

Sanierung einer instabilen Dammböschung im SBB-Bahnhof Zwingen

Autor(en): **Werder, F.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **92 (1974)**

Heft 27: **Jubiläumsausgabe 100 Jahre "Die Eisenbahn" - "Schweizerische Bauzeitung"**

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-72413>

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.

Literatur

ORE, Forschungs- und Versuchsamt des Internationalen Eisenbahnverbandes, Utrecht: Frage D 101: Brems- und Anfahrkräfte auf Brücken.

- Bericht Nr. 1: Grösse der Brems- und Anfahrkräfte und deren Übertragung auf den Oberbau
- Bericht Nr. 2: Kraftmesselemente

- Bericht Nr. 3: Mess- und Auswertemethoden
- Bericht Nr. 4: Brems- und Anfahrversuche auf drei Stahlbrücken mit etwa 15, 30 und 60 m Stützweite ohne Schotterbett
- Bericht Nr. 5: Brems- und Anfahrversuche auf einer Stahlbrücke mit 30 m Stützweite mit Schotterbett

Adresse des Verfassers: K. Ensner, dipl. Bauingenieur ETH, Chef der Materialverwaltung der SBB, Heuberg 7, 4001 Basel.

Sanierung einer instabilen Dammböschung im SBB-Bahnhof Zwingen

Von F. Werder, Bern

DK 625.122

Das im Jahr 1963 neu verlegte talseitige Geleise 14 im SBB-Bahnhof Zwingen wurde durch eine Dammverformung stark in Mitleidenschaft gezogen (Bild 1). Am 1. Februar 1972 musste anlässlich einer Begehung im Interesse der Betriebssicherheit die sofortige Sperrung des stark befahrenen Geleiseabschnitts angeordnet werden. Im Folgenden werden die Ursachen untersucht und die Sanierungsmassnahmen besprochen.

1. Objekt

Der durch Erdbewegungen betroffene Abschnitt verläuft von km 102,860 bis km 102,940 auf einem im Jahr 1963 ausgeführten Damm. Bild 2 zeigt einen Querschnitt des Gesamtprofils, aus dem der Umfang der Arbeiten der Stationserweiterung von 1963 im Schnitt ersichtlich wird.

In den ersten Jahren nach Inbetriebnahme des neuen, äussersten Geleises 14 wurden keine aussergewöhnlichen Setzungen des Damms beobachtet. Ab September 1971 wurden jedoch innerhalb weniger Wochen auf ungefähr 80 m Länge unter der böschungsausseren Schiene eine Setzung von 4 cm sowie eine Horizontalverschiebung von 1,1 cm nach aussen gemessen. Für die innere Schiene ergaben sich eine Setzung von 2 cm sowie ebenfalls eine Verschiebung von 1,1 cm. Das benachbarte Geleise 13 wurde von den Kriechvorgängen in der Böschung nicht betroffen.

Im deformierten, unruhigen Abschnitt war am Dammfuss stellenweise eine deutlich ausgebildete Aufwölbung sichtbar (Bild 3, Profil 2). Hangwasseraustritte waren weder im direkt betroffenen Teil noch im benachbarten, nicht verformten Anschüttbereich festzustellen. Ebenso waren die hangseitigen Entwässerungsanlagen trocken. In Richtung Zwingen war im Anschnitthang (oberhalb der Geleiseanlagen) im Anschluss an die Regenperiode vom Frühling 1971 eine oberflächliche Rutschung kleineren Ausmasses erfolgt, die bis heute aber nicht behoben wurde.

In der Ebene Dammfuss—Birs wurden entlang dem Strässchen unterhalb des sich bewegenden Dammes keine horizontalen Verschiebungen Richtung Birs festgestellt.

In der weiteren Umgebung sind geologische wie hydrologische Untersuchungen äusserst selten. Erwähnenswert ist, dass ab Sommer 1971 praktisch keine grösseren Niederschläge mehr zu verzeichnen waren. Aufgrund langjähriger eingehender Beobachtung erweist sich der Gesamtthang als stabil.

