

einzelnen Sickerpfähle sind mit einer Längsdrainage verbunden, die einerseits das aufsteigende Wasser in den Sickerpfählen ableitet und andererseits den Hangwasserspiegel absenkt. Die im oberen Bereich der Sickerpfähle versetzten Schubelemente, bestehend aus vorfabrizierten Betonelementen, dienen zur Verdübelung der oberflächennahen Terrainschichten und verhindern lokale Hangrutschungen. Die Schubelemente erfüllen im weiteren die Funktion als bergseitige Baugrubensicherung zur Erstellung der Längsdrainage (Abbildungen 4, 5, 6, 7).

Überwachung und Messungen

Zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit der gewählten Massnahmen wurden in den Sondierbohrungen zahlreiche Piezometer versetzt. Auf drei Piezometern wurden zusätzlich automatische Wasserstandsschreiber installiert. Um das kurz- und langfristige Verhalten der Schubelemente zu überwachen, wurden in sieben Betonträgern Deformationsmessungen mittels Slope-Indicators ausgeführt (Abbildung 8).

Wirkung der Massnahme

Die ausgeführte Stabilisierungsmassnahme erwies sich als erfolgreich. Das Wasserdruckniveau konnte, bei einer

gesamten Hangwasserdrainage von einigen hundert l/min, im kritischen Bereich um 7 bis 10 m gesenkt werden. Dank der Oberflächenentwässerung und der Schubdübel konnte der Hanganschnitt problemlos ausgeführt werden. Mit Fertigstellung der Bauarbeiten zeigten die installierten Slope-Indicators praktisch keine weiteren messbaren Verschiebungen mehr (Abbildung 8).

Technische Daten

Länge der Stabilisierungsstrecke	2 km
Drainageschirm	Sickerpfähle Ø 120 cm Abstand 2,50... 3,50 m Länge einzeln 6... 16 m Länge total 6700 m
Schubelemente	Betonträger 35x80 cm vorfabriziert, im Spannbett vorgespannt Länge einzeln 6... 14 m Länge total 5500 m
Baukosten	3 500 000 Franken
Termine	Baubeginn Mai 1978 Fertigstellung Mai 1979

N2 – Dammstabilisierung Sempach

Dr. U. Vollenweider, dipl. Ing. ETH, Zürich
K. Boppart, Ing. HTL, Büro Dr. U. Vollenweider, Rapperswil

In einem rutschgefährdeten Gebiet bei Sempach musste für die Erstellung der Nationalstrasse ein bis zu 13 m hoher Damm geschüttet werden.

Geologie

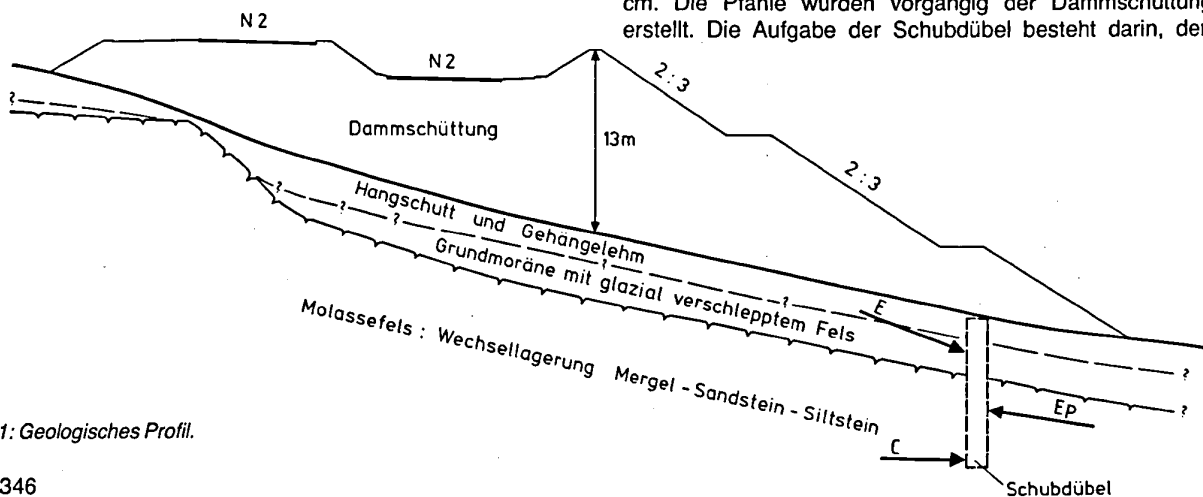
Über der Felsoberfläche befindet sich eine 3 bis 5 m mächtige Deckschicht aus Hangschutt, Gehängelehm und einer Grundmoräne mit glazial verschlepptem Fels. Der Molassefels besteht aus einer Wechsellagerung von Mergel, Sandsteinen und Siltsteinen (Abbildung 1).

