

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 90 (1972)
Heft: 19

Artikel: Provisorischer Fangdamm für die SBB bei Basel
Autor: Weiss, Kilian
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-85194>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

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

Tanks, aber vor Durchführung der Wasserprobe, wurde die Randzone von der Sickerschicht befreit, um während dem Senkungsvorgang keine foliengefährdenden Abbruchstellen der Sickerschicht zu erhalten. Nur eine freigelegte Randzone kann die reversiblen Senkungen und Hebungen verzerrungsfrei mitmachen.

Nach erfolgter Initialsenkung wurde zwischen Tankbodenblechrand und dem Ringfundament eine öldichte Abdichtung aufgebracht, um das Eindringen von Meteorwasser in die Sickerschicht zu verhindern. Dies ist wichtig, damit die Korrosion des Tankbodenbleches von unten nicht gefördert und das für die Sichtbarmachung und Ableitung der Leckverluste eingebaute Ablaufrohr nicht unter Wasser gesetzt wird.

Eigenschaften der eingesetzten Kautschukfolien

Angesichts der Rissanfälligkeit der Teerbeläge, der Brüchigkeit der Duromerabdichtungen (z. B. Polyester) und der Kaltflussanfälligkeit der Plastomerfolien (z. B. PVC), ist in Mellingen Elastomer-Kautschuk für die Abdichtung der Stehtankfundamente eingesetzt worden, weil dieses Material den gestellten Anforderungen am besten entspricht.

Die wesentlichsten physikalischen und chemischen Eigenschaften der eingesetzten Chloroprenkombination sind: hohe Zugfestigkeit, gute Kerbzugfestigkeit, hohe Bruchdehnung (> 350 %), geringe Druckverformung (gutes Kaltflussverhalten), wichtig bei spezifisch hohen Druckbelastungen bei Unebenheiten des Untergrundes, gute Beständigkeit gegen Mineralöl und Benzin, gute Beständigkeit gegen

Wasser, Zementmilch, Teer und Bitumen, kaltebeständig bis -20°C , hitzebeständig bis $+80^{\circ}\text{C}$, kurzfristig auch bis 150°C (wichtig beim Aufbringen des teergebundenen Sickerbelages), gute Beständigkeit gegen Mikroorganismen (unverrottbar).

Dank der Dauerelastizität auch bei niedrigen Temperaturen, welche in der hohen Bruchdehnung von 350 bis 500 % begründet ist, bieten Kautschukfolien Gewähr für einwandfreie Rissüberbrückung in Plattenfundamenten und für die Anpassung an die Senkungsbewegungen, welche bei Ringfundamenten zu erwarten sind.

Sämtliche Folien wurden mit einem Funkeninduktor (Hochspannung 25 000 V) im Lieferwerk Pfäffikon geprüft. Auch kleinste, mit der Lupe nicht sichtbare Poren werden einwandfrei angezeigt. Eine zweite Prüfung der Fundamentfolien erfolgte auf der Baustelle. Vor allem wurden hier sämtliche Verbindungen der Folienbahnen einer Prüfung nach dem Vakuumsystem unterzogen. Eventuelle Leckstellen in der Fundamentfolie (z. B. nachträgliche Verletzungen) oder in den Nahtverbindungsstellen werden durch Blasenbildung angezeigt und können leicht repariert werden.

Die in der Tankanlage Mellingen durch das Kantonale Gewässerschutzamt ausgeführten minutiösen Sicht- und Vakuumprüfungen haben gezeigt, dass die Folienabdichtung einwandfrei ist. Somit besteht Gewähr, dass im Falle eines Lecks im Tankboden das auslaufende Füllgut aufgefangen und abgeleitet wird und dass dank der raschen Sichtbarmachung sofort die nötigen Massnahmen getroffen werden können.

Huber und Suhner AG, Pfäffikon ZH

Provisorischer Fangdamm für die SBB bei Basel

DK 624.136

Von Kilian Weiss, dipl. Ing. ETH, Basel

1. Aufgabenstellung

Im Gellert- und Breitequartier des Kantons Basel-Stadt ist die neue Nationalstrasse N 2 in die bereits bestehende Schneise der SBB gelegt. Im Bereiche der Baldeggerstrasse musste der dreispurige Autobahnast Schweiz-Deutschland mit stark schleifendem Schnittwinkel unter der gegenwärtig zweigleisigen, später auf 4 Geleise auszubauenden Verbindungsbahn Basel-SBB-Basel-Badischer Bahnhof durchgeführt werden.

