesehenen Drosselklappen, die in einer Kammer rd. 140 m hinter dem Einlauf angeordnet sind.

c) Das Wasserschloss ist mit einem oberen und unteren Behälterstollen, die durch einen unter 45° geneigten Schrägschacht von 3,55 m l. W. verbunden sind, ausgebildet; es ist ausgesprengt und der untere Teil des Schachtes samt dem unteren Behälterstollen auch ausgekleidet.

d) Der Schrägstollen. Die Verbindung zwischen dem Wasserschloss und der Schieberkammer, bzw. der offen verlegten Druckrohrleitung bildet der rd. 45 m unter Geländeoberfläche verlaufende, 580 m lange Schrägstollen. Sein Innendurchmesser beträgt 3,0 m, die Auskleidung besteht in einer 30 bis 40 cm starken Bruchsteinausmauerung, in welche die 16 bis 25 mm starke Panzerung auf vorher fixierten Gleitschienen verlegt wurde. Zwischen Bruchsteinmauerung und Panzerung verbleibt ein im Mittel 30 cm starker Ring, der mit Pumpbeton ausgefüllt und nachträglich noch injiziert wurde. Der Uebergang aus dem Schrägstollen in die Druckleitung erfolgt über 3 Hosenrohre, die in 4 Rohrleitungen überleiten. Am Uebergang in die 4 Rohrleitungen ist die Apparatenkammer angeordnet, die mit 4 Kugelschiebern als Sicherheitsverschluss und 4 Drosselklappen als Schnellverschlussorganen ausgestattet ist. Die Drosselklappen sprechen bei einem bestimmten Höchstdurchfluss über Einwirkung eines Venturi-Systems an, das vor den Kugelschiebern eingebaut ist. Die Apparatenkammer liegt noch unter Tag am Osthang des Maiskogels und ist über einen Schrägaufzug von 18 t Nutzlast zugänglich. Schrägstollen und Apparatenkammer sind fertig erstellt.

e) Die Druckrohrleitungen. Vorgesehen sind 4 Druckrohrleitungen von je 1200 m Länge, 1300 bis 1150 mm l. Weite und 16 bis 52 mm Wandstärke. Die Längsnähte sind wassergasgeschweisst, die Querverbindungen genietet. Die Rohre werden offen verlegt, mit 12 Festpunkten verankert und später wieder eingedeckt. Vor dem Krafthaus ist jedes

Rohr in einem Rohrstollen verlegt und geht in zwei Verteilungen von 700 mm l. W. über. Zwischen den beiden Rohrpaaren ist der Schrägaufzug angeordnet, der über die Apparatenkammer hinaus bis zum Wasserschlossstollenfenster verlegt ist. Bisher sind 2 Rohrstränge und der Schrägaufzug verlegt und in Betrieb genommen worden.

f) Das Krafthaus Kaprun ist bis auf die Innenausführungen (Verputz, Malerarbeiten, Fussboden und Wandbeläge) für den Vollausbau fertig erstellt. Von der maschinellen Ausrüstung sind betriebsbereit: 2 Maschinensätze mit waagrecht Welle zu 50 000 kVA, 10 kV, mit beiderseits fliegend angebauten eindüsigen Peltonrädern für 6,1 m<sup>3</sup>/s; 2 Eigenbedarfsmaschinen zu 300 kVA, 380 V, angetrieben von Francisturbinen für 1,0 m<sup>3</sup>/s und 65 m Nutzgefälle, die über eine 450 m lange Druckrohrleitung aus dem Kleinspeicher oberhalb der Sigmund Thunklamm gespeist werden; 2 Umspanner zu 50 000 kVA, 10/100 kV, 4 Eigenbedarfs-Transformatoren für 10/16 kV und 0,38/16 kV und 500, bzw. 2000 kVA; die 16 kV Schaltanlage zur Versorgung der Aussenstellen mit Anschluss an das Landesnetz; die Warte mit Kabelboden und schliesslich der 380 V Verteilungs- und Batterieraum. Im Vollausbau sollen noch 2 Maschinensätze zu 50 bis 70 000 kVA mit den entsprechenden Umformern aufgestellt werden.

