

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 72 (1954)
Heft: 14

Artikel: Gross-Sprengung für das Fundament der Staumauer Mauvoisin
Autor: Bernold, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-61168>

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: 02.02.2026

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

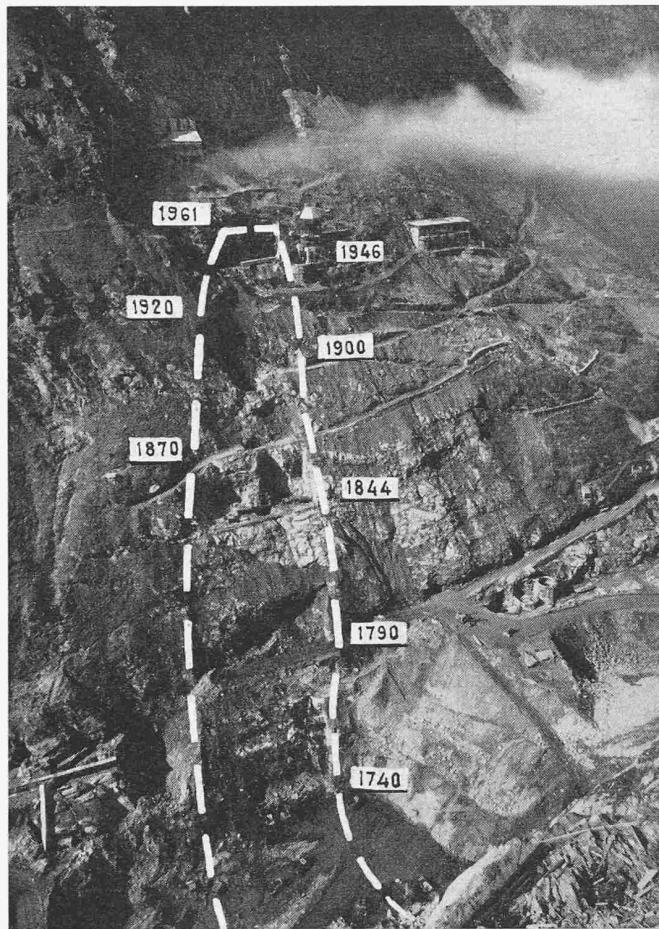


Bild 1. Linke Flanke. Stufenweiser Abbau des Fundamentes. Auf der oberen Bildhälfte von links nach rechts: Kabelkranwindenhaus, Betonturm, Zementsilos.

angenommen werden, dass der Rückgang der in allen Wasserkraftwerken zusammen erzeugbaren Energie nach Erstellen der Werke der Kategorie II in wasserarmen Wintern nicht mehr als 13 % der mittleren Winterverfügbarkeit betragen wird. In einem sehr trockenen Sommer rechnet der Ausschuss mit einem entsprechenden Rückgang um 20 %. Die Minimalenergie der Werke der Kategorie II, die auch bei grösster Trockenheit noch zur Verfügung stehen wird, beträgt demnach im Winter $0,87 \cdot 4036 = 3511$ Mio kWh und im Sommer $0,8 \cdot 2752 = 2202$ Mio kWh.

Die in einem Durchschnittsjahr über die Minimalenergie verfügbare «Mehrenergie» beträgt im Winterhalbjahr etwa 525 Mio kWh und im Sommerhalbjahr etwa 550 Mio kWh. Sie wird zur Dampfkesselheizung, für elektrochemische und elektrothermische Zwecke und für die Ausfuhr verwendet. In den Jahren 1944/45 bis 1948/49 wurden für Dampfkesselheizung im Mittel im Winterhalbjahr 290 Mio kWh, im Sommerhalbjahr 770 Mio kWh verwendet.

