

**Zeitschrift:** Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 50 (1958)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Einbauversuche mit grobblockigem Stützkörpermaterial des Staudammes Göschneralp  
**Autor:** Zeller, J. / Zeindler, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-921893>

#### **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:** 19.02.2026

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

## TALSPERREN, GRUNDBAU

### Einbauversuche mit grobblockigem Stützkörpermaterial des Staudamms Göschenenalp

Ing. J. Zeller, Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH, Zürich, und  
 Ing. H. Zeindler, Elektro-Watt, elektrische und industrielle Unternehmungen AG, Zürich  
 (Beitrag zum 6. Kapitel: «Erddämme, Böschungen und offene Einschnitte»  
 des 4. internationalen Erdbaukongresses 1957 in London)

#### I. Zusammenfassung

Im Herbst 1955 wurden für den Staudamm Göschenenalp auf der Baustelle Großversuche durchgeführt mit dem Ziele, die geeignetste Einbaumethode und die erdbaumechanischen Kennziffern der Stützkörpermaterialien zu ermitteln. Die Versuche wurden von den Dammfirmaen ausgeführt und standen unter der gemeinsamen Leitung der Elektro-Watt und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau.

Verwendet wurde ein mit Kiessand vermischt Blockmaterial aus der Sperrstelle benachbarten Schutthalde. Der max. Korndurchmesser wurde auf etwa 1,0 m beschränkt. Total wurden in 9 Versuchsfeldern 30 000 m<sup>3</sup> Material geschüttet. Die Schichtmächtigkeit bzw. die Schütt Höhe variierte zwischen 1,5 bis 5,0 m. Der Einbau erfolgte erdfeucht, naß, eingespült und mit Einrütteln. Für die 15 Raumgewichtsbestimmungen wurden total 3300 m<sup>3</sup> und für 4 Kornverteilungsuntersuchungen 65 m<sup>3</sup> Material aus den Versuchsfeldern wieder ausgehoben.

Die Versuche zeigen, daß auch ohne künstliche Verdichtung sehr hohe Trockenraumgewichte von im Mittel 2,25 t/m<sup>3</sup> bei einem spez. Gewicht von 2,72 t/m<sup>3</sup> erzielt werden, wenn beim Schütten jegliche Entmischung vermieden wird. Eine spürbare Erhöhung der Raumgewichte bei Verwendung des Einspülverfahrens oder eines 15-Tonnen-Großrüttlers konnte nicht beobachtet werden. Die Durchlässigkeitswerte, ermittelt aus Versickerungsversuchen, variierten im Mittel zwischen  $5 \cdot 10^{-3}$  bis  $5 \cdot 10^{-4}$  cm/s.

#### II. Einleitung

Das Projekt des Kraftwerkes Göschenen<sup>1</sup> sieht auf der Göschenenalp einen Rock-fill-dam vor mit einer max. Dammhöhe von 155 m, einer Kronenlänge von 540 m und einem Damminhalt von 8,3 Mio m<sup>3</sup>. Die Bauarbeiten haben im Sommer 1955 begonnen und die Detailprojektierung entfiel auf den Winter 1955/56. Zur Bestimmung der Materialkennwerte und der geeigneten Einbaumethode wurden in der Zeit vom 5. September bis 24. November 1955 auf der Baustelle Großversuche durchgeführt. Mit Hilfe dieser Versuche und zusätzlicher Scherversuche im Laboratorium<sup>2</sup> war es dann möglich, auf die Festigkeitswerte zu schließen,

<sup>1</sup> W. Eggenberger, The Goescheneralp Rock-Fill-Dam Project, Switzerland. Proc. 3rd Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Switzerland 1953, vol. III, p. 296.

— Das Projekt des Staudamms auf der Göschenenalp, Schweiz. WEW Nr. 10, 1954, Zürich.

<sup>2</sup> J. Zeller und R. Wullimann, Scherfestigkeit der Stützkörpermaterialien des Staudamms Göschenenalp. Proc. 4th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, London 1957, vol. II, p. 405.

wie sie für die Berechnung der Stabilität benötigt wurden.

##### 1. Materialbeschaffenheit

Das für die Stützkörper vorgesehene Material wird aus benachbarten Schutthalde gewonnen. Es handelt sich um junge Ablagerungen granitischen Ursprungs, die nur wenig verwittert sind. Die Kornzusammensetzung variiert relativ wenig und enthält Feinsand bis Blöcke von mehreren m<sup>3</sup> Inhalt. Sämtliches Material ist kantig, z. T. leicht angerundet und weist an jungen Schüttungen einen natürlichen Böschungswinkel von etwa 50° auf, der sich im Laufe der Zeit infolge Niederschlägen, Schneeschmelze usw. auf etwa 40° reduziert. Der natürliche Wassergehalt in größerer Tiefe hat die Größenordnung von 3 bis 4%, bezogen auf alle Kornkomponenten.

