

# Über das traktionstechnische Konzept der SBB

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **82 (1964)**

Heft 29

PDF erstellt am: **02.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-67540>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Über das traktionstechnische Konzept der SBB

DK 621.33:625.28

Von F. Gerber, Obermaschineningenieur der SBB, Bern

Die Zugkraft - Geschwindigkeitscharakteristik 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 topographischen 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.

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 Zugattungen und Bahnstrecken genügen. Sonderaufgaben, wie ausgesprochener Vorortsverkehr, Kleinverkehr, 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 andererseits durch die Strombelastung, d. h. die Erwärmungsgrenze der elektrischen Ausrüstung, die

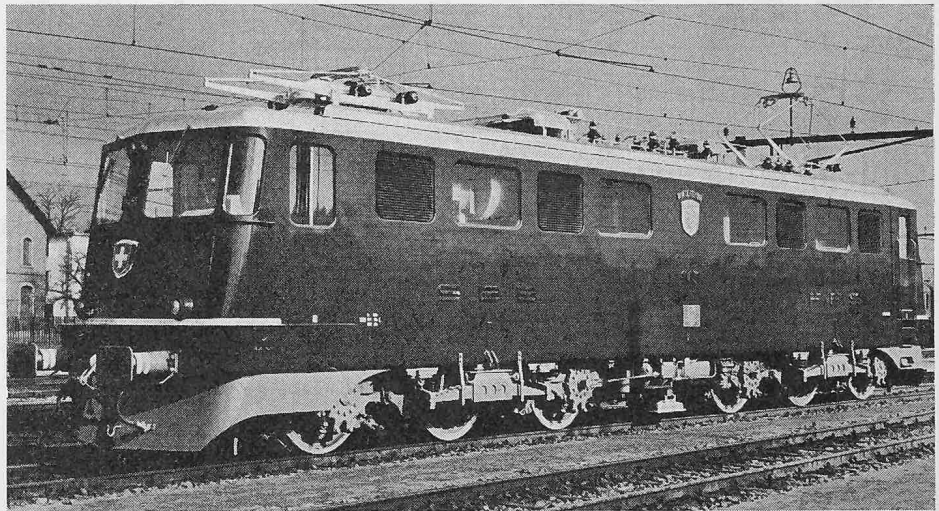


Bild 1. Sechssachsige Lokomotive Ae 6/6

Kommutation der Triebmotoren und die mechanische Festigkeit der Organe für die Leistungsübertragung auf die Tribräder 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 zumuthbare 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 Vieltätigkeit und Komplexität der Aufgabe.

Wir fügen hier noch ein, dass die Bauart unserer Gleise (Schienen, Weichen, Schwellen, Schotterbett) und der Brücken 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 Bestimmungsgrossen für diese drei Bauarten sind die folgenden:

Sechssachsige 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

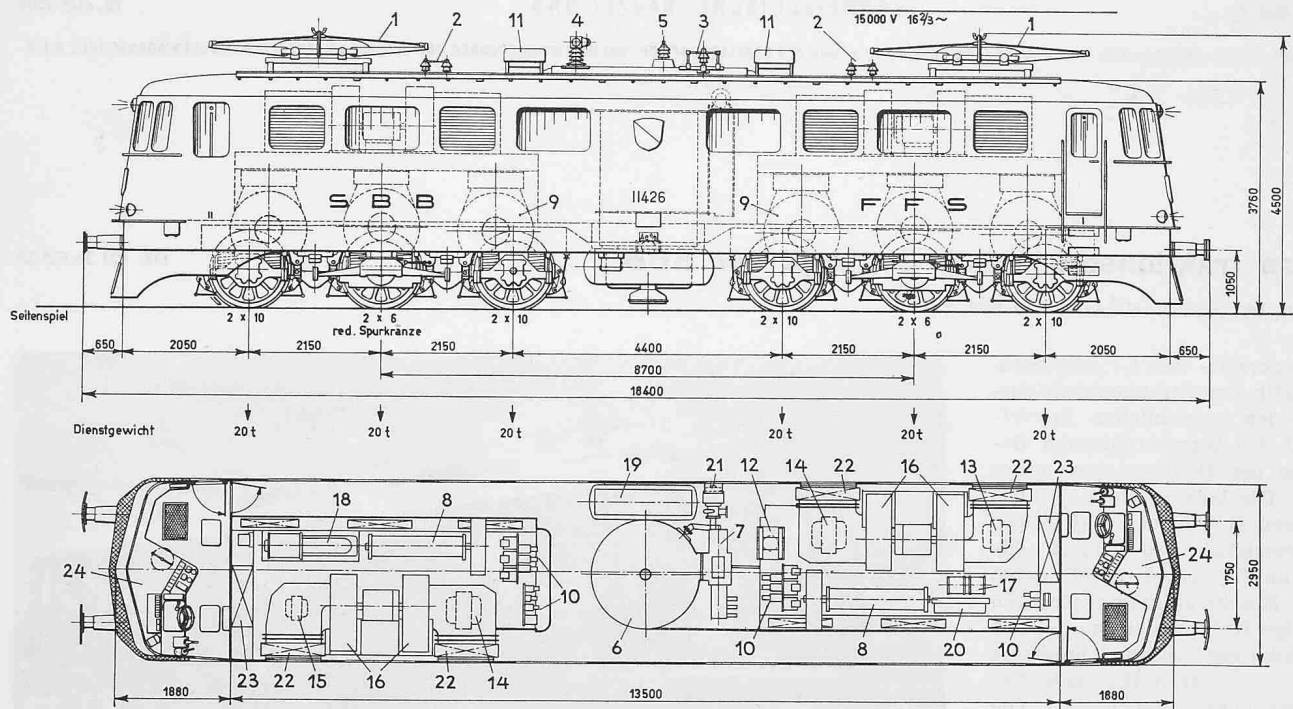
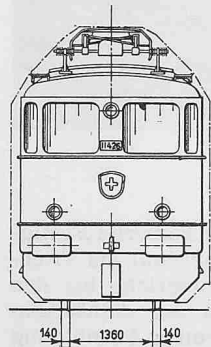