In den Tabellen 1 bis 4 kommt die Vermehrung der Wintererzeugung der Niederdruckanlagen im Mittelland nicht zum Ausdruck, die sich dank der grossen Speicherwerke ergeben wird und der nur ein geringer Rückgang an Sommerenergie gegenübersteht. Durch diesen Ausgleich werden überdies manche Flusstrecken des Mittelland ausbauwürdig, was jetzt noch nicht der Fall ist. Weiter ist anzunehmen, dass dank der Weiterentwicklung der Bau- und Maschinentechnik einzelne Werke der Kategorie IV mit wirtschaftlich tragbarem Aufwand auf grössere Produktionsmöglichkeit ausgebaut werden können, als dies heute vorauszusehen ist. Es können auch entlegene Einzugsgebiete an bestehende oder neue Werke angeschlossen und so genutzt werden. Schliesslich ist an die Erneuerung bestehender Werke zu denken, die meistens mit einer erheblichen Mehrerzeugung verbunden ist. Die im Endausbau aller schweizerischen Wasserkräfte zu erwartende mittlere Energieproduktion von rd. 28,5 Mio kWh dürfte daher ohne Zweifel erreichbar sein.

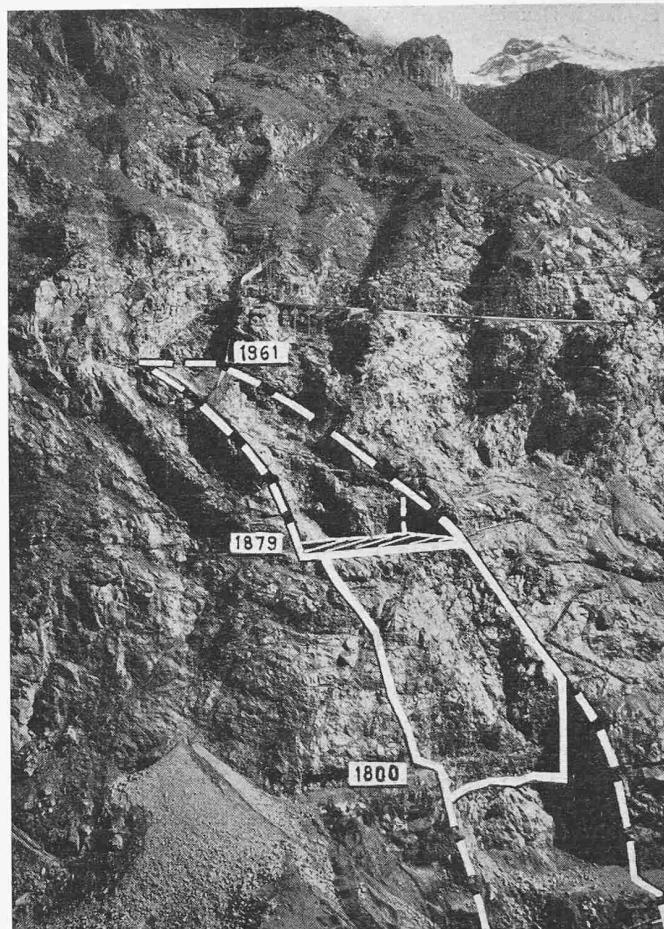


Bild 2. Rechte Flanke des Staumauerfundamentes, am Fusse des Mont Pleureur. Zone der Grossprengung in der unteren Bildhälfte. Die Streiflöcher der Versuchssprengung sind sichtbar.

Gross-Sprengung für das Fundament der Staumauer Mauvoisin

DK 624.152.5

Von Ing. A. Bernold, Association des Entrepreneurs du Barrage de Mauvoisin (SA. Conrad Zschokke, Bless & Co., Locher & Cie., Losinger & Co. AG., Emile Maret, Schafir & Mugglin AG., M. Vaudan)

Allgemeines

Beim Bau von Bogenstaumauern, deren Widerlager stark in die Talfanken eingeschnitten werden, sind meistens beträchtliche Felsausbrüche zu bewältigen, welche den Bautermin massgebend beeinflussen. Wenn die Installationen für die Kiesgewinnung und Aufbereitung und für das Anmachen und Einbringen des Betons betriebsbereit sind, muss der gesamte Aushub beendet sein. Er wird gewöhnlich von verschiedenen Terrassen aus im Steinbruchverfahren ausgeführt, mit seitlichem Abtransport des Schuttmaterials. Bei steilen Flanken kommen sogenannte Rollöcher zur Anwendung, das sind Schrägschächte, durch die der Felsschutt hinunterrutscht, am unteren Ende entnommen und zur Deponie geführt wird.

