Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 69 (1951)
Heft: 26

Artikel: Probleme bei der Zugförderung auf der Gotthardstrecke
Autor: Meyer, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-58885

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: 21.01.2026

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

69. Jahrgang Nachdruck von Bild oder Text nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet
Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich Nummer 26

Probleme der Zugförderung auf der Gotthardstrecke

DK 621.331 : 625.1(494)

Von Dr. E. MEYER, Stellvertreter des Ober-Maschinen-Ingenieurs der Schweizerischen Bundesbahnen, Bern

A. Grundlagen

Die bei der Aufstellung der Elektrifikationsprojekte durchgeführten Berechnungen hatten seinerzeit ergeben, dass auf den Steilrampen der Gotthardstrecke für die Förderung von 100 t Zuggewicht (einschl. Lokomotive) 16 bis 17 t Lokomotivreibungsgewicht erforderlich sind. Die nunmehr vorliegenden langjährigen Erfahrungen haben die Richtigkeit dieser Feststellung bestätigt. Sie lässt sich auch in einer einfachen Formel ausdrücken. Berücksichtigt man nämlich, dass sich das gesamte Zuggewicht aus dem Wagengewicht W, dem Reibungsgewicht R und dem auf den Laufachsen abgestützten toten Gewicht T der Lokomotive zusammensetzt, so lautet diese Formel

$$(W + R + T)\,\frac{16 \text{ bis } 17}{100} = R$$

oder, nach W aufgelöst

$$(1) \qquad W = \sim 5R - T$$

Da das Reibungsgewicht der Lokomotive das Produkt aus der Anzahl der Triebachsen n und dem zugelassenen Triebachsdruck P darstellt, kann man auch schreiben

$$(2) \qquad W = \sim 5nP - T$$

B. Die elektrische Zugförderung bis zum Jahre 1928

Bei der Einführung des elektrischen Betriebs auf der Gotthardlinie wollte man mit dem Triebachsdruck nicht über 18 t hinausgehen. Anderseits herrschte die Auffassung, dass für den guten Lauf einer Lokomotive mindestens eine vorlaufende Laufachse oder noch besser ein zweiachsiges Laufdrehgestell vorhanden sein müsse. Ausserdem war es damals, und übrigens noch bis vor wenigen Jahren, gar nicht möglich, elektrische Lokomotiven so leicht zu bauen, dass sich Laufachsen erübrigen. Das tote Gewicht T war daher bei Lokomotiven mit drei bis sechs Triebachsen auf mindestens 30 t zu veranschlagen. Setzt man P = 18 und T = 30, so ergab sich das Wagengewicht, das auf der Steilrampe mit einer Lokomotive maximal befördert werden konnte, bei n = 3 Triebachsen zu W = 5 . 3 . 18 — 30 = 240 t; bei n = 4 zu 330 t, bei n = 5 zu 420 t und bei n = 6 zu 510 t.

Da nach den bis im Jahre 1928 gültigen Vorschriften die grösste Anhängelast auf der Gotthardstrecke mit Rücksicht auf die Festigkeit der Zughaken auf 510 t begrenzt war, konnte diese maximale Last mit einer Lokomotive mit sechs Triebachsen gerade noch befördert werden, und es hatte keinen Sinn, Lokomotiven mit mehr als sechs Triebachsen einzusetzen. Die Ausnützung dieser maximalen Zughakenlast war indessen nur bei Güterzügen vorgesehen, so dass nur die Güterzugslokomotiven sechs Triebachsen aufweisen mussten. Auf diese Weise sind die bekannten Ce 6/8-Lokomotiven entstanden (Bild 1), die auch heute noch den weitaus grössten Anteil des Gotthard-Güterverkehrs bewältigen.

Leider war es damals nicht möglich, diese Lokomotiven so zu bauen, dass sie auch für die Förderung der Schnellzüge, die später das der grössten Zughakenlast entsprechende Gewicht auch erreichten, hätten dienen können. Mit Rücksicht darauf, dass die Mehrzahl der Reisezüge, und insbesondere die gewöhnlichen Personenzüge, wesentlich leichter waren, erschien es als wirtschaftlicher, die Lokomotiven für Personen- und Schnellzüge nur für eine Anhängelast von etwa 300 t und damit mit vier Triebachsen zu bauen. Man war sich dabei bewusst, dass dann die Mehrzahl der Schnellzüge auf den Steilrampen Erstfeld-Göschenen, Bellinzona-Rivera und Biasca-Airolo Vorspann erhalten musste. So entstanden die Lokomotiven Be 4/6 (Bild 2) und Be 4/7, die während vieler Jahre allein oder zu zweit an jedem Personen- oder Schnellzug der Gotthardstrecke zu sehen waren. Da ihre Höchstgeschwindigkeit auf 75 km/h begrenzt ist, und sich mit der Zeit das Bedürfnis herausstellte, auf den Talstrecken Steinen-Erstfeld und Bodio-Giubiasco mit höheren Geschwindigkeiten zu fahren, mussten sie in der Folge im Schnellzugdienst allerdings das Feld den rascheren und auf den Bergstrecken ebenso leistungsfähigen Ae 4/7-Lokomotiven räumen.

