

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 92 (1974)  
**Heft:** 27: Jubiläumsausgabe 100 Jahre "Die Eisenbahn" - "Schweizerische Bauzeitung"  
  
**Artikel:** Brems- und Anfahrkräfte auf Eisenbahnbrücken  
**Autor:** Ensner, K.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-72412>

### **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:** 02.04.2026

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



Bild 5. Automatische Umspuranlage im Werk in Villeneuve

geschoben und die Räder, wie oben beschrieben, entriegelt werden. Darauf gelangen die Räder in jenen Abschnitt, in dem die Fahrschienen auseinanderlaufen: dort werden die Räder während des Rollens mit Hilfe der Führungsschiene achsial verschoben und vollführen damit auf ihren Achsen eine schraubenlinienförmige Bewegung.

Während die Räder entriegelt sind, wird ihre Achse 5 durch Positionierschienen 13 geführt. Die Achse ist an ihren zwei Enden mit selbstschmierenden Gleitplatten 22 versehen. Somit bleibt während des eigentlichen Spurwechsels die Achse zentriert, der Waggon bewegt sich dadurch parallel zur Fahrschienenachse vorwärts.

Am Ende des auseinanderlaufenden Schienenstückes werden die Räder zunächst durch zwei doppelkonische Rollen

20 positioniert, welche einen sehr starken Druck auf die Spurkränze ausüben. Dadurch wird sichergestellt, dass die Ausnehmungen 19 und die Bolzen 11 genau gegenüberstehen. Im weiteren Verlauf werden die Gleitsegmente 14 durch die Gleitschiene 15 verschoben und verriegeln über den beschriebenen Mechanismus die Hülsen 4 in der neuen Stellung. Schliesslich übt ein zweites Paar doppelkonische Rollen einen starken, nach innen gerichteten Druck auf die Spurkränze aus und kontrolliert damit, ob die Verriegelung tatsächlich wieder hergestellt ist. Falls durch irgendeinen Defekt die Verriegelung nicht ordnungsgemäss eingerastet ist, wird durch eine Sicherheitsvorrichtung, welche auf den Bildern 1 bis 3 nicht dargestellt ist, Alarm gegeben, so dass der Zug gestoppt werden kann.

Aus Bild 3 ist ersichtlich, dass die Umspuranlage sowohl für die eine als auch die andere Fahrtrichtung verwendet werden kann. Dieselben Gleitschienen 15 dienen sowohl zum Entriegeln als auch zum Verriegeln des Mechanismus, je nach der Bewegungsrichtung, in der die Gleitsegmente sie durchlaufen.

Beim Spurweitenwechsel werden auch die Bremsklötze seitlich verschoben. Zu diesem Zweck ist die Stange des Bremsdreiecks mit einem teleskopartigen Verschiebesystem und einem in den zwei Endstellungen festgehaltenen Kippmechanismus ausgerüstet. Dadurch ist sichergestellt, dass die Bremsklötze für jede der beiden Spurweiten eine genau bestimmte Stellung einnehmen und sich nicht unkontrolliert seitlich bewegen können.

#### Schlussbemerkungen

Abschliessend darf festgestellt werden, dass im Vergleich zu den Einrichtungen, die bis heute gebaut und betrieben wurden, die beschriebene Erfindung drei wichtige betriebstechnische Vorteile aufweist; nämlich erstens die Tatsache, dass das Gewicht des Wagens und seiner Ladung während des Spurweitenwechsels ständig auf den Rädern ruht, so dass Bockkrane, Hebeböcke und dergleichen wegfallen, zweitens, dass der Spurwechsel ohne jeglichen menschlichen Eingriff vor sich geht, und drittens, dass die Zeit, die für einen Spurwechsel notwendig ist, sehr kurz ist. Sie ist jedenfalls ganz wesentlich kürzer als bei den bis heute angewendeten Systemen.