Bild 2. Typenbild der sechsachsigen Lokomotive Ae 6/6, 1:125



|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| Triebbraddurchmesser           | 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

|                                       |
|---------------------------------------|
| 14 Bremsdrosselspule                  |
| 15 Hilfsdrosselspule                  |
| 16 Ventilatorgruppen für Fahrmotoren  |
| 17 Umformergruppe                     |
| 18 Kompressorgruppe                   |
| 19 Hauptluftbehälter                  |
| 20 Gerüst mit pneumatischen Apparaten |
| 21 Ölpumpengruppe für Transformator   |
| 22 Ölkühler für Transformator         |
| 23 Schalttafeln                       |
| 24 Führertisch                        |

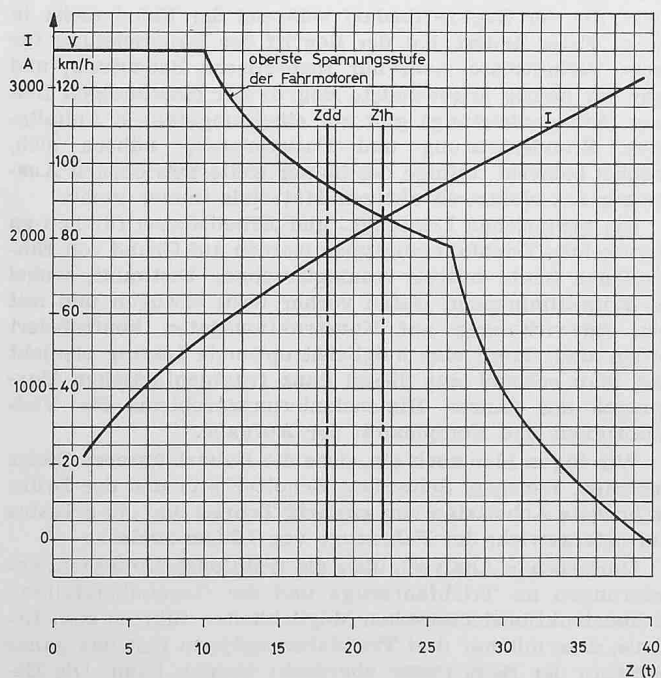


Bild 3. Fahrzeugcharakteristik der Lokomotive Ae 6/6

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

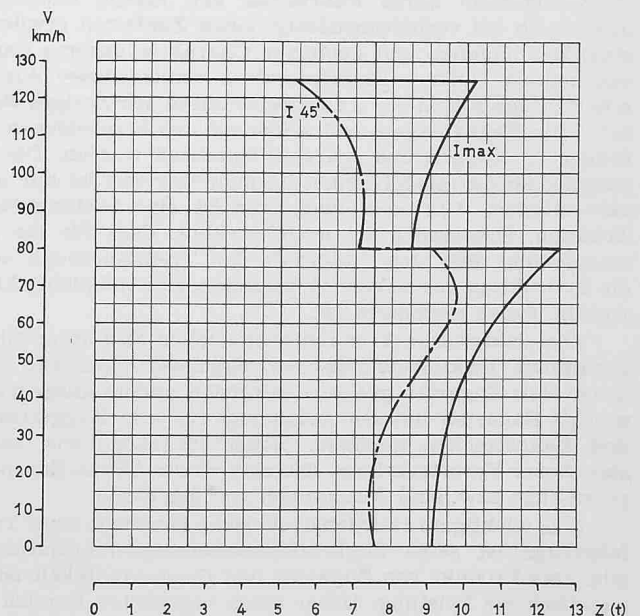
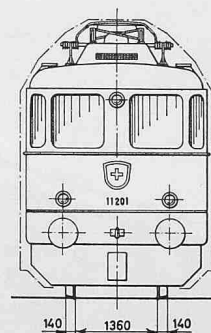


Bild 4. Charakteristik der Rekuperationsbremse

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



Technical drawing of the ZIL-130 chassis, showing top, side, and front views with dimensions and component labels.

