**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 75 (1984)

**Heft:** 18

**Artikel:** Die Eisenbahnen und die Energie

**Autor:** Neuhaus, M.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-904468

**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:** 14.07.2025

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

# Die Eisenbahnen und die Energie

M. Neuhaus

*Obwohl in der Schweiz die Bahnen einen massgebenden Teil der gesamten Verkehrsleistungen erbringen, ist ihr Anteil am gesamten Energieverbrauch des Landes mit nur 1% sehr bescheiden. Der Beitrag erläutert die Gründe für den niedrigen spezifischen Energieverbrauch der Bahnen im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln und weist auf die wichtigsten Faktoren hin, die diesen Verbrauch beeinflussen. Auch die Versorgung der schweizerischen Bundesbahnen mit elektrischer Energie wird dargestellt.*

*Bien que les chemins de fer assurent en Suisse une part importante du transport dans son ensemble, leur part à la consommation d'énergie totale du pays est très modeste, puisqu'elle ne représente que 1%. L'article explique les raisons de la faible consommation spécifique d'énergie des chemins de fer par rapport aux autres moyens de transport et montre les facteurs les plus importants qui influencent cette consommation. Il présente également l'approvisionnement des CFF en énergie électrique.*

**Adresse des Autors**

*Martin Neuhaus*, dipl. Ing. ETH, Sektionschef, Schweizerische Bundesbahnen, Abteilung Kraftwerke, Schwarztorstrasse 59, 3030 Bern

## 1. Rückblick

Wirtschaft, Verkehr, Energie und Umwelt sind seit einigen Jahren Schlagworte, die sich in ihrem Aktualitätsgrad den Platz täglich aufs neue streitig machen. Zwischen ihnen herrschen unbestreitbare Interdependenzen. Am Schnittpunkt zweier wichtiger Volkswirtschaftszweige, der Energie- und der Verkehrswirtschaft, steht die Eisenbahn. Gegenwärtig besteht leider die Gefahr, dass die Bedeutung der Bahnen im Gesamtverkehrssystem unterschätzt wird. Zu oft treten die Eisenbahnen mit ihren – aufgrund einer geschlossenen und vollständigen Unternehmenserfolgsrechnung ausgewiesenen – ansehnlichen Fehlbeträgen und den damit verbundenen volkswirtschaftlichen Lasten beim Bürger negativ in Erscheinung. Zuwenig werden dagegen die ihnen innewohnenden, weniger objektiv erfassbaren volkswirtschaftlichen Vorteile hervorgehoben. Ein besonderer Aspekt soll hier näher untersucht werden, der natürlich auch im Hinblick auf die Schonung der Umwelt und der Ressourcen von Bedeutung ist: Energie und Verkehr.

Im Gefolge des ersten Ölschocks im Spätherbst 1973 und der sich damals ausbreitenden allgemeinen Hysterie wurden von den Politikern und Managern bislang «unübliche» Fragen nach der *Energieeffizienz* oder der *Energieproduktivität* des gesamten Verkehrsapparates und der einzelnen Verkehrsträger gestellt, deren Beantwortung allerdings vielerorts Mühe bereitete, da, auch bei sonst umsichtig geführten Unternehmungen, ein entsprechendes Energiemanagement und -controlling noch weitgehend fehlte. Wozu auch? Energie war billig und ein a priori vorhandener Produktionsfaktor.

Obwohl die Bahnen hinsichtlich Energieverbrauch und Verkehrsleistungen ein «geschlossenes System» darstellen und daher in bezug auf den Energieverbrauch pro Verkehrsleistungseinheit grundsätzlich überblickbar sind, bestand auch bei ihnen unternehmensintern keine einheitliche Betrachtungsweise des Problems. Dem *Produktionsfaktor Energie* wurde schon deshalb keine besondere Bedeutung beigemessen, weil er z.B. am Gesamtjahresaufwand der SBB mit lediglich ungefähr 5% partizipiert. Doch nach und nach begannen sich weitere Kreise für den energetischen Vergleich der Verkehrsträger zu interessieren.