## Brems- und Anfahrkräfte auf Eisenbahnbrücken

Von K. Ensner, Basel

DK 62-59 : 624.042.3

*Im Rahmen des Forschungs- und Versuchsamtes des Internationalen Eisenbahnverbandes wurde ein umfangreiches Programm zur experimentellen Ermittlung der Brems- und Anfahrkräfte auf Eisenbahnbrücken in Angriff genommen. Diese Organisation, bekannt als ORE (nach dem französischen: «Office de Recherches et d'Essais») befasst sich mit der Bearbeitung von Forschungsaufgaben aus allen Gebieten des Eisenbahnwesens. Dabei werden die Versuche durch verschiedene beteiligte Eisenbahnverwaltungen durchgeführt und durch die betreffenden Fachleute im Rahmen eines ORE-Ausschusses zusammengefasst. Die erarbeiteten Ergebnisse werden jeweils durch das zentrale Bureau in Utrecht als ORE-Bericht veröffentlicht. Die Versuche zur Bestimmung der erwähnten Brems- und Anfahrkräfte bilden eine der zahlreichen Aufgaben dieser Organisation. Ausser sechs daran beteiligten europäischen Eisenbahnverwaltungen haben auch die Indischen Staatsbahnen einen wertvollen Beitrag zu dieser technischen Forschungsaufgabe geleistet. Die Versuche sind noch im Gange, so dass in diesem Bericht nur über den gegenwärtigen Stand berichtet werden kann.*

### 1. Durchgeführte Arbeiten

Als erste Aufgabe wurden die grössten beim Bremsen und Anfahren auftretenden Kräfte zwischen Rad und Schiene in Längsrichtung des Geleises bestimmt. Die Grösse dieser Kräfte wird vor allem durch die Reibungs- und Adhäsionsverhältnisse beherrscht. Zur experimentellen Ermittlung der gesuchten Kräfte diente eine Versuchseinrichtung der Niederländischen Eisenbahnen, welche es gestattet, die Übertragung der Kräfte von der Schiene auf die Schwellen unter einem bremsenden oder anfahrenden Fahrzeug zu registrieren. Diese Messungen bildeten die Grundlage zur Beurteilung der an den Brücken angreifenden Kräfte.

Bevor man mit den Messungen an den vorgesehenen Brücken beginnen konnte, mussten die für alle Beteiligten gültigen Messmethoden festgelegt werden. Während die Messung der Beanspruchung in den Brückenbauteilen mit Dehnungsmessstreifen keine besonderen Schwierigkeiten bot, war die Ermittlung der Auflagerkräfte des Bauwerkes mittels herkömmlicher Geräte nicht ohne weiteres zu bewältigen. Man

entschloss sich deshalb, ein besonderes Messelement zu entwickeln, welches nach dem Einbau die Auflagerbedingungen der Brücke nicht verändert und auch das statische Verhalten derselben nicht beeinflusst. Die Sektion für Versuche und Messungen der SBB hat es übernommen, ein Messelement zu entwickeln, das unter die Auflager eingebaut werden kann und die gesamten Kräfte auf die Auflagerbänke überträgt. Die Aufzeichnung der gesuchten Kräfte bei den Auflagern erfolgt auf elektrischem Wege, wobei die Werte getrennt nach drei senkrecht zueinander stehenden Komponenten registriert werden.

Als Messgrößen werden die in den zwei Stegen des Messkörpers (Bild 1) auftretenden Dehnungen herangezogen. Durch die geeignete Wahl der Messpunkte und Richtungen sowie einer zweckmässigen Schaltung der Dehnungsmessstreifen wurde erreicht, dass die interessierenden Komponenten in Längsrichtung der Brücke und in vertikaler Richtung direkt registriert werden können. Bild 2 zeigt den unter einem festen Auflager eingebauten Messkörper.

Im Rahmen des vorgesehenen Versuchsprogramms wurden ausführliche Messungen an drei Stahlbrücken mit Stützweiten von rund 15, 30 und 60 m durchgeführt. Die Bauart der gewählten Brücken entspricht den allgemein üblichen Konstruktionen ohne Schotterbett. Als Vergleich wurde eine weitere Stahlbrücke von 30 m Stützweite mit durchgehendem Schotterbett den gleichen Messungen unterzogen.