Der Felsaushub für die 237 m hohe Bogenstaumauer in Mauvoisin (siehe SBZ 1953, Nr. 11, S. 153) beträgt 450 000 m³, wobei an den beiden steilen Flanken 420 000 m³ wegzusprengen sind. Im Frühjahr 1953 zeigte sich die Unmöglichkeit, die grosse Felskubatur mit den bekannten Abbaumethoden während der Installationszeit wegzuschaffen. Insbesondere musste man unbedingt auch dem häufigen Steinschlag ausweichen, der beim terrassenweisen Arbeiten leider unvermeidlich ist und die Arbeiter ständig gefährdet.

Aus diesen Gründen wurde auf der Baustelle Mauvoisin ein neues Sprengverfahren entwickelt. An der rechten Flanke der Staumauer ist ein Paket gewachsener Felsen von rund 100 m Höhe, 50 m Breite und 20 m Tiefe auf einmal herausgesprengt worden. Es handelte sich hiebei um Kalkphyllit, einen stark quarzhaltigen Kalkschiefer.

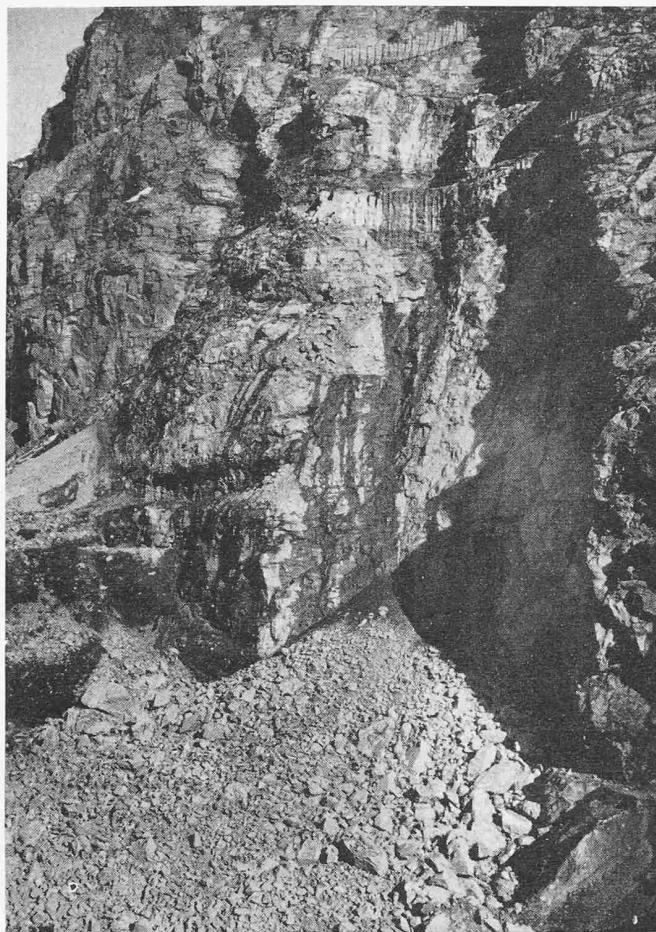


Bild 3. Erfolg der Gross sprengung.

Anfänglich bestanden schwere Bedenken gegen diese Gross-Sprengung, weil man befürchtete, damit das Stau mauerfundament zu stören. Um dieses möglichst zu schonen, wurde ein Sprengplan ausgearbeitet, der den Sprengstoff auf die ganze Aushubkubatur gleichmäßig verteilt und alle Bohrlöcher parallel zur Aushubfläche anordnet. Ferner sah man vor, die Sprengung mit Troisdorfer Millisekundenzünder durchzuführen; das sind elektrische Zündkapseln, die dort eingesetzt werden, wo nur kleine Erschütterungen zulässig sind. Nach seismischen Messungen sind die Erschütterungen beim Sprengen mit Millisekundenzünder 10 mal kleiner als bei der Momentanzündung. Das Intervall dieser Zünder beträgt $4/100$ Sekunden. Dadurch wird das Sprenggut stark zerkleinert und die Gefahr des Abschlagens des benachbarten Bohrloches vermindert, was zum Erfolg der Sprengung wesentlich beiträgt.