2. Problemstellung

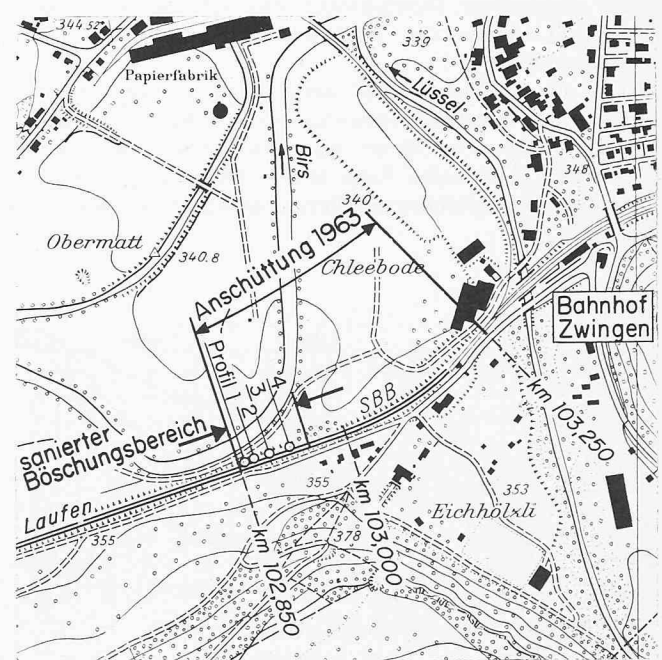
Der durch die starken Verformungen betroffene sowie durch ein plötzliches Abrutschen gefährdete Dammschnitt sollte endgültig saniert werden. Im folgenden werden einige Möglichkeiten der in Frage kommenden Sanierungsmassnahmen untersucht. Die Untersuchungen sollten gestatten, folgende Fragen zu beantworten:

- Welche Ursachen hatten die aufgetretenen unzulässigen Verformungen?

- Welchen stabilitätsvermindernden Einfluss übte ein eventuell vorhandener Hangwasserspiegel aus?
- War der Verlust der Stabilität hauptsächlich einer unsachgemäss ausgeführten Anschüttung zuzuschreiben?
- Wirkten sich die Bodenmaterial- und Wasserverhältnisse im Fussbereich des Damms ungünstig auf die Dammsicherheit aus?
- Was ist die am besten geeignete und wirtschaftlichste Sanierungsmassnahme zur Wiederherstellung einer genügenden, zulässigen Standsicherheit?

3. Untersuchungen

Anschliessend an die bereits erwähnte Begehung vom 1.2.1972 wurde in einer ersten Phase die sofortige Ausführung von Baggerschlitten in mehreren Profilen des Dammbereichs veranlasst. Dazu wurden aus den Schlitten gestörte Bodenproben zur Klassifizierung im Erdbaulabor (Bilder 3 und 4) entnommen. Sollte die Beurteilung der auf diese Weise erhaltenen Aufschlüsse nicht erlauben, die Ursachen der eingetretenen Schäden aufzudecken, müssten in einer zweiten Phase in einem grösseren Bereich Kernbohrungen mit Bodenprobenentnahme eventuell noch fehlende, notwendige Auskünfte über Schichtprofile und Scherfestigkeitsparameter des Bodenmaterials liefern. Eine eingehende Stabilitätsunter-