Neben den erwähnten Stahlbrücken, die statisch als einfache Balken ausgebildet sind, wurde eine Brücke mit 2 Öffnungen aus vorgespanntem Beton untersucht. Diese Versuche dienten zudem der Aufgabe, die Ableitung der Kräfte über die Pfeiler und Widerlager auf den Baugrund zu verfolgen.

Als Ergänzung zu den Messungen an ausgeführten Brücken sollen Modellversuche an der ETH Lausanne und theoretische Studien des Instituts für Verkehrsforschung in Prag die gewonnenen Erkenntnisse vervollständigen.

## 2. Versuchsergebnisse

### 2.1 Verlauf und Grösse der Bremskraft

Das Bild 3 zeigt die Wiedergabe eines Messdiagramms, aus welchem der Verlauf der Bremskraft ersichtlich ist. Man erkennt, dass die grösste Bremskraft unmittelbar vor dem Stillstand des Fahrzeugs auftritt. Mit abnehmender Geschwindigkeit wächst die wirkende Kraft an, erreicht im letzten Moment das Maximum und fällt auf den Wert null zurück. Besonders deutlich zeigt sich auf dem Diagramm 1,1x der ausgeprägte Bremsruck, der kaum  $\frac{1}{10}$  Sekunde dauert.

Der bei diesen Versuchen aus der Beziehung: Bremskraft  $K = \mu G$  berechnete Koeffizient  $\mu$  beträgt im Maximum 0,33. Der Mittelwert aus 21 gleichartigen Bremsversuchen ergab  $\mu = 0,26$  mit einem Koeffizienten der Standardabweichung von 7,4%.

Bild 4 zeigt die in Abhängigkeit der Geschwindigkeit festgestellten Werte. Die Versuchszüge führen mit verschiedenen Geschwindigkeiten über die Messstrecke, wobei sie jeweils mit grösstmöglicher Wirkung gebremst wurden, ohne jedoch zum Gleiten zu kommen. Der beim Stillstand gemessene Koeffizient liegt bei dieser Versuchsreihe bei  $\mu = 0,28$ . Ausser diesen Resultaten ergaben die Versuche Aufschluss über den Einfluss der Verlaschung der Schienen und die Ableitung der Kräfte vom Geleise ins Schotterbett.

### 2.2 Verlauf und Grösse der Anfahrkraft

Im Gegensatz zur Bremskraft steigt die Anfahrkraft mit der Vergrösserung der Motorleistung an und verbleibt über längere Zeit auf dem erreichten Grösstwert. Man kann deshalb das Anfahren in seiner massgebenden Phase als quasistatischen Zustand betrachten. Die dabei gemessenen Reibungskoeff-

Bild 1. Kraftmess-element, Messprinzip

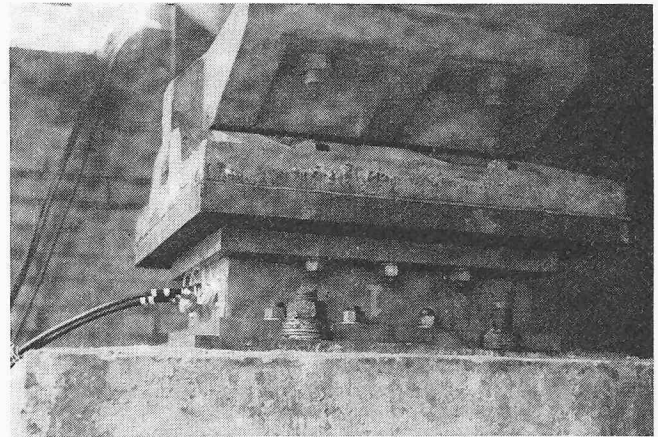
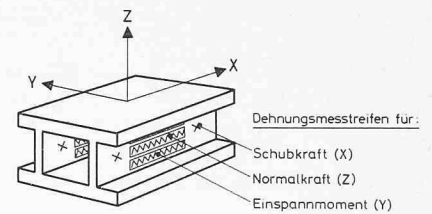