Eine besondere Aufgabe stellte die Frage, wie eine gestreckte Ladung von über 100 m Länge sicher zur Explosion gebracht werden kann. Verschiedene Versuche im freien Feld und mit 20 m tiefen Bohrlöchern ergaben, dass nur bei Verwendung von Detonationszündschnüren das Abschiessen einer so grossen Masse Fels sicher gelingen kann. Die Detonationszündschnur enthält statt der Pulverseele einen brisanten Sprengstoff und detoniert mit einer Geschwindigkeit von 7000 m pro Sekunde. Sie entzündet ohne Zwischenschaltung von Sprengkapseln jeden Sprengstoff, benötigt allerdings zur eigenen Zündung den Initialstoss einer Kapsel.

Bevor die eigentliche Gross-Sprengung angesetzt wurde, sind die zuerst gebohrten acht Löcher geladen und versuchsweise abgeschlagen worden, wobei rd. 10 000 m³ Fels anfielen. Diese Versuchssprengung befriedigte restlos und lieferte wertvolle Hinweise für das weitere Vorgehen.

Das Bohrverfahren

Nachdem auf Kote 1879 eine Terrasse erstellt war, konnte der Bohrbetrieb für die langen Löcher mit Kernbohrmaschinen in Angriff genommen werden. Diese Tiefbohrungen wurden der Swissboring AG., Zürich, übertragen, die die Arbeiten vom 15. August bis 10. November 1953 mit sechs bis sieben Craelius-Bohrmaschinen in Tag- und Nachschichtbetrieb



Bild 4. Gross sprengung.

durchführte. Die Löcher wurden nach dem Sprengplan parallel zur sehr steilen Fundamentfläche mit einer Neigung von 50° bis 55° zur Horizontalen gebohrt. Die 41 Bohrlöcher hatten einen Durchmesser von 85 mm, waren 80 bis 130 m lang und ergaben eine Gesamtlänge von 4105 m. Bei der Berechnung der notwendigen Sprengstoffmenge wurde die Vorgabe mit 4 m und der Abstand der Bohrlöcher mit 5 m angenommen. Um den Verlauf der einzelnen Bohrungen kontrollieren zu können, liess man diese unten aus der senkrechten Wand hinausstechen, was ermöglichte, jedes Loch bezüglich Lage und Neigung genau einzumessen und das Profil jeder Bohrung aufzunehmen. Damit konnten die Bohrlöcher auch entwässert werden. Es zeigte sich, dass die Richtung der Bohrlöcher im allgemeinen gut war; jedoch fielen die längsten Löcher gegen unten parabolisch ab, womit die angenommene Vorgabe von 4 m stellenweise überschritten wurde. Die mittlere Leistung einer Kernbohrmaschine mit Diamantkrone Ø 85 mm betrug 60 cm pro Stunde.

Das Laden und Sprengen

Der Sprengplan ist für Aldorfite A aufgestellt worden. Die Patronen hatten einen Durchmesser von 70 mm und waren 23 cm lang. Sie wurden auf der Baustelle in 1.30 m lange Plastiksäcke abgefüllt. Vor dem Laden der Schüsse wurde jedes Bohrloch mit einem Lot nachgeprüft. Es ergab sich, dass einzelne Bohrlöcher infolge klüftiger Felsbeschaffenheit verstopt waren. Diese sind mit Zementmilch unter Beigabe von Bentonit injiziert und nachgebohrt oder mit dünnwandigen Stahlrohren verrohrt worden. Die Ladungen wurden in die Profile jedes einzelnen Bohrloches eingezzeichnet. In Partien mit weniger als 4 m Ueberlagerung sind Sandfüllungen zwischen den Sprengstoffpatronen eingeschaltet und dort, wo die Ueberlagerung grösser als 4 m war, ist mit Dynamit F nachgeholfen worden. Holzkeile oder quergesteckte kurze Bohrstangen schlossen die Bohrlöcher unten ab.

