Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 82 (1964)
Heft: 29

Artikel: Über das traktionstechnische Konzept der SBB
Autor: Gerber, F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-67540

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: 26.07.2025

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

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Über das traktionstechnische Konzept der SBB

DK 621.33:625.28

Von **F. Gerber**, Obermaschineningenieur der SBB, Bern

Die Zugkraft - Geschwindigkeits-charakteristik der Streckentriebfahrzeuge soll den betrieblichen Bedürfnissen und den topographischen Gegebenheiten der Bahnstrecken angepasst sein. Die betrieblichen Bedürfnisse äussern sich in den Fahrzeiten und Zuggewichten. Besonders für Züge, die häufig halten, spielt dabei auch das Beschleunigungsvermögen eine wichtige Rolle, indem zu der für die Zugförderung nötigen Zugkraft dann noch eine intermittierende Beschleunigungskraft hinzutritt. Die topograpischen Verhältnisse einer Bahnstrecke beeinflussen den Zugkraftbedarf des Triebfahrzeugs in Form des Steigungswiderstands, des zusätzlichen Fahrwiderstands in Kurven und der ebenfalls zusätzlichen Beschleunigungskraft beim Wiederbeschleunigen nach geschwindigkeitseinschränkenden Kurven.

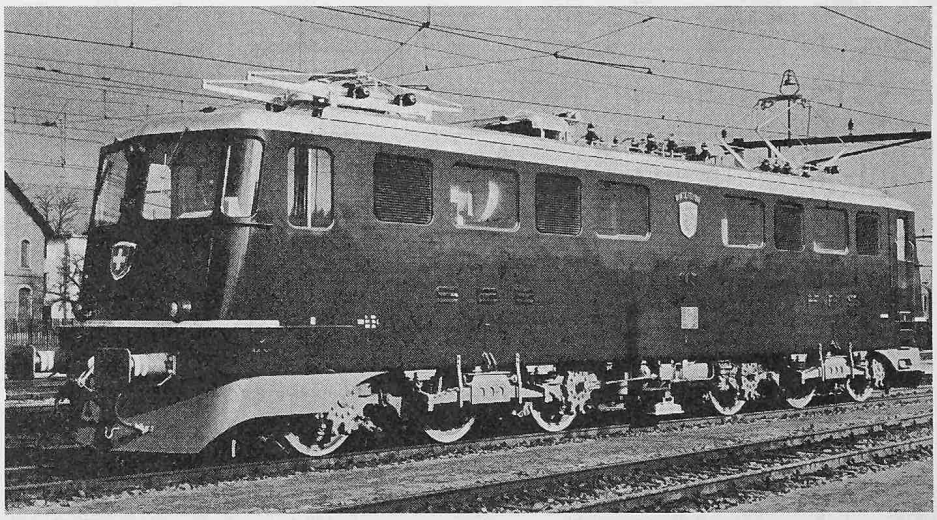


Bild 1. Sechsachsige Lokomotive Ae 6/6

Bei den Schweizerischen Bundesbahnen ergeben sowohl die betrieblichen Bedürfnisse wie die topographischen Verhältnisse besonders erschwerende Bedingungen für die konstruktive Gestaltung der Triebfahrzeuge, weil infolge des eng vermaschten Bahnnetzes, der stark unterschiedlichen und wechselnden Verkehrsaufkommen, der grossen Zugzahl auf Hauptstrecken und in Flutzeiten des Verkehrs und der starken Bindung an ausländische Fahrpläne und Zuglasten beim grenzüberschreitenden Personen- und Güterverkehr, ganz allgemein kurze Fahrzeiten und rasche Beschleunigung auch bei verhältnismässig hohen Zuglasten erwünscht sind. Der hügelige und gebirgige Charakter unseres Landes und manche andere Bauhindernisse verschiedener Art bescherten uns zudem ein traktionstechnisch schwieriges Bahnnetz. Die Bahnanlagen sind seinerzeit aus bescheidenen Anfängen entstanden und sparsam bemessen worden. Die Anpassung an den ansteigenden Verkehr war und ist nur langsam möglich. Um so notwendiger ist eine leistungsfähige Traktion. Schliesslich sei noch erwähnt, dass für die Einsatzplanung und den Unterhalt der Triebfahrzeuge sowie die Instruktion des Lokomotivpersonals eine möglichst kleine Anzahl Typen erwünscht ist.

Die elektrischen Triebfahrzeuge sollen also unter all den genannten traktionstechnischen Erschwerungen für möglichst viele Zugarten geeignet sein oder, anders ausgedrückt, wenige Bauarten müssen zusammen für alle Zuggattungen und Bahnstrecken genügen. Sonderaufgaben, wie ausgesprochener Vorortsverkehr, Kleinstverkehr, Trans-Europ-Express-Züge usw. sind Ausnahmen von der Regel.

Das wichtigste traktionstechnische Merkmal eines Triebfahrzeugs ist seine Zugkraft-Geschwindigkeits-Charakteristik. Das Produkt von Zugkraft und Geschwindigkeit ist bekanntlich die Leistung. Ueber einen begrenzten Bereich von Geschwindigkeit und Zugkraft ist die vom Triebfahrzeug entwickelbare Leistung nahezu konstant. Zugkraft und Geschwindigkeit liegen dort in ihrem Wechselspiel auf einer hyperbelähnlichen Kurve. Die Grenzen dieser Charakteristik sind einerseits durch die zulässige Höchstgeschwindigkeit des Triebfahrzeugs und anderseits durch die Strombelastung, d. h. die Erwärmungsgrenze der elektrischen Ausrüstung, die Kommutation der Triebmotoren und die mechanische Festigkeit der Organe für die Leistungsübertragung auf die Triebräder gegeben. Das Grenzdrehmoment entspricht bei den modernen Triebfahrzeugen häufig der an der Adhäsionsgrenze liegenden Zugkraft und somit der vollen Ausnützung der Rollreibung.

Die dem elektrischen Triebfahrzeug zumutbare Traktionsarbeit ist, wie soeben angedeutet, hauptsächlich durch die höchstzulässige Erwärmung der elektrischen Ausrüstung, vornehmlich des Transformators und der Triebmotoren, begrenzt. Da der Zugkraftbedarf während der Fahrt meist in rascher Folge ändert, hat der Begriff der Dauerleistung für unsere Verhältnisse mehr nur theoretische Bedeutung, und sogar der häufig angewendete Begriff der einstündigen Leistung (Stundenleistung) gibt nur einen ungefähren Anhaltspunkt. Stundenleistung und Dauerleistung nähern sich, nebenbei bemerkt, infolge der immer weitergetriebenen Ausnützung des elektrisch aktiven Materials immer mehr.

Die technischen Leistungs- und Arbeitsdaten für neu zu entwickelnde Triebfahrzeugtypen werden auf Grund von Einsatzplänen heute mittels Analogierechner bestimmt, wobei alle mitbestimmenden Daten vorher wohl erwogen und mit ihren Auswirkungen auf Konstruktionsdaten konfrontiert worden sind, damit eine möglichst optimale Lösung erreicht wird. Man erkennt aus diesen ganz fragmentarischen Darlegungen des ganzen Dimensionierungsproblems die Vielgestaltigkeit und Komplexität der Aufgabe.

Wir fügen hier noch ein, dass die Bauart unserer Gleise (Schienen, Weichen, Schwellen, Schotterbett) und der Brükken höchste Achslasten von zwanzig Tonnen und ein grösstes Laufmetergewicht der Fahrzeuge von 7,2 t/m zulässt.

Umfassende Analysen über die traktionstechnischen Anforderungen an Triebfahrzeuge und die Gegenüberstellung der konstruktionstechnischen Möglichkeiten führten zum Ergebnis, dass mit nur drei Triebfahrzeugtypen fast das ganze Spektrum der Bedürfnisse überdeckt werden kann. Die Bestimmungsgrössen für diese drei Bauarten sind die folgenden:

Sechsachsige Lokomotive, Typ Ae6/6, von 120 t Gewicht, 21,7 t Stundenzugkraft am Rad bei 75 km/h Geschwindigkeit; Höchstgeschwindigkeit 125 km/h, Anfahrzugkraft am

