

# Lockergesteinsabdichtung beim Talabschluss Ferden

Autor(en): **Bischof, Roland**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **68 (1976)**

Heft 10

PDF erstellt am: **10.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-939305>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

als Rohstoff für die Zelluloseproduktion knapp sei. An sich ist dies nicht der Fall, da Holz ja laufend nachwächst. Indessen ist die Frage zu prüfen, ob die Holzproduktion für Zellulose auf einem nachhaltig betriebenen Waldbau beruht oder ob sie Elemente eines Raubbaus aufweist. Bei Zellulose aus Schweizer Holz ist die Voraussetzung der nachhaltig betriebenen Holznutzung zweifelsohne gegeben. Hinsichtlich des Aspekts der Beseitigung fester Abfälle kann man Kunststoffe und Papier als günstig bezeichnen, denn bei der in der Schweiz heute überwiegenden Verbrennung der Siedlungsabfälle ergeben sie ein Minimum an Rückständen. Auch bei geordneter Deponie ergeben sie ein besonders geringes Deponievolumen. Während die Metallverpackungen in bezug auf das Abfallvolumen eine mittlere Stellung einnehmen, liegt die Glasverpackung ungünstig, obschon in der Schweiz etwa 20 % des Altglases der Wiedereinschmelzung in der Glashütte zugeführt werden. Trotz dieser bemerkenswerten Leistung beansprucht die Glaseinwegverpackung immer noch das grösste Deponievolumen pro Liter verpackter Flüssigkeit. Eine besonders heikle Frage ist nun, wie man von der sektoriellen Betrachtung pro individuellem Umweltaspekt auf eine oekologische Gesamtbeurteilung der verschiedenen Verpackungsmaterialien übergehen soll. Wie ist das Ab-

wasserproblem bei der beschichteten Papierverpackung gegen den hohen Energieverbrauch der Aluminiumverpackung aufzuwägen? Und wie das Problem der Verbrennung von PVC-Verpackungen gegen die Knappheit des für Weissblechverpackungen erforderlichen Zinns?

Ohne einer abschliessenden Beurteilung dieser Frage durch die Kommission für Abfallwirtschaft vorgreifen zu wollen, kann aber doch schon darauf hingewiesen werden, dass auf dem Gebiet der Einwegverpackungen die Kunststoffe ein relativ günstiges Material sind. Als weniger vorteilhaft dürften dagegen Einwegverpackungen aus Glas, Weissblech und Aluminium zu betrachten sein.

Der Klarheit halber soll aber abschliessend angemerkt werden, dass die oekologische Betrachtungsweise nicht die einzige Grundlage für die Beurteilung von Verpackungsmaterialien ist. Im Einzelfall ist es möglich, dass eine oekologisch weniger günstige Verpackungsart andere Vorteile aufweist, die deren Einsatz rechtfertigen. In einer entwickelten Gesellschaft mit differenzierten Bedürfnissen kann es sinnvollerweise nicht eine Einheitslösung geben für die Verpackung.

Adresse des Verfassers: Dr. Ruedi Müller-Wenk, Vorsitzender der Subkommission Siedlungsabfälle der Eidg. Kommission für Abfallwirtschaft, 9327 Tübach.

## Lockergesteinsabdichtung beim Talabschluss Ferden

Roland Bischof

DK 627.814:624.138.24

### Einweihung des Kraftwerkes Löttschen

Die KW Löttschen AG hat auf den 11. Juni 1976 zur Einweihungsfeier ihrer Anlagen eingeladen. Nachdem die Gäste die Gelegenheit hatten, die neue Zentrale in Steg zu besichtigen, die jährlich 312 Mio kWh Energie dem Netz abgeben wird, wurden sie zur Staumauer Ferden gefahren. Hier segnete s. Ex. Bischof Nestor Adam von Sitten das Werk. Beim anschliessenden Imbiss in Ferden gelang es den Gastgebern, in einer ungezwungenen Atmosphäre den Gästen ihr Löttschental, seine Entwicklung und seine Zukunftsprobleme näher zu bringen. Für das wirtschaftliche Gedeihen der Talschaft trägt das neue Kraftwerk Beachtliches bei.