## 2. Verkehrsträger im Vergleich

Bekanntlich hängen die Zunahme zivilisatorischer Tätigkeit und die Nachfrage nach besseren Verkehrsleistungen eng zusammen. Die Rohstoffvorräte, die Energie und der verfügbare Raum sind aber begrenzt vorhanden. Es gilt daher mit ihnen bewusst haushälterisch umzugehen und das Vorhandene besser und sinnvoller zu nutzen. Das heisst *sparsamere Verfahren* anwenden, die zu *vergleichbaren Ergebnissen* führen.

In diesem Sinne soll hier die Frage des Energieverbrauchs im Verkehr erörtert werden. Es kann nicht darum gehen, bestimmte Verkehrsträger oder Verkehrsmittel auf Kosten anderer in ein vorteilhafteres Licht zu rücken. Eine solche Absicht wäre von sehr zweifelhaftem Nutzen, denn: Die heute bestehenden Verkehrsmittel und -träger können sich nur in gewissen Bereichen gegenseitig vollwertig ersetzen. So werden zum Beispiel Flächensiedlungen mit Vorteil durch Strassen erschlossen, Ballungszentren dagegen sinnvollerweise durch Eisenbahnen verbunden.

### *2.1 Anteile der Verkehrsträger am Gesamtverkehrsaufkommen*

Ein Blick in die schweizerische Transportstatistik zeigt, dass – mit

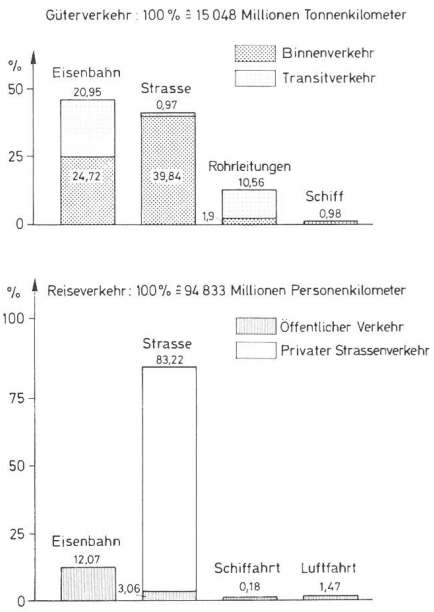


**Fig. 1 Geschätzte Anteile der Verkehrsträger am Gesamtverkehrsaufkommen in der Schweiz 1982**

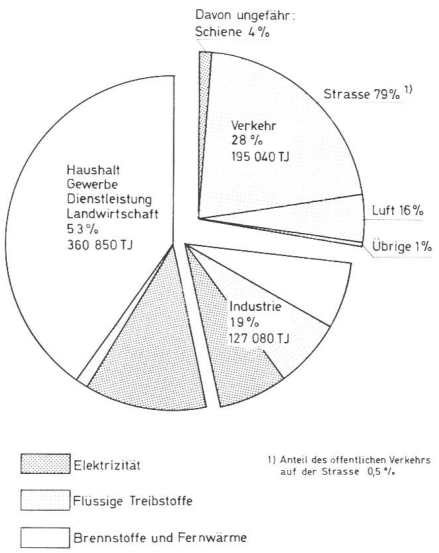


**Fig. 2 Endenergieverbrauch in der Schweiz 1983 nach Verbrauchergruppen**

Ausnahme von Rohrfernleitungen – diese Verkehrsmittel sowohl für den Personen- als auch für den Güterverkehr zum Einsatz kommen (Fig. 1).

Während die Eisenbahnen ihre Verkehrsleistungen hauptsächlich auf längeren Strecken erbringen, gehört der Strasse der Bereich der kürzeren Distanzen. Im Güterverkehr auf der Strasse werden beispielsweise vier Fünftel aller Sendungen 25 Kilometer oder weniger weit transportiert. Die Hälfte aller Bahngüter hingegen legt eine Strecke von 200 Kilometern und mehr zurück.

Das Flugzeug, im Langstrecken- und Überseeverkehr konkurrenzlos, ist im Binnenverkehr ohne Bedeutung, ebenso das Schiff. Bei den Rohrfernleitungen sind hauptsächlich die Transite durch unser Land ganz beachtlich.