**Dimensions:**

- Overall length: 10200
- Front overhang: 1780
- Rear overhang: 1780
- Overall height: 2950
- Height to top of chassis: 1750

**Component Labels:**

- 1: Front suspension
- 2: Front wheel
- 3: Front axle
- 4: Front differential
- 5: Front drive shaft
- 6: Front engine
- 7: Front radiator
- 8: Front headlights
- 9: Front grille
- 10: Front bumper
- 11: Front fender
- 12: Front door
- 13: Front hood
- 14: Front fuel tank
- 15: Front fuel pump
- 16: Front fuel filter
- 17: Front fuel hose
- 18: Front fuel line
- 19: Front fuel valve
- 20: Front fuel nozzle

- 
- The graph plots wind speed  $V$  in  $\text{km/h}$  against time  $Z$  in  $t$ . The y-axis has major grid lines every 10 units from 0 to 140. The x-axis has major grid lines every 5 units from 0 to 15. A solid curve, labeled 'oberste Stufe', starts at  $V=140$  for  $Z < 6$ , then decreases to a minimum of about 65 at  $Z \approx 12$ , and rises back to 140 at  $Z=15$ . A dashed curve, labeled 'I 45°', follows a similar path but with a deeper minimum of about 55 at  $Z \approx 12$ . Both curves are labeled with arrows pointing to their respective lines.

507



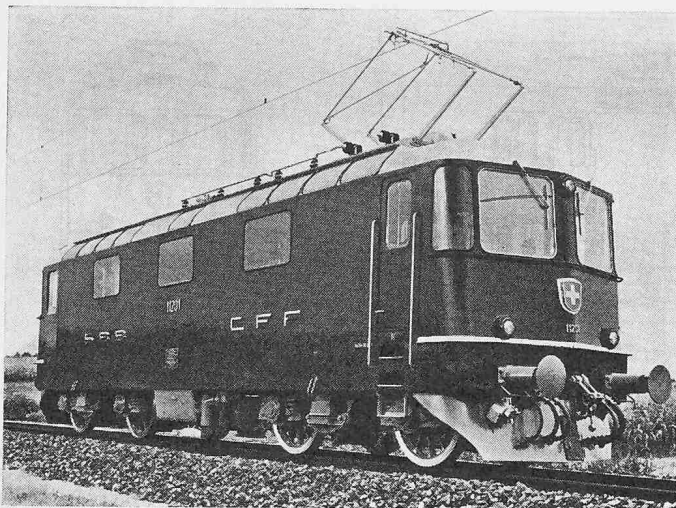


Bild 8. Vierachsige Lokomotive Re 4/4 II

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 Zugkraft entspricht, die bei einem Wagengewicht von 900 t auf 26 ‰ Steigung auftritt, und andererseits 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 Zwischenaktionen 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 Grossserie ist noch in diesem Jahr zur Bestellung vorgesehen. Diese Lokomotiven sind ausgesprochene Schnellläufer 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 kurzzeitiger 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 —