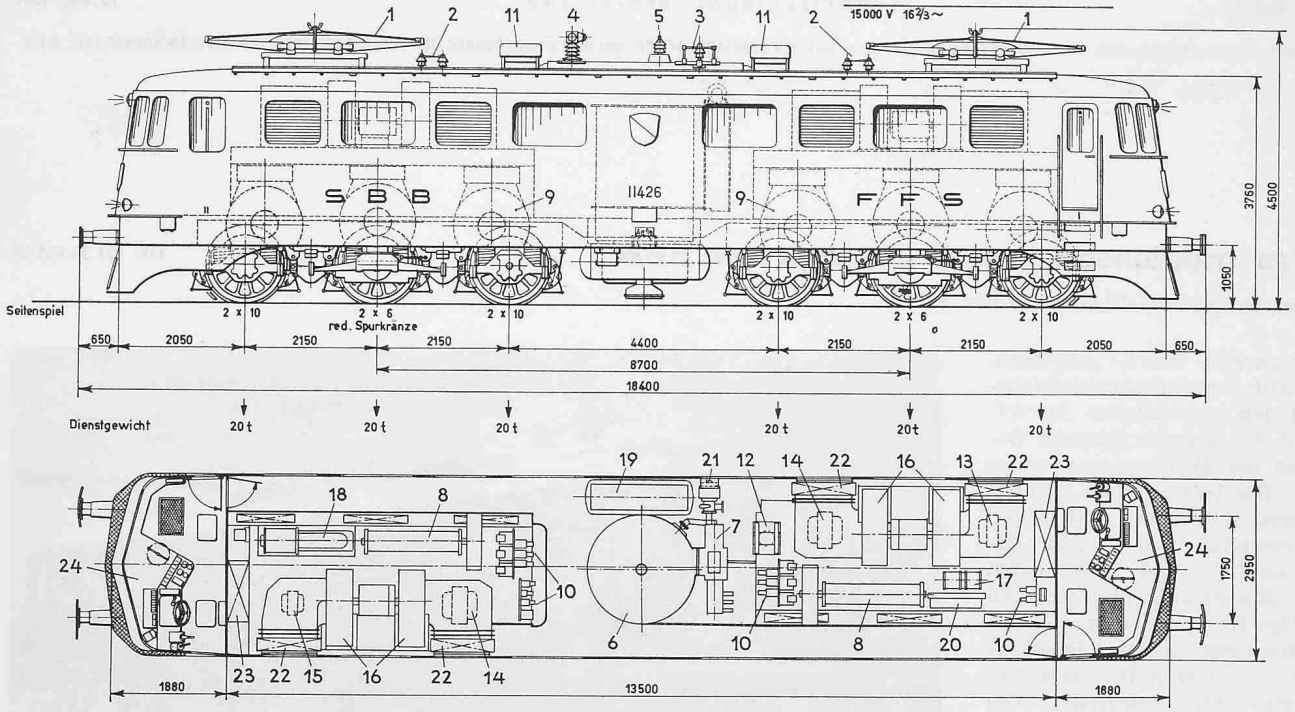
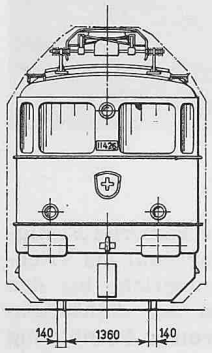


Bild 2. Typenbild der sechsachsigen Lokomotive Ae 6/6, 1:125



Triebraddurchmesser	1260 mm
Getriebeübersetzung	1:2,56
Anzahl Fahrmotoren	6
Reibungsgewicht	120 t
Max. Anfahrzugkraft am Rad	40 000 kg
Stundenzugkraft am Rad 1)	21 700 kg
Stundenleistung am Rad 1)	5940 PS
Stundenleistung a. d. Welle 1)	6×736 kW
Dauerleistung am Rad 2)	5230 PS
Dauerleistung a. d. Welle 2)	6×662 kW
Maximale Geschwindigkeit	125 km/h

1) bei 74 km/h, 2) bei 78,5 km/h

Diese Angaben beziehen sich auf die Nennleistung

1 Stromabnehmer
2 Trennmesser
3 Erdungsschalter
4 Drucklufthauptschalter
5 Hochspannungseinführung
6 Stufentransformator
7 Stufenschalter
8 Wende- und Bremsumschalter
9 Fahrmotoren
10 Hüpfergruppen
11 Ohmsche Wendepolshunts und Erregerwiderstände
12 Induktiver Wendepolshunt
13 Erregertrafo für elektr. Bremse
14 Bremsdrosselspule
15 Hilfsdrosselspule
16 Ventilatorgruppen für Fahrmotoren
17 Umformergruppe
18 Kompressorgruppe
19 Hauptluftbehälter
20 Gerüst mit pneumatischen Apparaten
21 Oelpumpengruppe für Transformator
22 Oelkühler für Transformator
23 Schalttafeln
24 Führertisch

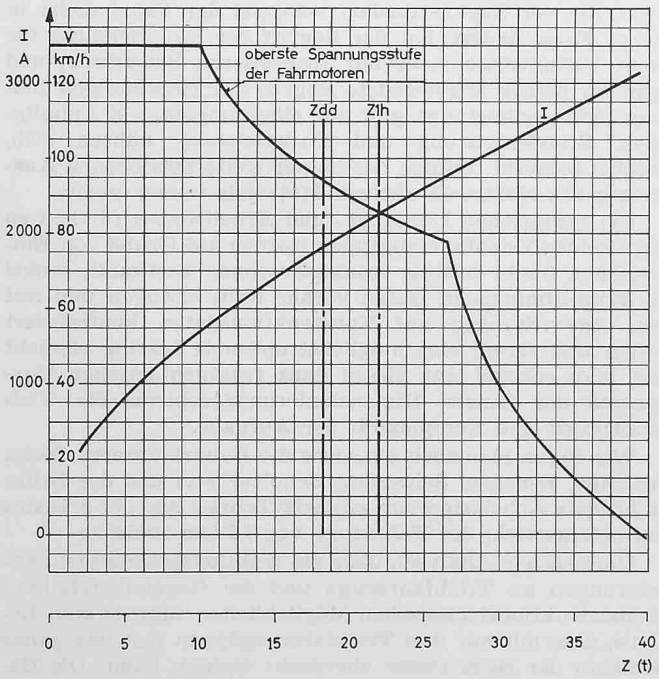


Bild 3. Fahrzeugcharakteristik der Lokomotive Ae 6/6

I Motorenstrom in Amp
V Fahrgeschwindigkeit in km/h
Z Tot. Zugkraft am Radumfang in t
Z_{dd} Dauerzugkraft in t
Z_{1h} Stundenzugkraft in t
Z_{max} Max. Zugkraft bei I_{max}

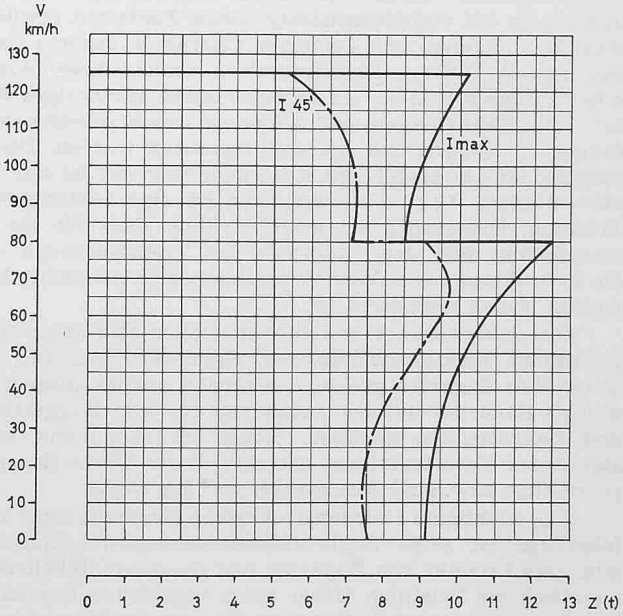
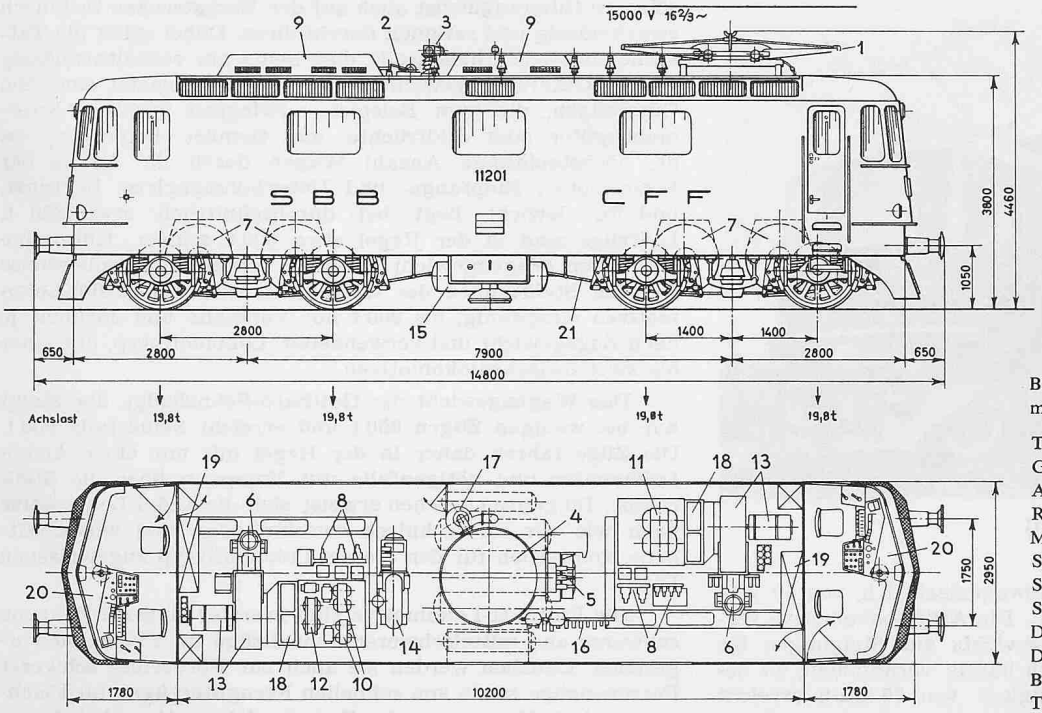