C. Die Entwicklung seit dem Jahre 1928

Die nach dem ersten Weltkrieg auf internationalem Boden begonnenen Anstrengungen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Bahnen führten dazu, dass sich alle am internationalen Eisenbahnverkehr teilhabenden europäischen Bahnen verpflichteten, die Zugvorrichtungen ihrer Fahrzeuge zu verstärken, so dass die maximale Zughakenlast auf der Gotthardstrecke im Jahre 1928 von 510 auf 630 t und im Jahre 1936 weiter auf 770 t erhöht werden konnte. Wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, waren schon für die Förderung von 630 t zwei Lokomotiven der vorhandenen Bauarten mit je vier Triebachsen erforderlich, und für 770 t reichten auch diese nicht mehr aus. Es bedurfte somit neuer Triebfahrzeugtypen, deren Zugkraft den neuen maximalen Zughakenlasten besser angepasst war. So entstanden schon im Jahre 1931 die ersten beiden Ae 8/14-Lokomotiven. In Voraussicht der fünf Jahre später dann auch vorgenommenen weiteren Erhöhung der zulässigen Zughakenlast wurde für diese Lokomotiven ein Triebachsdruck von 20 t zugelassen. Sie wurden ausserdem mit einer Einrichtung versehen, die es gestattete, das Gewicht von einigen Laufachsen so auf die benachbarten Triebachsen zu verlagern, dass das Adhäsionsgewicht um weitere 12 t erhöht und das tote Gewicht entsprechend vermindert werden konnte. Damit wurde es möglich, auch bei der Zughakenlast von 770 t noch mit acht Triebachsen auszukommen. Bei der dritten, sieben Jahre später gebauten Lokomotive dieser Bauart (Bild 3) konnte das maximale Adhäsionsgewicht auf 174 t gesteigert und das tote Gewicht auf minimal 62 t gesenkt werden. Diese an der Landesausstellung 1939 gezeigte Lokomotive ist heute noch die stärkste elektrische Lokomotive der Welt.

Diese neuen Lokomotiven ermöglichen die Ausnützung der maximal zulässigen Zughakenlast. Wenn trotzdem seit dem Jahre 1938 keine weiteren mehr gebaut worden sind, so ist dies nicht auf traktionstechnische, sondern betriebliche und

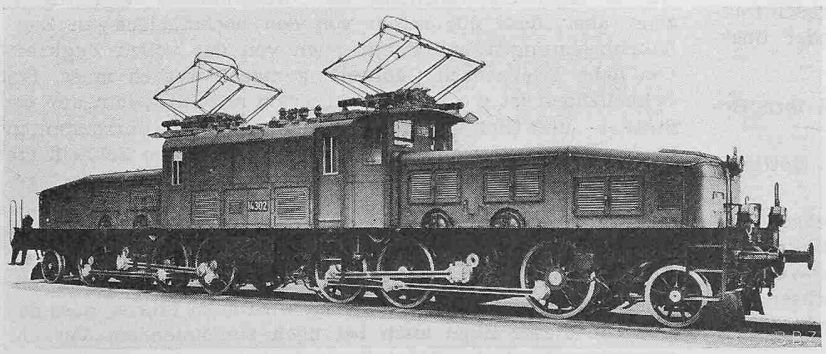

Bild 1. Lokomotive Ce 6/8: Baujahr 1926-27 (frühere Serie 1919-22), Stundenleistung 2460 PS bei 35 km/h, Höchstgeschwindigkeit 65 km/h, Gewicht 131 t, Reibungsgewicht 109 t

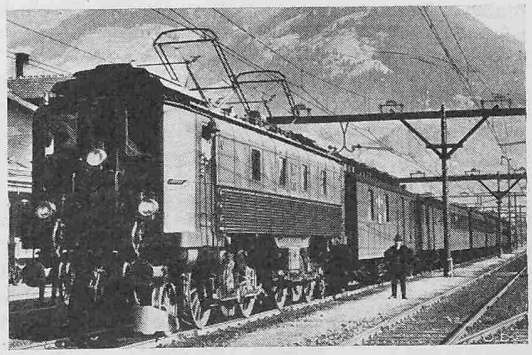

Bild 2. Lokomotive Be 4/6: Baujahr 1920-23, Stundenleistung 2040 PS bei 52 km/h, Höchstgeschwindigkeit 75 km/h, Gewicht 107-111 t, Reibungsgewicht 77-80 t

wirtschaftliche Gründe zurückzuführen. Eine Lokomotive mit acht Trieb- und weiteren sechs Laufachsen konnte nur als Doppellokomotive mit einer bisher ungewohnten Länge von rund 34 m gebaut werden. Die dadurch bedingte Vergrösserung der Zuglänge wirkt sich auf vielen ohnehin schon knapp bemessenen Kreuzungs- und Ueberholungsgleisen, wie auch in gewissen Bahnhöfen (Zürich, Luzern) sehr nachteilig aus und zwingt sogar zur Reduktion der normalerweise zulässigen Wagenachsenzahl. Auch in den Depots und Werkstätten versperren diese Lokomotiven bei Reparaturen und Ueberholungsarbeiten sehr viel Platz. Dazu kommt noch, dass Störungen an so grossen und vielteiligen Fahrzeugen naturgemäss häufiger auftreten und dass dann auch durch einen verhältnismässig unbedeutenden Schaden (z. B. Ausschmelzen eines Achslagers) eine sehr erhebliche Traktionsleistung stillgelegt wird. Diese Tatsachen lassen sich auch statistisch eindeutig feststellen. Während nämlich bei den Ae 4/7-Lokomotiven im Jahresdurchschnitt 10,9% des Bestandes für Revision, Unterhalt und Reparaturen ausser Betrieb stehen, beträgt dieser Prozentsatz bei den Ae 8/14-Lokomotiven 23,4%.

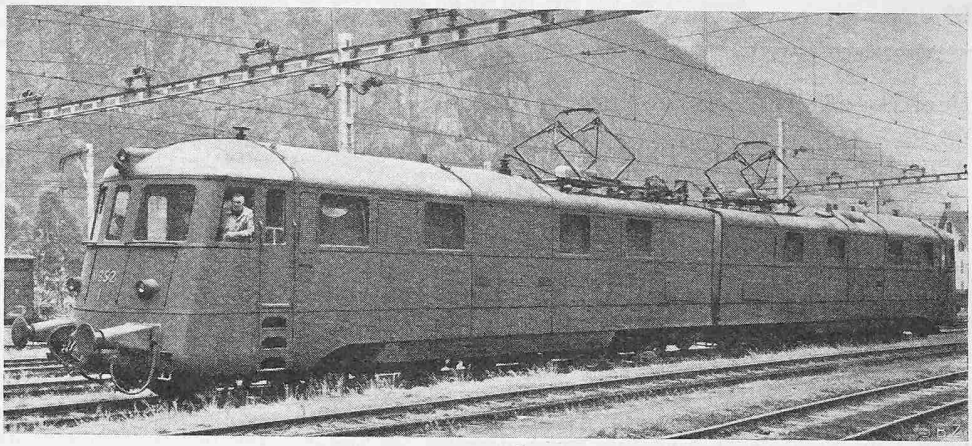

Bild 3. Doppel-Lokomotive Ae 8/14 Nr. 11852: Baujahr 1938, Stundenleistung rd. 12000 PS bei 75 km/h, Höchstgeschwindigkeit 110 km, Gewicht 236 t, Reibungsgewicht 160 t (mit Adhäsionsvermehrer 174 t). Beschreibung s. SBZ Bd. 111, S. 235* und Bd. 114, S. 35*.