##### 2. Versuchsprogramm

Als wesentliche Punkte sind daraus zu erwähnen:  
 a) Die Versuche wurden im Maßstab 1 : 1 durchgeführt, d. h. Material, Geräte und Arbeitsmethoden waren genau dieselben, wie sie im eigentlichen Dammbau vorgesehen sind.

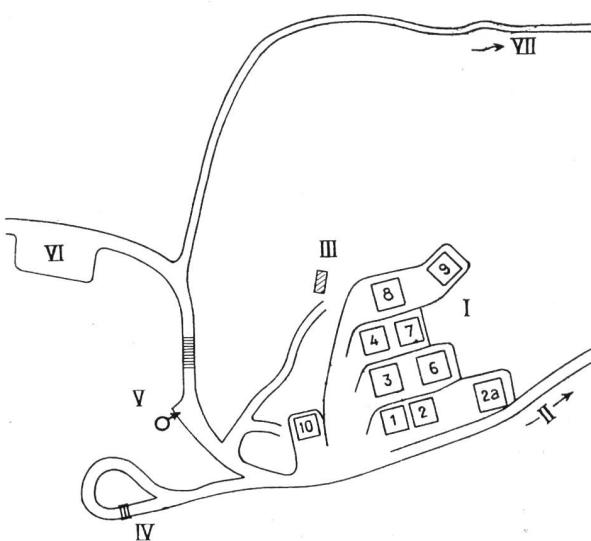


Bild 1 Übersichtsplan der Versuchsschüttung

- I Versuchsfelder
- II Zur Abbaugruben (Schutthalde S 4)
- III Pumpstation
- IV Fahrzeugwaage
- V Wasserzugabe
- VI Siebplatz
- VII Zum Feldlaboratorium

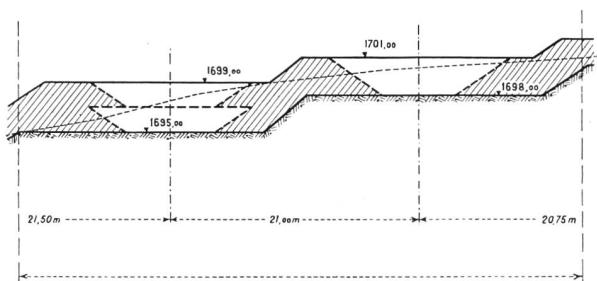


Bild 2 Querschnitt durch zwei Versuchsfelder mit den Versuchsgruben für die Raumgewichtsbestimmung.

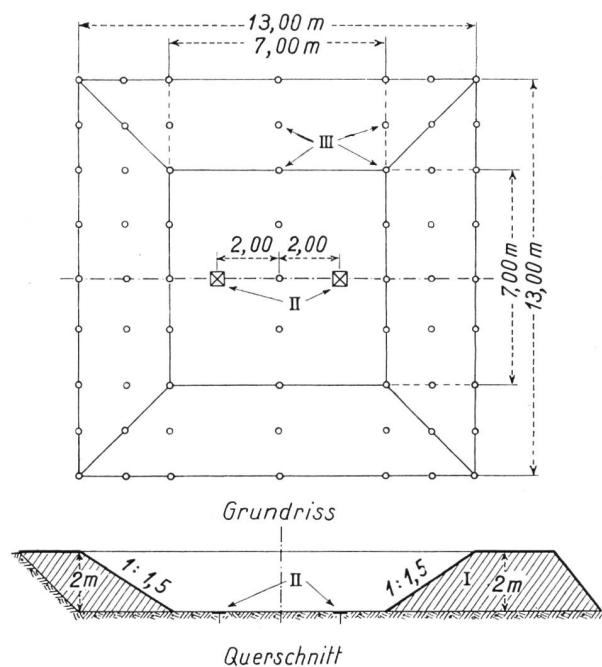


Bild 3 Grundriß und Querschnitt der Versuchsgruben für die Raumgewichtsbestimmung

- I Schüttung
- II Bodenplatten für Setzungsmessungen
- III Meßpunkte für die Volumenbestimmung der Versuchsgrube

- b) Die zugelassene Maximalblockgröße betrug  $1\text{ m}^3$ .
- c) Zur Ermittlung der günstigsten Einbaumethode wurden folgende Varianten untersucht:
- Einbau in Schichten von 1,5/2,0/3,0/4,0 und 5,0 m Höhe
  - Einbau von Material mit natürlichem Wassergehalt
  - Einbau von Material, das vor dem Schütteten durchnässt wird
  - Einbau mit Einspülen
  - Verdichtung mit den beladenen Transportfahrzeugen während des Einbaues
  - Verdichtung mit Großrüttlern.
- d) Folgende bodenmechanischen Werte wurden bestimmt:
- Raumgewicht
  - Wassergehalt
  - Durchlässigkeit
  - Kornverteilung.