Bild 4. Charakteristik der Rekuperationsbremse

V Fahrgeschwindigkeit in km/h
Z Tot. Zugkraft am Rad in t
—— Bremskraft bei I_{max} = 1650 A
—·— Bremskraft bei $I_{45'}$ = 1500 A



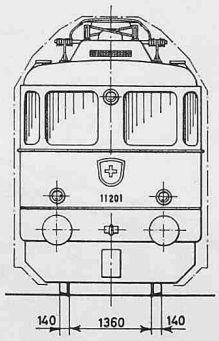


Bild 5. Typenbild der vierachsigen Lokomotive Re 4/4 II, 1:125

Triebraddurchmesser	1260 mm
Getriebeübersetzung	1:2,636
Anzahl Fahrmotoren	4
Reibungsgewicht	80 t
Max. Anfahrzugkraft am Rad	26 000 kg
Stundenzugkraft am Rad 1)	14 700 kg
Stundenleistung am Rad 1)	5600 PS
Stundenleistung a. d. Welle 1)	4×1030 kW
Dauerleistung am Rad 2)	5040 PS
Dauerleistung a. d. Welle 2)	4×955 kW
Betriebl. Max.-Geschwindigkeit	125 km/h
Techn. Max.-Geschwindigkeit	140 km/h

1) bei 100 km/h, 2) bei 105 km/h bez. auf Nennleistung

1 Stromabnehmer
2 Erdungsschalter
3 Drucklufthauptschalter
4 Stufentransformator
5 Stufenschalter mit Luftmotor
6 Wende- und Bremsumschalter
7 Fahrmotoren
8 Hüpfergruppen
9 Ohmsche Wendepolshunt und Widerstände für Rekuperation
10 Induktive Wendepolshunts
11 Bremsdrosselspule
12 Hilfsdrosselspule
13 Ventilatorgruppe für Fahrmotoren
14 Kompressorgruppe
15 Hauptluftbehälter
16 Gerüst mit pneumatischen Apparaten
17 Oelpumpengruppe für Transformator
18 Oelfilter für Transformator
19 Schalttafeln
20 Führertisch
21 Gestänge zur Uebertragung der Zug- und Bremskräfte vom Drehgestell auf den Lokrahmen bzw. Stossbalken

Rad 40 t; Stundenleistung an der Triebmotorwelle 6000 PS, Bilder 1 bis 4.

Vierachsige Lokomotive, Typ Re 4/4 II, von 80 t Gewicht, 15 t Stundenzugkraft am Rad bei 100 km/h Geschwindigkeit; Höchstgeschwindigkeit 140 km/h, Anfahrzugkraft am Rad 26 t, Stundenleistung an der Triebmotorwelle 5600 PS, Bilder 5 bis 8.

Personen-Triebwagen, Typ RBe4/4, 68 Sitzplätze, 64 bis 68 t Gewicht, 9 t Stundenzugkraft am Rad bei 80 km/h Geschwindigkeit; Höchstgeschwindigkeit 125 km/h, Anfahrzugkraft 20 t, Stundenleistung an der Triebmotorwelle etwa 2800 PS, Bilder 9 bis 12.

Die Ae6/6-Lokomotive ist bestimmt zur Förderung schwerer Güterzüge auf Bergstrecken und im Flachland sowie schwerer Schnellzüge auf Bergstrecken. Die Gleislängen in den Rangierbahnhöfen und die Länge der Ueberholungsgleise auf Unterwegsstationen betragen in der Regel 650 m; diese Länge entspricht etwa der grössten Länge eines belade-

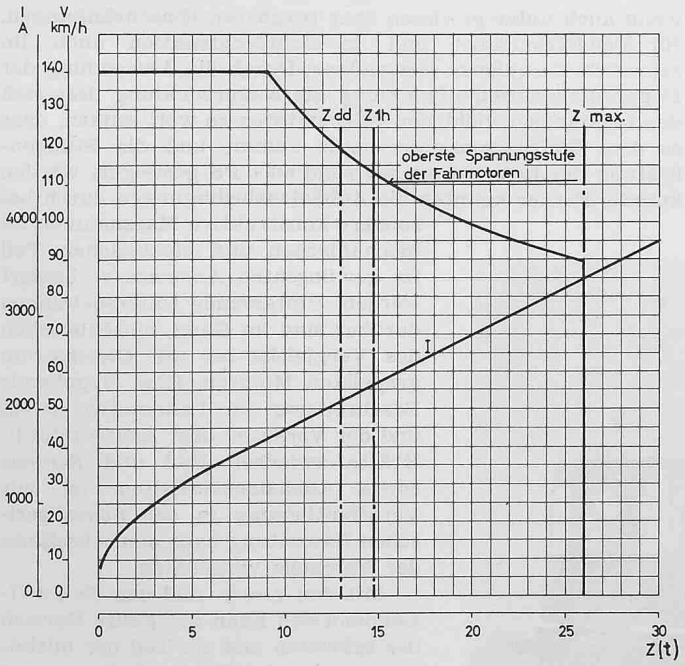


Bild 6. Fahrzeugcharakteristik der Lokomotive Re 4/4 II

I Motorenstrom in Amp
V Fahrgeschwindigkeit in km/h
Z Tot. Zugkraft am Radumfang in t
Z_{dd} Dauerzugkraft
Z_{1h} Stundenzugkraft
Z_{max} Max. Zugkraft bei I_{max}

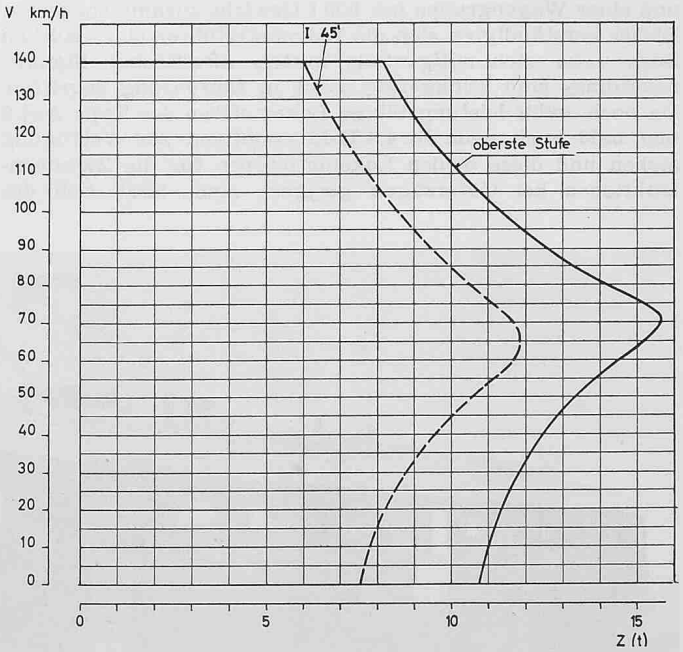


Bild 7. Charakteristik der Rekuperationsbremse

V Fahrgeschwindigkeit in km/h
Z Tot. Zugkraft am Rad in t
—— Bremskraft bei I_{max} = 2300 A
— — Bremskraft bei $I_{45'}$ = 2000 A