Wollte man umfassender vergleichen, wären weiter zu prüfen: Reise- und Transportgeschwindigkeiten, Umweltbelastungen (Emissionen von Lärm und Schadstoffen, Raumbeanspruchung, Rohstoffverzehr...) oder das volkswirtschaftliche Aufwand-/Nutzen-Verhältnis (unter Berücksichtigung von «externen» Kosten) usw.

### *2.2 Energieverbrauch der verschiedenen Verkehrsmittel*

Der Bruttoenergieverbrauch der Schweiz betrug im Jahre 1983 875 720 TJ oder etwa 240 TWh. Der entsprechende Endenergieverbrauch lag bei 682 970 TJ oder rund 190 TWh. Der durchschnittliche Umwandlungsgrad des «Energiesystems Schweiz» berechnet sich damit zu 78%. 22% der zugeführten Primärenergie gehen bei der Umwandlung verloren.

Mehr als ein Viertel der Endenergie wird im Sektor Verkehr verbraucht (Fig. 2). Wenn man die Verkehrsleistungen dem Endenergieverbrauch gegenüberstellt, fällt auf, dass die Bahnen zwar nur 1% der gesamten Endenergie oder etwa 4% der im Verkehr verbrauchten Endenergie *in der Form von Elektrizität* für sich in Anspruch nehmen, damit aber rund 45% der Güter- und 12% der Personenverkehrsleistungen erbringen. Diese erste Grobbetrachtung deutet auf eine gegenüber dem Strassen- und Luftverkehr relativ rationelle Energienutzung hin.

Wie Tabelle I zeigt, hat sich im übrigen der Anteil des Verkehrs am Gesamtenergieverbrauch in den letzten 30 Jahren nahezu verdoppelt. Dieser Anstieg ging vor allem auf das Konto der Treibstoffe (etwa 22% des Gesamtenergieverbrauchs entfallen derzeit auf den Strassenverkehr und etwa 5% auf den Luftverkehr), während der Anteil der für die Bahnen benötigten Elektrizität von etwa 2% in den 50er Jahren auf heute etwa 1% zurückging.

## 3. Einflussfaktoren für den Energieverbrauch

### *3.1 Systembedingte Unterschiede*

Beim Flugzeug ist das vorherrschende Merkmal der für den Auftrieb unabdingbare grosse Luftwiderstand, beim Strassenfahrzeug sind es die Walk- und Reibungsverluste im Pneu. Sowohl Flug- wie Strassenfahrzeug kämpfen zudem mit dem grundsätzlich schlechten Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors. Das Personenauto ist in dieser Hinsicht besonders ungünstig. Vom Energieinhalt des Benzins erscheinen nur zwischen 10% und höchstens 20% als mechanische Nutzarbeit am Rad.

Ohne Übertreibung darf indessen behauptet werden, dass vom Standpunkt des Ingenieurs aus die Bahn in jeder Hinsicht ein weit besseres Verkehrsmittel darstellt als zum Beispiel das mit einem Benzinkolbenmotor ausgerüstete Personenauto. Nicht nur verbraucht sie weniger Energie für die Fortbewegung, auch der Materialverzehr für Bau und Betrieb ist geringer. Sowohl der Gesamtwirkungsgrad des vollelektrifizierten Bahnsystems der Schweiz als auch der Wirkungsgrad der elektrischen Lokomotive bei der Umwandlung der Elektrizität in me-

*Aufteilung des Endenergieverbrauchs in der Schweiz* — Tabelle I

| | 1950 | 1960 | 1970 | 1980 | 1983 |
|---|---|---|---|---|---|
| Endenergieverbrauch total (PJ) | 172,7 | 295,7 | 586,8 | 683,9 | 683,0 |
| davon Erdöl (%) | 24 | 51 | 51 | 71 | 68 |
| Anteile am Energieverbrauch | | | | | |
| - Industrie | 30 | 29 | 26 | 20 | 19 |
| - Haushalt | } 55 | } 50 | } 50 | 32 | 32 |
| - Gewerbe, Landw., Dienstleistungen | | | | 21 | 21 |
| - Verkehr | 15 | 21 | 24 | 27 | 28 |
| davon: | | | | | |
| - Strassenverkehr | 10 | 17 | 19 | 21 | 22 |
| - Bahnen | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| - Luftverkehr | 1 | 2 | 4 | 5 | 5 |