In jedes Bohrloch wurden zwei Detonationszündschnüre eingeführt. Die Anordnung des Verdämmungsmaterials, der Sandfüllungen und des Sprengstoffes entsprach dem korrigierten Sprengplan. Die Füllung wurde alle 10 m mit dem Lot kontrolliert. Zur Vermeidung von Funkenbildung im Bohrloch war die Messleine mit einem Messingzyylinder beschwert. Spezielle Vorsicht erforderte das Einbringen der Dynamitpatronen. Die totale Ladung betrug:
 $16500 \text{ kg Aldorfite A} + 3200 \text{ kg Dynamit} = 19700 \text{ kg Sprengstoff}$. Nach erfolgter Ladung waren die Detonationszündschnüre an die Millisekundenzünder anzubinden. Um grösste Sicherheit zu erzielen und zur Verhütung von sogenannten Abschlägern

wurden beide Enden an die Zündleitung angeschlossen. Demnach erhielt jede Ladung vier Zündstellen.

Für die gesamte Sprengung waren sechs zeitlich abgestufte Lagen notwendig. Die Verbindungen und Zündleitungen wurden sehr sorgfältig nachgeprüft und die Widerstände gemessen. Der Abschuss ist mit einer 1000 Volt starken Zündmaschine ausgelöst worden. Eine Masse von rd. 70 000 m³ Fels zerbarst in Bruchteilen von Sekunden. Die Sprengung war in jeder Beziehung erfolgreich. Die Fundamentflächen wurden plangemäss und ohne Zerstörungen herausgeschossen, worauf die gut sichtbaren Streifschüsse hinweisen. Der Felschutt ist baggerfähig angefallen. An den Rändern des Fundamentes waren nur noch einige wenige Nachbohrungen notwendig. Einzelne lose Blöcke, die wegen Vereisung des Steilhangs nicht zugänglich waren, sind mit einer Panzerabwehrkanone abgeschossen worden.

Die Baggerung

Die 120 000 m³ Felsschutt in der Baugrube wurden nach dem Abstoßen der Schuttkegelspitze mit Bulldozern von sechs bis sieben schweren Löffelbaggern in der Rekordzeit von drei Wochen weggeräumt. Der Anfall an Blöcken über 1½ m³ Inhalt, die nachzusprengen waren, betrug rd. 5 % der Gesamtkubatur.

Schlussfolgerungen

1. Die Unfallgefahren der bisher üblichen Bauweise durch Steinschlag infolge häufiger Sprengungen und nachfolgendem Absturz von grossen Steinen und Blöcken sind stark vermindert worden.
2. Der Zeitgewinn ist beträchtlich. Die Bohrarbeiten können auch im Winter durchgeführt werden.
3. An Arbeitskräften können Einsparungen erzielt werden. Die Silikoseerkrankungen sind praktisch ausgeschaltet.
4. Die Kosten der Druckluftinstallation werden geringer.
5. Der Sprengstoffverbrauch ist etwas kleiner als bei der bisher üblichen Bauweise.
6. Der Baggerbetrieb kann rationell gestaltet werden.

Die Gross-Sprengung ist ein sehr konzentriertes Sprengverfahren, das mit mannigfachen Schwierigkeiten verbunden



Bild 5. Baggerung des Sprengschuttes der Gross sprengung.