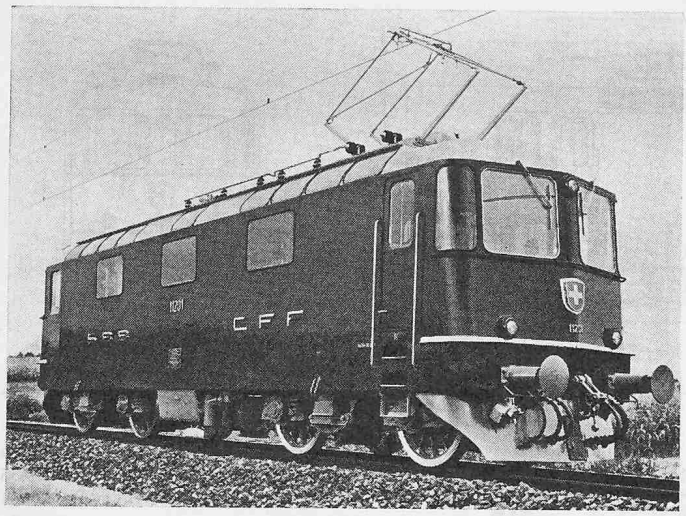


Bild 8. Vierachsige Lokomotive Re 4/4 II

nen Güterzugs von 1600 t Bruttowagenlast, d. h. von 60 Wagen mit je rd. 27 t Bruttogewicht. Die Ae6/6-Lokomotive vermag einen Wagenzug dieses Gewichts auf Steigungen bis 12 ‰, wie sie im Flachland noch häufig vorkommen, zu befördern, wobei eine Geschwindigkeit von 75 km/h erreicht wird. Auf den bis 26 ‰ ansteigenden Steilrampen der Bergstrecken beträgt die Belastungsnorm noch 650 t Wagengewicht bei ebenfalls 75 km/h. Mit Rücksicht auf die engen Gleiskurven ist dies die auf den in Frage kommenden Bergstrecken höchstzulässige Geschwindigkeit. Zur Weiterbeförderung mit 75 km/h Geschwindigkeit des aus dem Flachland anrollenden 1600-t-Güterzugs bedarf es auf den Steilrampen zusätzlicher Lokomotiven mit insgesamt mindestens 9 Triebachsen von je 20 t Achsdruck und 1000 PS Leistung je Triebmotor. Da die Festigkeit der Wagenkupplungen der Zughakenkraft entspricht, die bei einem Wagengewicht von 900 t auf 26 ‰ Steigung auftritt, und anderseits das Schieben an Zügen aus Sicherheitsgründen nicht tunlich ist, kommen die für die Bergfahrt zusätzlich eingespannten Lokomotiven als sog. Zwischenlokomotiven zum Einsatz, d. h. sie werden so in den Wagenzug gereiht, dass das Wagengewicht der ihnen nachfolgenden Wagen 900 t beträgt. Für die Bergfahrt auf den Steilrampen sind die 1600-t-Züge in der Regel aus einer Ae6/6-Spitzenlokomotive, einer Wagengruppe mit 700 t Gewicht, zwei Zwischenlokomotiven mit total zehn Triebachsen und einer Wagengruppe mit 900 t Gewicht zusammengesetzt. Bisher verständigten sich die Lokomotivführer eines solchen Zugs unter sich nötigenfalls mittels akustischer Signale, neuerdings sind Funkgeräte dafür in Einführung begriffen. Da noch zwölf leistungsfähige Lokomotiven des Typs Ae4/6 und bald auch neue Re 4/4 II-Lokomotiven zur Verfügung stehen und diese beiden Lokomotivtypen für die Zwischentraktionen bei Güterzügen geeignet sind, lässt sich der schwere Güterzugdienst auch auf den Bergstrecken technisch zweckmässig und rationell durchführen. Dabei spielt die Tatsache eine wesentliche Rolle, dass heute nur verhältnismässig wenige Güterzüge gewichtsmässig voll ausgelastet sind. Bei Güterzügen, die zum Beispiel vorwiegend leichtere Kaufmannsgüter oder Südfrüchte und Gemüse befördern, ist die höchstzulässige Anzahl Wagen durch die Länge der Formations-, Empfangs- und Ueberholungsgleise begrenzt, und ihr Gewicht liegt bei durchschnittlich etwa 800 t. Leerzüge sind in der Regel etwa 600 t schwer. Güterzüge mit einem Wagengewicht bis 650 t verkehren beispielsweise auf den Steilrampen der Gotthardstrecke mit Ae6/6-Lokomotiven einspännig, bis 900 t mit Vorspann und darüber, je nach Zugsgewicht und verwendetem Lokomotivtyp, mit einer bis zwei Zwischenlokomotiven.

Das Wagengewicht der Gotthard-Schnellzüge übersteigt nur bei wenigen Zügen 650 t und erreicht keinesfalls 900 t. Die Züge fahren daher in der Regel mit nur einer Ae6/6-Lokomotive und nötigenfalls mit Vorspann über die Steilrampe. Im ganzen gesehen erweist sich die Ae6/6-Lokomotive nach wie vor als technisch zweckmässige und wirtschaftliche Konzeption für den diesem Lokomotivtyp zugewiesenen Dienst.

Die Re 4/4 II-Lokomotive sind in erster Linie zur Führung schwerer und mittelschwerer Schnellzüge im Flachland vorgesehen. Daneben werden sie auch zur Förderung schwerer Personenzüge sowie von schnellen Ferngüterzügen im Flachland und als Vorspann- oder Zwischenlokomotiven bei Güterzügen auf Bergstrecken zum Einsatz kommen. Gegenwärtig befinden sich sechs Musterlokomotiven dieses Typs in Erprobung. Eine erste Grosserie ist noch in diesem Jahr zur Bestellung vorgesehen. Diese Lokomotiven sind ausgesprochene Schnelläufer mit verhältnismässig hoher Zugkraft bis in den Bereich von 125 km/h Geschwindigkeit. Mit solchen Lokomotiven geführte Schnell- und Personenzüge können daher auch im oberen Geschwindigkeitsbereich rasch beschleunigt werden. Da auch auf unsern Hauptlinien im Flachland Geschwindigkeitsbeschränkungen häufig sind, ergibt die rasche Wiederbeschleunigung der Züge auf Höchstgeschwindigkeit nach dem Durchfahren von Streckenabschnitten mit eingeschränkter Höchstgeschwindigkeit Fahrzeitgewinne von wesentlichem Ausmass. Die Fahrzeiten auch schwerer Flachland-Schnellzüge und Personenzüge können daher verkürzt werden, und stark befahrene Strecken werden infolge kurzzeitigerer Belegung leistungsfähiger, weil die zeitlichen Zugabstände gekürzt werden können. Die Lokomotiven sind für Fern- und Vielfachsteuerung eingerichtet. Sie sind daher, wenn auch unter gewissen aber tragbaren Einschränkungen, für Pendelzugdienst und in Mehrfachtraktion auch im schweren Bergdienst verwendbar. Durch die Anwendung der Doppel-Parallelschleifwicklung als Ankerwicklung liess sich das Leistungsgewicht der Triebmotoren so weit senken, dass es dem Gleichstrommotor nahe kommt und die Stundenleistung der Lokomotive auf rund 6000 PS gesteigert werden konnte. Ferner konnten die Adhäsionsbedingungen durch besondere konstruktive Massnahmen im mechanischen und elektrischen Teil im gewünschten Ausmass verbessert werden. Umfassende Untersuchungen darüber sind im Gang, einschliesslich des Vergleichs bei mit Gleichstrom gespeisten Motoren. Eine eingehende Beschreibung der Lokomotive selbst und der Versuche über Laufstabilität, Kräfte zwischen Rad und Schiene sowie Adhäsionsverhalten, ist zur Veröffentlichung in der Schweizerischen Bauzeitung nach dem Abschluss der Versuche vorgesehen.

Mit den Ae6/6- und den Re 4/4 II-Lokomotiven kann der ganze Bereich der schweren und ein Teil der mittelschweren, schnellen und langsamen Traktion — Schnellzüge/Güterzüge —