Durch die eigenartige, weder bau- noch betriebstechnisch begründete Wahl der Krafthausstelle geht das restliche Gefälle der Kaprunerache bis zum Zusammenfluss mit der Salzach, d. s. 24 m, verloren. Eine restlose Ausnützung des Gefälles wäre aber durch eine Unterteilung der Gefällsstufe Wasserfallboden - Salzach (Wasserfallboden - Wüstelau mit 800 m, Wüstelau-Salzach mit 112 m (siehe Bild 2, Seite 38)), wie dies im Entwurf 1938 vorgesehen war, möglich gewesen. Zu einer solchen Unterteilung zwingen schon die geologischen und topographischen Verhältnisse, da keine der beiden Flanken des Kaprunertales ein so weites Vorstossen des Druckstollens nach der Salzach erlaubt, dass die Zusammenfassung des Gefälles in einer Stufe möglich wäre. Ausserdem hätte eine Unterteilung in 2 Stufen eine wesentliche Einsparung an Anlagekosten (12 bis 15 Mio RM.) gebracht, sodass auch die zusätzlichen Aufwendungen für den Betrieb eines weiteren Kraftwerkes gegenüber den erreichten Vorteilen nicht in Betracht gefallen wären.

g) Die Hauptschaltanlage (Freiluftschaltanlage) befindet sich am rechten Ufer der Kaprunerache gegenüber dem Krafthaus; die Verbindung mit dem Krafthaus geschieht durch 100 kV-Oelkabel, die in einem begehbaren Kabelstollen, der die Kaprunerache unterfährt, verlegt sind. Vorerst ist nur die 100 kV-Anlage ausgebaut, in welche die Maschinen der Hauptstufe Kaprun einspeisen und aus der die 100-kV-Doppelleitung zu dem rd. 50 km salzachabwärts gelegenen Arthurwerk abgeht und so die Verbindung mit der bestehenden 100-kV-Leitung Timelkam-Wegscheid-Ernsthofen herstellt.

Der Steigerung der Maschinenanzahl und Leistung entsprechend soll später über 100/200 - kV - Umspanner von je 100 000 kVA die 200 - kV - Anlage angeschlossen werden, aus der die 220 - kV - Leitung nach St. Peter - Braunau und eine Verbindungsleitung nach Mittersill, zum Anschluss der westlichen und südlichen Werkgruppen des Tauerngebietes, abzweigen. Schliesslich wird die bestehende 100-kV-Anlage zum Anschluss der Oberstufe Kaprun (Moserboden-Limberg) noch weiter ausgebaut.

## 8. Schlussbemerkungen

Der Ausbau der Tauernwasserkraft ist bisher unter keinem guten Stern gestanden. Im Sommer 1938 wurde der Beginn des Ausbaues mit dem im «Dritten Reich» üblichen pompösen «offiziellen Spatenstich» durch den Beauftragten des Vierjahresplanes, Reichsmarschall Göring, persönlich eingeleitet. Das Kraftwerk Kaprun, als Ergebnis einer sechsjährigen Bauzeit und eines Kostenaufwandes von über 100 Mio RM., stellt mit seiner heutigen Leistung ein äusserst bescheidenes Ergebnis der damals vernommenen gigantischen Ausbaupläne vor. Unrichtige Baudispositionen, mangelnde Bau Erfahrung verbunden mit Unterschätzung der Schwierigkeiten im Hochgebirge und nicht zuletzt die systematische Ausschaltung wohlüberlegter Vorschläge früherer Entwürfe, wie auch jeder Kritik, bzw. Mitarbeit der Öffentlichkeit mussten zwangsläufig zu den in Kaprun eingetretenen Misserfolgen führen. Schliesslich war dann die Fertigstellung in-



folge der Kriegsverhältnisse nicht mehr möglich und musste die Anlage im Oktober 1944 ohne Speicher, mit einer provisorischen Wasserfassung, als Hochdruck-Laufwerk in Betrieb genommen werden. Damit war die Erschliessung dieses gewaltigen Naturschatzes zum zweitenmal der Ungunst der Zeitverhältnisse zum Opfer gefallen.

Ganz abgesehen davon, dass der Ertrag aus dem derzeitigen Betrieb als Laufwerk mit rd. 120 Mio kWh Jahreserzeugung, wovon rd. 106 Mio kWh oder 88 % Sommerenergie sind, in keinem Verhältnis zu dem bereits investierten Kapital steht, musste der weitere Ausbau und besonders der Bau der Limbergssperre so rasch als möglich durchgeführt werden, sollten die dazu bereits erstellten oder begonnenen Bauinstallationen und Transportanlagen, die nur temporären Charakter haben, nicht nutzlos der Zerstörung anheimfallen. Im Spätherbst 1945 wurde daher der Bau der Limbergssperre, sowie die Ausführung der restlichen Bauarbeiten neu ausgeschrieben und im Frühjahr 1946 einem österreichischen Unternehmer-Konsortium unter Führung der Firma H. Rella & Co. in Wien übertragen. Seither wird an der Behebung der schweren Lawinenschäden der Winter 1944/45 und 1945/46, an der Fertigstellung der Bauinstallationen und Transportanlagen für den Sperrerbau, sowie am Aushub für die Sperrfundamente gearbeitet. Der erste Teileinstau wird im Spätherbst 1948 möglich sein, während der volle Speicherinhalt von 80 Mio m<sup>3</sup>, auch bei günstigen Verhältnissen, erst im Betriebsjahr 1952/53 zur Verfügung stehen wird.