Stabilitätsuntersuchungen und Variantenstudie

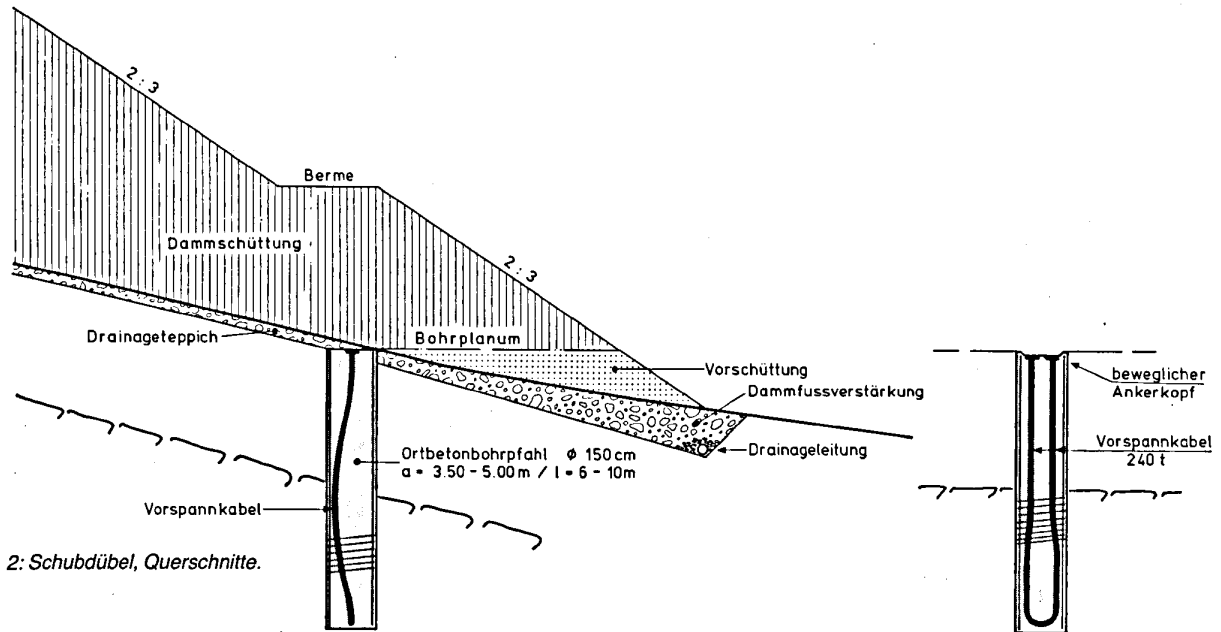
Die Stabilitätsberechnungen zeigten, dass die Dammschüttung ohne spezielle bauliche Massnahmen nicht ausführbar war. Als Stabilisierungsmassnahmen wurden verschiedene Lösungsmöglichkeiten, wie Materialersatz, verankerte Pfahlwand, Schubelemente aus Bohrpfehlen oder Schlitzwandelementen, untersucht. Aufgrund der Bewertung der verschiedenen Kriterien wurde für die Variante Schubdübel entschieden.