Es war daher sehr willkommen, dass die weiter fortschreitende Technik eine Lösung ermöglichte, bei welcher die Nachteile der Ae 8/14-Lokomotiven weitgehend ausgeschaltet und ihre Vorteile beibehalten werden konnten. Sie bestand in der Schaffung von Lokomotiven mit vier Triebachsen, die paarweise zusammengekuppelt und von einem Führerstand aus gesteuert werden können. Traktionstechnisch ist eine solche Kombination von zwei Lokomotiven der Ae 8/14-Lokomotive gleichwertig und in manchen Fällen sogar überlegen. Tritt nun bei einer Lokomotive dieser Kombination ein Defekt auf, so kann die andere Lokomotive im Betrieb belassen werden. Der Ausfall an Zugförderungskapazität und der Platzbedarf in der Werkstätte sind damit nur halb so gross wie bei einer Ae 8/14-Lokomotive.

Die Lokomotive, welche diese neue und vorteilhaftere Lösung ermöglichte, ist diejenige der Serie Ae 4/6 (Bild 4). Sie besitzt ausser den vier Triebachsen nur noch zwei Laufachsen. Der Anteil des Reibungsgewichtes am Gesamtgewicht steigt damit auf 76% gegenüber 70% bei den Lokomotiven Ae 8/14 Nr. 11801 und 11851, und 74% bei der Lokomotive Ae 8/14 Nr. 11852. Dank des geringeren toten Gewichtes konnte auf den «Adhäsionsvermehrer», d. h. auf die Steigerung des Triebachsdrucks auf über 20 t während der Anfahrt verzichtet werden. Mit je 80 t Adhäsions- und 25 t totem Gewicht können damit auch zwei Ae 4/6-Lokomotiven auf den Steilrampen die maximal zulässige Zughakenlast von 770 t gerade noch befördern (nach Formel (1) ergäbe sich eine Anhängelast von 750 t). Im Laufe der Jahre 1941 bis 1945 sind zwölf Ae 4/6-Lokomotiven in Betrieb gesetzt worden. Eine weitere Beschaffung solcher Lokomotiven kommt nicht mehr in Betracht, da auch diese Bauart durch die rasch fortschreitende Entwicklung der Technik bereits wieder überholt ist.

D. Die derzeitige Zugförderung am Gotthard und ihre Bewährung

Seit dem Jahre 1941 stehen für die Traktion am Gotthard zur Verfügung:

für Personenzüge: Lokomotiven mit sechs Triebachsen und 65 bis 75 km/h Höchstgeschwindigkeit (Ce 6/8 II, Ce 6/8 III, Be 6/8), sowie, soweit verfügbar, solche mit vier Triebachsen (Be 4/6, Ae 4/6, Ae 4/7) und mit acht Triebachsen (Ae 8/14).

für Güterzüge: Lokomotiven mit vier Triebachsen und 75 km/h Höchstgeschwindigkeit (Be 4/6) soweit verfügbar, solche mit vier Triebachsen und 100 bis 125 km/h Höchstgeschwindigkeit (Ae 4/7, Ae 4/6).

für Schnellzüge: Lokomotiven mit vier Triebachsen (Ae 4/6, Ae 4/7), solche mit acht Triebachsen (Ae 8/14) und vielfach gesteuerte Kombinationen von zwei Lokomotiven mit je vier Triebachsen (2 x Ae 4/6). Die Höchstgeschwindigkeit dieser Lokomotiven liegt zwischen 100 und 125 km/h.

Die im Laufe der Zeit gesammelte Erfahrung hat nun gezeigt, dass am Gotthard die Zugförderung mit Lokomotiven oder Lokomotivkombinationen mit acht Triebachsen wohl geeignet ist, die Transportkapazität der Strecke auf ein Maximum zu steigern, dass sie aber unter den gegebenen Verhältnissen, hauptsächlich in wirtschaftlicher Hinsicht, nicht die zweckmässigste Lösung darstellt.

Bekanntlich ist das Längenprofil der Gotthardstrecke so beschaffen, dass vor, zwischen und nach den eigentlichen Steilrampen Erstfeld-Göschenen, Bodio-Airolo und Giubiasco-Rivera mit einer Gesamtlänge von 80 km die Strecken Arth-Goldau-Erstfeld, Göschenen-Airolo, Bodio-Giubiasco und Rivera-Chiasso mit geringeren Steigungen und Gefällen mit einer Gesamtlänge von 117 km liegen. Da ein Lokomotivwechsel bei diesen Gefällsbrüchen schon mit Rücksicht auf den Zeitverlust und die rationelle Ausnützung von Personal und Lokomotiven zu vermeiden ist, müssen die selben Lokomotiven bei Güter- und Personenzügen zwischen Erstfeld und Chiasso und bei Schnellzügen sogar zwischen Luzern bzw. Zürich und Chiasso am Zuge bleiben können. Dies besagt, dass selbst dann, wenn das Zuggewicht die maximale Zughakenlast erreicht, auf den letztgenannten Streckenabschnitten ein unnötig grosses Lokomotivgewicht mitgeschleppt wird. Dieser Nachteil müsste indessen im Interesse der Beschleunigung des Verkehrs und der rationellen Verwendung des Lokomotivpersonals in Kauf genommen werden. Er würde den Verzicht auf die durchgehende Zugförderung mit acht Triebachsen noch nicht rechtfertigen, wenn die Triebfahrzeuge dabei wenigstens auf den Steilrampen stets ausgenützt wären. Eine Untersuchung der tatsächlichen Verhältnisse zeigt aber, dass nur selten von den höchstzulässigen Zughakenbelastungen und damit auch von der vollen Zugkraft von acht Triebachsen Gebrauch gemacht werden muss. Bei Schnellzügen ist die Achsenzahl schon mit Rücksicht auf die Stations- und Gleisanlagen und die Länge der Perronkanten in der Regel auf 60 begrenzt. Daher weisen die Schnellzüge auch bei Verwendung von schweren Wagen alter Bauart gewöhnlich ein Gewicht von weniger als 600 t auf. Im Jahre 1947 waren nur 2% und während der Fahrplanperiode 1948/49 nur 3,6% aller Gotthard-Schnellzüge schwerer als 600 t. Die Auflockerung des Fahrplans und die Schaffung von modernem leichterem Wagenmaterial wird dazu führen, dass das Gewicht dieser Züge auch bei noch zunehmendem Verkehr normalerweise unter 600 t liegt. So betrug das mittlere Gewicht aller Gotthard-Schnellzüge schon im Jahre 1947 nur etwa 360 und im Jahre 1949 397 t. Es ist also auch bei den