Um diese Unterführung von rund 140 m Länge und zwei weitere Brücken erstellen zu können, wurden die zwei Geleise der SBB auf eine Länge von rund 800 m provisorisch umgelegt.

Die engen Raumverhältnisse, der wichtige Strassenverkehr auf den umliegenden Strassen, die vielen zu verlegenden unterirdischen Leitungen und eine Dammhöhe von etwa 7 m ergaben, dass ein provisorischer Damm mit natürlichen Böschungen nicht in Frage kommen konnte und dass die Lösung in einem schmalen Damm mit gegenseitig verankerten Seitenwänden zu suchen war. Es wurde folglich als Provisorium ein Fangdamm aufgebaut, wie er sonst eher im Wasserbau zur Anwendung kommt.

2. Gewählte Konstruktion

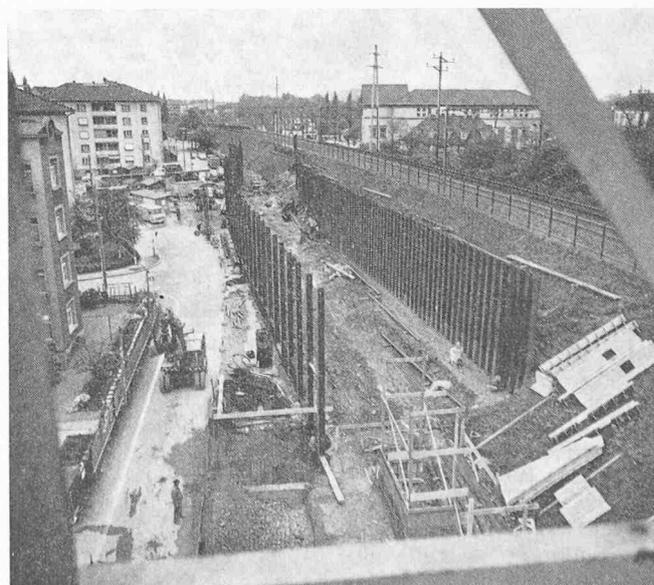
Seitenwände

Es wurden zwei Typen von Seitenwänden ausgeführt (Bild 1).

Wände, die frei und unabhängig vom alten Bahndamm erstellt werden konnten, wurden als Rühlwände ausgebildet. Die Vertikalträger bestanden aus HEB 300; Abstand $a = 2,50$ m. Die Zwischenräume wurden mit liegenden Holzschwelen der SBB ausgefacht.

Seitenwände, die in die Böschung des alten Bahndammes zu liegen kamen, konnten nicht in dieser Rühlwandkonstruktion ausgeführt werden, weil der schlechte Zustand des alten Dammes eine übliche Unterfangung ausschloss. Die Gefahr des Nachrutschens des bestehenden Dammkörpers war zu gross. Seitenwände im Bereiche des alten Dammes wurden deshalb mit Spundwänden, Larssen III n, erstellt.

Bild 1. Bau der Seitenwände des Fangdammes. Links Rühlwand, rechts Spundwand



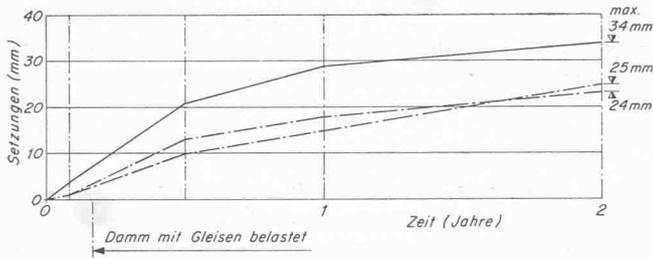


Bild 2. Ergebnisse der Setzungsmessungen im Verlaufe des zweijährigen Provisoriums. Setzungen an drei Stellen der Dammkrone

Die Rühlwandkonstruktion war preislich wesentlich günstiger als die Spundwand. Sie hatte auch den Vorteil, dass sie ohne grossen Lärm erstellt werden konnte.