In unseren Spalten haben wir schon verschiedentlich über die Anlagen der KW Löttschen AG berichtet, so dass wir hier auf eine allgemeine Beschreibung verzichten<sup>1)</sup>. Aus der Vielfalt der Probleme, die es bei der Vorbereitung, der Projektierung und dem Bau der Anlagen zu meistern galt, haben wir eines herausgegriffen. Ingenieur R. Bischof berichtet anschliessend über die Lockergesteinsinjektionen, mit denen die Staumauer Ferden an die rechte Talflanke angeschlossen wurde. GW

<sup>1)</sup> Christian Fux: Das Kraftwerk Löttschen. «Wasser- und Energiewirtschaft» 1974, Heft 8/9, S. 278—286.

Peter Volkart: Modellversuche über die durch Lawinen verursachten Wellenbewegungen im Ausgleichsbecken Ferden im Löttschental. «Wasser- und Energiewirtschaft» 1974, Heft 8/9, S. 286—292.

G. A. Töndury: Bericht über die Exkursion des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes ins Löttschental vom 30. August 1974. «Wasser- und Energiewirtschaft» 1974, Heft 11/12, S. 353—357.

### 1. Einleitung

An der Sperrstelle Ferden können zwei verschiedene Talsohlen unterschieden werden. In einen alten, U-förmigen, durch Gletschertätigkeit geschaffenen Talboden hat sich in postglazialer Zeit die Lonza V-förmig eingeschnitten. Die ursprüngliche Gletschertalsole liegt auf der rechten Flanke tiefer als das geforderte Stauziel.

Der Talabschluss Ferden besteht aufgrund dieser felstopographischen Gegebenheiten aus folgenden Elementen:

- a) einer Bogenmauer von 67 m Höhe im Bereich der heutigen Lonza-Schlucht (in Bild 1 mit A bezeichnet).
- b) Diese Bogenmauer stützt sich in ihrem oberen Teil auf der rechten Flanke auf ein künstliches Widerlager ab, da wie bereits erwähnt, der Fels nicht bis auf Kronenhöhe ansteht (Bild 1, B).
- c) Anschliessend an das künstliche Widerlager wird der Talabschluss noch 70 m in das Lockergestein hinein verlängert (Bild 1, C, D).
- d) Hinzu kommt der Abschluss in die Tiefe durch den Tiefenschleier.

Nachstehend wird nur auf Punkt c, die Abdichtung der Lockergesteine, näher eingetreten. Die abzudichtenden Lockergesteine setzen sich von unten nach oben zusammen aus:

- sandiger Grundmoräne
- locker gelagertem Moränematerial
- sehr locker gelagertem Bach- und Lawinenschutt aus dem Einzugsgebiet des Faldumbaches.

Die natürliche Durchlässigkeit variiert zwischen  $10^{-2}$  und  $10^{-4}$  cm/s.

## 2. Varianten-Studium

Die Diskussion der Dichtungsmöglichkeiten erstreckte sich auf Flügelmauern aus Beton, Schlitzwände und Lockergesteinsinjektionen. Die Lösung Flügelmauer wurde detailliert ausgearbeitet und bestand aus: einem bergmännisch vorgetriebenen Lockergesteinstollen auf Kronenhöhe und einer Zellenwand, welche von der Sohle dieses Stollens aus etappenweise abgeteuft worden wäre. Infolge des grossen Anteils an Handarbeit musste diese Lösung fallengelassen werden.

Gegen die Ausführung von Schlitzwänden sprachen: der heterogene und blockige Aufbau; die teilweise grosse Durchlässigkeit, welche zu grossen Verlusten von Bentonit-Schlämme geführt hätte; vor allem aber die grosse Ueberlagerung über der abzudichtenden Zone.

In Zusammenarbeit mit der Unternehmung wurden zwei Lösungen mit Lockergesteinsinjektionen untersucht. Eine erste bestand in einem von der Terrainoberfläche aus ausgeführten Fächer von Lockergesteinsinjektionen. Eine zweite Lösung sah einen im Fels vorgetriebenen Basisstollen vor, von dem aus die darüberliegenden Lockergesteine abgedichtet werden können.