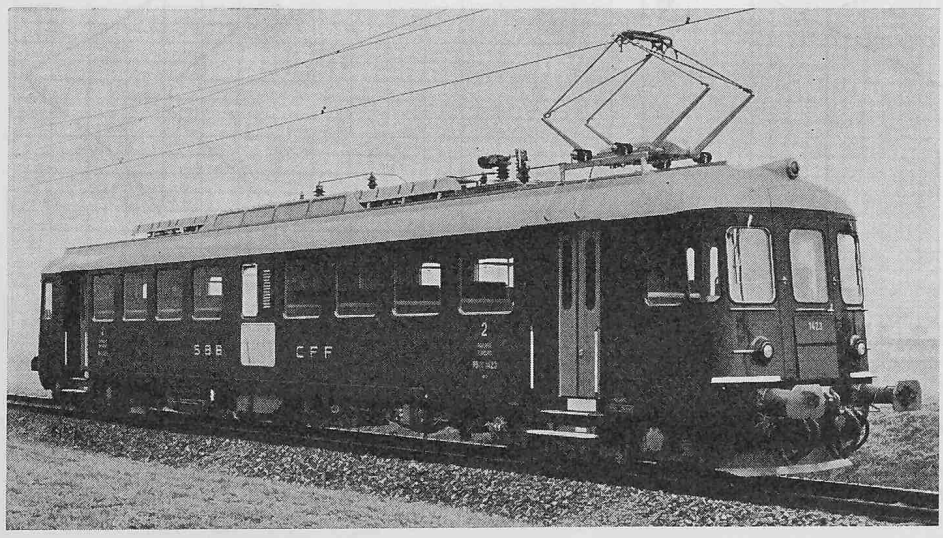


Bild 9. Triebwagen R Be 4/4

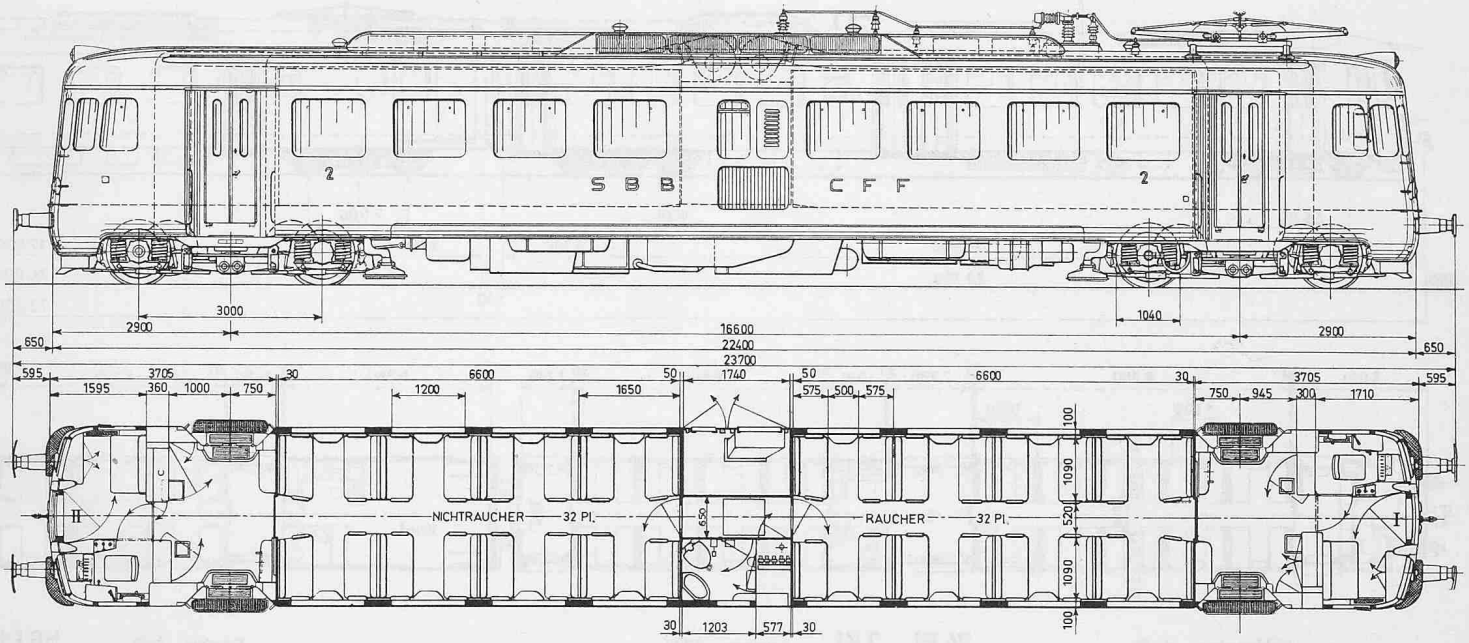
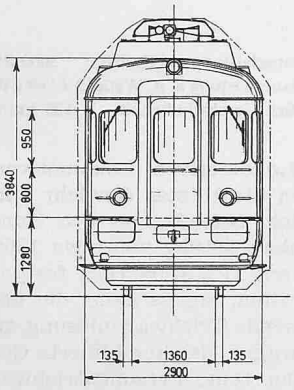


Bild 10. Typenbild des Triebwagens RBe 4/4, 1:125



Triebraddurchmesser	1040 mm
Uebersetzungsverhältnis	1:2,74
Anzahl Fahrmotoren	4
Dienstgewicht	64 t
Max. Gewicht (voll besetzt)	69 t
Anzahl Sitzplätze	68
Max. Anfahrzugkraft a. Rad	19 200 kg
Stundenzugkraft am Rad 1)	9160 kg
Stundenleistung am Rad 1)	2720 PS
Stundenleist. a. d. Welle 1)	4×515 kW
Dauerleistung am Rad 2)	
Dauerleistung a. d. Welle 2)	4×475 kW
Max. Geschwindigkeit	125 km/h

1) bei 80,4 km/h, 2) bei 85 km/h bez. auf Nennleistung

technisch und betrieblich zweckmässig und wirtschaftlich überdeckt werden. Beide Lokomotivtypen sind ihrem Einsatzgebiet angemessen und in Berührungspunkten im Zusammenlauf gut verwendbar. Bei der Re 4/4 II-Lokomotive ist das Hauptgewicht wie erwähnt auf Schnelläufigkeit gelegt worden. Ihre Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h lässt sich noch nicht verwirklichen. Studien haben jedoch ergeben, dass es, nach im Strassenbau üblichen Kostenmasstäben gemessen, durchaus möglich wäre, gewisse wichtigste Bahnstrekken mit starkem Reiseverkehr für Geschwindigkeiten bis zu 140 km/h auszubauen, womit im Schnell- und Eilzugdienst wesentliche Fahrzeiteinsparungen erreichbar wären. Diese Ueberlegungen und Untersuchungsergebnisse gaben Veranlassung zur Festsetzung der Höchstgeschwindigkeit auf diesen Zukunftswert.

Im Park unserer Lokomotiven treten die Re 4/4 II-Lokomotiven numerisch an die Stelle von rund 200 elektrischen Lokomotiven mit vier Triebachsen. Diese Lokomotiven sind nun schon bis 45 Jahre alt. Ein kleiner Teil davon ist zur baldigen Ausmusterung, der andere für absehbare Zeit zur Führung langsamer Züge vorgesehen. Die Höchstgeschwindigkeit liegt beim kleineren Teil dieser Lokomotiven bei 75 km/h, beim grösseren Teil bei 100 km/h und die Stundengeschwindigkeiten betragen 55 bzw. 65 km/h.

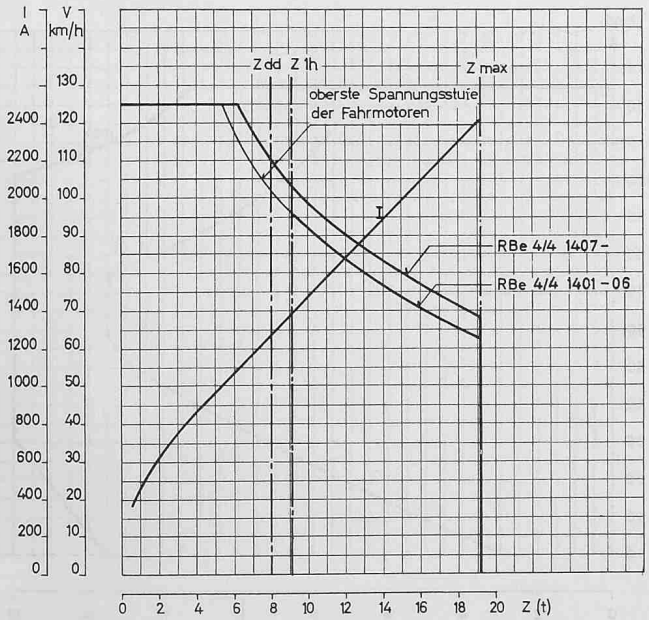


Bild 11. Fahrcharakteristik des Triebwagens R Be 4/4

I Motorenstrom in Amp
V Fahrgeschwindigkeit in km/h
Z Tot. Zugkraft am Radumfang in t
Z_{dd} Dauerzugkraft
Z_{1h} Stundenzugkraft
Z_{max} Max. Zugkraft bei I_{max}

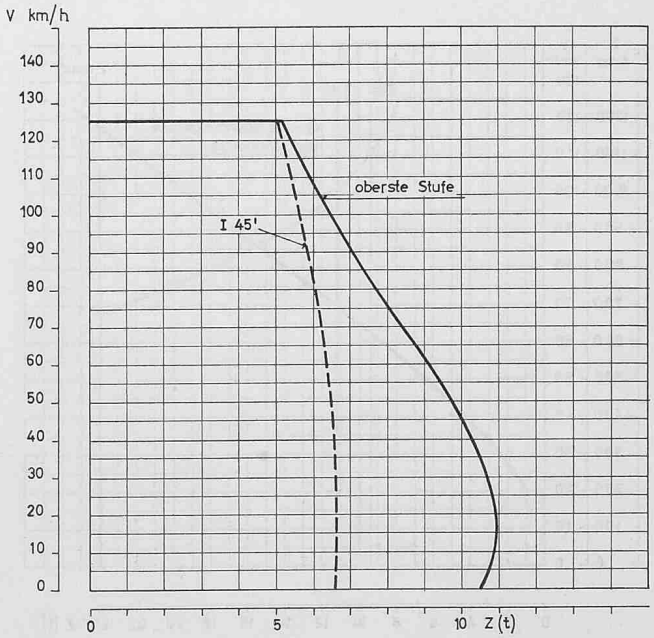


Bild 12. Charakteristik der Rekuperationsbremse

V Fahrgeschwindigkeit in km/h
Z Tot. Zugkraft am Rad in t
—— Bremskraft bei I_{max} = 1600 A
— — Bremskraft bei $I_{45'}$ = 1300 A