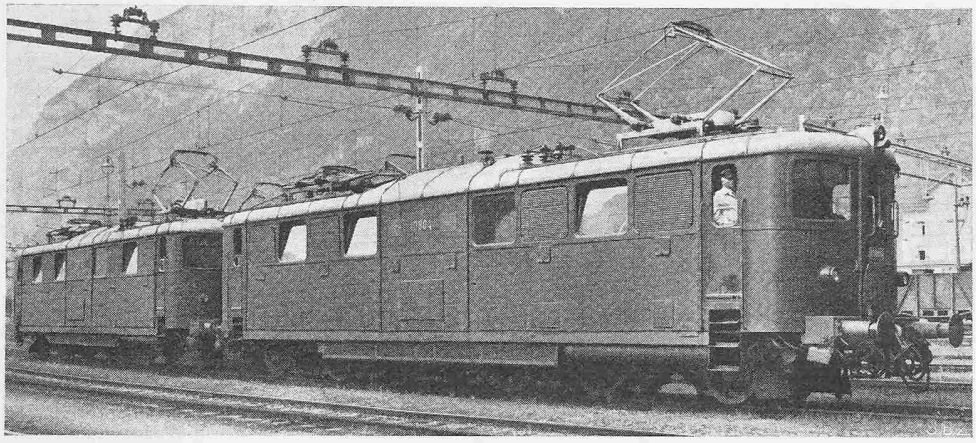

Bild 4. Zwei Lokomotiven Ae 4/6 in Doppeltraktion mit Vielfachsteuerung. Daten pro Lokomotive: Baujahr 1940-45, Stundenleistung 5540 PS bei 85 km/h, Höchstgeschwindigkeit 125 km/h, Gewicht 105 t, Reibungsgewicht 80 t. Beschreibung s. SBZ Bd. 119, S. 103*

schwersten Schnellzügen gar nicht möglich, die zulässige Zughakenlast und damit die Zugkraft von acht Triebachsen auszunützen. Achtachsige Triebfahrzeuge sind für diesen Dienst somit überdimensioniert und nicht wirtschaftlich.

Auch bei den Gütern ist die Verkehrsstruktur nicht so beschaffen, dass es in der Regel möglich wäre, die Güterzüge der höchstzulässigen Zughakenlast und der Zugkraft von acht Triebachsen entsprechend auszulasten. Der Anfall ist sehr unregelmässig und die Art des Transportgutes lässt längere Stillager sehr oft nicht zu. Ferner muss schon im Hinblick auf die Konkurrenz der andern Verkehrswege und Verkehrsmittel auf rascheste Beförderung geachtet werden, so dass verhältnismässig viele und daher oft bei weitem nicht voll ausgelastete Güterzüge geführt werden müssen. So betrug z. B. die mittlere Anhängelast der Ae 8/14-Lokomotiven in den Jahren 1945 bis 1947 nur 377 t oder das 1,55-fache des Lokomotivgewichtes, bei einem möglichen Maximum von 770 t. Es ist bezeichnend, dass es nur in den Jahren 1940 bis 1944 gelang, mittlere Anhängelasten von 565 bis 700 t zu erreichen, d. h. zu einer Zeit, da grosse Transporte von Massengütern (Kohle) auszuführen waren, bei denen die Transportgeschwindigkeit eine geringe Rolle spielte und die daher die Bildung bis aufs zulässige Maximum ausgelasteter Züge erlaubten. Solche Verhältnisse werden aber nicht so schnell, oder vielleicht überhaupt nicht mehr wiederkehren.

Diese Verhältnisse mögen auch der Grund dafür sein, dass von der Möglichkeit der Vielfachsteuerung von zwei Ae 4/6-Lokomotiven in den letzten Jahren kein Gebrauch gemacht wurde. Man fand es für zweckmässiger, diese Lokomotiven einzeln für die Führung der Schnellzüge zu verwenden. Da ihre Zugkraft für Schnellzüge auf den Steilrampen jedoch nur für eine Anhängelast von 365 t ausreicht, muss auf diesen Strecken soweit nötig Vorspann gestellt werden. Dies war im Jahre 1947 bei 3215 oder 39% und im Juli 1949 bei etwa 70% der Gotthard-Schnellzüge der Fall.

Der gegenwärtige Zustand ist somit, insbesondere soweit er die Führung der Schnellzüge anbetrifft, in keiner Weise befriedigend. Triebfahrzeuge mit acht Triebachsen sind in diesem Dienst schlecht ausgenützt, während solche mit nur vier Triebachsen in 40 bis 70% der Fälle die Verwendung von Vorspann oder durchgehende Doppelbespannung mit Vielfachsteuerung erheischen. Dies ist betrieblich unerwünscht, weil für das An- und Wegstellen der Vorspannlokomotive Zeit verloren geht und die betreffenden Züge zu diesem Zwecke an Orten anhalten müssen, wo dies mit Rücksicht auf den Verkehr nicht notwendig wäre. Die Ungewissheit, ob Vorspann gestellt werden muss oder nicht, macht die vorsorgliche und oft unnütze Bereitstellung von Lokomotiven und deren Bedienung notwendig und verhindert damit den rationellen Einsatz des Lokomotivparks und des Personals.