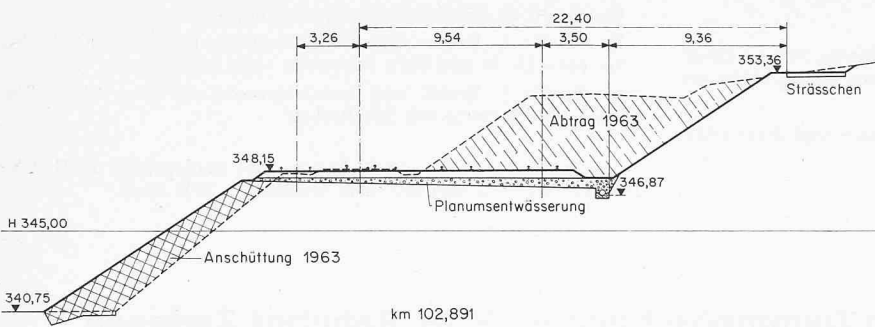


Bild 2. Gesamtprofil mit ursprünglich projektierte Stationserweiterung

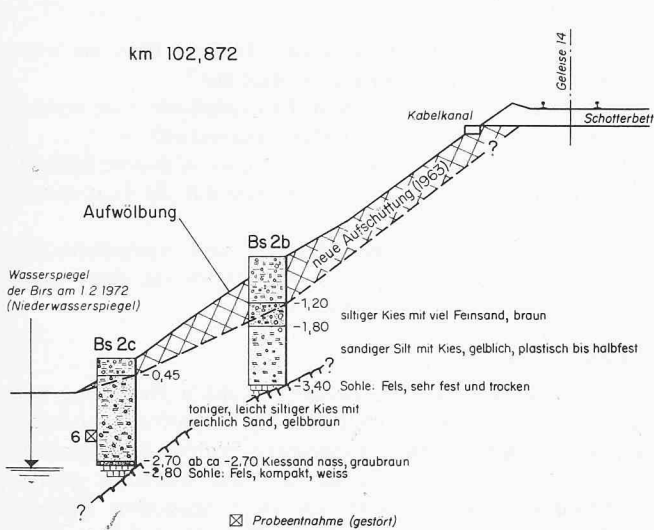


Bild 3. Profil 2, km 102,872, Massstab 1:200

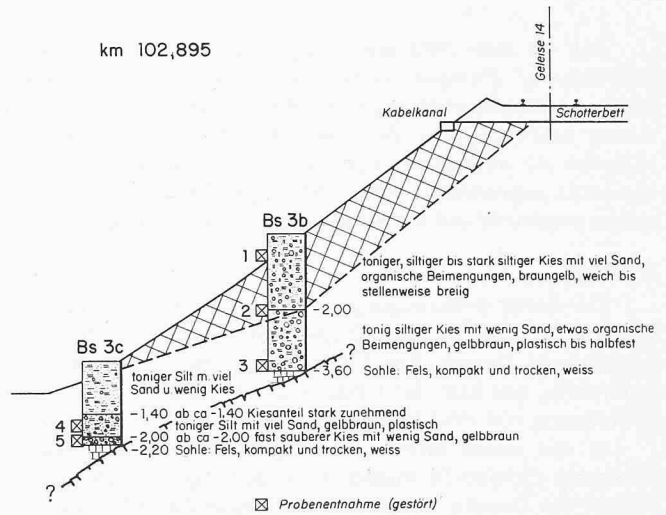


Bild 4. Profil 3, km 102,895, Massstab 1:200

chung eines ausgedehnten Hangbereichs anhand der zusätzlich erhaltenen Grundlagen liesse sich dann nicht umgehen. Zusätzlich wurden untersucht:

- der Zustand der Planumsentwässerung,
- das Vorhandensein von Schottersäcken,
- das gegenseitige Durchdringen von Schotter und Bodenmaterial infolge der Verkehrseinwirkungen und Witterungseinflüsse,
- die Lage des Kabelkanals, der allenfalls unbeabsichtigt als undichte Planumsentwässerung an der Böschungsaussenkante wirkte. Die derart gefassten Wasser traten durch eventuell vorhandene Risse in den Dammkörper ein und konnten die Stabilitätsverhältnisse entscheidend verschlechtern.

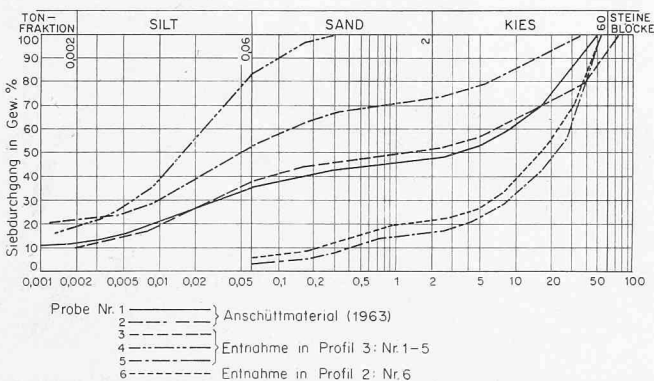


Bild 5. Kornverteilungskurven

4. Untersuchungsergebnisse

Zwischen den einzelnen Sondierstellen und Profilen wurden die angetroffenen Bodenverhältnisse im Längs- als auch im Quersinn inter- bzw. extrapoliert, so dass lokale Abweichungen von den wirklichen Verhältnissen möglich sind. Anhand der Aufschlüsse aus den Baggerschlitzten in den 4 untersuchten Profilen wurde der ungefähre Verlauf der vermuteten Felsoberfläche ermittelt. Beim gefundenen Fels handelt es sich um einen weissen, oolithischen Kalk, vermutlich aus dem oberen Dogger. Oberflächlich wurde, mit Ausnahme im Profil 1 bei km 102,854, Anschüttmaterial aus dem Jahre 1963 in Schichtdicken von 1 m bis 1,5 m festgestellt. Materialmässig handelt es sich stellenweise um Ton geringer Plastizität mit reichlich Sand und Kies sowie tonigen, siltigen Kies mit viel Sand. Häufig waren organische Beimengungen vertreten. Die Konsistenz des neu aufgebracht Materials war weich, häufig sogar breiig. Diese Bodenmassen wurden grösstenteils von einem siltigen Humus mit Grobkies in einer Dicke von 5 bis 15 cm unterlagert. Der vor 1963 bestehende Böschungsbewuchs wurde ebenfalls gefunden. Diese Schicht wies einen sehr hohen Wassergehalt auf. Der vor 1963 geschüttete Damm bestand hauptsächlich aus tonig-siltigem bis siltigem Kiessand mit der Konsistenz steif bis halbfest. Die Konsistenz wurde anhand eines Taschenpenetrometers beurteilt.