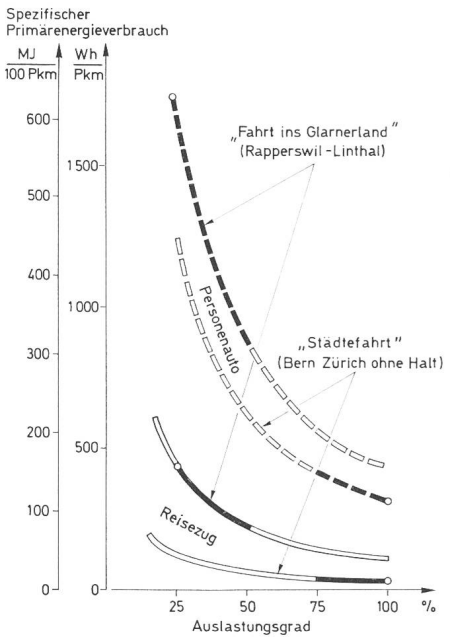


**Fig. 3 Spezifischer Primärenergieverbrauch verschiedener Verkehrsmittel in Abhängigkeit von der Auslastung im Reiseverkehr**

chanische Arbeit sind erstaunlich hoch.

Beim heutigen Versorgungssystem der SBB bleiben von der aufgewendeten Primärenergie (Wasserkraft, nuklearer und fossiler Brennstoff) als Verkehrsarbeit zum Heben und Fördern der Bruttolasten (Brutto-Nutzarbeit) etwa 40%, beim Personenauto dagegen nur etwa 4% übrig. Allerdings ist davon auszugehen, dass das Verhältnis Tara zu Nettolast beim Personenauto etwas günstiger ist als beim Eisenbahnzug.

Ein weiterer Grund liegt in den überragend günstigen Eigenschaften des Systems Stahlschiene-Stahlrad. Es gibt in der Physik der Bewegungen kaum etwas so Günstiges wie das Rollen von Stahl auf Stahl: Sowohl Reibung als auch Abnützung sind nicht mehr zu unterbieten. Die Eisenbahn fährt sozusagen auf einem abgewickelten Wälzlager! Daher hat sich dieses System über anderthalb Jahrhunderte praktisch unverändert gehalten. Zudem bringt es die äussere Form des Eisenbahnzugs mit sich, dass der Luftwiderstand (bezogen auf den Sitzplatz oder die Frachttonne) ausserordentlich gering ist.

### *3.2 Der Auslastungsfaktor*

Wie wichtig in bezug auf den spezifischen Energieverbrauch die Auslastung der Verkehrsgefässe ist, sollen die Figuren 3, 4 und 5 zeigen.

- *Personenverkehr zu Land:* Im ersten Beispiel wird eine Fahrt von Bern nach Zürich unterstellt, und zwar ohne Halt. Zur Wahl stehen der Städteschnellzug der SBB oder ein Mittelklasswagen. Da vier Personen gemeinsam fahren, scheint die Benützung des Personenautos gerechtfertigt zu sein. Dabei wird aber übersehen, dass das Personenauto trotz der maximalen Auslastung für jeden Reisenden rund zehnmal mehr Primärenergie benötigt als der Städteschnellzug (Fig. 3).
  Das zweite Beispiel ist eine Reise von Rapperswil nach Linthal, eine Fahrt also auf einer Nebenlinie der SBB. Es besteht die Wahl zwischen dem Regionalzug und dem Personenauto. Wenn man bei beiden Verkehrsmitteln eine schlechte Besetzung annimmt – zum Beispiel betrage der Auslastungsgrad bloss ein Viertel oder 25% –, so nimmt schon aus diesem Grunde der Verbrauch pro Person stark zu, da viel «totes Gewicht» im Verhältnis zur Reisendenzahl mitgeführt werden muss. Die massgebende Verkehrsflüssigkeit, die vielen Halte sowie Steigungen im Glarnerland tragen zum Mehrverbrauch bei. Bei der Bahn fällt ferner die relativ schwere Lokomotive im Verhältnis zu dem aus nur drei Wagen bestehenden Zug stark in Gewicht. Trotz dieser ungünstigen Bedingungen benötigt das Personenauto viermal mehr Primärenergie pro Reisenden als der Regionalzug (Fig. 3).
- *Güterverkehr zu Land:* Ähnliche Zusammenhänge gelten für den Güterverkehr (Fig. 4). Bei einigermassen vernünftiger Auslastung schneidet die Eisenbahn bedeutend besser ab als der Lastwagen und, bei den