E. Neue Möglichkeiten

Die im vorstehenden Abschnitt dargestellten nicht recht befriedigenden Verhältnisse rechtfertigen es, die Zugförderung am Gotthard erneut einer gründlichen Ueberprüfung zu unterziehen. Eine solche Ueberprüfung ist von Zeit zu Zeit ohnehin notwendig, da die Verhältnisse und die Anforderungen ja ständig ändern und die unaufhaltsame Entwicklung der Technik ständig neue Möglichkeiten und die Voraussetzung zu noch besseren und noch wirtschaftlicheren Lösungen schafft. So hat man u. a. seit der Inbetriebnahme der neuesten Ae 4/6-Lokomotiven erkannt, dass es bei zweckmässig gebauten Drehgestellokomotiven keiner vorlaufenden Laufachsen bedarf, um auch bei hohen Geschwindigkeiten und auf kurvenreichen Strekken einen guten Fahrzeuglauf und innerhalb normalen Grenzen liegende Beanspruchungen des Oberbaues zu erzielen.

Ferner ist es heute möglich, in Lokomotiven ohne Laufachsen bei 20 t Achsdruck eine Leistung von 1000 PS pro Triebachse einzubauen. Mit dieser Leistung kann die mit Rücksicht auf die Adhäsion maximal zulässige Anhängelast auf Steigungen von 27 ‰ mit einer Geschwindigkeit von 75 km/h befördert werden. Da die Geschwindigkeiten auf den Steilrampen des Gotthard schon mit Rücksicht auf die Kurven nicht über 80 km/h gesteigert werden dürfen, ist diese Leistung bei Ausnützung der kurzzeitigen Ueberlastbarkeit der elektrischen Lokomotive ausreichend, und damit wird es möglich, auch zur Führung der Gotthard-Schnellzüge Lokomotiven mit voller Adhäsion und ohne totes Gewicht zu bauen. Der Wert T in der im Kapitel A stehenden Gleichung (2) wird damit gleich Null und das mögliche Anhängegewicht steigt bei einem zulässigen Achsdruck von P = 20 t für eine Lokomotive mit vier Triebachsen auf 400 t, mit 5 auf 500 t, mit 6 auf 600 t, mit 8 auf 800 t. Das für die Gotthardstrecke gültige Verhältnis zwischen Lokomotiv- und maximalem Anhängegewicht steigt damit auf 1:5, während es bei den Lokomotiven Ae 8/14 1:3,2, bei den Ae 4/6 1:3,6 und bei den Ae 4/7 1:2,6 beträgt.

Auch bei Verwendung solcher moderner Triebfahrzeuge sind für die Zugförderung am Gotthard noch verschiedene Lösungen vorhanden. Immerhin werden Drehgestellokomotiven mit ungeraden Achszahlen aus baulichen Gründen nach Möglichkeit vermieden. Ausserdem müssten solche mit mehr als sechs Triebachsen nach der europäischen Praxis wiederum wie die Ae 8/14-Lokomotiven als Doppellokomotiven mit allen ihren im Kapitel D erwähnten Nachteilen gebaut werden. Es bleiben damit nur noch die vierachsige und die sechsachsige Bauart, wobei die vierachsige ohne weiteres so gebaut werden kann, dass vielfachgesteuerte Kombinationen von zwei Lokomotiven gebildet werden können.

F. Was für neue Lokomotiven für Gotthard-Schnellzüge?

Die Forderung nach einer besseren und wirtschaftlicheren Zugförderung ist besonders bei den Schnellzügen notwendig und dringend. Dabei stellt sich sofort die Frage, ob es angängig und klug ist, die Frage der Traktion der Gotthard-Schnellzüge für sich allein und ohne Zusammenhang mit dem sich ebenfalls stellenden Problem der Förderung der Güterzüge zu behandeln. So verdankt beispielsweise die Ae 8/14-Lokomotive ihr Entstehen nicht zuletzt dem Bestreben, eine Lokomotive zu haben, die für den Schnell- und Güterzugdienst gleich gut geeignet und daher freizügig verwendbar ist. Mit solchen «Universallokomotiven» lassen sich wohl maximale kilometrische Leistungen und damit eine gute Ausnützung erreichen. Wie aber gerade das Beispiel der Ae 8/14 zeigt, ist dies noch lange nicht gleichbedeutend mit grösster Wirtschaftlichkeit, indem solche Lokomotiven das eine Mal bezüglich Zugkraft und das andere Mal bezüglich Geschwindigkeit und stets bezüglich Leistung unausgenützt sind.

Nachdem sich nun in den letzten zehn Jahren der Schnellzugverkehr auf der Gotthardstrecke ausserordentlich stark entwickelt hat, ist das Bedürfnis nach einer «Universallokomotive» kleiner geworden. Der dichte Schnellzugfahrplan ermöglicht es, für eine Anzahl Lokomotiven auch bei fast ausschliesslicher Verwendung im Schnellzugdienst eine gute