Bild 2. Kraftmess-element unter einem festen Brückenwiderlager eingebaut

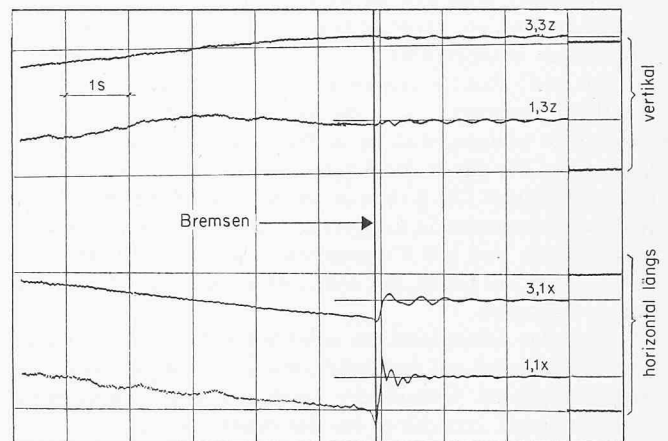


Bild 3. Messdiagramm der Kräfte beim festen Auflager

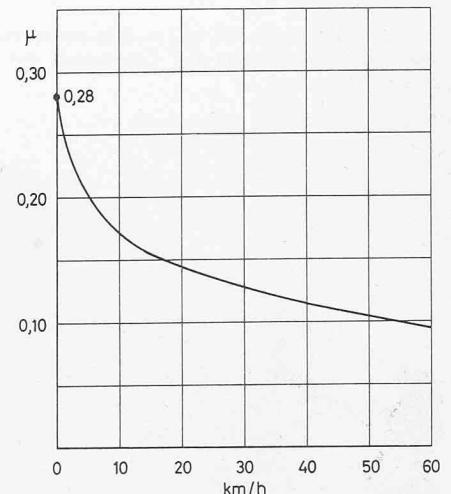


Bild 4. Bremskraft in Abhängigkeit der Geschwindigkeit

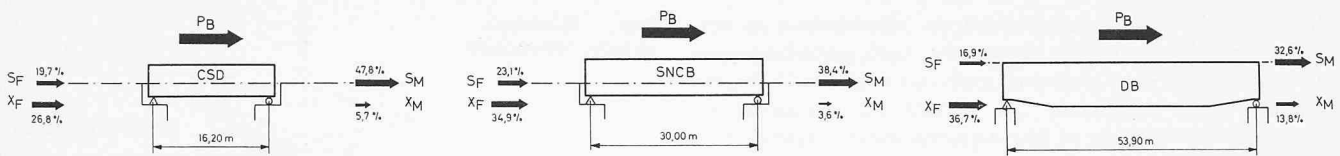


Bild 5. Kräfte in % der Bremskraft  $P_B$

fizienten liegen etwas höher als beim Bremsen und ergaben einen Maximalwert von  $\mu = 0,37$ .

### 2.3 Wirkung der Kräfte auf das Brückenbauwerk

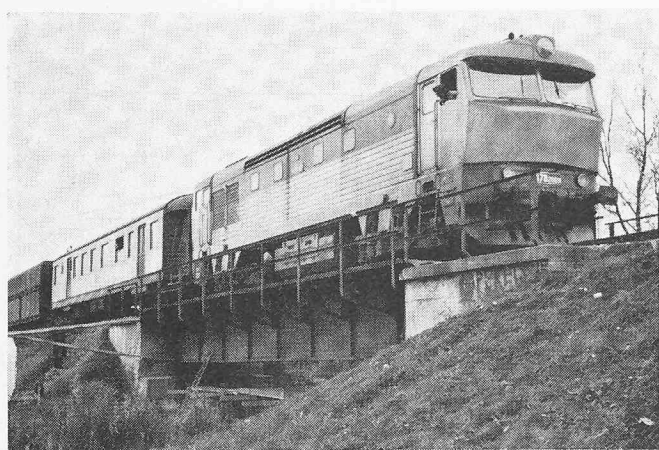
Beim Bremsen liegt der ungünstigste Fall dann vor, wenn ein langer Zug gebremst wird und auf der Brücke zum Stillstand kommt. Die Schienen bewirken dabei weitgehend eine Verteilung der einzelnen Bremskräfte über die Länge des Geleises unter dem gebremsten Zug.