Gegenseitige Verankerungen

Die beiden Seitenwände wurden mit Spanngliedern, Typ VSL, Litzen, 5 - 3, zusammengehalten. Der Abstand im Grundriss entsprach den vertikalen Rühlwandträgern, $a = 2,50$ m. Auf der Seite der Rühlwand wurde das Kabel durch ein Stahlrohr geführt, das direkt mit dem Steg des Vertikalträgers verschweisst war. Die Spundwände wurden mittels aussen- und innenliegenden Longarinen mit den Spanngliedern verbunden.

Als Vertikalabstand der Spannglieder wählte man rund 2,30 m. Dadurch konnte die Dammfüllung eingebracht werden, ohne obere Kabel einziehen zu müssen.

Durch die Setzungen des Kiesmaterials im Fangdamm bestand die Gefahr des Abscherens der Vorspannglieder direkt hinter den Seitenwänden. Mit einem Stahlrohr, $l = 100$ cm, Durchmesser rund 10 cm, das an den Seitenwänden aufgelagert wurde, konnte ein weicher Übergang zwischen den festen Aussenwänden und der sich setzenden Dammfüllung erzielt werden.

Füllung des Fangdammes

Die Fangdammfüllung bestand aus sauberem Rheinschotter, eingebracht und verdichtet in Schichten von rund 70 cm Stärke. Die gemessenen M_E -Werte betragen zwischen 600 und 1000 kp/cm² (Plattendurchmesser 30 cm; II. Laststufe).

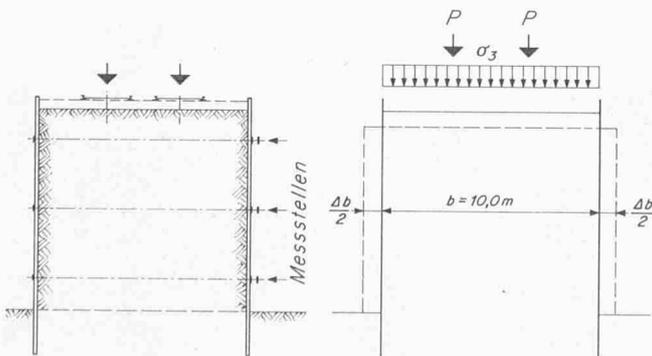


Bild 4, links. Anordnung der Messungen in den Spanndrähten. Es wurden Messungen an drei neben- und untereinanderliegenden Kabeln durchgeführt. Belastet wurde jeweils nur ein Gleis, Belastung zwei Lokomotiven Ae 4/7

Bild 6, rechts. Vergleichsrechnung. Annahme des Dammes als elastischer Körper. Belastung $P = 10\,000$ kp/m. Verteilte Belastung $\sigma_3 = 2P/b = 0,2$ kp/cm²

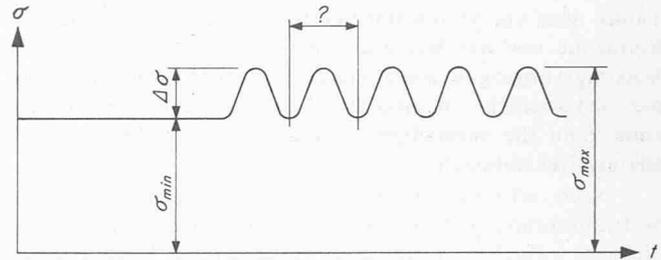


Bild 3. Schema der zusätzlichen Zugkräfte σ in den Spannkabeln infolge Bahnverkehr in Funktion der Zeit t . Spannungsamplitude $\Delta\sigma$

3. Messungen am fertigen Fangdamm

Setzungen

Im Verlaufe des zweijährigen Provisoriums wurden die Setzungen der Dammkrone an mehreren Stellen periodisch kontrolliert, der Setzungsverlauf ist in Bild 2 dargestellt.

Statische Messungen an den Verankerungen

Aus den Kraftmessungen in den Vorspannkabeln konnte geschlossen werden, dass sich eine Erddruckverteilung einstellte, die der nach der klassischen Theorie berechneten sehr nahe kam. Die Messungen nach einer halbjährigen Betriebszeit des Fangdammes wiesen auf einen Erddruckbeiwert hin von $\lambda a = 0,255$ (Rheinschotter), gemessen am unbelasteten Damm, aber berechnet mit voller Nutzlast auf beiden Gleisen.