### III. Versuchsdurchführung

#### 1. Vorbereitung der Versuchsfelder

Die Lage der Versuchsfelder und ihre Anordnung ist aus Bild 1 ersichtlich. Sie wurde dem geneigten Gelände angepaßt. Als zweckmäßigste Lösung erwies sich die in Bild 2 dargestellte Terrassenform. Da die gesamte Versuchsschüttung innerhalb des zukünftigen Dammes lag und nach Abschluß der Versuche als Bestandteil des Dammes weiterbestehen konnte, ergab dieses Vorgehen bei einer eingebauten Kubatur von  $30\,000\text{ m}^3$  beträchtliche wirtschaftliche Vorteile gegenüber einer Versuchsschüttung außerhalb des Dammes.

Die Größe der einzelnen Versuchsfelder war, abgesehen von der Schichthöhe und dem eingebauten Maximalkorn, auch von der für die Raumgewichtsbestimmung erforderlichen Meßgenauigkeit diktiert. Laboratoriumsversuche<sup>2</sup> haben gezeigt, daß bei diesem Material schon bei kleinen Variationen in der Porosität starke Änderungen in der Scherfestigkeit auftreten. Es wurde deshalb ein max. Meßfehler in der Raumgewichtsbestimmung von  $\pm 1\%$  zugelassen, wodurch sich das Volumen einer Raumgewichtsprobe zu minimal  $200\text{ m}^3$  ergab.

Nachdem das Gelände trassiert war, wurde die Oberfläche jeder Stufe mit beladenen Transportfahrzeugen von etwa 40 t Gewicht (Euclid) verdichtet und anschließend ein genaues Nivellement aufgenommen.

#### 2. Schütteten und Verdichten des Stützkörpermaterials in den Versuchsfeldern

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Daten und Merkmale der Versuchsfelder zusammengestellt. Folgende Beobachtungen sind bemerkenswert:

*Feld 1:* Bild 4 zeigt deutlich, wie sich das Material entmischt. Die groben Steine rollten über die Böschung hinunter, während das Feinmaterial oben liegen blieb. Die Oberfläche der Schüttung wurde durch das Befahren so dicht und verschlammt, daß das darauf angesammelte Regenwasser während Tagen liegen blieb, ohne zu versickern.

<sup>2</sup> Siehe vorhergehende Seite.



Bild 4 Übersicht über die Versuchsschüttung

Im Vordergrund: Schüttung mit Einspülen.

Bild-Mitte: Aushub einer Versuchsgrube zur Bestimmung des Raumgewichtes.

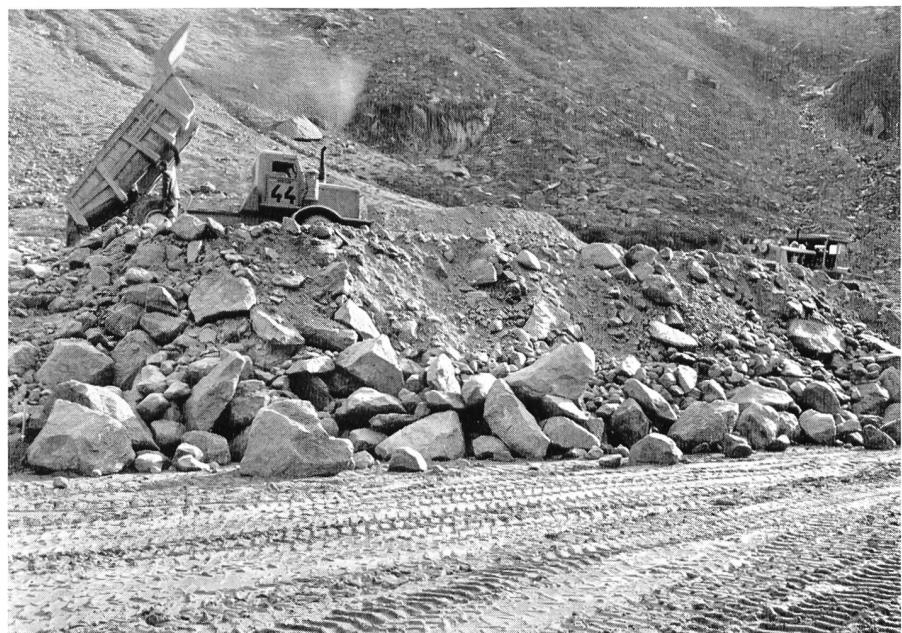


Bild 5  
Ausgeprägte Entmischung  
des Materials bei 4,0 m Schütt Höhe.