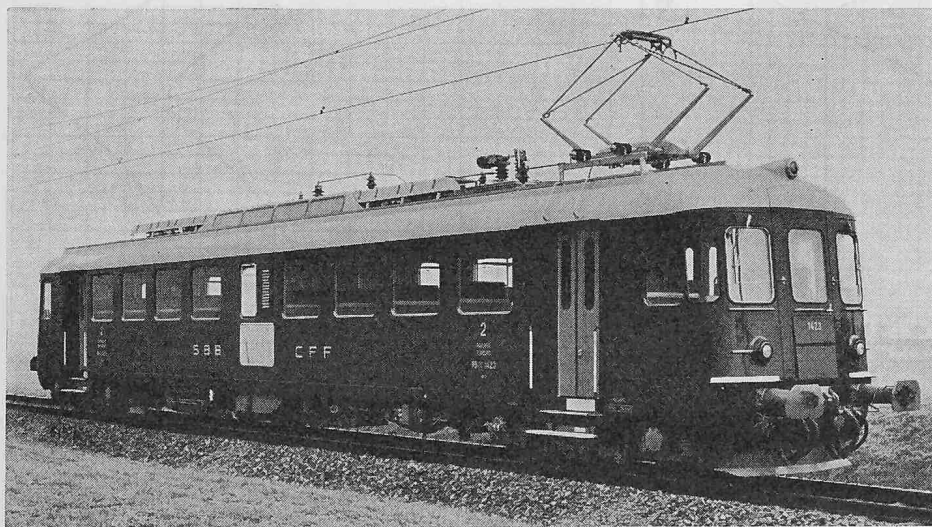


Bild 9. Triebwagen R Be 4/4

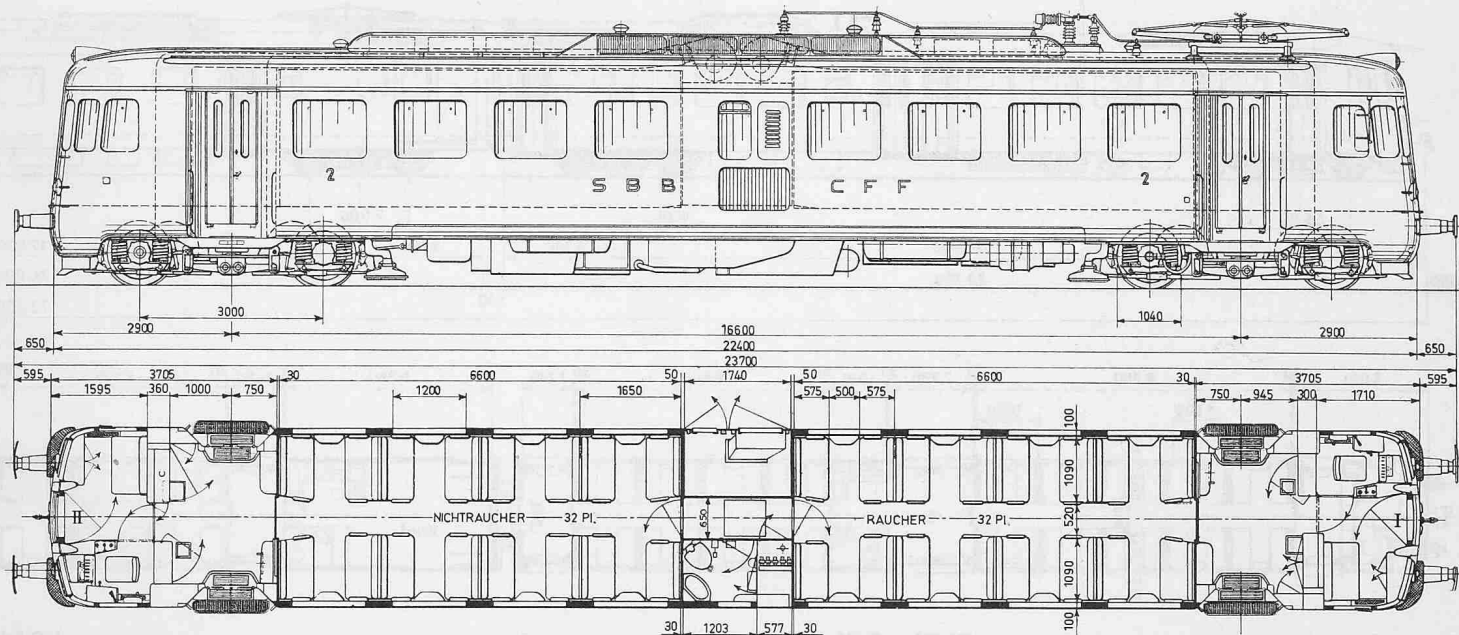
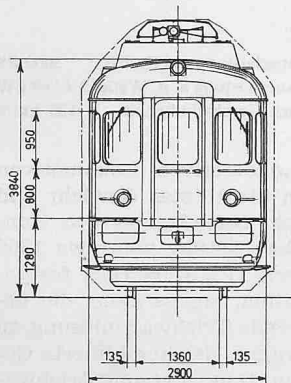


Bild 10. Typenbild des Triebwagens RBe 4/4, 1:125



|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| 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)                                   | 4×475 kW  |
| Dauerleistung a. d. Welle 2)                              | 4×475 kW  |
| Max. Geschwindigkeit                                      | 125 km/h  |
| 1) bei 80,4 km/h, 2) bei 85 km/h<br>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 Schnellläufigkeit gelegt wor-

den. Ihre Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h lässt sich noch nicht verwirklichen. Studien haben jedoch ergeben, dass es, nach im Strassenbau üblichen Kostenmassstäben gemessen, durchaus möglich wäre, gewisse wichtigste Bahnstrecken mit starkem Reiseverkehr für Geschwindigkeiten bis zu 140 km/h auszubauen, womit im Schnell- und Eilzugdienst wesentliche Fahrzeiteinsparungen erreichbar wären. Diese Überlegungen 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 Stunden- geschwindigkeiten betragen 55 bzw. 65 km/h.