In der statischen Berechnung war vorgängig eingesetzt worden:

innerer Reibungswinkel $\varphi = 35^\circ$

$$\text{Erddruckbeiwert } \lambda a = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) = 0,27$$

Die Differenz von $\lambda a = 0,255$ auf 0,27 lässt vermuten, dass die volle Nutzlast nie gleichzeitig oder doch nur sehr selten auf beiden Gleisen aufgebracht wurde.

Vor Baubeginn forderte das Tiefbauamt Basel-Stadt eine Sicherheit von $S = 2$ im Spannstahl gegenüber der Streckgrenze von $\sigma_{0,2}$.

Die gemessenen grössten Kabelkräfte betragen 19 t.

$$\sigma_{\text{vorh}} = 68 \text{ kp/mm}^2 \text{ (ohne Auflast im Zeitpunkt der Messung)}$$

$$S_{\text{vorh}} = \frac{160}{68} = 2,35 < S_{\text{erf}}$$

Dynamische Messungen an den Verankerungen

Weil diese Art Fangdammkonstruktion in ähnlicher Weise auch für definitive Bauteile verwendet werden soll, wurden in den Kabeln auch die dynamischen Beanspruchungen genauer untersucht.

Die Zugkräfte in den Vorspannkabeln infolge Hinterfüllung konnten mit Hilfe der Vorspannpresen des Kabellieferanten gemessen werden. Sie erzeugen im Spannstahl eine Spannung σ_{min} . Die zusätzlichen Zugkräfte infolge Bahnverkehr sollten nun mit diesen dynamischen Messungen ermittelt werden. Diese zusätzlichen Zugkräfte erzeugen im Spannkabel eine Spannungsamplitude $\Delta\sigma$ (Bild 3).

Für die Beurteilung der Sicherheit des definitiven Bauwerkes waren die folgenden Punkte von besonderem Interesse:

- Wie gross ist σ_{min} , $\Delta\sigma$ und σ_{max} ?
- Wird $\Delta\sigma$ in den verschieden hoch gelegenen Kabeln durch eine einzige Radachse eines vorbeifahrenden Zuges, durch eine einzige Lokomotive oder durch einen ganzen Zug erzeugt?

Mit Hilfe von $\Delta\sigma$ (im Verhältnis zu σ_{min}) und der Anzahl Lastwechsel im Spanndraht konnten dann aufgrund von anderen Versuchsergebnissen Aussagen über die Sicherheit der Spannkabel gegen Ermüdungsbruch gemacht werden (Wöhlerkurve). Es wurden Messungen an drei neben- und untereinanderliegenden Kabeln durchgeführt (Bilder 4 und 5).

Die grössten Zusatzspannungen im Spannkabel wurden mit $\Delta\sigma = 0,49 \text{ kp/mm}^2$ gemessen (unterste Kabelreihe). Dieses $\Delta\sigma$ wurde gemessen, wenn das der Messstelle näher gelegene Geleise belastet war. Bei Belastung des entfernteren Geleises wurde keine Spannungszunahme mehr an der Messstelle festgestellt. Interessant war auch, dass die unteren Kabel mehr Zusatzspannungen zeigten als die oberen Kabel.

Vergleichsberechnungen zu den Messungen

Um die Grössenordnung der Zusatzspannungen abzuschätzen, wurden einige Vergleichsberechnungen durchgeführt. Dabei wurde von der Annahme ausgegangen, dass für den Bahnverkehr der ganze Fangdamm als elastischer Körper wirkt.

$$E_s = \frac{\Delta p}{\Delta h/h}$$

E_s = Steifzahl bei völlig behinderter Seitenausdehnung. Dabei bedeuten p die Flächenbelastung und h die Überdeckung.

$$E = E_s \left(1 - \frac{2\lambda_0^2}{1 + \lambda_0} \right)$$

E = Elastizitätsmodul bei seitlicher Ausdehnung. λ_0 ist der Ruhedruckbeiwert.

