

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 65 (1947)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Ueber den Bau grosser Staumauern im Hochgebirge  
**Autor:** Robert, A. / Stambach, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-55826>

#### **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:** 03.02.2026

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

nen Farben, sind liebenswürdiges «Gschnas» — wie man in Wien sagt — halten zu Gnaden.

Hier hängt übrigens als letzter der Teppiche ein wahrhaft scheußliches Stück, die Reproduktion eines stark raumhaltigen Barockgemäldes mit naturalistischem Detail in brutalen Farben. Man würde nicht begreifen, dass es ausgestellt ist, wenn es nicht als Gegenbeispiel zu den andern höchst nützlich wäre (nur sollte das ausdrücklich gesagt sein — wenigstens im Katalog). Von hier aus wird erst deutlich, wie streng gebunden, wie ornamental selbst noch die figürlichen Teppiche waren, die wir vorher sahen: wie blieb dort alles in der Fläche, wie fügten sich die Farben zu einer ruhigen Gesamtwirkung zusammen! Dieses letzte Stück ist nicht Teppichweberei, sondern die virtuose, aber subalterne Imitation eines Gemäldes mit textilen Mitteln.

Zum Schluss das goldene Frühstück-Service der Maria-Theresia, eigenartig rotes Gold, wundervoll kontrastiert durch die mattschwarzen Ebenholzgriffe, intim-gemütlich, weiche, behäbige Formen und doch voll kaiserlicher Hoheit, erstaun-

lich passend zu dieser bewunderungswürdigen Frau, die eine exemplarische Mutter und zugleich eine glänzende Verwalterin und Regentin des Reiches war.

Ueber die Reliquien der grossen Komponisten und Schriftsteller Oesterreichs ist in unserem Zusammenhang nichts zu sagen, und der Referent verzichtet auch aufs Wort gegenüber der Ausstellung auf der Galerie. Hier zeigt Oesterreich moderne Qualitätsprodukte, um zu beweisen, dass es nicht nur historisch gesehen werden will — doch hier sind die Damen zur Beurteilung zuständig, denn an sie wendet sich diese Schau.

Bei aller Unvollständigkeit unseres Berichtes darf doch die ausgezeichnete Ordnung des ausstellungstechnisch schwer zu bewältigenden Materials nicht unerwähnt bleiben. Direktor Itten und seine Helfer wussten die stofflich und masstäblich so disperaten Objekte zugleich interessant und übersichtlich zu gruppieren — die Ausstellung wird allen Besuchern unvergesslich bleiben.

## Ueber den Bau grosser Staumauern im Hochgebirge

Von A. ROBERT und E. STAMBACH, dipl. Ingenieure in Fa. Motor-Columbus A.-G., Baden

DK 627.82.002

Unter diesem Titel hat Ing. Erwin Schnitter in der SBZ vom 24. August 1946 (Bd. 128, S. 91) Gedanken niedergelegt, denen eine gewisse Originalität nicht abgesprochen werden kann. Aus der frischen Erinnerung an die Bauausführung der Staumauern des Kraftwerkes Lucendro am St. Gotthard<sup>1)</sup> werden nachstehend einige Bemerkungen gemacht, die zur Abklärung der aufgeworfenen Fragen beitragen sollen.

Bei der Diskussion über die bedeutenden Speicherwerke, von denen in letzter Zeit in unserem Lande so viel die Rede ist, spielt der Bau grosser Staumauern im Gebirge eine wesentliche Rolle, da die Bauzeit dieser Objekte den Termin der Betriebseröffnung des Werkes und damit den Beginn der Energieproduktion oft massgebend beeinflusst. Unter dem Druck der steigenden Energieknappheit muss es das Bestreben der Ingenieure sein, den einmal begonnenen Kraftwerkbau und, sofern die Ausführung einer Staumauer den Bautermin entscheidend beeinflusst, die Erstellung der Mauer mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln zu fördern. Bei den bisherigen Ausführungen blieb der Betonierbetrieb im Hochgebirge normalerweise auf die fünf Sommermonate des Jahres beschränkt. Der Wunsch, diesen auch im Winter durchzuhalten, ist naheliegend. Die Verwirklichung dieses Ziels setzt indessen eine weitgehende Umstellung der Bauausführung voraus, die zunächst hinsichtlich der praktischen Ausführbarkeit einer generellen Prüfung zu unterziehen ist. Aus dieser werden sich gewisse Hinweise über die Auswirkungen auf den Preis der erzeugbaren Energie ergeben, denen Rechnung getragen werden muss.

Abgesehen von Einzelfällen kann bei der Realisierung eines Baugedankens der Bautermin allein nicht massgebend sein. Die örtlichen Verhältnisse und die klimatischen Bedingungen der Baustellen geben der Bauausführung weitgehend das Gepräge. Was für eine Talsperre bei Andermatt auf rd. 1450 m Meereshöhe gilt, wird nicht ohne weiteres für den ca. 2250 m hoch gelegenen Mauerbau auf der Greina anwendbar sein. Man hüte sich in dieser Beziehung vor Verallgemeinerungen. Die nachfolgenden Betrachtungen, die im Interesse der klaren Darstellung einige Wiederholungen von schon Gesagtem enthalten werden, beziehen sich in erster Linie auf Baustellen in unseren Alpen über 2000 m Meereshöhe.