Dem grosszügigen Ausbau der Wasserkräfte stellen sich heute grosse Hindernisse entgegen; es fehlt an Baumaterialien, an Ersatzteilen und Betriebsstoffen für die Baumaschinen und ganz besonders an geeigneten Arbeitskräften. Dass in Oesterreich die Arbeiterfrage das grösste Problem des Wiederaufbaues ist, während gleichzeitig rd. 500 000 aus ihrer Heimat verschleppte oder vertriebene Menschen als «Displaced persons» verpflegt und untergebracht werden müssen, aber nur zum geringen Teil in den Arbeitsprozess eingeschaltet werden können, mag die wirtschaftliche Groteske der Nachkriegszeit besonders beleuchten. Oesterreich wird daher den Ausbau seiner Wasserkräfte aus eigenen Kräften kaum in dem erforderlichen Tempo durchführen können, sondern es wird sich dabei weitgehend auf Hilfe von aussen stützen müssen. Es hat dank seiner Lage im Herzen von Europa und seinem erheblichen Anteil an den Alpenwasserkraften als Stromexportland dieselben Chancen wie die Schweiz. Diese Stellung Oesterreichs innerhalb der europäischen Energiewirtschaft berechtigt zur Annahme, dass ihm die erforderliche Hilfe zur Erschliessung seiner Energiequellen nicht versagt bleiben wird und dass damit der Ausbau der Tauernwasserkräfte, die stets den Schwerpunkt der österreichischen Energieversorgung bilden werden, einer baldigen Verwirklichung entgegen geht.

## Sonnenwärmestrahlung in Arbeitsräumen

Von Dipl. Arch. E. WUHRMANN S. I. A., Zürich DK 628.9.021

Der Einfall von Sonnenstrahlen in Arbeitsräume wird allgemein als ein Uebelstand empfunden, den man bei Seitenfenstern durch Storen, bei Oberlichtern durch verschiedenartige Anstriche der Glasflächen oder Verwendung lichtstreuender Gläser zu mildern sucht. Während die Storen eine weitgehende Regelung der Lichtzufuhr während des ganzen Jahres ermöglichen, haben die Anstriche, namentlich die blau gefärbten, den Nachteil, dass sie zwar bei Sonnenschein ihren Zweck, nämlich die Abhaltung der direkten Sonnenstrahlen und damit ihrer Wärmewirkung, erfüllen, bei trüber Witterung dagegen den Arbeitsraum, auch im Sommer, zu sehr verdunkeln. Sie müssen daher jeweils bei Beginn der lichtärmeren Jahreszeit wieder abgewaschen werden, was mit Kosten und Glasbruchgefahr verbunden ist.

Lichtstreuende Gläser haben den Vorteil, dass sie keines Anstrichs bedürfen, da sie ohne solchen einen genügenden Schutz gegen die Sonnenbestrahlung bieten, sofern sie hinsichtlich Grösse, spezifischer Lichtdurchlässigkeit und Lichtstreuung den örtlichen Verhältnissen und Arbeitsbedingungen zweckmässig angepasst werden.

Für die Planung von Oberlichtern kommen folgende Faktoren in Betracht:

1. Die für die vorliegenden Arbeiten nötige minimale Tageslichtbeleuchtung;

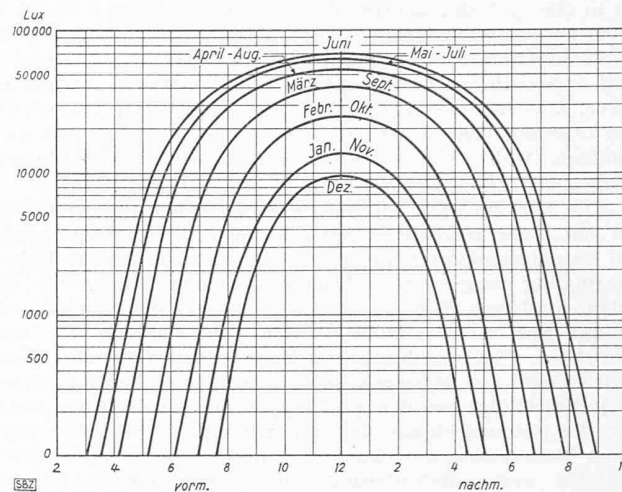


Bild 1. Täglicher Gang der Horizontalbeleuchtung im Freien (Monatsmittel, Norddeutschland). Nach W. Arndt