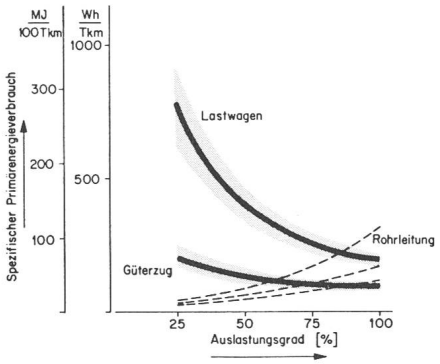


**Fig. 4 Spezifischer Primärenergieverbrauch verschiedener Verkehrsmittel und Rohrfernleitungen in Abhängigkeit der Auslastung im Güterfernverkehr**

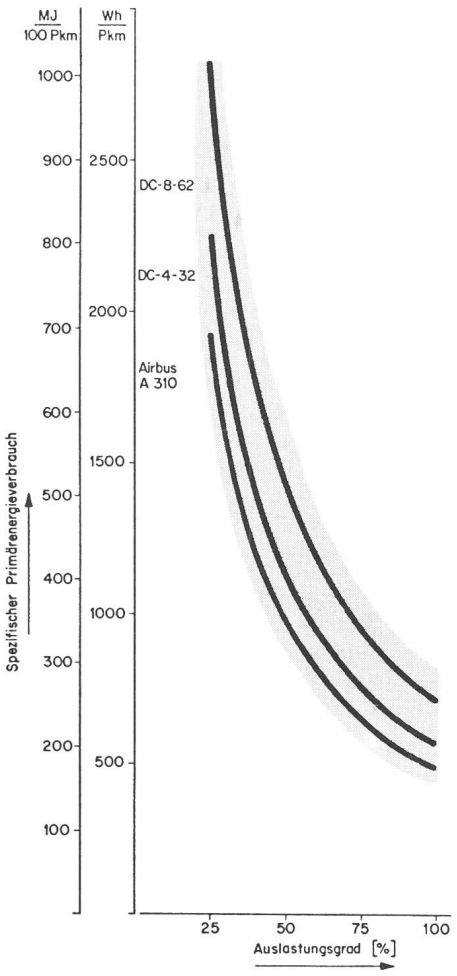


**Fig. 5 Spezifischer Primärenergieverbrauch verschiedener Flugzeugtypen in Abhängigkeit der Auslastung auf der Strecke Zürich–Athen**

Flüssigkeitstransporten ähnlich gut wie die Rohrfernleitungen. Etwas weniger vorteilhaft ist die Bahn im Falle des Huckepackverkehrs, bei dem ganze Lastzüge oder Sattelaufleger mit der Bahn befördert werden. Doch sind natürlich hier die Vorteile nicht beim Energiesparen allein zu suchen:

Ein mit 21 Lastwagen vollbeladener Huckepackzug, von Basel nach Chiasso, könnte annähernd 3000 Liter Dieselkraftstoff einsparen. Er verbraucht zwar auf seiner Fahrt die respektable Primärenergiemenge von 18 000 kWh oder, für einen Lastwagen, etwa 860 kWh. Das scheint auf den ersten Blick viel zu sein. Auf seinen eigenen Rädern würde der Lastwagen mit dieser Energiemenge von Basel aus allerdings nur den neuen Gotthard-Autobahntunnel erreichen. Zu bedenken ist dabei aber, dass mit den eingesparten 3000 Litern Dieselöl oder – was das selbe ist – Heizöl ex-