### 1. Geographische und topographische Voraussetzungen

Eine der wichtigsten Bedingungen für die Fortsetzung der Arbeit auf einer grösseren Baustelle im Winter ist die Aufrechterhaltung der Verbindung mit dem Tal und besonders mit der nächstliegenden Eisenbahnstation. Die Erfahrung lehrt, dass der Arbeitsplatz im Hochgebirge vom Versorgungszentrum im Unterland nicht ganz abgeschnitten werden darf, auch wenn an Ort und Stelle angelegte, weitreichende Reserven eine zeitweise Isolierung erlauben würden. Das Problem stellt sich in ähnlicher Weise, wie bei der Ge-

birgstruppe. Die in den Kriegsjahren angestrebte Unabhängigkeit einzelner militärischer Einheiten von der Versorgung aus dem Mittelland musste für den Ernstfall indessen mit Aufwendungen erkauft werden, die für die Bauherrschaft eines Friedenswerkes untragbar wären. Ganz abgesehen davon, genügen aber Vorräte an Verpflegungs- und Gebrauchsgütern, sowie Depots von bestimmten Baumaterialien, die rechtzeitig bereitgestellt werden könnten, allein nicht, um den Betrieb einer Grossbaustelle im Winter aufrechtzuerhalten. Die benötigten Materialien sind so mannigfaltig und vielfältig, dass deren Bedarf vorgängig nicht genügend überblickt werden kann. Sie müssen auf Abruf herbeigeschafft werden. Wie weit die verschiedenen Verkehrsmittel, also Strassen für die Befahrung mit Schwerlastwagen, Schmalspurbahnen und leistungsfähige Stand- oder Luftseilbahnen für die Uebernahme von Transporten im Winter zuverlässig verwendbar sind, wird im Einzelfall zu untersuchen sein.

Was die Strassen und mit ihnen auch die Bahnen mit festem Trasse anbetrifft, kann kaum mit ihrer durchgehenden Benützbarkeit im Winter gerechnet werden. Im besten Falle liessen sie sich unter Verwendung geeigneter Schneeschleudermaschinen und einem Grossaufmarsch an Personal nur unter erheblicher Einschränkung ihrer Leistungsfähigkeit und mit beträchtlichem Kostenaufwand passierbar erhalten. Das Offenhalten der Julierstrasse (Kulminationspunkt 2288 m) im Winter ist nur möglich, weil die Gegend zwischen Bivio und Silvaplana verhältnismässig sehr schneearm ist. Dagegen stossen die Schneeräumungen auf der nur über 1800 m Meereshöhe führenden Malojastrasse bezeichnenderweise auf wesentlich grössere Schwierigkeiten. Der immer wieder einsetzende Schneefall mit den gefürchteten Verwehungen, die fünf und mehr Meter Höhe erreichen können, stellt ein Hindernis dar, dessen Entfernung eine nicht zu unterschätzende finanzielle Belastung bedeutet<sup>2)</sup>. Auch bei günstigen Verhältnissen bleibt die Durchführung des durchgehenden und ununterbrochenen Verkehrs in Frage gestellt, da die freigelegten Flächen durch Lawinen und Schneestürme zu jeder Zeit wieder zugeschüttet werden können. Das Verkehrsproblem liesse sich natürlich radikal verbessern, wenn die Strasse oder Bahn in einen durchgehenden Tunnel gelegt würde. Die finanzielle Tragweite einer solchen Regelung kann aber nur an einem konkreten Beispiel abgeklärt werden.

Normalerweise wird man also auf die Benützung von Strassen und Schienenwegen im Winter verzichten müssen und versuchen, die erforderlichen Transporte mit Luftseilbahnen zu bewältigen. Die Verwendung dieser Beförderungsmittel ist jedoch auf die Verfrachtung von solchen Massengütern beschränkt, die auf Pritschen oder in kleine Gefässe verladen werden können. Sperrgüter oder Bauteile mit grossem Eigengewicht kann eine Luftseilbahn nicht aufnehmen. Sie ist wohl ein sehr nützliches und im modernen Baubetrieb im Gebirge unentbehrliches Transportmittel für den ganz-

<sup>1)</sup> Projektierung und Bauleitung durch die Motor-Columbus A.-G., Baden, vergl. SBZ: 1944, Bd. 124, Seite 307\*. 1945, Bd. 125, Seite 99 und 124, 1945, Bd. 126, Seite 51/52\*.