*Feld 2:* Bevor die Transportfahrzeuge ihre Last jeweils kippten, füllte man die Kippermulde soweit wie möglich mit Wasser (Zugabe jeweils etwa 1 m<sup>3</sup> Wasser). Trotzdem beim Kippen sehr viel Wasser vor dem Schüttmaterial die Kippermulde verließ, glitt dieses gleichsam en bloc heraus und entmischtete sich sehr wenig, besonders wenn das Fahrzeug sehr nahe an die Kippkante heran gefahren wurde (Bild 5). Die Schüttungsoberfläche blieb rauh und durchlässig. Die Beobachtungen an den beiden Feldern 1 und 2 führten dazu, daß die Trockenschüttung als ungeeignet bezeichnet werden mußte.

*Felder 3 und 4:* Bei 3 m Schütt Höhe zeigte sich kein Unterschied gegenüber 2 m. Bei 4 m dagegen war die Entmischung infolge des langen Kollerweges bereits ziemlich groß.

*Feld 5:* Auf Grund der Beobachtungen an den Feldern 3 und 4 weggelassen.

Dagegen wurde noch ein

*Feld 2a* geschüttet, um zu kontrollieren, wie sich das

Material verhält, wenn die Schichtmächtigkeit in der Größenordnung des Maximalkornes liegt.

*Felder 6, 7 und 8:* Da die erforderliche Pumpenleistung aus zeitlichen und technischen Gründen nicht erreicht wurde, konnte der Effekt des Einspülens nicht ermittelt werden. Das Verhältnis des während des Kippens ins Material gespritzten Wasservolumens zum Volumen des gekippten Materials betrug etwa 0,3 m<sup>3</sup> zu 1 m<sup>3</sup>; zur Erzeugung einer Verdichtungswirkung wäre aber mindestens das zehnfache Wasservolumen notwendig gewesen. Die Einspül-dauer wurde auf total 5 Min. verlängert, so daß schlüssiglich pro m<sup>3</sup> Stützkörpermaterial 2,7 m<sup>3</sup> Wasser mit einem Druck von 4 bis 5 atü eingespült wurden. Um die gegenseitige Beeinflussung zwischen den einzelnen Schichten feststellen zu können, wurde vorgesehen,

*Feld 9* als Schichtpaket von 3 übereinanderliegenden 2-m-Schichten zu schütten. Wegen starker Frostein-

**Tabelle 1**

Wichtige Daten und Merkmale der Versuchsfelder

Feld Nr.	Feldgröße in m	Schichthöhe in m	Einbauart	Verdichtung	Bemerkungen
1	17 × 17	2,0	erdfeucht geschüttet	Transportfahrzeuge und anschließend mit Großrüttler Typ M*	
2	17 × 17	2,0	naß geschüttet		
2a	17 × 17	1,5	naß geschüttet		
3	19 × 19	3,0	naß geschüttet	do.	
4	17 × 17	4,0	naß geschüttet	do.	
5	19 × 19	5,0	naß geschüttet	—	dieses Versuchsfeld wurde nicht geschüttet
6	19 × 19	3,0	eingespült	keine Verdichtung	
7	17 × 17	4,0	eingespült	keine Verdichtung	
8	19 × 19	5,0	eingespült	keine Verdichtung	
9	17 × 17	2 × 2,0	naß geschüttet	Transportfahrzeuge	
10	19 × 19	2 × 2,5	naß geschüttet	Großrüttler Typ G*	
11	17 × 17	2 × 4,0	eingespült	—	dieses Versuchsfeld wurde nicht geschüttet

Erläuterung: M = Mammut Rüttler, 14 Tonnen, flacher, kreisförmiger Verdichtungskörper  
G = Gigant Rüttler, 15 Tonnen, kegelförmiger Verdichtungskörper

wirkung konnten aber nur 2 Schichten ausgeführt werden.

*Feld 10:* Jede Schicht wurde mit dem Keller-Rüttler Typ G verdichtet. Der gegenseitige Abstand der Rüttelpunkte betrug etwa 4 m.