Wird nach Versuchen des Swedish Geotechnical Institute für Sande die Querdehnungszahl $\mu = 0,31$ und $\lambda_0 = 0,45$ angenommen, ergibt sich $E \sim 73\% \cdot E_s$

E_s für Sand:	1000 bis 2000 kp/cm^2
E für Sand:	730 bis 1460 kp/cm^2
E_s für Naturschotter:	1500 bis 3000 kp/cm^2
E für Naturschotter:	1100 bis 2200 kp/cm^2

In die nachfolgende Vergleichsberechnung wurde $E = 2200 \text{ kp/cm}^2$ eingesetzt (Bild 6):

1. Vergleichsrechnung

$$\epsilon_{Erde} = \frac{\sigma_3}{E} \mu + \frac{\sigma_3 \lambda_0}{E} \mu$$

Ausdehnung in Querrichtung des Damms bei verhinderter Ausdehnung in Fangdammlängsrichtung, σ_3 ist die lotrechte Hauptspannung im Erdreich.

$$\epsilon_{Erde} = \frac{\sigma_3}{E} \mu (1 + \lambda_0)$$

$$\epsilon_{Erde} = \frac{\sigma_{Stahl}}{E_{Stahl}} \quad \epsilon_{Erde} \equiv \epsilon_{Stahl}$$

$$\frac{\sigma_3 \cdot \mu}{E_{Erde}} (1 + \lambda_0) = \frac{\sigma_{Stahl}}{E_{Stahl}}$$

$$\sigma_{Stahl} = \frac{\sigma_3 \cdot \mu \cdot E_{Stahl}}{E_{Erde}} (1 + \lambda_0)$$

$$\sigma_{Stahl} = \frac{0,2 \cdot 0,31 \cdot 2 \cdot 10^6}{2,2 \cdot 10^3} (1 + 0,31) \sim 74 \text{ kp/cm}^2$$