<sup>2)</sup> Vergleiche auch SBZ, Bd. 124, Seite 308, Abb. 7 (Schnebrucharbeiten am Lucendrosee am 11. Mai 1944).

jährigen Betrieb, reicht aber als einziges Beförderungsmittel nicht aus. Die Ueberlegung, alle für die Spedition mit der Luftseilbahn ungeeigneten Sperrgüter und Schwerteile während des Sommers auf die Baustelle zu schaffen, liegt auf der Hand. In der Praxis erweist sich jedoch, wie schon ange deutet, diese Scheidung des Transportgutes als undurchführbar, weil auch bei bester Organisation ständig eine Menge unvorhergesehener Transporte von Materialien aller Art, ins besondere von Maschinen-Ersatzteilen, ausgeführt werden müssen. Wollte man diese an Ort und Stelle ersetzen, bzw. reparieren, so würde es ein Riesenlager an Ersatzteilen und Reserve-Maschinen, sowie die Errichtung sehr gut ausgerüsteter Maschinenwerkstätten erfordern. Wenn dies auch technisch keine unüberwindlichen Schwierigkeiten bieten dürfte, so setzt auch hier die finanzielle Auswirkung einem solchen Vorhaben eine Grenze. Es zeigt sich somit, dass trotz der Ausrüstung der Baustelle mit einem umfangreichen und teuren Werkstätteinventar das Risiko der Herabsetzung der Arbeitsleistungen auf der Baustelle im Winter nicht ausgeschaltet würde und zwar besonders wegen des allfälligen Ausfalls grosser, wichtiger und im allgemeinen einem intensiven Verschleiss unterworfenen Baumaschinen wie Bagger, Steinbrecher, Winden etc.

Ausser dem Gütertransport ist die Personenförderung zur Grossbaustelle im Hochgebirge unentbehrlich. Im Sommer bedarf es hiefür wohl kaum nennenswerter besonderer Installationen. Im Winter dagegen müsste eine Luftseilbahn zur Verfügung stehen, die auch diesem Zwecke dienen würde und den besonderen Anforderungen und den massgebenden gesetzlichen Vorschriften zum Transport von Personen zu entsprechen hätte. Unter Umständen würde aber eine solche zusätzliche Seilbahn das Budget des Kraftwerkbaues nicht unerheblich belasten, wenn sie nicht zufälligerweise später zum Beispiel zur Erschliessung eines Sportgebietes weiter betrieben werden könnte.

Aus diesen kurzen Hinweisen ist zu ersehen, dass die Durchführung der Transporte der mannigfaltigen und umfangreichen Güter, die für den Betrieb einer Grossbaustelle im Winter notwendig sind, von den geographischen und klimatischen Verhältnissen der Gebirgsgegend abhängen und im besten Fall nur unter Aufwendung erheblicher Geldmittel ermöglicht werden könnte.

## 2. Installationen für den Baubetrieb

Für allgemeine Installationen, wie Reparaturwerkstätte, Schmiede, Schreiner- und Zimmerwerkstätten, Kompressoren- und Transformatorenstationen, Magazine, Bureaux, sowie Unterkünfte für Arbeiter und Angestellte sind solide, gemauerte und gut isolierte Gebäude aufzustellen, die allen Witterungseinflüssen des Winters trotzen. Zweifellos ist die Erstellung solcher Konstruktionen möglich, nur werden sie teurer sein und etwas längere Bauzeit erfordern als Bauweisen, die ausschliesslich den Bedürfnissen im Sommer genügen müssen.

Was die Einrichtungen für die Gewinnung und Aufbereitung der Zuschlagstoffe sowie für die Herstellung des Betons anbetrifft, müssen die Einzelheiten einer etwas eingehenderen Betrachtung unterzogen werden.

Die Gewinnung der Zuschlagstoffe kann je nach den örtlichen Verhältnissen durch Baggerung aus Sand- und Kieslagern (Barberine, Dixence, Grimsel) oder durch Eröffnung eines geeigneten Steinbruches (Lucendro) erfolgen. Im Winter muss der Baggerbetrieb eingestellt werden. Die während dieser Jahreszeit zu verarbeitenden Kies-Sand-Mengen müssten also im Sommer gewonnen und deponiert werden, was eine ganz beträchtliche Leistungssteigerung des Baggerbetriebes und der dazu gehörenden Transportmittel mit entsprechender Vergrösserung dieser Einrichtungen und damit eine Erhöhung der Installationskosten zur Folge hätte. Beim Steinbruchbetrieb im Winter kommt natürlich nur ein unterirdischer Abbruch in Kavernen bzw. in sogenannten Rollöchern, wie sie beim Bau der Staumauern Lucendro und Sella mit Erfolg zur Anwendung gelangten, in Frage, sofern geeignetes Felsmaterial in zweckmässiger Nähe der Baustelle ansteht. Die Brecheranlagen und der Transportweg zwischen dieser und der Gewinnungsstelle des Steinmaterials sind natürlich auch unterirdisch anzulegen. Auch diese Einrichtungen können den Bedürfnissen des Winterbetriebes, wie die Erfahrungen auf der Baustelle Lucendro lehrten, nur unter Aufwendung von Mehrkosten angepasst werden.