## 3. Die gewählte Lösung

Noch vor Vergabe der Arbeiten wurde die definitive Lösung wie folgt festgelegt:

- Die ersten 18 m, gemessen ab künstlichem Widerlager, sollen als Betondiaphragma erstellt werden.
- Für erfolgreiche Lockergesteinsinjektionen hätte in diesem Bereich die notwendige Auflast gefehlt. Zudem ist das Sickergefälle in diesem Bereich am grössten (Bild 1, C).
- Die restlichen 47 m bis zum Anschluss an den Fels werden von einem im Fels vorgetriebenen Basisstollen aus durch Lockergesteinsinjektionen behandelt (Bild 1, D).

Dabei gilt der Schleier als dicht, wenn in den Absenkversuchen folgende k-Werte nicht überschritten werden:

- von der Felsoberfläche bis zur Staukote:  
zulässiger Mittelwert  $k = 2 \cdot 10^{-4}$  cm/s  
zulässiger Maximalwert  $k = 2 \cdot 10^{-3}$  cm/s
  - von der Staukote bis Kronenhöhe:  
zulässiger Mittelwert  $k = 2 \cdot 10^{-3}$  cm/s  
zulässiger Maximalwert  $k = 7 \cdot 10^{-2}$  cm/s
- in den Drainagebohrungen hinter dem Schirm nicht mehr Wasser austritt als diesen Werten entspricht.