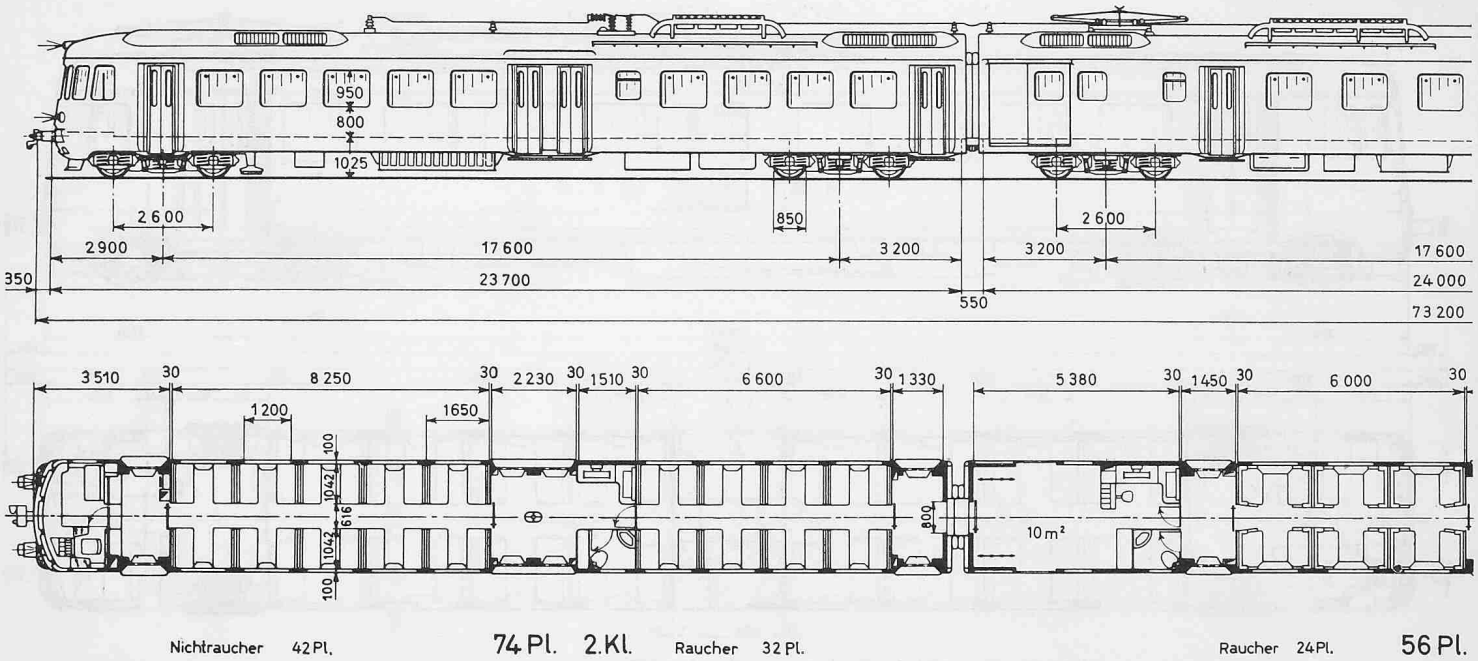


Bild 13. Dreiwagenzug mit Allachsantrieb RAB De 12/12, 1:200

Triebraddurchmesser	850 mm	Max. Gewicht (voll belastet)	192 t	Stundenzugkraft a. R. 1)	11 200 kg	Dauerleistung am Rad 2)	3000 PS
Getriebeübersetzung	1:2,93	Anzahl Sitzplätze	204	Stundenleistung a. R. 1)	3320 PS	Dauerleistung a. d. Welle	12×189 kW
Reibungsgewicht	166 t	Max. Anfahrzugkraft a. R.	24 400 kg	Stundenleist. a. d. Welle	12×210 kW	Max. Geschwindigkeit	125 km/h

Die RBe4/4-Triebwagen sollen teilweise an die Stelle der rund 150 vierzigjährigen, teilweise noch älteren elektrischen Lokomotiven mit drei Triebachsen und von 44 ebenso alten Triebwagen treten. Ihr Traktionsbereich umfasst mittelschwere und leichte Schnell- und Personenzüge und Güterzüge mit Personenbeförderung. Soweit dies technisch und betrieblich zweckmässig ist, sollen die Schnell- und Personenzüge dabei als Pendelzüge laufen. Diesem an und für sich einleuchtenden Bestreben sind dort Grenzen gesetzt, wo die Zusammensetzung des Wagenzugs häufig ändert. Solche Umformungen sind zeitraubend und teuer, man sucht sie daher zu vermeiden. Ein Mittel dazu ist die nach und nach vorgesehene Abtrennung der Nebenaufgaben (Post- und andere Schnellgüter) von den Reisezügen.

Andere Staatsbahnverwaltungen mit etwa vergleichbaren Verhältnissen bauten bisher Triebfahrzeuge der hier vorliegenden Leistungsgrösse als Lokomotiven. Lokomotiven sind jedoch aus der kommerziellen Sicht totes Gewicht und bei kurzer Gleislänge oft hinderlich. Nachdem es den Konstrukteuren gelungen war, die Einbauleistung von etwa 1600 auf 2800 PS zu steigern, ohne die auf 17 t Achsdruck festgelegte Gewichtsgrenze zu überschreiten, lag es nahe, die betrieblich und wirtschaftlich verlockende Triebwagenlösung zu wählen. Ob dabei der Gepäcktriebwagen, der kombinierte Gepäck-Personen-Triebwagen oder der reine Personentriebwagen zu wählen sei, ist ausgiebig untersucht und zugunsten des Personentriebwagens entschieden worden. Die Hauptgründe sind kurz folgende:

Jeder Reisezug und Güterzug mit Personenbeförderung braucht mindestens einen Personenwagen, nicht jedoch einen Gepäckwagen, besonders nach der Einführung von Nebenaufgabenzügen.

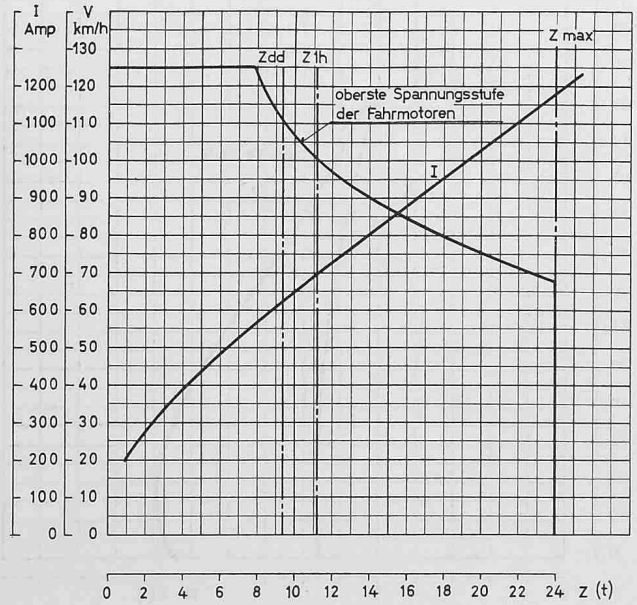


Bild 14. Fahrzeugcharakteristik des Dreiwagenzuges RAB De 12/12

I Motorenstrom in Amp
V Fahrgeschwindigkeit in km/h
Z Tot. Zugkraft am Radumfang in t
Z_{dd} Dauerzugkraft
Z_{1h} Stundenzugkraft
Z_{max} Max. Zugkraft bei I_{max}