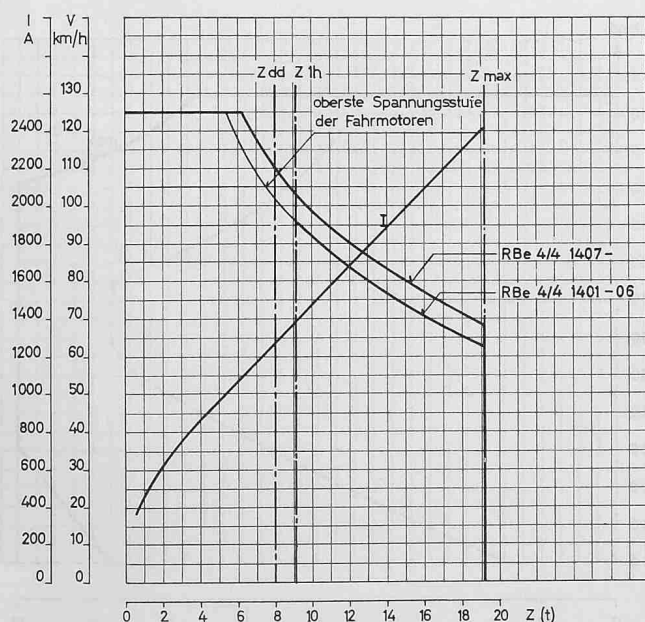


Bild 11. Fahrcharakteristik des Triebwagens RBe 4/4

|                                   |                                                     |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| I Motorenstrom in Amp             | Z <sub>dd</sub> Dauerzugkraft                       |
| V Fahrgeschwindigkeit in km/h     | Z <sub>1h</sub> Stundenzugkraft                     |
| Z Tot. Zugkraft am Radumfang in t | Z <sub>max</sub> Max. Zugkraft bei I <sub>max</sub> |

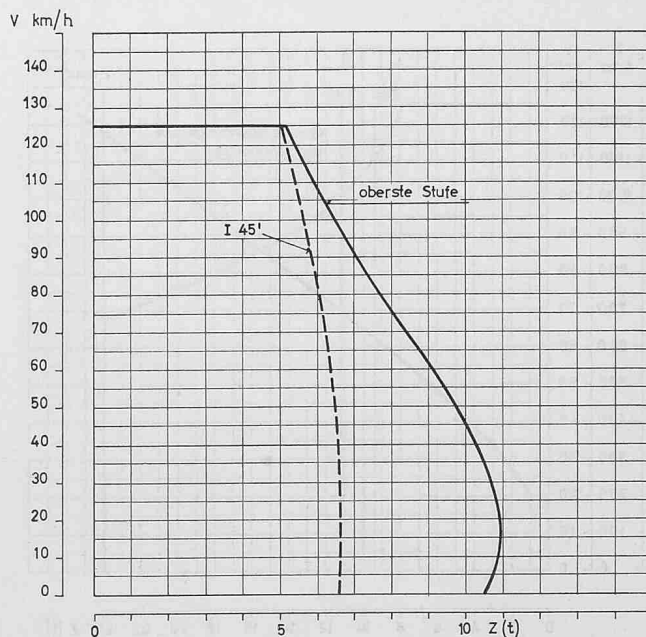


Bild 12. Charakteristik der Rekuperationsbremse

|                               |                                            |
|-------------------------------|--------------------------------------------|
| V Fahrgeschwindigkeit in km/h | — Bremskraft bei I <sub>max</sub> = 1600 A |
| Z Tot. Zugkraft am Rad in t   | — Bremskraft bei I <sub>45'</sub> = 1300 A |