Die Aufbereitungsanlagen mit den Silos für Zement und Zuschlagstoffe müssen ebenfalls nach aussen vollständig abgeschlossen, gegen Feuchtigkeit und Frost isoliert und außerdem heizbar sein. Das gleiche gilt auch für die Räume, die die Transportanlagen zwischen dem Brecher und dem Sortierwerk einschliessen. Dass diesen Erfordernissen unbedingt Rechnung zu tragen ist, erscheint selbstverständlich. Denn jede Frosteinwirkung auf das unsortierte Betonmaterial würde die Aussiebung verhindern. Besonders empfindlich auf Frost sind der in Silo gelagerte Sand, der immer eine gewisse Feuchtigkeit enthält, und der Zement. Das Einfrieren dieser gespeicherten Güter hätte die unfehlbare Stilllegung des Betonierbetriebes zur Folge.

Es ist auffallend, dass die Besucher einer Talsperrenbaustelle (Dixence, Grimsel, Lucendro, Rossens) immer wieder von der Grösse der für diese Aufbereitung und die Magazinierung der Betonzuschlagstoffe und des Zementes benötigten Gebäudes beeindruckt sind. Für den Winterbetrieb müssten diese bemerkenswerten Baukörper mit den erforderlichen Nebenräumen und Verbindungs wegen entweder ganz unter Tag im Fels ausgebrochen oder als wetterfeste Hochbauten geschaffen werden. Eine Kombination beider Ausführungsarten wäre auch denkbar. Dass in beiden Fällen die Lösung der Isolations- und Heizprobleme in technischer und finanzieller Beziehung nicht unbedeutende Aufgaben stellt, ist offensichtlich.

Eine weitere Voraussetzung für die Durchführung des Betonierbetriebes ist die frostsichere und deshalb wohl am zweckmässigsten unterirdische Anordnung der Betonfabrik. Vorausgesetzt, dass die hiefür erforderlichen Kavernenbauten im Fels oder, nach Vorschlag von Ing. Schnitter, der uns allerdings nicht realisierbar erscheint, sogar im Staumauerkörper selbst angelegt werden könnten, muss auch hier auf die damit verbundenen zusätzlichen Kosten und die kaum zu vermeidende Verlängerung der Installationszeit aufmerksam gemacht werden. Besondere Massnahmen sind schliesslich für die hinreichende Beschaffung und die Erwärmung des Anmachwassers für die Betonherstellung notwendig. Soll das Abbinden des Zementes nicht verzögert oder gar unterbunden werden, so darf die Temperatur des frisch eingebrachten Betons nicht unter 0°C sinken. Je nach der vorherrschenden Außentemperatur setzt dies eine Betontemperatur bei der Mischmaschine von 10—15°C voraus. Um diese zu erreichen, ist das vielleicht mit 4°C zufließende Anmachwasser auf mindestens 30—40°C zu erwärmen. Für eine Betonierleistung von 800 m³/Tag in 2×10 Arbeitsstunden würde somit die Erwärmung von 6 m³ Wasser/Stunde von 4 auf 40°C erfordern, wofür eine Heizleistung von rd. 300 kW zu installieren wäre. Zusammen mit der Heizung und Beleuchtung der vorerwähnten Räume muss demnach die Grossbaustelle für den Winterbetrieb mit einem ganz erheblichen zusätzlichen Energieaufwand rechnen. Dass dieser während unserer gegenwärtigen Energieknappheit mit besonderer Unlust hingenommen würde, sei nur nebenbei bemerkt.

## 3. Bau der Staumauer

Die grössten Schwierigkeiten der Bauausführung im winterlichen Hochgebirge sind zweifellos beim eigentlichen Aufbau eines so umfangreichen Objektes, wie es eine bedeutende Staumauer darstellt, zu erwarten. Sie sind nicht nur durch die örtlichen Verhältnisse der Baustelle und die Grenzen der praktischen Ausführungsmöglichkeiten bedingt, sondern auch wesentlich an die Bedingungen gebunden, die der Statiker in bezug auf die Art des Mauerbaues stellt. Dieser schreibt das System der Unterteilung des Mauerkörpers in einzelne Baublöcke, deren Form und die zeitliche Reihenfolge der Herstellung der Betonkörper vor. Der interessante Idee von Herrn Schnitter folgend, sollen beispielsweise für eine Gewichtsmauer mittlerer Grösse im Sommer «a) die seeseitige, dichtende Wand, b) ein luftseitiges Massiv, das den Witterungsschutz trägt, c) bei grosser Mauerbreite eine entsprechende Anzahl Längswände im Innern des Mauerkörpers, welche die in solchem Fall erforderlichen Längsfugen liefern, und d) geeignet ausgeführte Stirnblöcke» erstellt werden. Auf diese Weise entstehen Hohlkörper, die im Winter im Schutze eines Daches zur Ausbetonierung gelangen sollen. Dieser Arbeitsvorgang wird sich in einzelnen Stockwerken in den nachfolgenden Jahren wiederholen, wo

bei die im Ganzjahrbetrieb erreichbare Betonmenge von Ing. Schnitter auf das 2½fache der im Sommer herstellbaren Betonkubatur geschätzt wird.