Die Kornverteilungskurven der entnommenen gestörten Bodenproben sind in Bild 5 dargestellt. Hangwasser wurde bei den Sondierungen nicht gefunden. Mit Ausnahme des Baggerschlitzes Bs 2c im Profil 2 (Bild 3) blieben die Schlitzsohlen wie auch die Wände der während mehreren Stunden offenen Schlitzte trocken. Der angetroffene Grundwasserspie-

gel in Bs2c korrespondiert wahrscheinlich mit dem Birswasserspiegel. Das Geleiseplanum wies infolge Verkehrsbelastung und Wettereinflüssen im Profil 4 (km 102,926) Tragfähigkeitschäden auf. Insbesondere kam es infolge ungenügender Planumsentwässerung zu gegenseitiger Durchdringung von bindigem, ungenügend verdichtetem Dammbaustoff mit dem Schotter. In den unter der Auflast entstandenen, schottergefüllten Längsfurchen im Planum (Schottersäcke) sammelte sich Wasser an, das den Dammkörper fortlaufend langsam durchfeuchtete. Wahrscheinlich wurde dieser Vorgang durch die unsachgemässe Anschüttung als mögliche vorgezeichnete Gleitfläche begünstigt. Es konnte nicht beurteilt werden, ob der Kabelkanal infolge seiner Lage als unerwünschte Längsentwässerung diente. Im Rahmen der Sanierungsarbeiten wurde die Tragfähigkeit des Unterbaus gemäss internen Richtlinien verbessert.

5. Folgerungen, Sanierungsvorschlag

Als Ursache der starken Dammverformungen muss in erster Linie die im Jahr 1963 erstellte und aus ungeeignetem Material bestehende Anschüttung betrachtet werden. Stösse und Bodenschwingungen infolge dynamischer Verkehrsbelastungen konnten zusätzlich zur Zerstörung des Damms geführt haben. Diese Einflüsse lassen sich jedoch kaum erfassen und sind schwer nachzuweisen. Die Verformungen fanden in der Trennfläche alter Damm/neue Anschüttung als vorgegebener kritischer Gleitfläche statt. Ein eigentliches Abrutschen der sich bewegenden Anschüttung konnte sehr rasch und unvermittelt erfolgen. Diese Gefahr wurde durch starke Regenfälle oder Schneeschmelze erhöht, indem Oberflächenwasser und Wasser aus den Schottersäcken die Gleitfläche erreichen und «schmieren» konnte. Zusätzlich wäre ein stabilitätsvermindernder Strömungsdruck hangabwärts auf das Bodenmaterial ausgeübt worden. Durch Rückwärtsrechnungen der Stabilität der Methode von Janbu (zusammengesetzte Gleitflächen) konnte belegt werden, dass die Anschüttung nur dann stabil geblieben wäre, wenn in der Trennfläche neue Anschüttung/alter Damm ein innerer Reibungswinkel von mindestens $\Phi' = 32^\circ$ vorgelegen hätte. Dieser Wert wurde in Wirklichkeit jedoch keinesfalls erreicht. Gleitflächen in der Kontaktzone Felsunterlage/Lockergestein ergaben rechnerisch einen genügenden Sicherheitsfaktor für den Dauerzustand des Damms ($c' - \Phi'$ -Analyse). Eine rechnerische Untersuchung der Stabilitätsverhältnisse durfte nur als grobe Schätzung angesehen werden, da die Scherfestigkeitsparameter des heterogenen Bodenmaterials aus Erfahrungswerten abgeleitet werden mussten.

Für die Sanierung der Böschung bestanden grundsätzlich folgende Möglichkeiten:

- Materialersatz
- Fussvorlast
- Stützmauer

Als geeignet und wirtschaftlich wurde die erstgenannte Lösung vorgeschlagen.