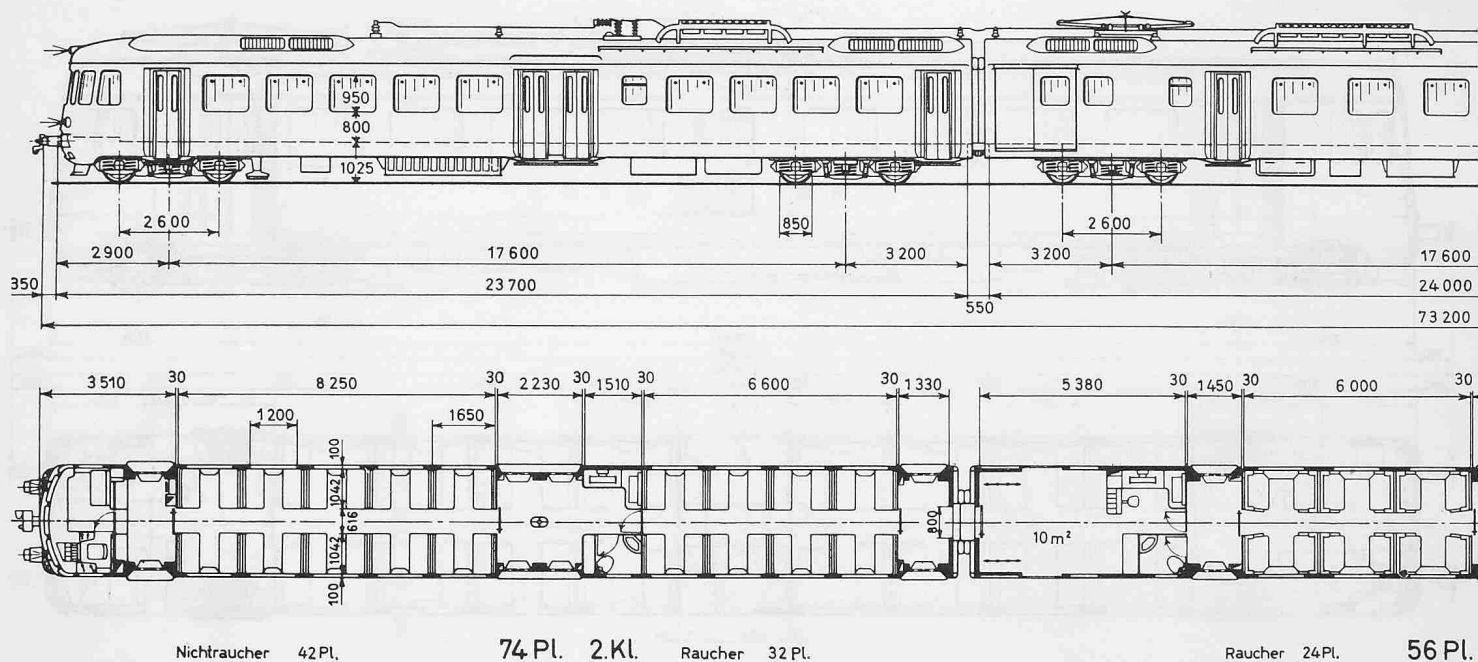


Bild 13. Dreiwagenzug mit Allachsantrieb RAB De 12/12, 1:200

|                      |        |                              |           |                           |           |                                     |          |
|----------------------|--------|------------------------------|-----------|---------------------------|-----------|-------------------------------------|----------|
| Triebbraddurchmesser | 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 12x189 kW |          |
| Reibungsgewicht      | 166 t  | Max. Anfahrzugkraft a. R.    | 24 400 kg | Stundenleist. a. d. Welle | 12x210 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.

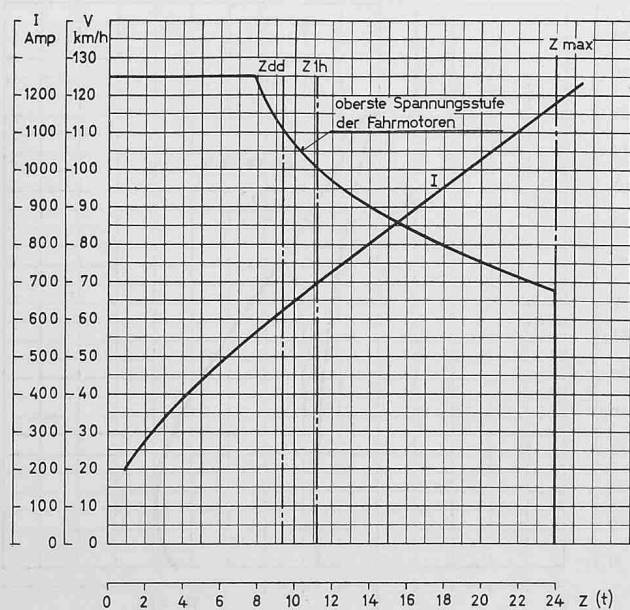


Bild 14. Fahrzeugcharakteristik des Dreiwagenzuges RAB De 12/12

|   |                                 |                  |                                    |
|---|---------------------------------|------------------|------------------------------------|
| I | Motorenstrom in Amp             | Z <sub>dd</sub>  | Dauerzugkraft                      |
| V | Fahrgeschwindigkeit in km/h     | Z <sub>1h</sub>  | Stundenzugkraft                    |
| Z | Tot. Zugkraft am Radumfang in t | Z <sub>max</sub> | Max. Zugkraft bei I <sub>max</sub> |