Die schon erwähnte, an bestimmte Bedingungen der Statik gebundene Form der Hohlkörper bedingt, dass die Begrenzungsflächen der einzelnen Baublocke ungefähr dem Verlauf der Hauptspannungstrajektorien folgen, auf die im einzelnen hier nicht eingegangen werden kann. Es zeigt sich jedoch, dass die Bauausführung nach dem skizzierten Schema schon dadurch auf einschneidende Widersprüche stösst, weil unter anderem die Längswände zwangsläufig die Richtung der Haupttrajektorien schneiden und deshalb unzulässig sind. Eine Lösung könnte vielleicht gefunden werden, wenn die Dachelemente auf Stützen statt auf Wände abgestellt würden. Im weiteren ist zu bedenken, dass mit fortschreitendem Mauerbau die Form und Grösse der Blöcke und damit die in einer Saison zu bewältigenden Betonkubaturen starken Änderungen unterworfen sind. Der Mauerquerschnitt verkleinert sich nach oben, die Grundrissfläche wird dagegen schmäler und länger. Dazu kommen im Einzelfall Unregelmässigkeiten der Talform, die die Betonierbedingungen in verschiedener Beziehung wesentlich beeinflussen. Aus allen diesen Erwägungen ergeben sich ausserordentliche Erschwernisse, die den in geschlossenen Räumen eingewürgten und während mehrerer Jahre an streng einzuhal tende Saisonleistungen gebundenen Betonierbetrieb in Frage stellen.

Ein weiteres, nicht leicht zu lösendes Problem stellt die Konstruktion der vorgeschlagenen fahrbaren Dachbinder mit der nach jeder Bausaison wieder abzudeckenden und neu zu montierenden Dachhaut dar. Man stelle sich vor, dass die eingedeckte Baufläche nicht nur gegen Frost und Feuchtigkeit geschützt werden muss. Das Dach hat dazu erhebliche Wind- und Schneelasten zu tragen. Dass diese grossen Anforderungen wesentliche Auswirkungen auf die Beweglichkeit, das Gewicht und die Kosten der Abdeckung haben, braucht nicht näher erörtert zu werden.

Schliesslich ist noch auf die Schwierigkeiten hinzuweisen, die der Betontransport von der unterirdischen Betonfabrik zur Betonierstelle mit sich bringen dürfte. Der Zeitaufwand für die Umsetzung dieser Anlagen auf einen anderen Abschnitt bzw. auf ein höher gelegenes Stockwerk wird das Bauprogramm viel stärker belasten als dies bei ausschliesslichem Sommerbetrieb der Fall ist, für den die einmal montierte Installation keiner merklichen Umstellungen bedarf. Dies gilt auch für die schon erwähnten zusätzlich erforderlichen Einrichtungen, deren Montage vor Baubeginn eine wesentlich längere «Anlaufzeit» bedingen.

Aus diesen generellen Andeutungen über den Baubetrieb im Winter ist erkennbar, dass prinzipiell eine Zunahme des jährlichen Baufortschrittes erreicht werden kann, dass sich diese aber auch bei stark gesteigerten Investierungen an Bauinventar und an Baukosten nur in relativ bescheidenem Masse auswirkt. Es ist indessen nicht ausgeschlossen, dass sich in bestimmten Fällen, bei aussergewöhnlich günstigen klimatischen und topographischen örtlichen Verhältnissen, die Ausdehnung des Baubetriebes auf den Winter rechtfertigt, wenn den erwähnten Mehraufwendungen für Installationen Einsparungen an Bauzinsen gegenüberstehen, die den Energiepreis nicht erhöhen.

#### 4. Arbeitsbedingungen

Im eingangs erwähnten Aufsatz wird mit viel Verständnis auf die Arbeiterunterkunfts- und Wohlfahrtseinrichtungen hingewiesen, die weitgehend ausgebaut, der Belegschaft den Aufenthalt im Hochgebirge während der Wintersaison erträglich gestalten sollen. Jedenfalls hat sich gezeigt, dass auf allen Baustellen, die im Winter in Betrieb standen, diesem Problem grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.

Zunächst ist festzuhalten, dass die im Sommer erreichbaren Arbeitsleistungen auf Grund einer im Baugewerbe zulässigen, verlängerten täglichen Arbeitszeit zustandekommen. Wenn das gleiche Arbeitstempo bzw. dieselbe Leistung auch im Winter eingehalten werden soll, so kann dies nur durch Vermehrung des Arbeiterbestandes erreicht werden, weil der Charakter der Saisonarbeit, für die eine längere Arbeitszeit toleriert wird, hinfällig wäre. Andernfalls müsste der grösste Teil der Belegschaft halbjährlich ausgewechselt werden, was mit Rücksicht auf die Kontinuität des Bau