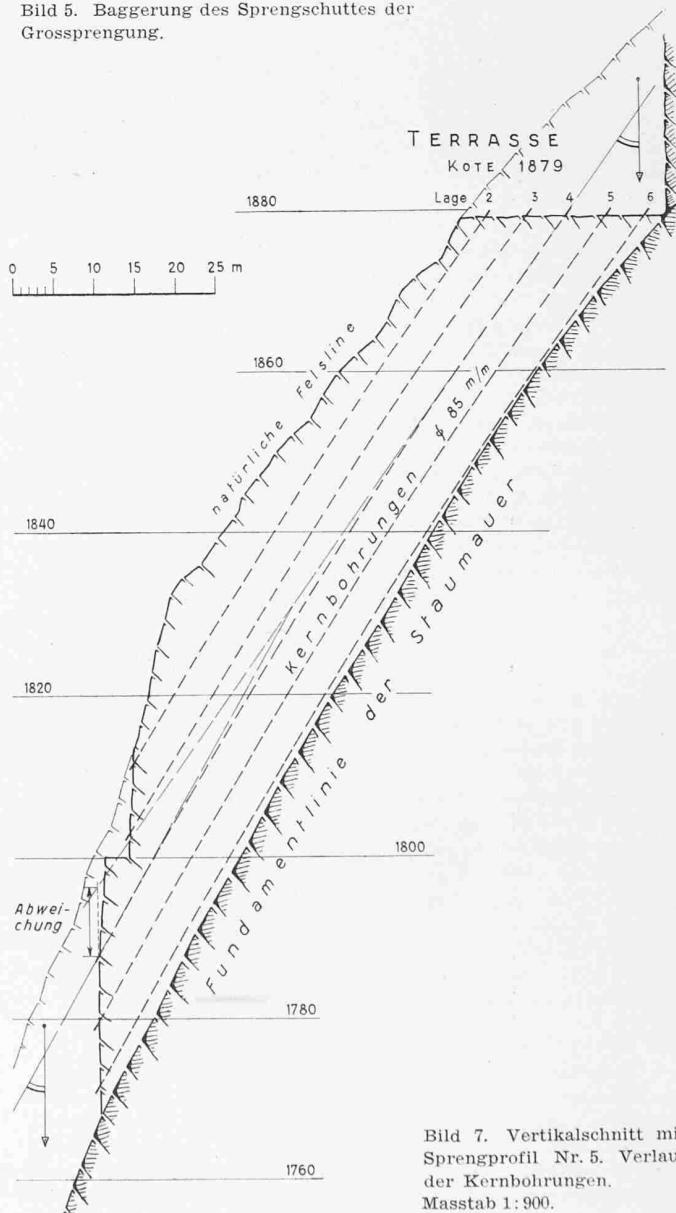


Bild 7. Vertikalschnitt mit Sprengprofil Nr. 5. Verlauf der Kernbohrungen. Masstab 1:900.

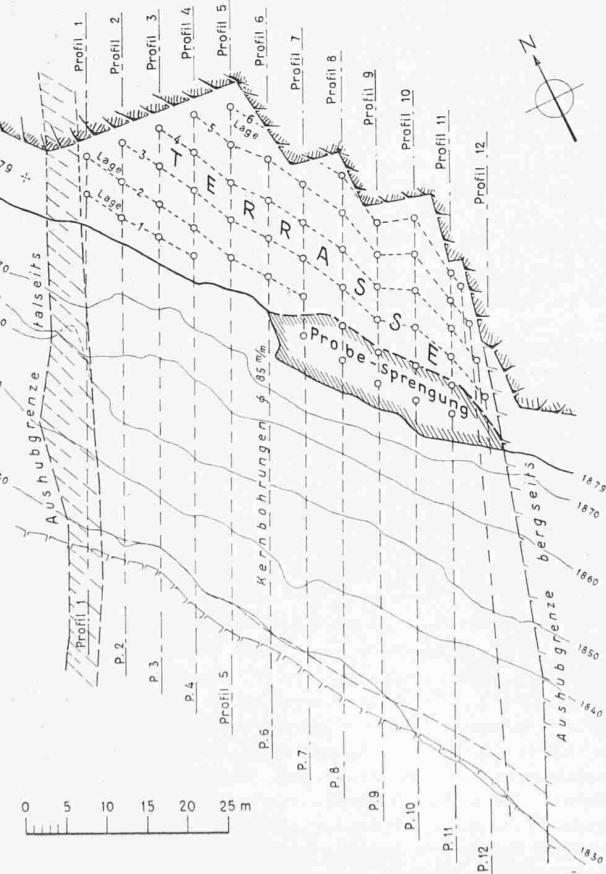


Bild 6. Grundriss der Sprengzone. Anordnung der Sprengprofile und Lagen. Maßstab 1:900.

ist. Seine erfolgreiche Anwendung setzt ein hohes Mass von Sprengerfahrung voraus. Wenn diese Voraussetzung nicht erfüllt ist, enthält die Gross-Sprengung Risiken, die nicht verantwortet werden können.

Die Gross-Sprengung des Fundamentaushubes der Staumauer Mauvoisin hat sich gegenüber den bekannten Abbaumethoden als sicherer und zweckmässiger erwiesen. Die Voraussetzungen zur Anwendung des vorstehend beschriebenen Verfahrens waren in Mauvoisin besonders günstig. Ob es sich auch auf andern Baustellen mit gleichem Erfolg anwenden lässt, kann nur eine genaue Untersuchung der jeweiligen Verhältnisse zeigen.