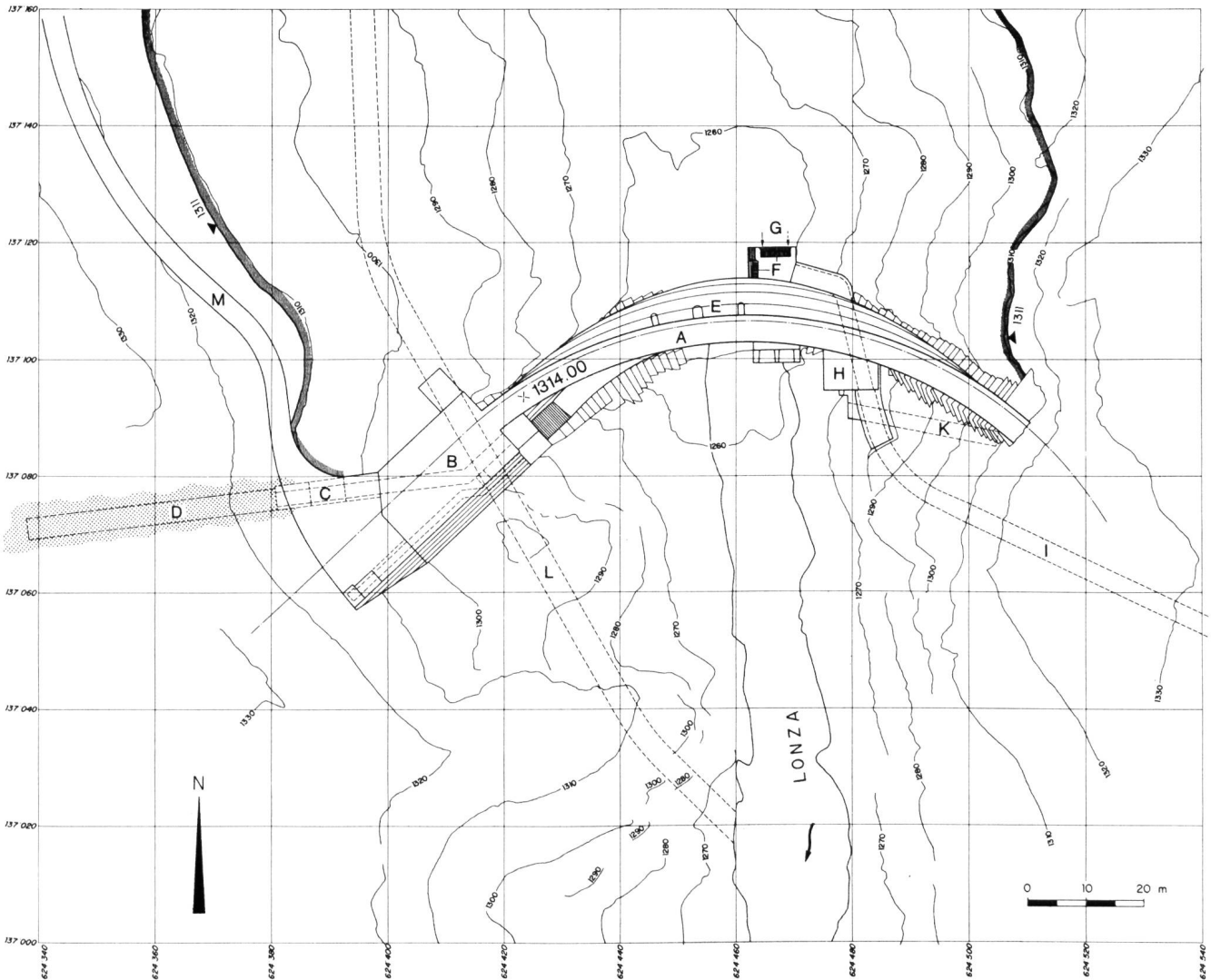


Bild 1. Uebersichtsplan der Bogenstaumauer Ferden 1:1200. A Bogenmauer (Höhe 67 m, Kronenlänge 101 m, Volumen 28 200 m<sup>3</sup>), B künstliches Widerlager (Höhe 33 m, Breite 17 m, Länge 22,6 m, Volumen 8000 m<sup>3</sup>), C Betondiaphragma, D Lockergesteinsinjektion, E Hochwasserentlastung (Freiüberfall 110 m<sup>3</sup>/s), F Wasserfassung, 20 m<sup>3</sup>/s, G Grundablässe, 2 x 110 m<sup>3</sup>/s, H Drosselklappenkammer, I Druckstollen, K Drainagestollen, L Umleitstollen, M Zufahrtstrasse.

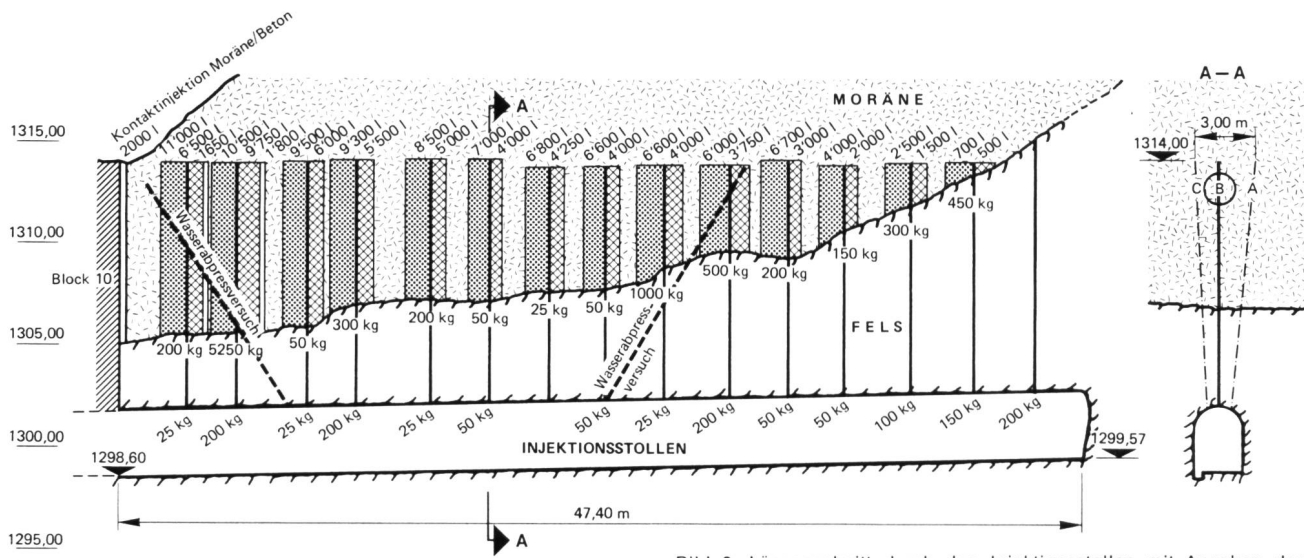
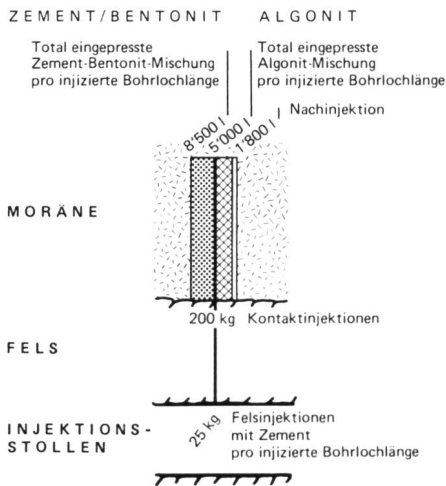