betriebes kaum in Frage kommen kann. Man muss sich im übrigen bewusst sein, dass die meisten Arbeiter nach einer harten Bausaison körperlich weitgehend ermüdet sind, sodass die Erholung durch einen Arbeitsunterbruch mit anschliessend leichterer oder wenigstens anders gearteter Betätigung unter klimatisch und hygienisch günstigeren Bedingungen im Tal notwendig ist. Es zeigt sich für viele auch das Bedürfnis, die auf die Dauer eintönige Umgebung mit der gewohnten, abwechslungsreicher zu vertauschen und nach dem Leben in der Einsamkeit wieder Kontakt mit der Familie aufzunehmen. Die Wichtigkeit dieser unscheinbar anmutenden Tatsachen darf nicht unterschätzt werden. Wenn auch bekannterweise kleinere, ausgewählte Mannschaftsbestände auf Baustellen im Hochgebirge über den Winter durchgehalten werden können, so darf daraus noch nicht der Schluss gezogen werden, dass dies auch ohne weiteres für die Belegschaft einer Grossbaustelle angeht. Die Wohlfahrtseinrichtungen des Kleinbetriebes lassen sich in bezug auf die verfügbaren Platzverhältnisse nicht ohne weiteres und in hinreichendem Umfange auch auf der Grossbaustelle verwirklichen. Man könnte einwenden, dass unsere Bergstruppen während Jahren ihren schweren Dienst erfolgreich erfüllten, sodass dies auch vom Zivilarbeiter erwartet werden könnte. Der Soldat steht aber unter einem Befehl, den er als Bürger entgegennimmt und der ihn zu Dienstleistungen verpflichtet. Der Bauarbeiter dagegen wählt seinen Arbeitsplatz nach eigenem Ermessen und setzt seine Arbeitsleistung dem Lohn gegenüber, wobei er auch die Lebensbedingungen auf der Baustelle in seine Erwägungen einbezieht. Je ungünstiger sich die Arbeits- und Lebensverhältnisse gestalten, umso höher werden die Lohnforderungen sein. Der Verdienst muss also einen Anreiz bieten, dass die Unannehmlichkeiten, die der Winter im Hochgebirge mit sich bringt, hingenommen werden. Aus diesen Umständen ergibt sich, dass die Versuchung, den erschweren Lebensbedingungen auszuweichen, für den Zivilarbeiter ungleich grösser ist als für den Soldaten und dass zunächst nicht ohne weiteres erkennbar ist, ob und zu welchen Lohnansätzen der erforderliche Mannschaftsbestand für Arbeiten im Winter über Jahre hinaus sichergestellt werden kann.

#### 5. Zusammenfassung

Bei näherer Betrachtung der durch die Natur gegebenen Verhältnisse zeigt sich, dass der Durchführung des Bau betriebes im winterlichen Hochgebirge gewisse Grenzen gesetzt sind, die sich im Einzelfall auf Grund zwingender Umstände durch Massnahmen technischer Art und durch besondere finanzielle Aufwendungen vielleicht aufheben lassen. Meistens wird sich aber eine Verkürzung der Bauzeit im Vergleich zur vermehrten Investierung und dem wachsenden Risiko, das der Winterbetrieb in bezug auf die geregelte Bauausführung mit sich bringt, kaum lohnen. Wie es sich zeigte, kann mit einer proportionalen Vergrösserung der Arbeitsleistung im Winter keineswegs gerechnet werden und zudem wird ein Teil des Zeitgewinnes bei der Bauausführung durch die verlängerte Montagedauer und den alljährlich wiederkehrenden Zeitbedarf für die Anpassung der Installationen an den Saisonbetrieb aufgezehrt. Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass eine Verkürzung der Bauzeit einer Staumauer nur im Rahmen des Bauprogrammes des ganzen Werkes einen Sinn hat. Nach der schon oft verfolgten Praxis kommt dabei eine zeitlich abgestufte, partielle Inbetriebsetzung nach Massgabe des fortschreitenden Ausbaues der maschinellen Einrichtungen und des zur Verfügung stehenden Wassers in Frage. Somit ergibt sich, dass in jedem konkreten Fall das Bauprogramm auf Grund von wirtschaftlichen Erwägungen aufgestellt werden muss. Generell kann die Wirtschaftlichkeit des Winterbetriebs weder bejaht noch in Abrede gestellt werden. Im allgemeinen wird es aber vorteilhafter sein, die Installationen der Talsperrenbaustelle unter reichlicher Bemessung für eine gesteigerte Leistung während der Sommerbauzeit vorzusehen.

Was die Konstruktion von Staumauern anbetrifft, sei noch darauf hingewiesen, dass, soweit angängig, an Stelle der Gewichtsmauern materialsparende, also aufgelöste Mauertypen (zum Beispiel Staumauern Dixence und Lucendro) studiert werden sollten, bei deren Bauausführung auch wesentliche Transportersparnisse erzielt werden können. Dieser Weg zur rationalen und raschen Vollendung grosser Talsperren im Hochgebirge scheint uns in den meisten Fällen

empfehlenswerter zu sein, als den Versuch zu wagen, mit heroischen Aufwendungen gegen die unumstösslichen Gesetze der Natur ankämpfen zu wollen.