Adresse des Verfassers: Ing. A. Bernold, Mauvoisin.

Schienenfahrzeug für hohe Fahrgeschwindigkeiten

DK 625.2: 625.62

Im Jahre 1952¹⁾) wurde hier ein Vorschlag eines Schienenfahrzeugs für hohe Fahrgeschwindigkeiten in der Theorie behandelt, bei dem die Unterstützungsebene $X-X$ durch den Schwerpunkt C des Fahrzeugkörpers gemäss den Bildern 2c bis 6 gelegt ist, auf der zugleich die Radaufstandspunkte der Tragräder T auf der Schiene liegen. Die Schienen sind Hohlkastenprofilträger aus vorgespanntem Beton, die auf Pfeilern, teilweise Pendelpfeilern, gelagert sind. Durch die Schwerpunktshöhe $h = \text{Null}$ ist es bei diesem Unterstützungs-vorschlag erstmalig möglich, das Schienenfahrzeug *spielfrei im Gleis zu führen*. Es entstehen beim Vorschlag

$$h = 0$$

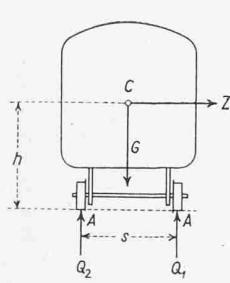


Bild 1.

Das heutige Eisenbahnfahrzeug im Querschnitt

keine Momente mehr, es wirken nur noch Kräfte. Diese ganz wichtige Erkenntnis ergab die Möglichkeit, zur Seitenführung des Fahrzeuges horizontal laufende Führungsräder F anzurichten, die ebenfalls angenähert in der Unterstützungsebene $X-X$ des Fahrzeugs liegen, und auf die somit keine nennenswerten Momente einwirken. Wie theoretisch dargelegt wurde¹⁾, wirken bei diesem Vorschlag $h = \text{Null}$ auf jeder Fahrzeugseite nur noch gleich grosse Kräfte, nämlich die Raddrücke

1) SBZ 1952, Nr. 46, S. 655.

$$Q_1 = Q_2 = G/2$$

und es tritt somit besonders beim Durchfahren von Kurven, aber auch beim Ein- und Auslauf in und aus der Kurve sowie auch in der Geraden *kein Druckwechselspiel* zwischen den Raddrücken mehr auf, und zwar unabhängig von der Grösse des Krümmungsradius R der Kurve, ihres Ueberhöhungswinkels α sowie der Geschwindigkeit v des Fahrzeugs, der Spurweite s und der Grösse und Richtung der Resultierenden Q aus Fahrzeuggewicht G und Zentrifugalkraft Z. Auch die *Seitenkräfte*, die für die «nicht ausgeglichene Geschwindigkeit» gemäss der Definition

$$v = R g \tan \alpha$$

in der Kurve aufgenommen werden müssen, sind auf jeder Fahrzeugseite *gleich gross*, ein Vorzug, der wieder nur diesem Vorschlag der Unterstützungsart $h = \text{Null}$ zu eigen ist.

Diesen theoretischen Erkenntnissen wollen wir nun praktische Gesichtspunkte folgen lassen, und zwar zunächst solche hinsichtlich der Abmessungen der Fahrzeuge sowie ihrer konstruktiven Daten.