Der Materialersatz wurde wie folgt ausgeführt: Das ungeeignete Material der 1963 ausgeführten Anschüttung wurde von oben her abgetragen und damit der Rutschhorizont freigelegt. Das Material dieses Horizonts musste um rd. 0,5 m zusätzlich abgetragen werden. Das aus dem Geleiseplanum anfallende Wasser wurde sorgfältig gefasst und bergseits in die bestehende Entwässerungsleitung abgeführt (Bild 2).

Um eine gleitsichere Verbindung zwischen den neuen Anschüttmaterialien (gebrochener, fester Kalkstein) und dem bestehenden Damm zu erhalten, empfahlen wir die Ausführung einer Abtreppung. Infolge der wenig durchlässigen Materialien des alten Damms musste der waagrechte Teil

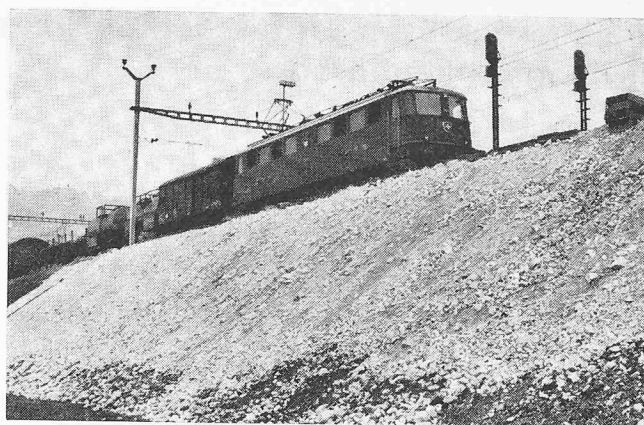


Bild 7. Die sanierte Böschung

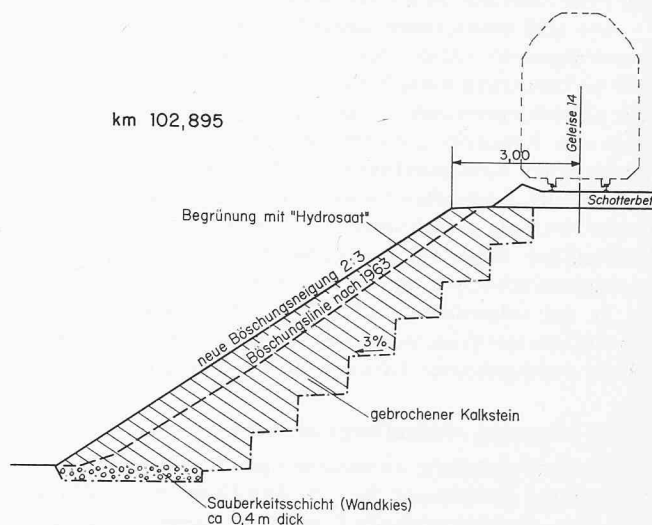


Bild 6. Sanierungsprofil, km 102,895, Massstab 1:200

der Stufe ein Quergefälle von mindestens 3% nach aussen aufweisen. Die Länge sollte etwa 1 m betragen.

Da kein Wasseraustritt aus dem Hang zu erwarten war, konnte auf einen Filtereinbau in der neuerstellten, abgetreppten Trennschicht verzichtet werden.

Vom Böschungsfuss her wurde der gebrochene Kalkstein lagenweise nach oben eingebracht und gut verdichtet. Vorgängig wurde aus Wandkies eine rd. 40 cm dicke Sauberkeitsschicht gemäss Sanierungsprofil in Bild 6 geschüttet, um ein Eindringen des weichen Bodenmaterials in die neue Anschüttung zu vermeiden.

Die Stabilität der Neuschüttung wurde nach den beiden Methoden *Fellenius* (Gleitkreis) und *Janbu* (zusammengesetzte Gleitfläche) für die ungünstigsten Randbedingungen rechnerisch abgeschätzt. Die erforderlichen Sicherheitsfaktoren für einen Dauerzustand von 1,35 bzw. 1,5 wurden mit den eher vorsichtig angenommenen Bodenkennwerten knapp erreicht.

Die erhaltenen Ergebnisse der ausgeführten Untersuchungen erlaubten somit, die Sanierung des betroffenen Dammschnitts im Rahmen der vorgegebenen Sicherheiten auszuführen (Bild 7).

Adresse des Verfassers: F. Werder, dipl. Bauingenieur ETH, Bauabteilung, Generaldirektion SBB, Mittelstrasse 43, 3000 Bern.