Von den Ergebnissen der Untersuchungen an Stahlbrücken können hier nur einige Beispiele herausgegriffen werden. Diese Versuchsreihe ist so zusammengestellt worden, dass sie den Einfluss der wichtigsten Parameter, wie Stützweite, Geleiseverlegungsart und Schotterbett, erkennen lässt. Sie enthält Stahlbrücken üblicher Bauart mit durchgehendem Geleise ohne Schotterbett. Die Belastung der Brücken bei dieser Versuchsreihe erfolgte jeweils mit Lokomotiven, welche auf dem Tragwerk bis zum Stillstand gebremst wurden und die Brücke voll belasteten, ohne dass ausserhalb der Brückenenden Wagen mitgeführt wurden. Vergleichsweise wurden auch Versuche mit Güterzügen durchgeführt.

Im Bild 5 sind für eine Versuchsreihe die ermittelten Kräfte graphisch dargestellt. Um die einzelnen Werte besser vergleichen zu können, sind sie in Prozenten der Bremskraft  $P_B$  angegeben. Die durch die Schienen übertragenen Kräfte sind mit  $S$  bezeichnet. Die Kräfte in den Auflagern, welche mit den Kraftmesselementen in Längsrichtung der Brücke aufgenommen wurden, sind mit  $X$  angegeben. Der Index  $F$  bezieht sich auf die Seite des festen, der Index  $M$  auf die Seite des beweglichen Auflagers.

In vielen Fällen wird ein wesentlicher Teil der Bremskraft über die Schienen auf den Fahrbahnkörper vor und hinter der Brücke abgeleitet. Obwohl der Anteil mit zunehmender Stützweite abnimmt, erreicht er bei der Brücke mit 53,9 m Stützweite doch noch den beträchtlichen Wert von gesamthaft  $32,6 + 16,9 = 49,5\%$  der Bremskraft.

Bild 6. Stahlbrücke mit 16,2 m Stützweite. Versuchszug mit Diesellokomotive, Messwagen und Güterwagen der Tschechoslowakischen Staatsbahnen



Die restlichen 50,5% werden durch die Auflager übertragen. Erwartungsgemäss übernehmen die beweglichen Auflager nur einen geringen Teil, welcher durch die vorhandene Rollenreibung bestimmt wird. Die festgestellten Reibungsverhältnisse der Rollen liegen im Rahmen der üblicherweise angenommenen Werte. Die Schienen übernehmen beim beweglichen Lager einen entsprechend grösseren Anteil der Bremskräfte.

Bei allen Brücken wurde eine weitere Versuchsserie durchgeführt, bei welcher über den beweglichen Auflagern Dilatationsvorrichtungen in den Geleisen eingebaut waren. Als Beispiel zeigen die Messungen an der 30-m-Brücke, dass auch in diesem Falle über die Dilatationen hinweg 18 bis 28% der Bremskraft über die Schienen abgeleitet werden. Die Geleisedilatation kommt also nur bei langsamen Längenänderungen voll zur Wirkung, während sie bei sehr kurzen Kräfteinwirkungen eine ziemlich starre Verbindung darstellt. Das Bild 6 zeigt einen Versuchszug auf der Stahlbrücke mit 16,2 m Stützweite.