Bild 2. Längsschnitt durch den Injektionsstollen mit Angaben der Injektionsgutaufnahme. Rechts Schnitt A-A durch den Injektionsstollen. Links unten Legendezeichnung.



#### 4. Bauausführung

Der Lockergesteinsschirm besteht aus 3 Bohrreihen mit einem Bohrlochabstand in der Reihe von 3 m. Die Injektionen wurden in folgender Reihenfolge ausgeführt:

- Felsinjektionen mit Zement-Mischung vom Scheitel des Stollens bis zum Austritt der Bohrungen ins Lockergestein.
- Behandlung der Kontaktzone Fels/Lockergestein, ebenfalls mit Zement-Mischung.
- Lockergesteinsinjektionen mit Zement-Bentonit-Mischung.
- Lockergesteinsinjektionen mit Algonit.

Zur Verdrängung des vorhandenen Bergwassers erfolgten die einzelnen Injektionsetappen vom Berginnern zur Oberfläche, wobei zuerst die mittlere und anschliessend die beiden äusseren Reihen behandelt wurden.

Bei einer geschätzten Schirmdicke von 5 m beträgt das behandelte Lockergesteinsvolumen 1200 m<sup>3</sup>. Pro m<sup>3</sup> behandeltes Volumen betrug die Injektionsaufnahme 245 l Zement/Bentonit-Schlämme und 155 l Algonit-Mischung.

#### 5. Baukontrolle

In 5 Kontrollbohrungen wurden zur Überprüfung der Dichtigkeit Wasserabsenkerbohrungen durchgeführt. Die geforderten Dichtigkeitswerte wurden mit Ausnahme der Kontaktzone Fels/Lockergestein auf Antrieb erreicht. In diesem Bereich mussten einige Nachinjektionen ausgeführt werden.

Unmittelbar luftseits an den Lockergesteinsschirm anschliessend, wurden 9 Drainagebohrungen ausgeführt. Nach Einstau des Beckens Ferden konnte keine Zunahme der Sickerwassermenge festgestellt werden. Das anfallende Wasser (ca. 0,2 l/s) stammt somit nicht aus dem Ausgleichsbecken, sondern sickert als Hangwasser in die Drainagebohrungen ein.

Adresse des Verfassers: Roland Bischof, dipl. Ing. ETH, Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, 5400 Baden.

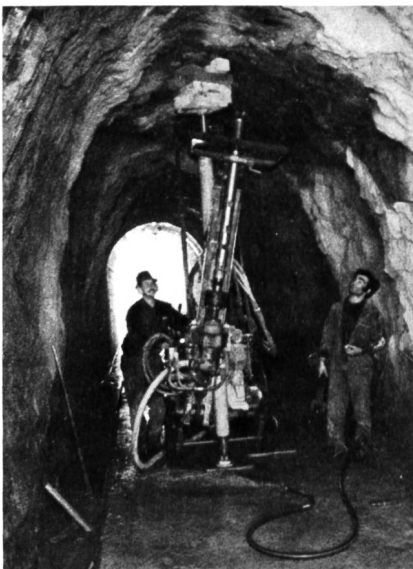


Bild 3. Ausführung der Drainagebohrungen im Injektionsstollen.

Bild 4. Dichtungsschürze, im Vordergrund Schalung für erstes Element, im Hintergrund Aushubschlitz in der mit Injektionen stabilisierten Moräne.