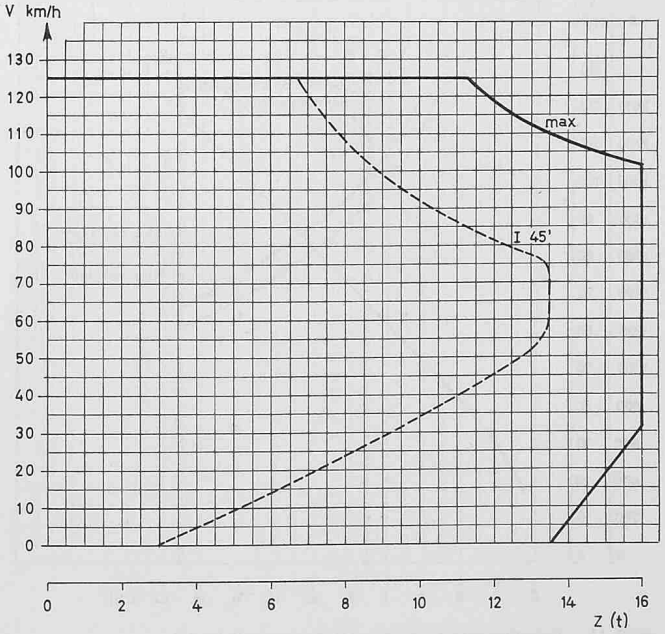
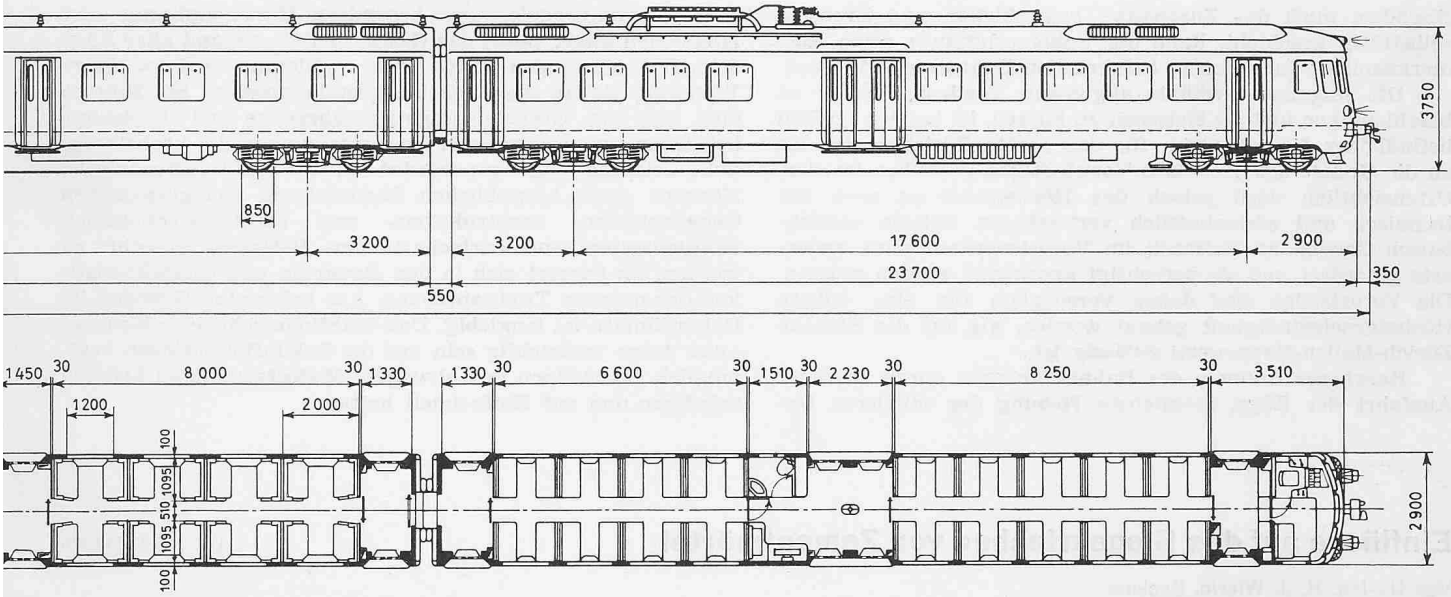


Bild 15. Charakteristik der Rekuperationsbremse

V Fahrgeschwindigkeit in km/h
Z Tot. Zugkraft am Rad in t
—— Bremskraft bei I_{max} = 1000 A
— — Bremskraft bei $I_{45'}$ = 800 A



1.Kl. Nichtraucher 32 Pl. Raucher 32 Pl. 74 Pl. 2.Kl. Nichtraucher 42 Pl.

1) bei 100 km/h 2) bei 110 km/h bez. auf Nennleistung

Der Gepäcktriebwagen hätte meist eine unnötig grosse Ladefläche.

Günstige Umlaufpläne für Triebfahrzeuge und für Gepäckwagen sind meist nicht übereinstimmend.

Personentriebwagen entleeren sich nach Ankunft auf dem Endbahnhof rasch. Sie stehen daher schon bald nach Ankunft für neue Aufgaben zur Verfügung. Demgegenüber erfordert der Gepäckauslad viel Zeit, während welcher der Gepäcktriebwagen festgehalten ist.

Die elektrische Apparatur ist im Gepäckwagen chemischen Einwirkungen, z. B. Harnsäure, und mechanischen Beschädigungen ausgesetzt.

Der Wagenboden liegt gegenüber Rampen und Karren zu hoch.

Da gerade auch für die leichten Schnell- und Personenzüge möglichst kurze Fahrzeiten erwünscht sind, war eine verhältnismässig hohe installierte Leistung geboten. Bei Verwendung für leichte Personenzüge ist die Fahrzeugleistung reichlich. Dies bedeutet jedoch noch nicht Unwirtschaftlichkeit, weil die Zahl der an allen Tagen der Woche leichten Personenzüge verhältnismässig klein ist und, abgesehen von Ausnahmen, keinen rationellen Einsatz von entsprechend leistungsschwachen Triebwagen zulässt.

Wie eingangs erwähnt, lassen sich die meisten Traktionsaufgaben der SBB mit den nun beschriebenen drei Triebfahrzeugtypen technisch und wirtschaftlich gut lösen. Einige ausserordentliche Traktionsaufgaben erfordern, wenn auch nur in kleinerem Ausmass, Sonderlösungen. Die umfangmässig wichtigste davon ist der Vorortsverkehr in extremen Verhältnissen. Solche liegen besonders für die Strecke Zürich-Meilen-Rapperswil vor. Hier ist in den Spitzenzeiten ein immer grösser werdender Verkehr zu bewältigen. Ursprünglich war geplant, die Strecke durchgehend doppelspurig auszubauen, um die Züge nach einem starren Fahrplan mit dem Verkehr entsprechender Dotierung an Wagen führen zu können. Schwierigkeiten des Landerwerbs und Zeitnot führten zu einer vorläufigen Lösung mit zwei Doppelspurinseln für das rollende Kreuzen der Züge sowie mit einem besonders konzipierten Rollmaterial für extremal kurze Fahrzeiten. Es sind Dreiwagenzüge mit Allachsantrieb, Bilder 13 bis 15. Zwanzig solcher Triebzüge sind im Bau und sollen ab Ende 1965 zur Ablieferung kommen. Es ist geplant, mit diesen Triebzügen ab Fahrplanwechsel 1967 den Personenverkehr auf der genannten Strecke im 30-Minutenbetrieb zu bewältigen. Die Triebzüge werden je nach Verkehrsanfall ein- bis vierteilig verkehren. Die Fahrzeit für die 36 km lange Strecke wird mit Halten auf allen Zwischenstationen 45 Minuten betragen.

Da der durchschnittliche Abstand der Stationen nur 2,14 km beträgt, ist die erzielbare Reisegeschwindigkeit von 48 km/h beachtlich und nur erreichbar, wenn mit rund 1,0 m/sec² beschleunigt und verzögert wird. Dieser Wert entspricht etwa dem Dreifachen des bisher üblichen und bedingt die verhältnismässig hohe installierte Leistung von 3400 PS an der Motorwelle. Diese Leistung liesse sich auch in einer kleineren Zahl von Triebmotoren einbauen, die jedoch einen so grossen Durchmesser erhalten müssten, dass die Höhe des Wagenbodens unerwünscht gross, d. h. für rasches Ein- und Aussteigen hinderlich geworden wäre. Diesem Nachteil könnte durch Abstufen des Wagenbodens begegnet werden; diese Lösung schied jedoch aus konstruktiven und Kostengründen aus. Der Allachsantrieb bietet im besondern auch die einzige technisch einwandfreie Lösung des Bremsproblems, indem die grosse Verzögerungsarbeit nicht als Wärme vernichtet, sondern bis zu etwa 85 % als elektrische Energie rekuperiert werden kann. Rasches Beschleunigen und Verzögern in der vorgesehenen Grössenordnung werden nicht als unangenehm empfunden, wenn sie gedämpft einsetzen und aufhören. Dafür sind die nötigen Vorkehren getroffen. Hohe Beschleunigung und Verzögerung bei Berufszügen sind in der letzten Zeit mehrerenorts eingeführt worden, wobei ebenfalls Triebzüge mit Antrieb aller Achsen verwendet werden, z. B. bei den beiden amerikanischen Eisenbahngesellschaften East River und Pennsylvanian, bei der T-Bahn von Stockholm sowie den Untergrundbahnen von Paris und London. Auch bei der noch dieses Jahr in Betrieb kommenden Tokaidobahn, die als Schnellbahn für 200 km/h Geschwindigkeit Tokyo und Osaka (515 km) verbindet, werden die Reisezüge Allachsantrieb aufweisen. Allerdings ist hier nur eine Beschleunigung von 0,25 m/sec² vorgesehen, weil die Haltedistanzen sehr gross sind (200 bis 50 km je nach Zugart).