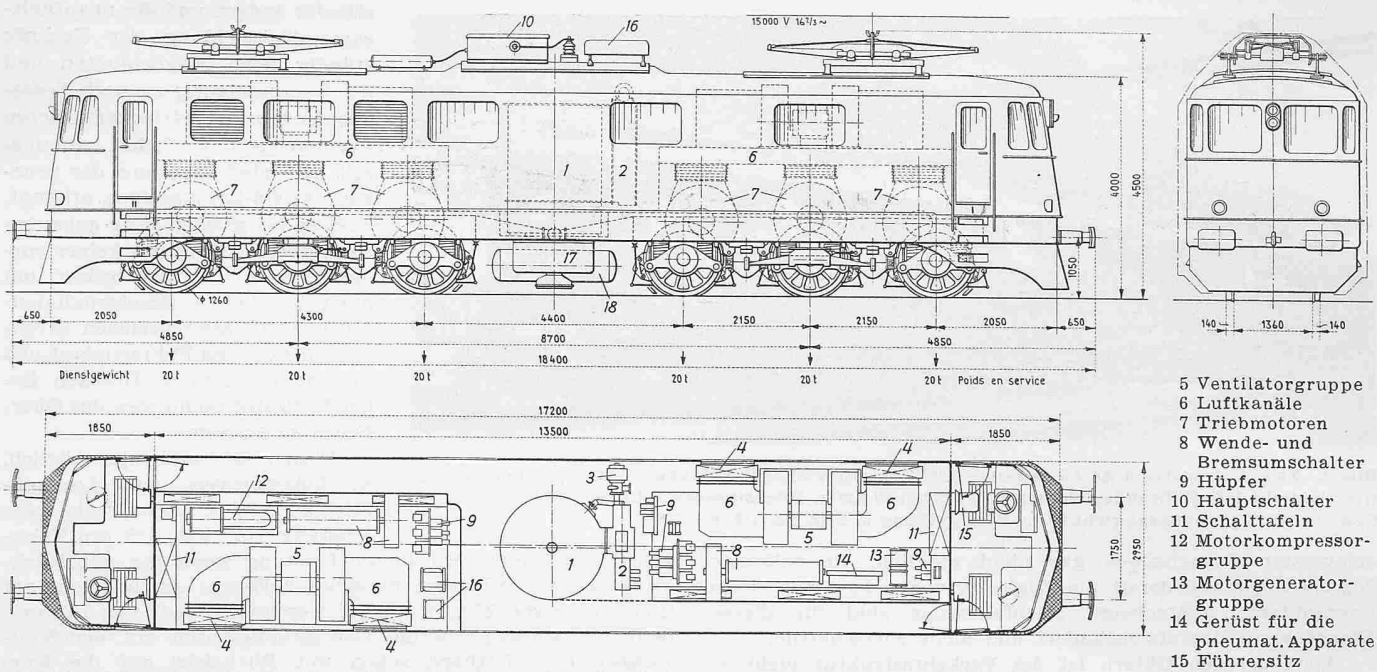

Bild 5. Lokomotive Ae 6/6 z. Z. im Bau. Masstab 1 : 125. Stundenleistung 6000 PS bei 75 km/h, Höchstgeschwindigkeit 125 km/h, Totalgewicht, zugleich Reibungsgewicht 120 t, Max. Anfahrzugkraft am Rad 33 t, Stundenzugkraft am Rad 21,2 t

1 Transformator
2 Stufenschalter
3 Oelpumpengruppe
4 Oelkühler
5 Ventilatorgruppe
6 Luftkanäle
7 Triebmotoren
8 Wende- und Bremsumschalter
9 Hüpfer
10 Hauptschalter
11 Schalttafeln
12 Motorkompressorgruppe
13 Motorgeneratorgruppe
14 Gerüst für die pneumat. Apparate
15 Führersitz
16 Apparatur für Rekuperations-
17 Batterie [bremse
18 Hauptluftbehälter

Ausnützung und in wirtschaftlicher Hinsicht einen optimalen Einsatz zu erzielen.

Es wurde daher vornehmlich im Hinblick auf den Schnellzugsdienst untersucht, ob die Verwendung von vier- oder sechsachsigen Lokomotiven in Zukunft vorteilhafter sein wird. Dabei waren die nachstehenden Möglichkeiten der Schnellzugsförderung am Gotthard in Betracht zu ziehen:

a) Bespannung sämtlicher Schnellzüge mit einer vierachsigen Lokomotive, Vorspann auf Steilrampen nach Bedarf;
b) Bespannung sämtlicher Schnellzüge mit zwei vielfachgesteuerten vierachsigen Lokomotiven;
c) Bespannung eines Teils der Schnellzüge nach a) und eines Teils nach b);
d) Bespannung sämtlicher Schnellzüge mit einer sechsachsigen Lokomotive, Vorspann auf Steilrampen nach Bedarf;
e) Bespannung eines Teils der Schnellzüge nach a) und eines Teils nach d).

Diese fünf Möglichkeiten waren zu beurteilen nach folgenden Gesichtspunkten:

1. Zahl und Umfang der notwendigen Vorspannleistungen;
2. Zahl der für die Zugförderung zu leistenden Lokomotiv-Tonnenkilometer und Höhe des entsprechenden Verbrauchs an elektrischer Energie;
3. Erforderliche Anzahl von Triebfahrzeugen der verschiedenen Gattungen und Höhe der dafür notwendigen Kapitalinvestition (Aufwand für Verzinsung und Abschreibung);
4. Zu erwartende Kosten für den Unterhalt der Triebfahrzeuge und der Fahrbahn;
5. Kosten für das Lokomotivpersonal.

Diese Untersuchung wurde zahlenmässig für die ganze Fahrplanperiode 1948/49 anhand der effektiven Zuggewichte durchgeführt und ausserdem für einen Monat mit ausgesprochen starkem (Juli 1949) und einen solchen mit schwachem Verkehr (Februar 1949).

Es würde zu weit führen, die Ergebnisse dieser umfangreichen und mit grosser Gründlichkeit durchgeführten Studie hier vollständig wiederzugeben. Es sei daher lediglich auf das Endergebnis und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen kurz eingetreten. Ganz allgemein wurde festgestellt, dass die Verwendung von Triebfahrzeugen neuester Bauart an sich schon gegenüber dem heutigen Zustand eine bedeutende Verbesserung bringt, gleichgültig, ob vier- oder sechsachsige Triebfahrzeuge zum Einsatz gelangen. Die Betrachtung der sich bei Verwendung modernster Fahrzeuge bietenden, vorstehend mit a) bis e) bezeichneten Möglichkeiten führt aber zum Schluss, dass sie unter sich keineswegs gleichwertig sind.