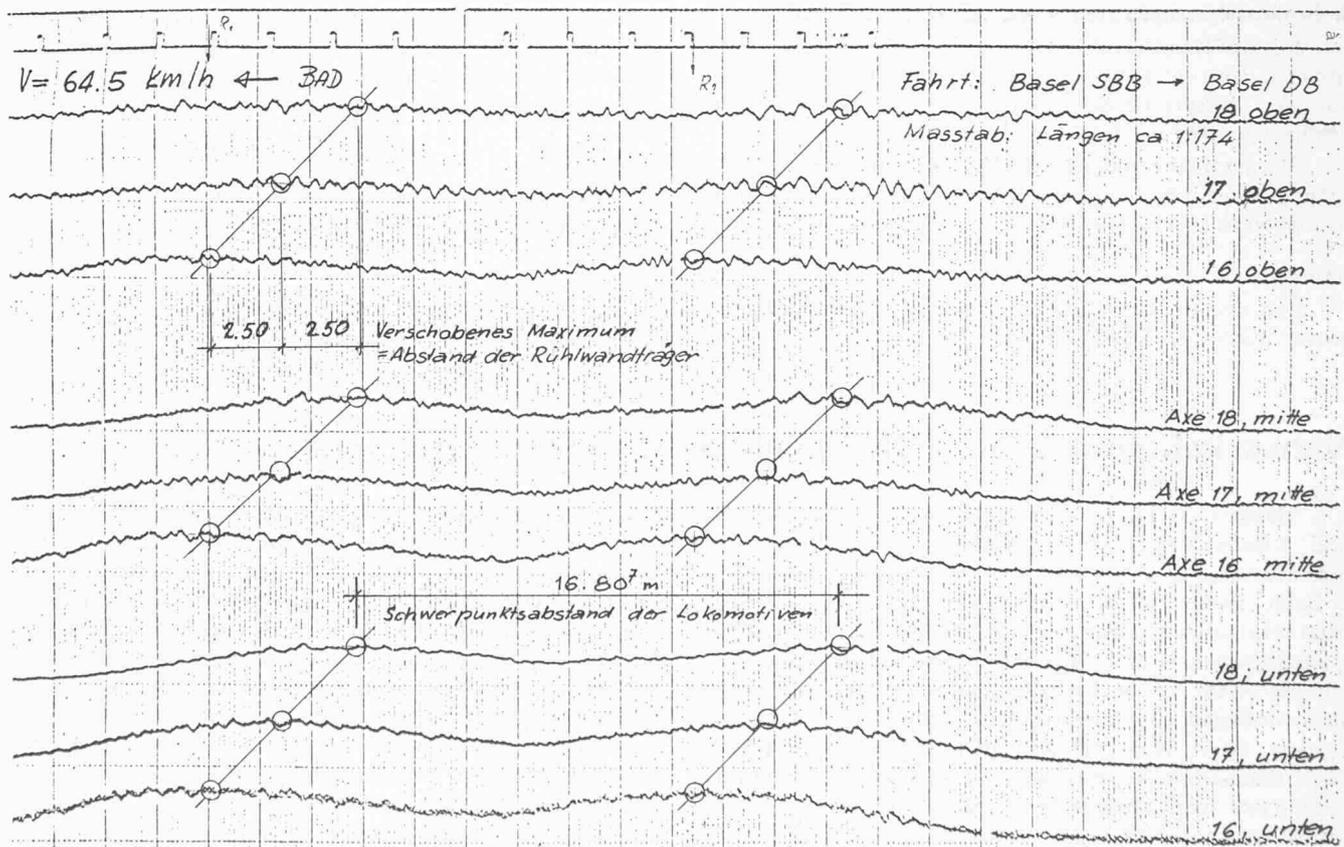


Bild 5. Beispiel der Spannungsmessung in den Verankerungskabeln. Auf dem einen Geleise (Seite der Messstellen) fahren zwei Lokomotiven mit einer Geschwindigkeit von $v = 64,5 \text{ km/h}$. Der Vorschub des Messstreifens und die Geschwindigkeit der Lokomotiven ergeben einen Längenmasstab für die Zuglängen

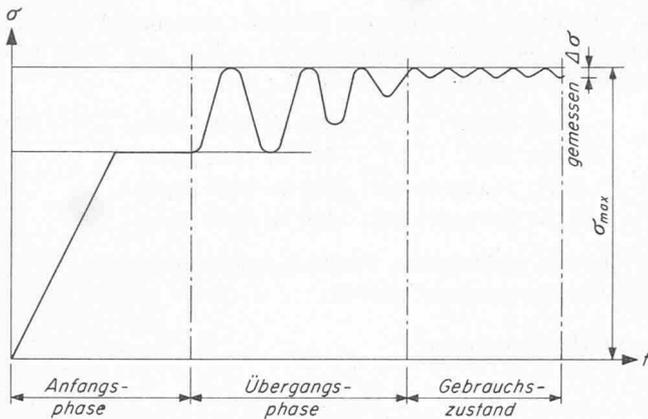


Bild 7. Schema der Spannungen in den Verankerungskabeln

2. Vergleichsmessung

$$\epsilon_{Erde} = \frac{\sigma_3}{E} \cdot \mu$$

bei völlig freier Ausdehnung in Fangdammlängsrichtung

$$\sigma_{Stahl} = \frac{74 \text{ kp/cm}^2}{1,31} = 56 \text{ kp/cm}^2$$

Diese Resultate schwanken stark mit der Wahl des Elastizitätsmoduls, der Hinterfüllung und der Annahme der Ausdehnungsmöglichkeit in Fangdammlängsrichtung. Die Größenordnung stimmt jedoch sehr gut mit den gemessenen Zusatzkräften überein.

4. Schlussfolgerungen aus den durchgeführten Messungen

Mit der Kenntnis der statischen und dynamischen Beanspruchungen in den Verankerungskabeln und dem Vergleich mit den entsprechenden Berechnungen können folgende Schlüsse gezogen werden:

Für die Kräfte und auch die Spannungen in den Verankerungskabeln sind drei ineinander übergehende Belastungsphasen zu unterscheiden (Bild 7).

Anfangsphase

Der Damm wird aufgebaut. Es wirken nur die Erd drücke infolge des Hinterfüllungsmaterials.

Übergangsphase

Der Damm wird durch den Bahnverkehr belastet. Die zusätzlichen Kräfte in den Verankerungskabeln infolge Belastung durch den Bahnverkehr bauen sich anfänglich mit jeder Entlastung wieder ab. Allmählich verdichtet sich jedoch das Schüttmaterial noch mehr, und von den Zusatzkräften bleibt auch nach einer Entlastung des Dammes ein merklicher Anteil zurück.