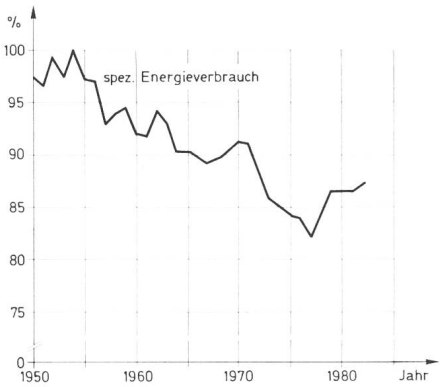


**Fig. 6 Mittlerer spezifischer Energieverbrauch der SBB pro Bruttotonnenkilometer ab Unterwerk**
100% = 50 Wh/Btkm (Anhängelast)

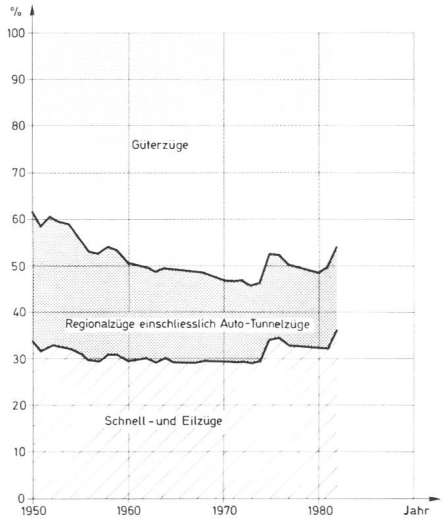


**Fig. 7 Struktur der Betriebsleistungen der SBB in Prozent der Bruttotonnenkilometer**

tra leicht ein mittelgrosses, neuzeitlich isoliertes Einfamilienhaus im Mittelland annähernd ein ganzes Jahr mit Wärme versorgt werden könnte!

- *Personenverkehr in der Luft:* Zur Abrundung des Eindrucks ist in Figur 5 der spezifische Energieverbrauch im Luftverkehr anhand der Strecke Athen–Zürich wiedergegeben.

### *3.3 Der spezifische Verbrauch als Betriebs-Kennziffer*

Die Kennziffer Wattstunden pro Bruttotonnenkilometer (Wh/Btkm) dient als innerbetrieblicher Indikator und Vergleichswert. Ein Mass für die Energieeffizienz der Unternehmung ist sie allerdings nicht. Es muss auch präzisiert werden, auf welchem Niveau dieser Wert ermittelt wird: Kraftwerkausgang? Unterwerkausgang? Stromabnehmer?

In Figur 6 ist der spezifische Verbrauch der SBB in Prozenten im Zeitraum 1950 bis 1982 aufgetragen. Er ist zurückgegangen. Diese erfreuliche Entwicklung gründet auf Technik, Organisation und Angebotsstruktur wie folgt:

- Steigerung der Anhängelasten bei ungefähr gleichbleibender Lokmasse (Dienstgewicht etwa 120 t):
  Ae4/7: Anhängelast bei 26‰ Steigung = 320 t
  Ae6/6: Anhängelast bei 26‰ Steigung = 650 t
  Re6/6: Anhängelast bei 26‰ Steigung = 800 t
- Verbesserter Betriebsablauf dank Anlagenausbau und automatischer Signalanlagen.
- Inbetriebsetzung von insgesamt etwa 500 Triebfahrzeugen mit leistungsfähiger Nutzbremsung, d.h. mit Energierückgewinnung, bei einem Bestand von ungefähr 900 Einheiten.
- Veränderung der Angebotsstruktur (Fig. 7): Im Zeitraum 1950 bis 1980 gingen die Betriebsleistungen der sogenannten Regionalzüge, die wegen der vielen Halte besonders «energieverzehrend» sind, von anfänglich 28% auf 16% zurück. Ermittlungen haben gezeigt, dass dieser Einfluss ziemlich vorherrschend ist.