Beurteilt man schliesslich diese fünf verschiedenen Traktionsarten nach den unter 1. bis 5. erwähnten Gesichtspunkten, so kann man das Ergebnis am anschaulichsten in einer Art Rangordnung darstellen, in der die günstigste Lösung im ersten und die ungünstigste im letzten Rang erscheint. Eine solche Rangordnung ist auf Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1. Rangordnung der untersuchten Varianten

Traktionsart nach Variante	a	b	c	d	e
Anzahl Vorspannleistungen	5	1	3	2	4
Zu leistende Lok-Tonnenkilometer Höhe des Energieverbrauchs	1	5	4	3	2
Höhe der Kapitalinvestition für die Triebfahrzeuge und damit Kosten für Verzinsung und Abschreibung	1	5	3	2	4
Kosten für den Unterhalt der Triebfahrzeuge und der Fahrbahn	1	5	4	3	2
Kosten für das Lokomotivpersonal	5	1	3	2	4

Diese Zusammenstellung mag etwas schematisch anmuten; sie gibt aber doch ein zum mindesten qualitativ richtiges Bild der Verhältnisse. Sie zeigt, dass jede Traktionsart ihre Vor- und Nachteile hat und dass es einen «Idealfall» hier nicht gibt. Es gilt vielmehr, diejenige Lösung zu wählen, bei der die Vorteile gegenüber den unvermeidlichen Nachteilen am stärksten überwiegen.

Bei dieser Wahl muss die Variante a) (ausschliessliche Verwendung von vierachsigen Lokomotiven in Einfachtraktion mit Vorspann auf Steilrampen), welche am meisten Vorspannleistungen ergibt, im Interesse der Beschleunigung und der reibungslosen Abwicklung des Schnellzugverkehrs ausscheiden. Anderseits kann die Variante b) (ausschliessliche Verwendung von vierachsigen Lokomotiven in Doppeltraktion) der hohen Kosten und der grossen Kapitalinvestition wegen nicht in Betracht gezogen werden. Die Variante e) (Verwendung von sechs- und vierachsigen Lokomotiven) bietet gegenüber den Varianten c) und d) zu wenig Vorteile, als dass sich der Bau und die Verwendung von zwei verschiedenen Lokomotivtypen rechtfertigen würde. Es bleiben somit in der engern Wahl noch die Variante c) (Verwendung von vierachsigen Lokomotiven z. T. in Einfach- und z. T. in Doppeltraktion) und die Variante d (ausschliessliche Verwendung von sechsachsigen Lokomotiven). Ein eingehender Vergleich dieser beiden Traktionsarten zeigte schliesslich die deutliche Ueberlegenheit der Variante d), so dass sich als Schluss-

ergebnis der ganzen Untersuchung die Erkenntnis ergab, dass die Schnellzüge am Gotthard am zweckmässigsten mit *sechsachsigen* Lokomotiven geführt werden.

Diese Schlussfolgerung ist wie bereits erwähnt, das Ergebnis einer Untersuchung der Verhältnisse in der Fahrplanperiode 1948/49. Man kann sich natürlich fragen, ob sich der Entscheid über die zukünftige Traktionsart und damit über die Wahl eines neuen Lokomotivtyps auf die Verhältnisse einer bereits zurückliegenden Zeitperiode stützen darf. Bekanntlich ändern sich die Anforderungen mit der Zeit; die einmal angeschafften Fahrzeuge müssen aber während 30 oder 40 Jahren verwendbar sein. Wenn man sich aber nicht mit reinen Spekulationen über die zukünftigen Erfordernisse begnügen will, so bleibt kein anderer Weg, als sich auf die Beobachtungen der jüngsten Vergangenheit zu stützen. Man muss sich bei diesem Vorgehen aber bewusst sein, dass das auf die Vergangenheit aufgebaute Ergebnis im Hinblick auf die wahrscheinliche künftige Entwicklung zu überprüfen ist. Auch dies ist geschehen. Dabei wurde die Wahrscheinlichkeit, dass sich das Gewicht der Gotthard-Schnellzüge in den kommenden Jahren im einen oder andern Sinne stark verändern werde, als gering eingeschätzt. Man hat somit guten Grund anzunehmen, dass die vorerst für die Gegenwart gezogenen Schlussfolgerungen ihre Gültigkeit auch noch für eine weitere Zukunft behalten werden.

G. Die Lokomotive Ae 6/6 der SBB

Die für die Führung der Gotthard-Schnellzüge als am zweckmässigsten erachtete Lokomotive mit sechs Triebachsen und ohne Laufachsen, mit einem Totalgewicht von 120 t und einer Leistung von 6000 PS besteht indessen noch nicht und muss zuerst geschaffen werden. Die Entwürfe für einen solchen Lokomotivtyp sind von unserer Industrie in enger Zusammenarbeit mit dem Zugförderungs- und Werkstättedienst der SBB schon vor bald zwei Jahren ausgearbeitet worden und gegenwärtig steht der Prototyp dieser Bauart in zwei Exemplaren im Bau. Eine genaue Beschreibung dieser Lokomotive wird im Zeitpunkt ihrer Fertigstellung, d. h. etwa zu Beginn des Jahres 1952, veröffentlicht werden können. Die Konstruktion ist immerhin bereits so weit fortgeschritten, dass die Hauptdaten der Lokomotive keine Aenderungen mehr erfahren werden und daher heute schon bekannt gegeben werden können. Das Bild 5 zeigt den äussern Aufbau, die Hauptabmessungen und die innere Disposition der Lokomotive.

Die Bauart mit zwei dreiachsigen Drehgestellen wurde schliesslich der ebenfalls erwogenen Bauart mit drei zweiachsigen Drehgestellen vorgezogen. Jede Triebachse wird über den bewährten und auch bei den Re 4/4-Lokomotiven der SBB verwendeten Brown Boveri-Federantrieb von einem im Drehgestell fest verschraubten Triebmotor angetrieben. Jeder Motor weist eine Stundenleistung von 1000 PS bei 75 km/h auf. Mit Rücksicht auf die zu befahrenden Talstrecken wird die Lokomotive für eine Höchstgeschwindigkeit von 125 km/h gebaut. Sie erhält einen Transformator von 4500 kVA neuester Bauart von Brown Boveri mit radial geblechtem Eisenkern und eine von der gleichen Firma gelieferte Hochspannungssteuerung. Die elektrische Rekuperationsbremse wird nach der Erregermotorschaltung der Maschinenfabrik Oerlikon ausgeführt. Weitere Merkmale dieser Lokomotive sind die in zwei Stufen geschwindigkeitsabhängige Hochleistungsbremse für hohe Geschwindigkeiten nach dem System der Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon, eine elektropneumatisch betätigte Schleuderbremse, die vervollkommnete Sicherheitssteuerung der Maschinenfabrik Oerlikon, Führerstände für wahlweise sitzende oder stehende Bedienung, eine neuzeitliche Führertischbeleuchtung und Geschwindigkeitsmesser mit elektrischem Fernantrieb.