Der Vergleich der Versuche an den Brücken mit und ohne Schotterbett lässt erkennen, dass über den Schotter nur ganz unwesentliche Längskräfte übertragen werden. Dies erklärt sich durch die im Vergleich zum Geleise verhältnismässig geringe Längssteifigkeit des Schotters.

Durch Versuche mit einem langen Zug konnte im weitern festgestellt werden, dass die kurzdauernden Maximalbremskräfte der einzelnen Achsen nicht alle im gleichen Moment auftreten. Die Spitzenkräfte zeigen eine zeitliche Streuung über einige Zehntelsekunden, so dass auf langen Brücken nicht die Summe der kurzdauernden Maximalwerte massgebend sein kann.

Beim Anfahren auf den Brücken ergeben sich sinngemäss ähnliche Verhältnisse wie beim Bremsen. Einestils liegen die Reibungskoeffizienten eher etwas höher, andernteils ist die Zahl der angetriebenen Achsen in den meisten Fällen sehr begrenzt. Für die Beurteilung der Beanspruchung von Brücken dürften daher keine wesentlichen Unterschiede bestehen.

### 3. Schlussbemerkungen

Die SIA-Normen schreiben die Berücksichtigung der Bremskräfte mit  $1/7$  der Achslasten vor. Die an mehreren Brücken durchgeführten Versuche haben gezeigt, dass die auf die Schienen wirkenden Brems- und Anfahrkräfte mehr als doppelt so viel betragen können. In einzelnen Fällen übertragen aber die Schienen einen ansehnlichen Teil dieser Kräfte auf den Fahrbahnunterbau hinter den Widerlagern. Durch die Tendenz der Fahrzeugkonstrukteure, wirksamere Brems- und Anfahrverhältnisse zu erreichen, wird es notwendig, die Brückentragwerke in bezug auf höhere Längskräfte zu überprüfen.

Es wäre verfrüht, schon im gegenwärtigen Zeitpunkt zu beurteilen, in welcher Form die gewonnenen Erkenntnisse in die Berechnungsgrundlagen einzuführen sind. Ein entsprechender Vorschlag wird nach dem Abschluss aller vorgesehenen Untersuchungen ausgearbeitet werden.

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass die ermittelten Resultate in den unten angegebenen Versuchsberichten des ORE ausführlich zusammengestellt 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 Baggerschlitzten in mehreren Profilen des Dammbereichs veranlasst. Dazu wurden aus den Schlitzten 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-

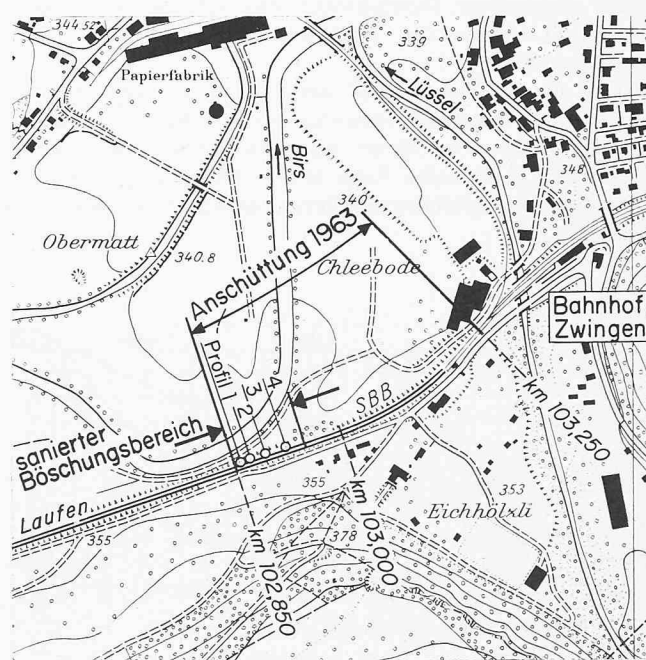


Bild 1. Lageplan 1:10 000 mit dem Bahnhof Zwingen und saniertem Bahntrasse. Reproduziert mit Bewilligung der V+D vom 28. 12. 1972