*Feld 11* gelangte nicht mehr zur Ausführung, da das winterliche Wetter die Arbeiten verunmöglichte. Es hätte mehrere eingespülte Schichten enthalten sollen, um den Einfluß des evtl. Kolmatierens durch Spülung in tieferliegenden Schichten zu ermitteln. Da die Spülinstallation ohnehin ungenügend war, fiel diese Unterlassung nicht schwer ins Gewicht.

### 3. Bestimmung der bodenmechanischen Kennziffern

#### Raumgewichtsbestimmung

In jedem Versuchsfeld wurden Trichter von der Form eines umgekehrten, quadratischen Pyramidenstumpfes ausgehoben und daran Volumen, Gewicht, Durchlässigkeit und z. T. auch die Kornverteilung bestimmt. Die Form des Trichters ist aus den Bildern 2 und 3 ersichtlich.

Um den Einfluß des Befahrens mit den Transportfahrzeugen auf die Verdichtung zu ermitteln, wurden jeweils die Setzungen gemessen, so daß aus den Endraumgewichten, wie sie nach dem Rütteln erhalten wurden, auch auf den vorangegangenen Zustand geschlossen werden konnte (siehe Tabelle 3).

Der Aushub der Proben aus den Trichtern erfolgte mit einem Tieflöffelbagger, der das Material auf Kipper verlud, in denen es später gewogen wurde (Achswägung). Die Böschungen wurden anschließend von Hand nachgearbeitet und darauf vermessen.

Für die Ermittlung des Trockenraumgewichtes wurde vom Kornanteil kleiner 100 mm (etwa 40 bis 50% des Totalanteils) und an einigen Proben mit einem Kornanteil 100 bis 400 mm im Feldlaboratorium der Wassergehalt bestimmt.

In Tabelle 2 sind die pro Versuchsfeld gewählten Trichtergrößen zusammengestellt.

**Tabelle 2**  
Raumgewichtsbestimmung, Größe der Trichter

Feld Nr.	Seitenlänge m'	Volumen m <sup>3</sup>	Bemerkungen
1	13,0	203,55	<i>Felder 4, 7 und 9</i>
2	13,0	221,21	in 2 Schichten ausgehoben, oben und unten mit je 2,0 m Höhe.
2a	13,0	206,07	
3	15,0	305,21	
4	13,0	411,61	<i>Feld 8 in 2 Schichten</i>
5	—	—	ausgehoben, obere mit 2,0 m, die untere mit 3,0 m Höhe.
6	15,0	307,51	
7	13,0	371,27	
8	13,0/15,0	524,15	<i>Feld 10 in 2 Schichten</i>
9	13,0	401,05	ausgehoben, obere und untere mit 2,5 m Höhe.
10	15,0	360,13	
11	—	—	

#### Durchlässigkeit

Da die Ergebnisse der Sondierungen an der Gewinnungsstelle des Stützkörpermaterials einen nicht vernachlässigbaren Anteil an Feinmaterial erwarteten ließen, war es sehr wichtig, die Durchlässigkeit der Schüttung zu bestimmen. Zu diesem Zweck hob man 10 kleine Versuchstrichter von 50 cm Tiefe und einer

Sohlenfläche von 1 m<sup>2</sup> aus, in welchen Versickerungsversuche vorgenommen wurden.

#### Bestimmung der Kornverteilung

Um die tatsächliche Kornverteilung feststellen zu können, wurde die gesamte Fraktion 0 bis 1000 mm ausgesiebt. Das Volumen einer Probe betrug dementsprechend 20 bis 30 m<sup>3</sup>. Für das Aussieben der Fraktionen 100 bis 200 mm, 200 bis 400 mm und größer als 400 mm wurden speziell starke Quadratlochsiebe hergestellt. Der Umlad der Fraktionen 100 bis 1000 mm erfolgte mittelst Greifbagger. Für die Wägungen verwendete man dieselbe Waage wie bei der Raumgewichtsbestimmung. Die Fraktion 0 bis 100 mm analysierte man im Feldlaboratorium.

#### 4. Personeller Einsatz und verwendete Baumaschinen

Der Bedarf an Personal war verhältnismäßig groß. Während der Einbauperiode waren laufend 20 bis 30 Leute beschäftigt; die Zahl erhöhte sich gegen Ende der Einbauperiode bis gegen 40 und verminderte sich darauf sukzessive auf etwa 12.

Der Einsatz der Geräte paßte sich dem momentanen Bedarf an. Man erreichte Tageseinbauleistungen (10 Arbeitsstunden) von bis 1200 m<sup>3</sup>; pro Bagger und Schicht betrug sie gegen 800 m<sup>3</sup>.