Mit der Einführung des Taktfahrplans im Jahre 1982 und dem gleichzeitigen Rückgang des Güterverkehrs hat der Anteil der im Regionalverkehr gefahrenen Brutto-Tonnenkilometer wieder auf 18% zugenommen, womit auch der spezifische Energieverbrauch wieder leicht steigende Tendenz aufweist.

## 4. Die SBB-Bahnstromversorgung

### *4.1 Die Anlagen*

Die Bereitstellung der Energie für den elektrischen Zugbetrieb der SBB und 24 ebenfalls mit Einphasenwechselstrom der Frequenz 16⅔ Hz betriebenen Privatbahnen erfolgt zurzeit zu rund drei Fünfteln in Einphasenkraftwerken, die unmittelbar in das Bahnstromnetz der SBB einspeisen. Der restliche Bedarf wird durch Drehstromdisponibilitäten aus Beteiligungen an Partnerwerken und aus Energielieferungsverträgen mit Werken der Allgemeinversorgung gedeckt. Aus technischen Gründen kann diese Energie dem Bahnstromsystem nur mittelbar, über Frequenzumformeranlagen, zugeführt werden.

Die gesamte 1983 von den SBB umgesetzte Energie von jährlich über 2800 GWh (1 GWh = 1 Giga-Wh = 1 Mio Kilowattstunden) stammt gegenwärtig aus

- SBB-eigenen Kraftwerken (Fig. 8a und 8b):
  - Amsteg
  - Ritom
  - Châtelard-Barberine (inkl.Trient)
  - Vernayaz
  - Massaboden
- Einphasengemeinschafts- und Drehstrompartnerwerken:
  - Etzelwerk
  - Rupperswil-Auenstein
  - Göschenen
  - Centrale Thermique de Vouvry
  - Electra-Massa
  - Kernkraftwerke Gösgen und Leibstadt (künftig)
- fremden – zum Teil mit Bahnstromgruppen versehenen – Kraftwerken sowie Verträgen mit Unternehmun-

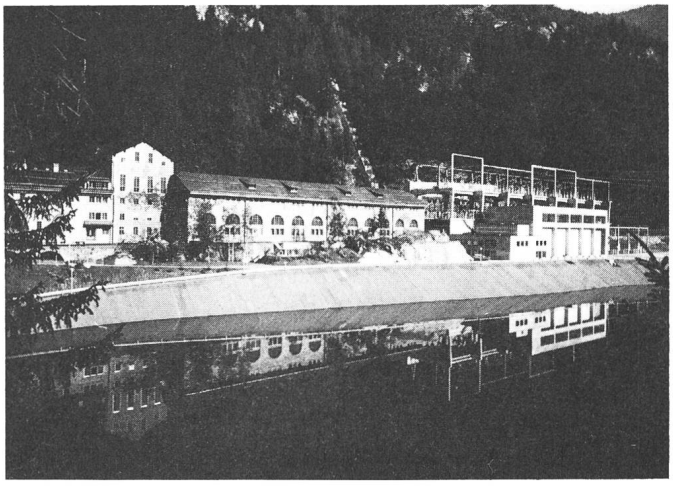

**Fig. 8a SBB-Kraftwerk Châtelard**

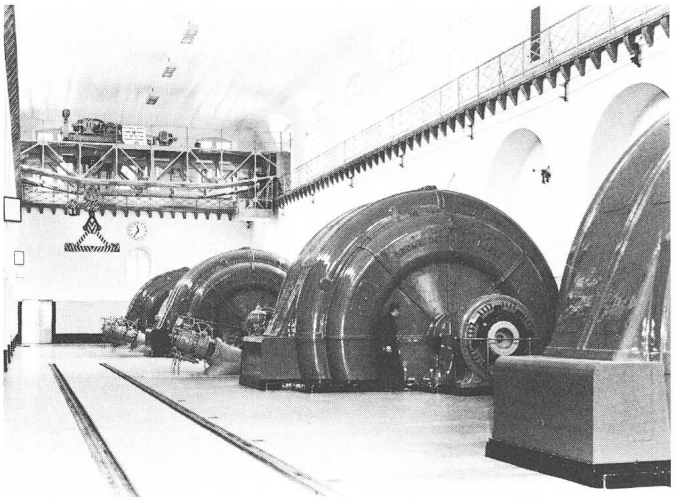

**Fig. 8b**
**Maschinensaal im SBB-Kraftwerk Ritom**

gen der allgemeinen Landesversorgung.