Abschliessend muss betont werden, dass Talsperren grösseren Ausmasses nicht nach vorgefassten Meinungen gebaut werden können. Sie stellen einmalige Bauaufgaben dar, die nach den obwaltenden Umständen projektiert und ausgeführt werden müssen.

## Feuchtigkeitswanderung in einer Alfol-Isolation

Von Dr. R. FICHTER, Neuhausen

DK 662.998.3 : 669.715-416

### Zusammenfassung:

In jeder Isolation soll die Feuchtigkeit in geringem Masse wandern können. Dabei darf sich nirgends Kondensat bilden. Auch Alfol erfüllt diese Bedingung, da eine geknitterte Aluminiumfolie genügend porös ist. Der bisher oft genannte Grund gegen die Verwendung von Alfol, eine solche Isolation könnte nicht «atmen», fällt also dahin. Begünstigt man die Feuchtigkeitswanderung allzusehr und bringt man z. B. besondere Löcher in den Folien an, so kann damit erst recht die Möglichkeit der Kondensatabbildung geschaffen werden, insbesondere wenn die Isolation bei der warmen Seite nicht dicht ist.

### 1. Einleitung.

Die Wärme-Isolation mit Aluminium-Folien [«Alfol»<sup>1)</sup>] ist schon seit längerer Zeit bekannt. Ihre Wirkung kommt einerseits vom guten Reflexionsvermögen von Aluminium<sup>2)</sup> und anderseits von der Unterteilung der Luftsicht durch die Folien. Auch bei der Alfol-Isolation gelten die bekannten Grundsätze, dass die Isolationsschicht auf der warmen Seite dicht sein soll, um eine Feuchtigkeitswanderung von dieser Seite in die Isolation hinein zu verhindern, und dass bei der kalten Seite eher für Belüftung gesorgt werden muss, damit die in der Isolationsschicht vorhandene Feuchtigkeit die Möglichkeit hat, abzuwandern. Eine gewisse Schwierigkeit besteht beim Häuserbau darin, dass die höhere Temperatur nicht immer auf derselben Seite der Isolationsschicht vorhanden ist. Im Winter sind jedoch die Temperaturdifferenzen durchschnittlich eher grösser und die Gefahr der Bildung von Kondenswasser ist stark erhöht, sodass bei der Konstruktion einer Isolation hauptsächlich auf die winterlichen Verhältnisse Rücksicht zu nehmen ist.

Der Alfol-Isolation wurde gelegentlich vorgeworfen, sie verhindere die oft erwünschte Feuchtigkeitswanderung<sup>4)</sup>.

<sup>1)</sup> Geschützte Wortmarke.

<sup>2)</sup> Siehe A. v. Zeerleder, SBZ Bd. 103, S. 47\* (1934) und R. Fichter, Schweiz. Technische Zeitschrift 1946, Nr. 31, S. 399.

<sup>4)</sup> Siehe z. B. R. J. Hediger, SBZ Bd. 124, S. 248\* (1944).

Zweck der vorliegenden Untersuchung war zu zeigen, dass unter normalen Verhältnissen die Feuchtigkeit eine durchaus genügende Wanderungsmöglichkeit findet; außerdem war abzuklären, ob das Stanzen von Löchern in die Aluminium-Folie nützlich sei.

Die Kondensation von Wasser innerhalb der Isolation ist immer schädlich. Auch bei der sonst sehr guten Kork-Isolation nimmt bekanntlich die Wärmeleitzahl bei Aufnahme von nur wenigen Prozenten Wasser sehr stark zu. Es ist klar, dass eine Isolierschicht ihre guten Eigenschaften verliert, wenn die Poren mit Wassertropfen verstopft werden. Bei einer Alfol-Isolation besteht diese Gefahr nicht, denn die Zwischenräume sind ja mehrere Millimeter bis Zentimeter weit. Wenn sich die glänzende Metalloberfläche mit Wasser beschlägt, kann jedoch das Reflexionsvermögen für Wärmestrahlen leiden. Außerdem kann die wechselnde Bildung und Verdunstung von Wassertropfen mit der Zeit zu einer leichten Trübung der metallischen Oberfläche führen, insbesondere wenn noch aggressive Gase oder dgl. hinzutreten. Nicht beeinflusst werden durch diese Erscheinungen die Isolationswirkungen, die von der Unterteilung der Luftsicht herrühren.