Die Waggonlänge beträgt 36,2 m, der mittlere Radstand der Drillingsfahrwerke ist 24,2 m, der Radabstand im Drillingsfahrwerk ist 1,4 m. Die 6 Tragräder jedes Drillingsfahrwerkes können direkt angetrieben werden durch Elektromotoren, also ohne jedes Untersetzungsgetriebe (gearless-drive). Der Raddurchmesser ist 1000 mm, somit die Drehzahl der Räder und Motoren bei einer Fahrgeschwindigkeit von 280 km/h 1485 U/min. Die Spurweite beträgt bei einer äusseren Breite der Waggons von 3250 mm 4400 mm aus Rücksicht auf die Grenzschichtströmung. Gleichfalls aus diesem Grunde beträgt die kleinste Pfeilerhöhe bis Schienenoberkante 1600 mm. Stellt man beispielsweise vier solcher Waggons zu einem Gelenkzug zusammen, so bietet dieser für 196 Personen reichlichen Platz. Je nach der Ausführungsart der Waggons, z. B. für hohe Ansprüche mit Schlafabteilen für zwei Personen von 2,1 m Breite und 2 m Länge mit einer hochklappbaren Couch sowie Salonabteilen für eine Person mit Couch, Fauteuil, Tisch, Waschbecken usw., nebst Buffet-, Friseur-, Wasch- und Duschräumen, Klimaanlage u. a. m. beträgt das Gewicht eines solchen Viertriebwagen-Gelenkzuges, vollbesetzt, 43 t bzw. 220 kg pro *besetzten* Couch- und Sitzplatz, oder, in einfacherer Ausführung mit verstellbaren Sitzen nach Art der Verwendung bei heutigen Langstreckenflugzeugen 34,3 t, bzw. 175 kg pro *besetzten* Sitzplatz.

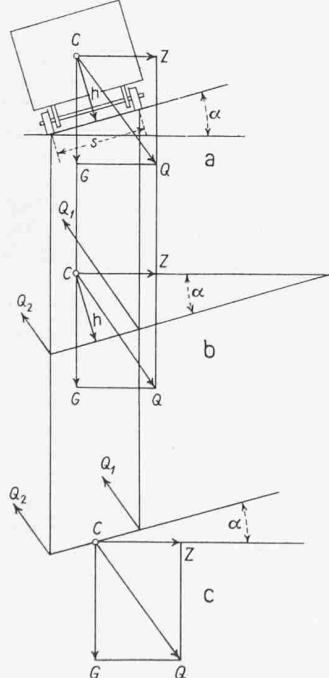
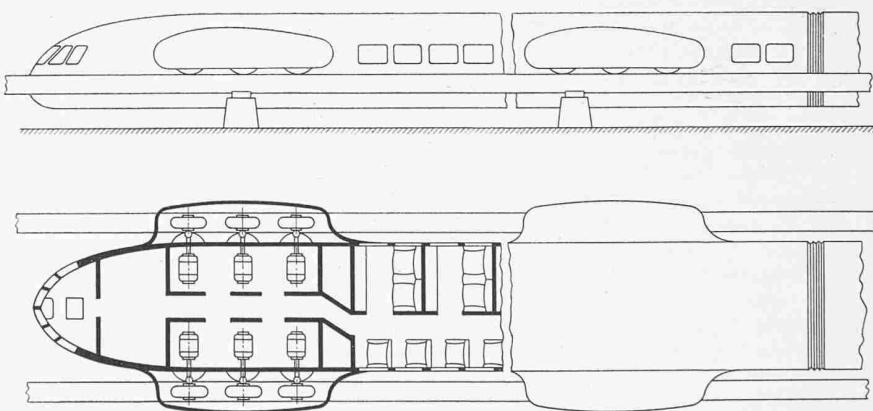
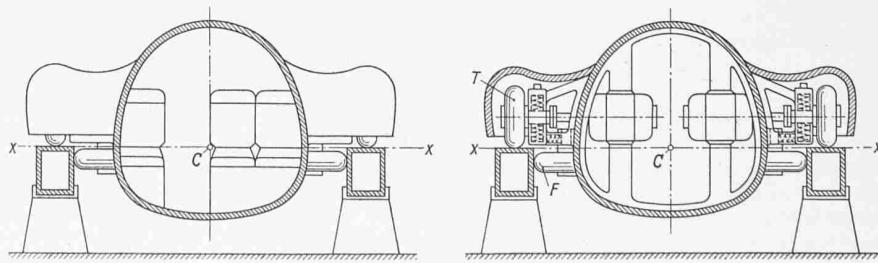


Bild 2. a und b Kräftespiel des heutigen Fahrzeugs in der Kurve, c Kräftespiel des vorgeschlagenen Fahrzeugs in der Kurve



Bilder 3 und 4. Seitenansicht und Grundriss des vorgeschlagenen Fahrzeugs



Bilder 5 und 6. Querschnitt des vorgeschlagenen Fahrzeugs durch den Passagierraum bzw. durch den Motorraum