##### — Abbaustelle:

Abräumequipe (Handarbeit) sporadisch eingesetzt, etwa 4 Handlanger.

Materialgewinnung: 1 bis 2 P-&-H-Hochlöffelbagger Modell 1055, Löffelinhalt 2,67 m<sup>3</sup>, Bedienung total 2 Maschinisten.

Sprengequipe: 1 Garnitur Kompressor + Bohrhämmer, etwa 4 Mann.

##### — Transport:

Einsatz je nach Bedarf, im Mittel 3 bis 4 Kipper, Typ Euclid mit etwa 11—12 m<sup>3</sup> Transportvolumen. Personal: 3 bis 4 Mann.

##### — Einbaustelle:

Planierarbeiten mit 1 Bulldozer, Typ Caterpillar D 8.

Einspülequipe: 3 Wendrohre mit 3 Pumpen mit einer totalen Förderleistung von 5,4 m<sup>3</sup>/min und einem Druck von 4 bzw. 5 atü.

Personal: 5 Mann.

Verdichtungsequipe: 1 Großrüttler der Firma Keller, Typ M und G von 14 bzw. 15 Tonnen Gewicht, versehen mit flachem Rüttelkorb bzw. Verdrängungskonus. 1 Bagger zum Umsetzen des Rüttlers als Kran umgebaut, Typ Menk M 250.

Personal: 3 Mann.

##### — Equipe zur Bestimmung der bodenmechanischen Koeffizienten:

Aushub der Trichter: Aushub mit 1 Tieflöffelbagger, Typ Menk M 152, Löffelinhalt 1,5 m<sup>3</sup>; 1 Kipper, Typ Euclid.

Personal: 3 + (4—6) Mann.

Wägung: Waage für 40 Tonnen, eingerichtet für Achswägung, Bedienung: 1 Mann.

Kornverteilung: Für Grobsiebung auf der Baustelle 1 Bagger (Michigan T<sub>4</sub> mit Greifer), Siebe mit Maschenweite von 400, 200 und 100 mm (Quadratloch).

Personal: 3 Mann.

Im Laboratorium 1 Siebmaschine mit einer Siebleistung von etwa 200 kg/Std.

Personal: 1 Mann.

Vermessungsequipe zur Bestimmung der Setzungen und der Trichtervolumen.

Personal: 3 Mann.

Durchlässigkeit: durchgeführt mit Tankwagen von 1 m<sup>3</sup> Inhalt, Personal: 2 Mann.

— Aufsicht:

Durch das Feldlaboratorium.

Personal: 2 Mann.

#### IV. Versuchsergebnisse

Die in Tabelle 3 wiedergegebenen Meßresultate lassen folgendes erkennen:

##### 1. Entmischung

- Bei der Schüttung von erdfreuchtem Material trat bei einer Schütt Höhe von 2,0 m eine starke Entmischung auf. Bei mehr als 3,0 m Höhe führte sie zu einer vollständigen Aussortierung.
- Durch Wasserzugabe in den Kipper konnte diese Erscheinung wesentlich reduziert werden. Es ist aber unbedingt notwendig, daß das Fahrzeug bis an die Böschungskante fährt, so daß bei der Entleerung des Schüttgutes dessen Kollerweg möglichst kurz ist.

##### 2. Raumgewicht

- Die erzielten Trockenraumgewichte sind sehr hoch. Sie betragen im Mittel 2,25 t/m<sup>3</sup> bei einem spezifischen Gewicht der Festsubstanz von 2,72 t/m<sup>3</sup> und einer mittleren Porosität von 17÷18%.
- Das hohe Raumgewicht stellt sich bereits während der Schüttung ein. Mit den heute vorhandenen Verdichtungsgeräten kann unter der Voraussetzung ei-



Bild 6 Versuchsfeld Nr. 2: Naßschüttung. Das Transportfahrzeug fährt bis an die Böschungskante, damit der Kollerweg des Materials möglichst kurz wird. Schütt Höhe 2 m.

ner wirtschaftlichen Arbeitsweise keine wesentliche Erhöhung der Lagerungsdichte erzielt werden.

In derart grobblockigen Materialien hat das Einspülen nur dann eine Wirkung, wenn mit sehr hohem Druck und entsprechend großer Wassermenge gearbeitet wird.