### 2. Apparatur und Messungen.

Um auf der einen Seite einer mit Alfol aufgebauten Isolationsschicht verschiedene Luftzustände (Temperatur und Feuchtigkeit) herstellen zu können, wurde ein heizbarer Kasten gebaut, dessen eine Wand aus der zu untersuchenden Isolationsschicht bestand und dessen andere Wände dauernd gut gegen Wärmeverluste isoliert waren. Bild 1 zeigt diesen Kasten von aussen. Er besitzt Doppelwände aus Sperrholz mit Isolationsmasse dazwischen. Um die Abwanderung der Feuchtigkeit aus dem Innern des Kastens in die isolierten Wände zu verhindern und um die Isolation zu verbessern, wurde er innen vollständig mit Aluminiumfolie ausgekleidet. Im Innern wurde elektrisch geheizt. Ein Quecksilberkontaktthermometer regelte selbsttätig die Heizstromzufuhr so, dass die Temperatur konstant blieb. Die gewünschte Luftfeuchtigkeit stellten wir mit Hilfe von Wasser, Schwefelsäure oder Kalziumchlorid, die in Schalen im Kasteninnern aufgestellt waren, ein. Theoretisch lässt sich in einem geschlossenen Luftraum jede relative Feuchtigkeit mit Hilfe wässriger Lösungen verschiedener Konzentrationen erzeugen. Da es jedoch sehr lange geht, bis sich eine niedere Feuchtigkeit einstellt, benützten wir zur Trocknung das erwähnte Kalziumchlorid.

Die einzelnen Folien waren auf Holzrähmchen befestigt. Diese Rähmchen sowie die andern Isolationselemente konnten in einen grösseren hölzernen Rahmen hineingesteckt oder aussen auf ihm befestigt werden. Das Ganze wurde dann als Seitenwand in den Kasten hineingeschoben. Ein Schaufelventilator wälzte die Luft ständig um und sorgte so für eine möglichst gleichmässige Atmosphäre im Kasten. Sein Antriebsmotor ist auf Bild 1 oben sichtbar. Temperatur und relative Feuchtigkeit wurden mit Thermometern und kleinen Taupunkts-Hygrometern an vier Stellen gemessen, deren Lage aus Bild 2 hervorgeht. Demnach befindet sich Messtelle *a*: innerhalb des Kastens nahe bei der ersten Aluminiumfolie, die bei einem Teil der Versuche durch eine Holzverschalung oder durch eine Pressplatte ersetzt war; Messtelle *b*: zwischen der ersten und der zweiten Folie; Messtelle *c*: zwischen der zweiten und der dritten Folie, die teilweise

<sup>3)</sup> Ueber die Anwendung dieser Grundsätze im Häuserbau s. z. B. M. Koenig, Schweiz. Bauzeitung 123, S. 161\* (1944); Anwendung im Kühlzschrankbau siehe z. B. Heinze, Z. f. d. gesamte Kälteindustrie 49, 29 (1944).

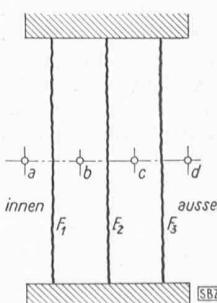


Bild 2 (links).  
Aufbau der Isolationssschicht und Anordnung der Messtellen.  
*F<sub>1</sub>*, *F<sub>2</sub>*, *F<sub>3</sub>*: Folien.  
*F<sub>1</sub>* und *F<sub>3</sub>* sind teilweise durch andere Isolationselemente ersetzt

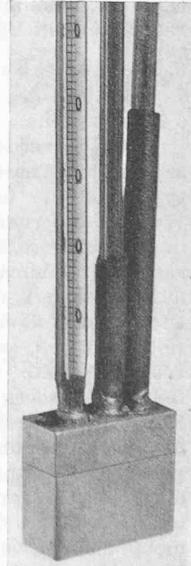


Bild 3 (rechts).  
Taupunkthygrometer

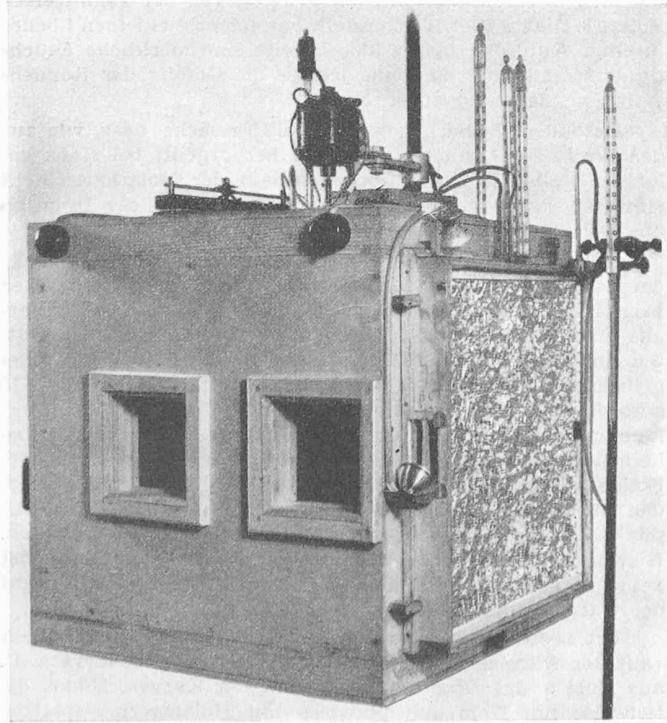


Bild 1. Isolationskasten