2. der durch die gesamte Sonnenbestrahlung bewirkte Wärmeeinfall;

3. die durch direkte Sonnenbestrahlung verursachte Arbeitsstörung und schädliche Einwirkung auf Maschinen, Werkzeuge und Arbeitsgut;

4. wirtschaftliche Erwägungen.

Zu 1. Tageslichtbeleuchtung. Die kleinste noch zulässige Tageslichtbeleuchtung, die durch den Himmelslicht-Quotienten<sup>1)</sup> ausgedrückt wird, bildet die Grundlage für die Bestimmung von Art, Anordnung und Grösse der Oberlichter. Art und Anordnung sind so zu wählen, dass eine möglichst gleichmässige Beleuchtungsstärke an allen Arbeitsstellen gewährleistet ist, während die Grösse von der spezifischen Lichtdurchlässigkeit der verwendeten Verglasung abhängt.

Zu 2. Der Wärmeeinfall. Wie sich theoretisch und durch Versuche nachweisen lässt, verändern sich Wärmemenge und Lichtmenge des in einen Raum einfallenden Sonnenlichts proportional miteinander. Da der Gesamtdurchlass bei gleicher Beleuchtungswirkung gleich bleiben muss, ist auch die einfallende Wärmemenge gegeben; sie ist insbesondere unabhängig von der Lichtdurchlässigkeit der verwendeten Gläser. Es ist also, bei gleicher Beleuchtungswirkung, hinsichtlich der zu erwartenden Raumerwärmung durch Sonnenbestrahlung gleichgültig, welches Glas verwendet wird. Eine geringere Raumerwärmung ist nur durch entsprechende Herabsetzung der Beleuchtung möglich.

Die häufig angewandte Prüfmethode für Streugläser durch Vergleich der Lufterwärmung innerhalb gleicher Versuchskästen nach gleichzeitiger und gleich langer Sonnenbestrahlung ist insofern irreführend, als dadurch nur das gegenseitige Verhältnis der Licht- bzw. Wärmedurchlässigkeiten, nicht aber dasjenige der zu erwartenden Raumerwärmungen festgestellt werden kann. Um ein richtiges Ergebnis auch hierfür zu gewinnen, müssten die Versuchsgläser derart verschieden dimensioniert werden, dass sie die selbe Beleuchtungsstärke ergeben.

Zu 3. Arbeitsstörung. Anders liegt der Fall bei der durch direkt einfallende Sonnenstrahlen verursachten Arbeitsstörung. Je geringer die spezifische Lichtdurchlässigkeit der Verglasung ist, um so geringer ist die Strahlenmenge, die nach dem Auftreffen auf das Glas in gleicher Richtung weitergeht, um so mehr Strahlen werden seitlich abgelenkt und im Raum zerstreut, vorausgesetzt, dass es sich, wie üblich, um gleichmässig streuende, nicht aber um Prismengläser oder ähnlich wirkende Gläser handelt. Die durch Sonnenbestrahlung verursachten Uebelstände werden also bei geringerer spezifischer

<sup>1)</sup> Der Himmelslichtquotient gibt an, welcher Teil der unter freiem, gleichmässig bedecktem Himmelsgewölbe herrschenden Beleuchtungsstärke jeweils auf die betreffende Arbeitsstelle entfällt, und zwar ohne Berücksichtigung des durch Decke, Wände, Fussboden und Einrichtung reflektierten Lichtes. Der für Arbeitsstellen vorgeschriebene Himmelslicht-Quotient ist je nach der Feinheit der Arbeit verschieden. Nach den letzten Vorschlägen der Internationalen Beleuchtungs-Kommission (IBK), der auch das Schweizerische Beleuchtungs-Komitee (SBK) als Mitglied angehört, ist er von 0,6 % bis 6 % gestaffelt. Die Vorschläge sind derart bemessen, dass bei einer Aussenbeleuchtung von 5000 Lux die nötigen Beleuchtungsstärken an der ungünstigsten Stelle des Raumes, wo noch gearbeitet werden soll, vorhanden sind.