Es besteht berechtigte Hoffnung, dass diese Lokomotive einen neuen Abschnitt in der Geschichte der Gotthardtraktion einleiten kann, der sich durch grössere Leistungsfähigkeit und höhere Reisegeschwindigkeiten bei geringerem Energieaufwand, kleinerem Materialverbrauch und niedrigeren Kosten auszeichnen wird.

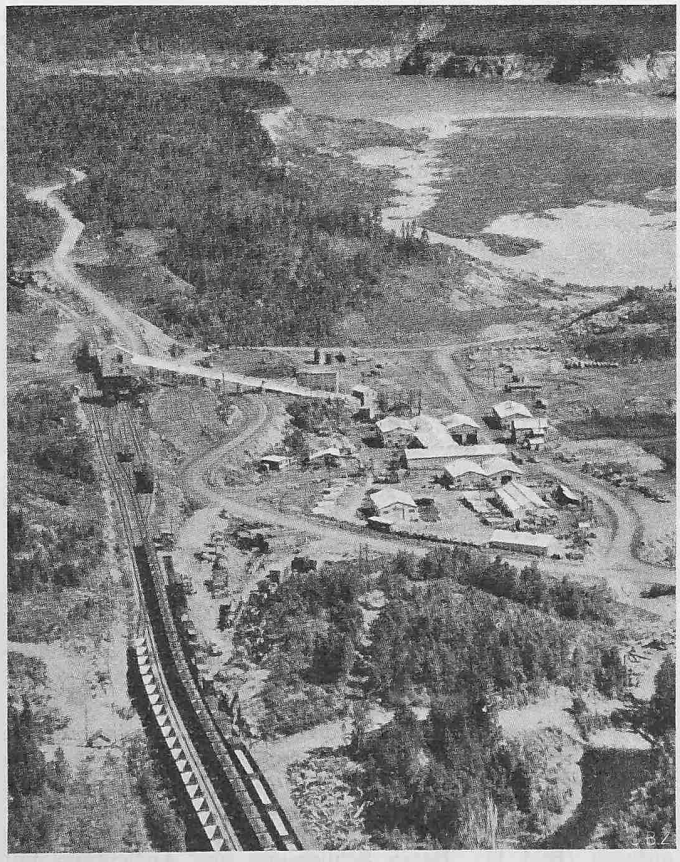

Bild 1. Erzverladestation am Steep Rock-See. Die unbewaldeten Uferpartien geben die Höhe der Seeabsenkung an. Links die Erzbahn, beschickt durch das schiefe Transportband in der Mitte

Erschliessung von Eisenerzvorkommen in Canada

DK 622.341.1(73)

Erzgewinnung aus dem «Steep Rock»-See. Im Seengebiet längs der Grenze zwischen den Vereinigten Staaten (Minnesota) und Canada (Ontario), etwa 110 km nördlich der am Westende des Lake Superior gelegenen Stadt Duluth, sind schon Ende des letzten Jahrhunderts ausgedehnte, unter Wasser liegende Eisenerzlager festgestellt worden. 1930 haben magnetische Messungen, die von der geschlossenen Eisdecke der Seeoberfläche aus durchgeführt wurden, diese Erzvorkommen in drei voneinander getrennten Feldern bestätigt, was kurz vor Kriegsausbruch zu weiteren Untersuchungen durch Sondierbohrungen Anlass gab. Der Eisengehalt der Erze bezifferte sich auf 57 %, wobei Phosphor- und Schwefelbeimischungen nur in Spuren ermittelt werden konnten. Die Ausbeutung der Erze verlangte indessen die Absenkung des 40 bis 110 m tiefen Sees mit einer Oberfläche von etwa $^4/_5$ derjenigen des Murtensees. Das bedeutete die Ableitung von rund 300 Mio m³ Wasser, was den Bau mehrerer Staudämme, tiefer Kanäle, grosser Stollen und Pumpanlagen erforderte. Auch ein Kraftwerk mit 7000 PS Leistung ist am Fusse einer der Stauhaltungen errichtet worden; ein zweites mit 35 000 PS Leistung ist vorgesehen. Besondere Probleme stellte die Schaffung der Unterkunft mit allem Zubehör für tausend Arbeiter in der ursprünglich fast unbewohnten, dicht bewaldeten Gegend. Schliesslich waren mehr als 17 Mio m³ Schlamm, Kies und Fels zu beseitigen, bevor im Herbst 1944 der Erzabbau beginnen konnte. Der Transport des Erzgutes bis zu einer Bahnumschlagstelle geschieht mit mächtigen 22-t-Euclid-Fahrzeugen, wofür der Bau von 24 km Strasse mit zwei grossen Brücken nötig war. Eine Erzbahn führt schliesslich zu dem 230 km entfernten Port Arthur am Lake Superior, von wo die Weiterbeförderung nach den Hüttenwerken mit Schiffen geschieht. Die Jahresproduktion aus dem ersten erschlossenen Erzfeld beträgt etwa 1 Mio t. Der allmähliche Abbau der beiden andern Erzlager ist in Aussicht genommen, wofür noch umfangreiche Vorarbeiten, worunter die Beseitigung von 38 Mio m³ Abraum und die Erstellung von Transportwegen und Bauten aller Art, erforderlich sind. Die aus den voraussichtlich 400 bis 600 m tief reichenden Lagern gewinnbare Erzmenge wird auf mindestens 70 Mio t geschätzt. Einzelheiten über dieses eigenartige und weitgreifende Unternehmen der «Steep Rock Iron Mines Ltd.» finden sich in einem illustrierten Aufsatz in «Mine & Quarry» vom April 1951, dem wir auch Bild 1 entnommen haben.