- Es sind erst nach dem Aufbringen größerer Kräfte Setzungen in den einzelnen Schichten zu erwarten (starke gegenseitige Verkeilung der Blöcke). Ein Einfluß der oberen Schichten auf das Raumgewicht der

**Tabelle 3** Zusammenstellung der Trockenraumgewichte, Durchlässigkeit und Kornzusammensetzung (Spezifisches Gewicht des Materials 2,72 t/m<sup>3</sup>)

Feld Nr.	Reihen- folge der Schütt- ung	Schicht- höhe	Entmischung	Entnahmest- ellen über...	Einbauwasser- gehalt bezogen auf Komp.	Trockenraumgewichte				Durchläs- sigkeit k	Kornverteilung				
						geschüttet*	verdichtet mit Transpor- tfahrzeu- gen	eingerüttelt	Rüttler Typ		< 1 mm	1-10 mm	10-100 mm	100 bis 1000 mm	
		m'				%	%	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	10 <sup>-3</sup> cm/sec	%	%	%	
1	1	2,0	leicht bis mittel	ganze Höhe	7,03	3,3	2,21	2,21*	2,26	M	11 bis 3				
2	2	2,0	gering	ganze Höhe	5,02	2,4	2,28	2,28*	2,28	M	5000-0,01	14	17	15	
2a	5	1,5	keine	ganze Höhe	5,02	2,4	2,37	2,37*	2,45	M					
3	3	3,0	leicht bis mittel	ganze Höhe	5,47	2,6	2,18	2,18*	2,22	M					
4	4	4,0	mittel	obere 2,0 m	7,18	3,4	2,47	2,47*	2,48	M	500**				
				untere 2,0 m	7,90	3,7	2,12	2,12*	2,13		500**				
6	6	3,0	leicht bis mittel	ganze Höhe	7,07	3,4	2,19	2,19	—			12	13	17	
7	7	4,0	mittel	obere 2,0 m	7,07	3,4	2,22	2,22	—		74 bis				
				untere 2,0 m	5,75	2,7	2,01	2,01	—		100**				
8	9	5,0	stark	obere 2,0 m	6,79	3,2	2,26	2,26	—			12	14	36	
				untere 3,0 m	5,85	2,7	1,99	1,99	—			8	12	38	
9	12	2 × 2,0	gering	obere 2,0 m	7,65	3,5	2,26	2,26	—						
11				untere 2,0 m	6,73	3,1	2,26	2,26	—						
10	10	2 × 2,5	leicht	obere 2,5 m	8,04	3,8	—	—	2,29	G	45-0,14				
	8			untere 2,5 m	6,02	2,8	—	—	2,26	G					

\* Mit Hilfe der Setzungsmessungen aus den Endraumgewichten (nach Einrütteln) berechnete Werte

\*\* Große Hohlräume

nächst unten konnte deshalb nicht festgestellt werden.

### 3. Durchlässigkeit

Die ermittelten k-Werte schwanken zwischen  $10^{-5}$  und  $10^{-2}$  cm/s. Der Stützkörper enthält demnach Partien mit sehr großer und solche mit kleiner Durchlässigkeit. Leider standen für die Versuche keine großen Wassermengen zur Verfügung, so daß keine Dauerversuche in Partien großer Durchlässigkeit durchgeführt werden konnten. Solche hätten gezeigt, ob es sich bei den vorhandenen Hohlräumen um isolierte Taschen oder um ein zusammenhängendes Poresystem handelt. Für die Beurteilung des Verhaltens des Dammes bei plötzlicher Absenkung wäre dieses Detail von großem Interesse.

### 4. Kornverteilung

Vier Kornverteilungen wurden untersucht. Die Resultate sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Proben wurden aus naß geschütteten sowie eingespülten Versuchsfeldern entnommen. Da die Abbaustelle sich über die ganze Breite der Schutthalde erstreckte, traten im Kornaufbau der einzelnen Felder Schwankungen auf. Der Anteil der Fraktion kleiner 0,5 mm ist in den eingespülten Feldern Nr. 6 und 8 etwa um  $\frac{1}{2}$  kleiner als derjenige des naß geschütteten Feldes Nr. 2a. Dieser Anteil wurde ausgespült und vermutlich in der darunterliegenden Schicht abgelagert.

Im 5 m hohen, eingespülten Feld Nr. 8 wurde sowohl die Kornzusammensetzung der oberen als auch der unteren Schichthälften bestimmt. Der Entmischungseffekt überwiegt in hohem Maße den Spüleffekt, indem oben die feineren und unten die gröberen Teile überwiegen. Diese Erscheinung drückt sich auch in den Raumgewichten aus.