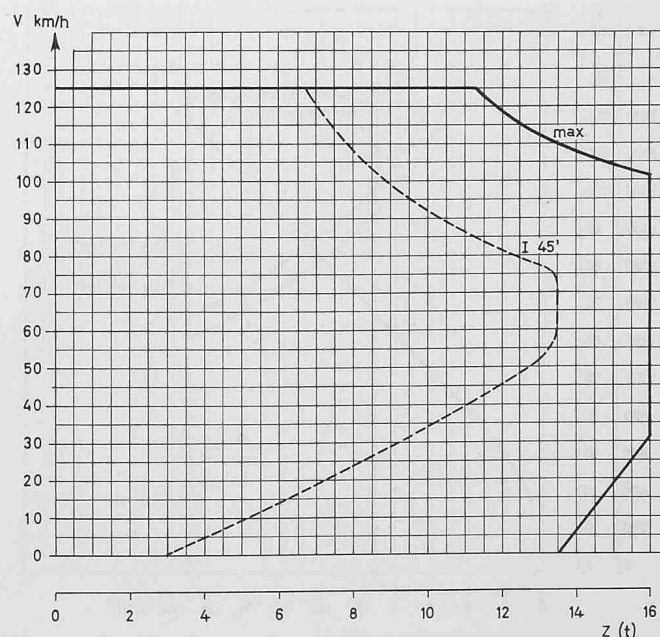
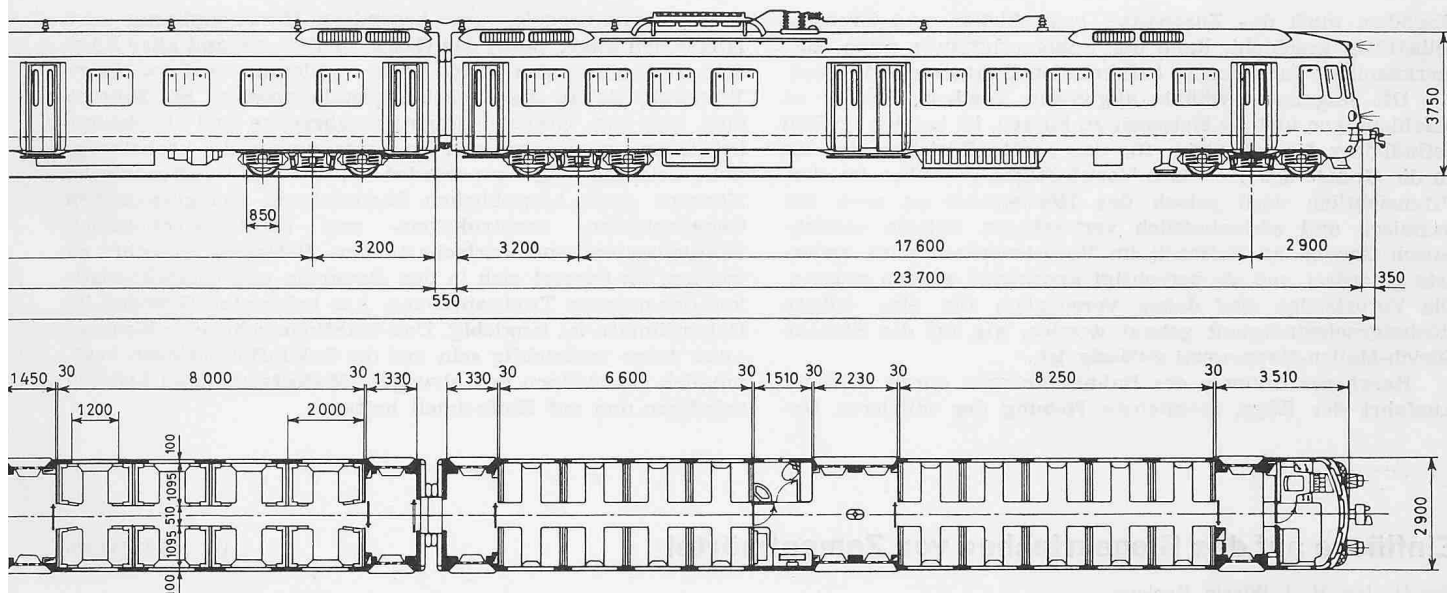


Bild 15. Charakteristik der Rekuperationsbremse

|   |                             |       |                                          |
|---|-----------------------------|-------|------------------------------------------|
| V | Fahrgeschwindigkeit in km/h | —     | Bremskraft bei I <sub>max</sub> = 1000 A |
| Z | Tot. Zugkraft am Rad in t   | - - - | Bremskraft bei I <sub>45'</sub> = 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 Lade-  
fläche.

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

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

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

Der Wagenboden liegt gegenüber Rampen und Karren zu hoch.