Reifliche Ueberlegungen führten zu einer Zugeinheit aus drei starrgekuppelten Wagen mit 56 Plätzen I. und 148 Plätzen II. Klasse sowie einem Gepäckraum von 10 m² Fläche. Die Züge sind mit automatischer Mittelpufferkupplung ausgerüstet und können daher rasch zusammengefügt oder getrennt werden.

Rollmaterial dieser Bauart ist teurer als solches üblicher Konzeption. Da jedoch für die gesamte vorgesehene Tagesleistung von 3074 Zug-km nur 66 Zugstunden aufgewendet werden müssen, während bei Verwendung von Rollmaterial gewöhnlicher Bauart 85 Einsatzstunden nötig wären, dürften die Kosten für Verzinsung und Abschreibung der Mehrinvestitionen niedriger sein als die Einsparung beim betrieblichen Aufwand.

Für diese Züge ist erstmals die sog. Geschwindigkeits-Steuerung zur Anwendung vorgesehen, bei welcher die vom Lokomotivführer mit dem Fahrhebel eingestellte Geschwindigkeit automatisch angesteuert und konstant gehalten wird.

Nachdem auch das Zuschalten beim Ziehen und Bremsen selbsttätig geschieht, kann der Lokomotivführer seine Aufmerksamkeit ganz der zu befahrenden Bahnstrecke widmen.

Die eingangs erwähnte allgemeine Tendenz, rascher zu beschleunigen und die Reisezeit zu kürzen, ist bei den im Bau befindlichen Vorortszügen für das rechte Zürichseeufer bis an die Grenze des technisch Vernünftigen getrieben worden. Offensichtlich wird jedoch das Höchstmass an noch mit technisch und wirtschaftlich vertretbaren Mitteln erreichbarem Gewinn an Reisezeit im Vorortsverkehr auch anderorts gefordert und als berechtigt anerkannt werden müssen. Die Vorortszüge sind daher vorsorglich für eine höhere Höchstgeschwindigkeit gebaut worden, als auf der Strecke Zürich-Meilen-Rapperswil zulässig ist.

Rascheres Räumen der Bahnhofanlagen durch raschere Ausfahrt der Züge, möglichste Hebung des mittleren Geschwindigkeitspegels, im besondern Beschleunigung der langsamen Züge, damit das Geschwindigkeitsband aller Züge schmäler wird, das sind unter anderen zwei wichtige Wünsche, die an die Traktion gestellt werden. Sie führten zum Bau sog. Grenzleistungstriebfahrzeuge und -triebzüge, bei denen unter gegebenen Voraussetzungen die höchstmögliche Leistung eingebaut worden ist. Das traktionstechnische Konzept sucht betrieblichen Bedürfnissen, topographischen Gegebenheiten, konstruktions- und traktionstechnischen Möglichkeiten und wirtschaftlichen Belangen gerecht zu werden. Es äussert sich in den Bauarten und Charakteristiken der neueren Triebfahrzeuge. Aus bekannten Gründen ist Bahnrollmaterial langlebig. Das traktionstechnische Konzept muss daher weitsichtig sein und die Zukunftstendenzen bestmöglich einschätzen und abwägen, Modeströmungen kritisch würdigen und auf Einfachheit halten.

Einflüsse auf das Biegekriechen von Zementmörtel

DK 666.97:539.376

Von Dr.-Ing. **H. J. Wierig**, Beckum

Zusammenfassung

Beschrieben wird das Biegekriechverhalten an Versuchsbalken aus Zementmörteln, die aus zwei Normenzementen unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung bestanden, und es wird der Einfluss verschiedener Lagerungsarten vor und nach der Belastung, des Belastungsalters und der Belastungshöhe auf das spezifische Kriechmass festgestellt. Das Kriechen war besonders stark, wenn das erste Austrocknen mit dem Aufbringen der Belastung zusammenfiel. Bei den Versuchsbalken, die nach dem Aufbringen der Belastung unter Wasser lagerten, waren die Kriechmasse der Normenmörtel aus den beiden Zementen sehr ähnlich.

1. Einführung

Unter dem Begriff Kriechen werden Verformungen verstanden, die unter lange wirkenden Belastungen auftreten. Je nach der Beanspruchungsart wird von Druckkriechen, Zugkriechen, Torsionskriechen oder Biegekriechen gesprochen. Die überwiegende Mehrzahl der bekannt gewordenen Untersuchungen an Mörtel und Beton [1] *) befasst sich mit dem Kriechen unter einaxiger Druckbeanspruchung. Für die Praxis ist aber auch das Zugkriechen und das Biegekriechen von Bedeutung, wobei das Biegekriechen eine Kombination zwischen Zug- und Druckkriechen darstellt. Nachstehend wird über Biegekriechversuche berichtet, die im Laboratorium der westfälischen Zementindustrie, Beckum, durchgeführt und wobei verschiedene Einflüsse auf das Biegekriechen von Zementmörtel untersucht wurden.

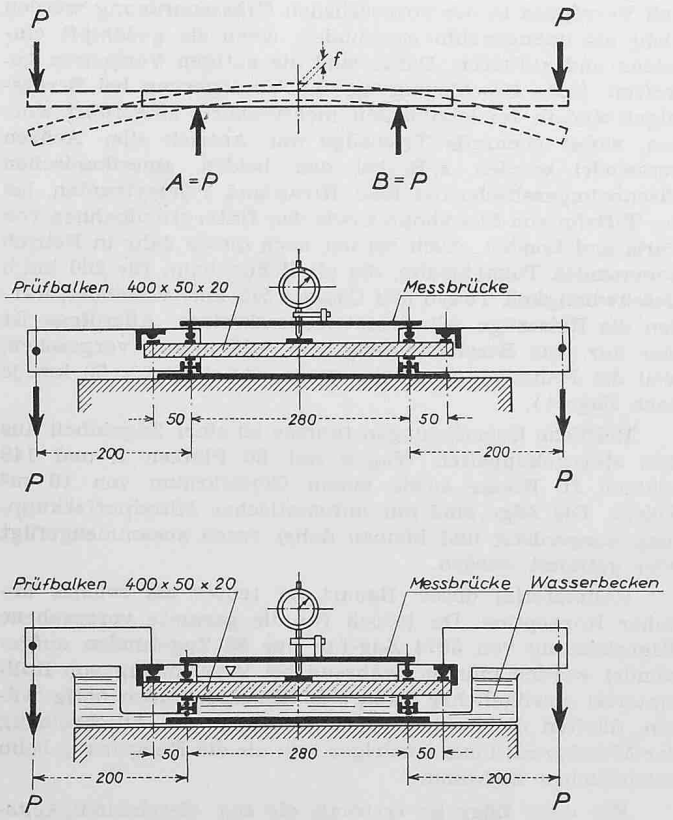


Bild 1. Versuchseinrichtung für Biegekriechversuche an Mörtelbalken nach Hansen (2). Oben Belastungsschema, Mitte Einrichtung für Luftlagerung, Unten Einrichtung für Wasserlagerung

2. Versuchsdurchführung

2.1 Versuchseinrichtung

Die verwendete Versuchseinrichtung ist von *T. C. Hansen* [2] beschrieben und am Schwedischen Forschungsinstitut für Zement und Beton, Stockholm, benutzt worden. Bei ihr werden Mörtelbalken von 40 cm Länge, 5 cm Breite und 2 cm Höhe auf zwei Stützen mit beidseitigen Kragarmen gelagert und an den Kragarmen so belastet, dass das Balkenstück zwischen den Auflagern querkraftfrei auf Biegung beansprucht wird. Der Biegepfeil f in Feldmitte wird mit einer Messuhr gemessen und der Auswertung zugrunde gelegt. Es standen zwei verschiedene Versuchseinrichtungen zur Verfügung, die sich dadurch unterschieden, dass bei der einen die Versuchsbalken unter Wasser, bei der anderen an der Luft lagerten. In Bild 1 sind das Belastungsschema und die beiden Einrichtungen dargestellt.

*) Die Ziffern in eckigen Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Ende dieses Aufsatzes.

Tabelle 1. Eigenschaften der Zemente

Prüfung		Zement D	Zement M
Siebrückstand	4 900 M	7,2 %	1,7 %
	10 000 M	18,2 %	6,3 %
		cm²/g	cm²/g
Oberfläche n. Blaine		2600	3800
Festigkeiten Biegezug/Druck *)		kp/cm²	kp/cm²
1 Tag		26 / 108	19 / 66
3 Tage		49 / 228	40 / 168
7 Tage		67 / 312	56 / 260
28 Tage		85 / 444	77 / 433
3 Monate		87 / 506	92 / 568
12 Monate		85 / 570	84 / 676

*) nach DIN 1164