Gebrauchszustand

Mit der Zeit wirkt der ganze Fangdamm als homogener, elastischer Körper. Die Dehnungen der Spannkabel infolge Belastung entsprechen nur noch den Dehnungen des elastischen Erdkörpers. Gegenseitige Verschiebungen des Erdmaterials (Verdichtungen) treten kaum mehr auf.

Das $\Delta\sigma$ der Übergangsphase ($\Delta\sigma$ infolge Auflast, berechnet nach der klassischen Erddrucktheorie) tritt nur hier auf. Aus den dynamischen Messungen kann geschlossen werden, dass zur Erzeugung eines $\Delta\sigma$ eine einzelne Lokomotive oder ein schwerer Wagen (und nicht eine einzelne Radachse) erforderlich ist. Weil in der Übergangsphase die für einen Ermüdungsbruch normalerweise angenommenen 2 Mio Lastwechsel folglich nicht durchlaufen werden, ist in dieser Phase keine Gefahr für die Verankerungskabel vorhanden.

Im Gebrauchszustand ist das $\Delta\sigma$ durch die Mitwirkung des ganzen Erdkörpers so klein, dass auch in dieser Phase kein Ermüdungsbruch der Verankerungskabel eintreten kann.

Die hier beschriebene Konstruktion weist gegenüber anderen Dammbauten für Bahnen folgende Vorzüge auf:

- Keine freien Böschungen in engen städtischen Verhältnissen
- Keine kostspieligen Fundationen für abschliessende Stützmauern
- Rationeller Einbau der Dammfüllung.

Diese Vorteile und die Erfahrungen aus den Messungen und Kontrollen an einem Provisorium führten dazu, dass im Rahmen des Nationalstrassenbaues im Gellertdreieck in Basel für die SBB ein definitives Bauwerk in derselben Konstruktion erstellt wurde.

Bauherrschaft:	Baudepartement Basel-Stadt
Unternehmung:	W. und J. Rapp AG, Basel
Projektierung:	H. Hosdorf, Ing. SIA, Basel
Dynamische Messungen:	SBB-Bauabteilung GD, Sektion Versuche und Messungen, Laboratorium H. Hosdorf, Basel.

Adresse des Verfassers: Kilian Weiss, dipl. Ing. ETH, in Firma H. Hosdorf, Tellplatz 12, 4002 Basel.

Nahverkehrsmittel zum Olympiagelände in München

DK 656.004

Mangels genügender Parkmöglichkeiten haben U-Bahn und S-Bahn den Zuschauerverkehr zu bewältigen. Der Stromversorgung der mit 750 V Gleichstrom betriebenen U-Bahn dienen drei Gleichrichterunterwerke mit Silizium-Gleichrichtereinheiten 800 V/3000 A, 10-kV-Mittelspannungsanlagen und Gleichstromverteilanlagen. Die zugehörigen 4000-A-Schnellschalter sind mit elektronischem Stromstiegeauslöser ausgerüstet (Lieferung dieses Materials: Siemens AG). Während der Olympischen Spiele werden 54 U-Bahn-Doppeltriebwagen der weissblauen Ausführung «München» und sechs rote Leihzüge aus Nürnberg fast pausenlos im Einsatz sein. Jeder Doppeltriebwagen wird von vier 180-kW-Fahrmotoren in 12 s auf 40 km/h beschleunigt, um nach 35 s die Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h zu erreichen. Mit Hilfe der gleichen Motoren werden die

Wagen auf einem Bremsweg von 200 m auch wieder ruck- und verschleissfrei bis zum Stillstand abgebremst. Elektronische und elektromechanische Steuergeräte regeln die Anfahrt und die Bremsung. Für mehr als zwanzig Züge, die in München bei der Firma Rathgeber gebaut wurden, hat Siemens die vollständige Elektroanlage ausgeführt. Auch der Betriebshof Nord und das dortige Gleisbildstellwerk wurden komplett ausgerüstet und montiert. Aus dem Bereich Signalanlagen sind vor allem fünf Stellwerke des für Stadtschnellbahnen entwickelten SpDrS-U-Systems zu erwähnen. Sie umfassen zusätzlich zur üblichen Ausstattung Einrichtungen für selbsttätige Zugnummernmeldung, Zuglenkung und für zuggesteuerte Zugzielanzeige; aussergewöhnliche Bedienungsvorgänge werden von Störungsdruckern protokolliert. Die Linienzugbeeinflussung arbeitet nach