Da gerade auch für die leichten Schnell- und Personen-  
züge möglichst kurze Fahrzeiten erwünscht sind, war eine  
verhältnismässig hohe installierte Leistung geboten. Bei Ver-  
wendung für leichte Personenzüge ist die Fahrzeugleistung  
reichlich. Dies bedeutet jedoch noch nicht Unwirtschaftlich-  
keit, 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 Trak-  
tionsaufgaben der SBB mit den nun beschriebenen drei Trieb-  
fahrzeugtypen technisch und wirtschaftlich gut lösen. Einige  
ausserordentliche Traktionsaufgaben erfordern, wenn auch  
nur in kleinerem Ausmass, Sonderlösungen. Die umfang-  
mässig 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. Ur-  
sprünglich war geplant, die Strecke durchgehend doppel-  
spurig auszubauen, um die Züge nach einem starren Fahr-  
plan mit dem Verkehr entsprechender Dotierung an Wagen  
führen zu können. Schwierigkeiten des Landerwerbs und  
Zeitnot führten zu einer vorläufigen Lösung mit zwei Dop-  
pelspurinseln für das rollende Kreuzen der Züge sowie mit  
einem besonders konzipierten Rollmaterial für extrem  
kurze Fahrzeiten. Es sind Dreiwagenzüge mit Allachs-  
antrieb, 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 Fahr-  
zeit 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/sec<sup>2</sup> beschleunigt und verzögert wird. Dieser Wert  
entspricht etwa dem Dreifachen des bisher üblichen und be-  
dingt 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 Brems-  
problems, 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 ein-  
setzen und aufhören. Dafür sind die nötigen Vorkehrungen ge-  
troffen. Hohe Beschleunigung und Verzögerung bei Berufs-  
zügen sind in der letzten Zeit mehrerenorts eingeführt wor-  
den, 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, wer-  
den die Reisezüge Allachsantrieb aufweisen. Allerdings ist  
hier nur eine Beschleunigung von 0,25 m/sec<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>  
Fläche. Die Züge sind mit automatischer Mittelpufferkupp-  
lung ausgerüstet und können daher rasch zusammengefügt  
oder getrennt werden.

Rollmaterial dieser Bauart ist teurer als solches üb-  
licher Konzeption. Da jedoch für die gesamte vorgesehene  
Tagesleistung von 3074 Zug-km nur 66 Zugstunden aufge-  
wendet werden müssen, während bei Verwendung von Roll-  
material gewöhnlicher Bauart 85 Einsatzstunden nötig wä-  
ren, 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 Geschwin-  
digkeit automatisch angesteuert und konstant gehalten wird.



Rascheres Räumen der Bahnhofsanlagen durch raschere  
Ausfahrt der Züge, möglichste Hebung des mittleren Ge-

geschwindigkeitspegels, im besonders Beschleunigung der langsamen Züge, damit das Geschwindigkeitsband aller Züge schmaler 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.

## DK 666.97:539.376

## 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.

Unter dem Begriff Kriechen werden Verformungen verstanden, die unter lange wirkenden Belastungen auftreten. Je nach der Beanspruchungsart wird von Druckkriechen, Zugkriechen, Torsionskriechen oder Biegekriechen gespro-

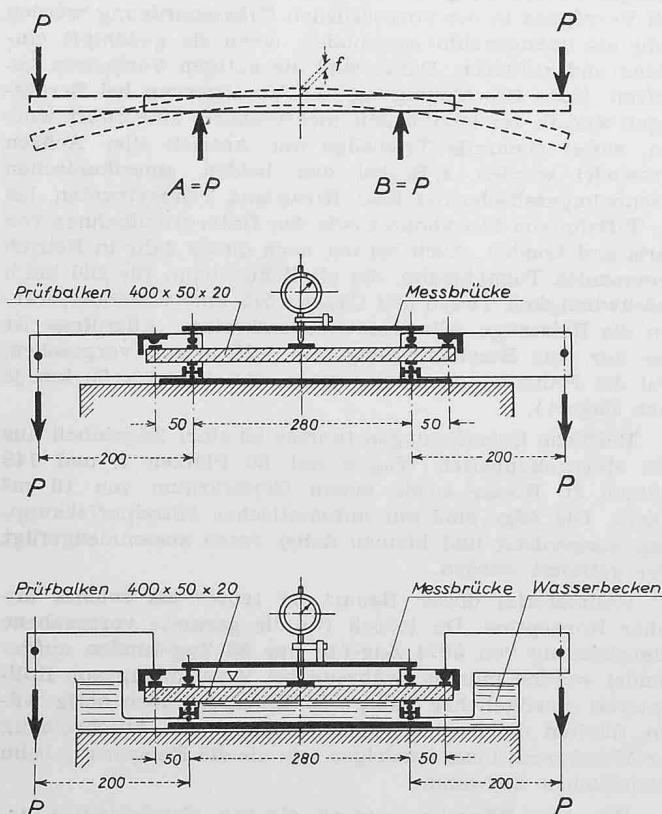


Bild 1. Versuchseinrichtung für Biegekriechversuche an Mörtelbalken nach Hansen (2). Oben Belastungsschema, Mitte Einrichtung für Luftlagerung, Unten Einrichtung für Wasserlagerung

## 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 Biegepeil  $f$  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 %              |
|                                | cm <sup>2</sup> /g | cm <sup>2</sup> /g |
| Oberfläche n. Blaine           | 2600               | 3800               |
| Festigkeiten Biegezug/Druck *) | kp/cm <sup>2</sup> | kp/cm <sup>2</sup> |
| 1 Tag                          | <b>26 / 108</b>    | 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