Ausführungsprojekt

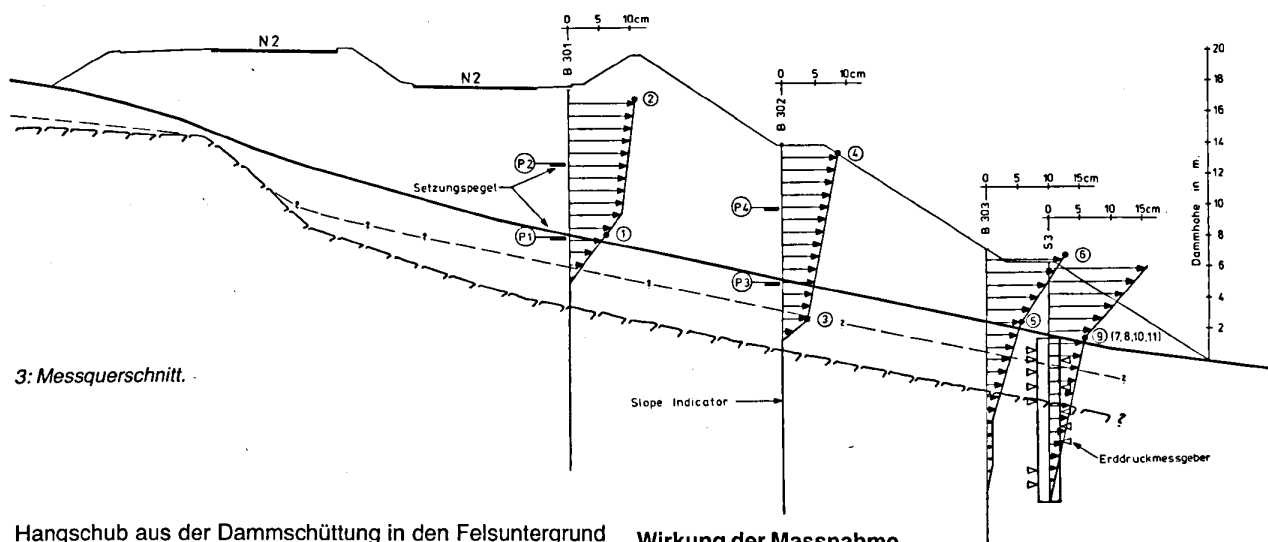
Die Schubdübel bestehen aus Ortsbetonbohrpfählen Ø 150 cm. Die Pfehle wurden vorgängig der Dammschüttung erstellt. Die Aufgabe der Schubdübel besteht darin, den



1: Geologisches Profil.



2: Schubdübel, Querschnitte.



3: Messquerschnitt.

Hangschub aus der Dammschüttung in den Felsuntergrund zu übertragen. Zur einwandfreien Übertragung der Kräfte mussten die Pfähle rund 5 m in den Fels eingebunden werden. Da die Schubdübel relativ lang sind, werden sie ausser auf Schub auch stark auf Biegung beansprucht. Zur Verminderung der Korrosionsgefahr der Armierung und aus wirtschaftlichen Überlegungen wurde für eine Vorspannung der Pfähle entschieden. Zur Schubsicherung und zur Aufnahme der Biegemomente wurden zwei Kabel von je 240 t benötigt. Die Verankerung der Kabel besteht am Pfahlfuss aus einem Schlaufenanker und am Pfahlkopf aus zwei beweglichen Ankerköpfen. Die Spannung der Kabel erfolgte synchron, so dass der Spanverlust infolge Reibung in der Schlaufe minimal gehalten werden konnte (Abbildung 2).

Überwachung und Instrumentierung

Die Ermittlung der horizontalen Deformationen der Dammschüttung erfolgten beim kritischen Profil in drei Sondierbohrungen mittels Slope-Indicator-Messungen. Die vertikalen Deformationen der Dammschüttung wurden mit je zwei Setzungspegeln in zwei Höhenlagen gemessen. Die Überwachung der Schubdübel erfolgte mittels einbetonierten Slope-Indicator-Rohren in fünf Pfählen. Zur Ermittlung der Erddruckkräfte auf die Pfähle wurden in zwei Pfählen Erddruckmessgeber installiert (Abbildung 3).

Wirkung der Massnahme

Mit Hilfe der installierten Schubdübel konnte die Dammschüttung problemlos erstellt werden. Dass die Schubdübel eine grosse Schubbelastung aufzunehmen beziehungsweise zu übertragen hatten, zeigten sowohl die Druckmessgeber als auch das Deformationsverhalten der Pfähle. Die maximale Kopfauslenkung der im Fels eingebundenen Schubpfähle beträgt rund 5 cm, was einer Verkipfung von rund 0,5% entspricht. Das Deformationsverhalten wurde dauernd überwacht und zeigt heute, das heisst mehr als zwei Jahre nach Fertigstellung der Dammschüttung, praktisch keine weitere Zunahme der Verkipfung.

Technische Daten

Verdübelungsstrecke	200 m
Schubdübel	Ortbetonbohrpfähle Ø 150 cm Anzahl 55 Pfahlabstand 3,50 ... 5,00 m Pfahllänge 8,00 ... 10,00 m Vorspannung 2×240 t
Bauzeit	Baubeginn September 1979 Fertigstellung Februar 1980
Baukosten	650 000 Franken