## WASSERRECHT

### Das Staatsvertrags-Referendum am Spöl

Das am 27. Mai 1957 zwischen der Schweiz und Italien (unter Genehmigungsvorbehalt) abgeschlossene Abkommen über die Nutzbarmachung der Wasserkraft des Spöls ist vom Nationalrat im September und vom Ständerat im Dezember 1957 genehmigt worden. Der Genehmigungsbeschuß der Räte untersteht dem fakultativen Referendum. In Italien wurde das Abkommen im neuen Jahr von der Deputiertenkammer und vom Senat gutgeheißen. Damit sind die Regierungen beider Staaten von den Kammern ermächtigt worden, das Abkommen zu ratifizieren und dasselbe durch Austausch der Ratifikationsurkunden in Kraft zu setzen. (In der Schweiz ist jedoch das Schicksal des Referendums abzuwarten.)

Auf der italienischen Seite stehen der Inkraftsetzung — anders als seinerzeit im Val di Lei, wo der Gebietsaustausch und der Ersatz von Alpen Verzögerungen brachte — keine Schwierigkeiten im Wege. Die Bevölkerung des Livigno ist mit der Errichtung eines großen Stausees einverstanden, wie auch mit der Ableitung von Spölwasser ins Veltlin, wofür sich besonders die Veltliner interessieren.

Hingegen werden der Inkraftsetzung auf schweizerischer Seite Schwierigkeiten bereitet, allerdings nicht etwa von den zuständigen Behörden. Sämtliche berühr-

### V. Für den Staudamm Göschenen sich ergebende Schlußfolgerungen

Die Versuche haben dank intensiver Zusammenarbeit zwischen Unternehmer, Bauleitung und Bodenmechaniker einen zufriedenstellenden Verlauf genommen. Folgende Richtlinien wurden u. a. für den Einbau der Stützkörpermaterialien ausgearbeitet:

1. Die maximal zugelassene Blockgröße beträgt  $1\text{ m}^3$ . Sie soll nicht überschritten werden, weil sonst mit großen Streuungen in der Lagerungsdichte und dadurch auch in der Scherfestigkeit zu rechnen ist.
2. Die Einbauhöhe (Schütt Höhe) soll wenn möglich 2,0 m, aber keinesfalls mehr als 3,0 m betragen, um einer Entmischung vorzubeugen.
3. Das Material ist naß zu schütten. Die Transportfahrzeuge sollen bis an die äußerste Böschungskante fahren und dort kippen, damit der Kollerweg klein bleibt.
4. Auf eine künstliche Verdichtung oder auf Einspülen wird verzichtet, da im Verhältnis zum Aufwand eine zu geringe Verbesserung in der Lagerungsdichte erzielt wurde.

### VI. Nachwort

Die Firma Elektro-Watt, elektrische und industrielle Unternehmungen AG, Zürich, die mit der Projektierung und Bauleitung des Kraftwerkes Göschenen betraut ist, hat in verdankenswerter Weise die Veröffentlichung der Versuchsresultate gestattet. Der Dank der Verfasser geht auch an Prof. G. Schnitter, Direktor der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH, und Ing. Ch. Schaefer, Chef der Erdbauabteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau, welche die Ausarbeitung des Berichtes ermöglichten und unterstützten.

ten Engadiner Gemeinden befürworten den Ausbau von Inn und Spöl in drei Stufen und die Ergänzung dieses kantonalen Ausbaues durch das wertvolle Livigno-becken. Die kantonale Regierung setzt sich für eine solche Nutzung ein. Die Ableitung wird in Kauf genommen. Der Bundesrat empfahl das Abkommen, und die Räte haben ihm zugestimmt. Es sind einzige private Kreise, vorwiegend aus Naturschutzorganisationen, die opponieren. Diese möchten den Spöl, welcher den Nationalpark über wenige Kilometer durchquert, unberührt wissen und zugleich das untere Engadin merkwürdigweise als «Erholungsraum» für Industriestädte reservieren! Unklar bleibt nur, wie das zu erreichen sein könnte.

Der kantonale Ausbau von Inn und Spöl ist nach geltendem Recht eine Angelegenheit, über welche Kantone und Gemeinden zu befinden haben, und zwar einschließlich des Landschaftsschutzes im Engadin. Die Entscheidung in Nationalparkfragen steht — im Rahmen der Parkverträge mit den Parkgemeinden — dem Bundesrat zu. Das Verhältnis zum Ausland zu ordnen, ist grundsätzlich Sache des Bundesrates unter Mitwirkung der Bundesversammlung (BV Art. 102, Ziff. 8/9, und Art. 85, Ziff. 5). In diesem Punkte ist jedoch