### *4.2 Energiewirtschaftliche Aspekte der Bahnstromversorgung*

Die SBB-eigenen Kraftwerke nehmen sowohl in energiewirtschaftlicher als auch in betrieblicher und regeltechnischer Hinsicht eine Sonderstellung innerhalb der Bahnstromversorgung ein. Eine nicht unbedeutende Rolle spielt dabei der Umstand, dass die Betriebsleitungen dieser Werke mit dem dazugehörigen Personal unmittelbar und ausschliesslich der Kraftwerkabteilung SBB in Bern unterstellt sind, die auch alle energiewirtschaftlichen Belange der Bahnstromversorgung betreut. Im Gegensatz dazu besitzen die Gemeinschafts- und Partnerwerke eigene Verwaltungs- und Betriebsorgane und haben die Form von Aktiengesellschaften. Der betriebliche Einsatz wird zwar ebenfalls durch die Abteilung Kraftwerke der SBB geplant. Sie haben aber in erster Linie den eingesetzten Kommissionen und Verwaltungsgremien gegenüber Rechenschaft abzulegen.

Das Bahnstromversorgungssystem ist – wie alle grösseren Stromversorgungsnetze – als Verbundsystem organisiert, in welchem Lauf-, thermische und Speicherkraftwerke zum Ausgleich der Hydraulizitätsschwankungen in optimaler Weise zusammenarbeiten (Fig. 9).

Das SBB-Netz ist derzeit zu rund 99,5% mit dem Einphasen-Wechselstrom-System 15 kV/16⅔ Hz elektrifiziert. Für die Energieversorgung dieses Netzes wurde aufgrund eingehender Studien zu Anfang dieses Jahrhunderts ein SBB-eigenes Versorgungsnetz mit Hochspannungsübertragungsleitungen 132, 66 und 33 kV sowie bahneigenen, hydraulischen Kraftwerken erstellt. Die hauptsächlichsten Gründe dafür waren die technischen Besonderheiten, die zu erwartende Wirtschaftlichkeit, die Versorgungssicherheit der Bahn sowie die Unabhängigkeit von Dritten.

Bis Mitte der fünfziger Jahre war die Deckung des Energiebedarfs die wichtigste Aufgabe. Neben eigenen Kraftwerken wurden mit der Zeit auch Gemeinschaftskraftwerke (in Form von Aktiengesellschaften) erstellt oder einige kleinere Bahnstromgruppen in Fremdkraftwerken aufgestellt.

Ein neues Phänomen, das mit der Inbetriebsetzung leistungsstarker, moderner Triebfahrzeuge einherging, war ab Beginn der sechziger Jahre der überproportionale Bedarf an Traktionsleistung. Da für den Bau neuer bahneigener Wasserkraftwerke die Möglichkeiten fehlten, fand man die Lösung im Zusammenschluss von Bahn- und Landesnetz in grossen Frequenzumformeranlagen. Die Versorgung dieser Netzkupplungsanlagen erfolgte vorerst aufgrund vertraglicher Abmachungen mit Gesellschaften der Landesversorgung. Wie im eigenen Bahnnetz, strebten die SBB aber auch bei den Frequenzumformeranlagen die Eigenversorgung an und sicherten sich als Partner Beteiligungen an mehreren hydraulischen und thermischen Werken des Drehstromnetzes. Ferner besitzen sie langfristige, provenienzgebundene Drehstrom-Bezugsrechte (Figur 10 und 11). Diese an verschiedenen Punkten des Landesnetzes anfallenden Energieanteile der SBB werden über das 50-Hz-Landesnetz zu den Frequenzumformerwerken übertragen. Die SBB haben zu diesem Zweck

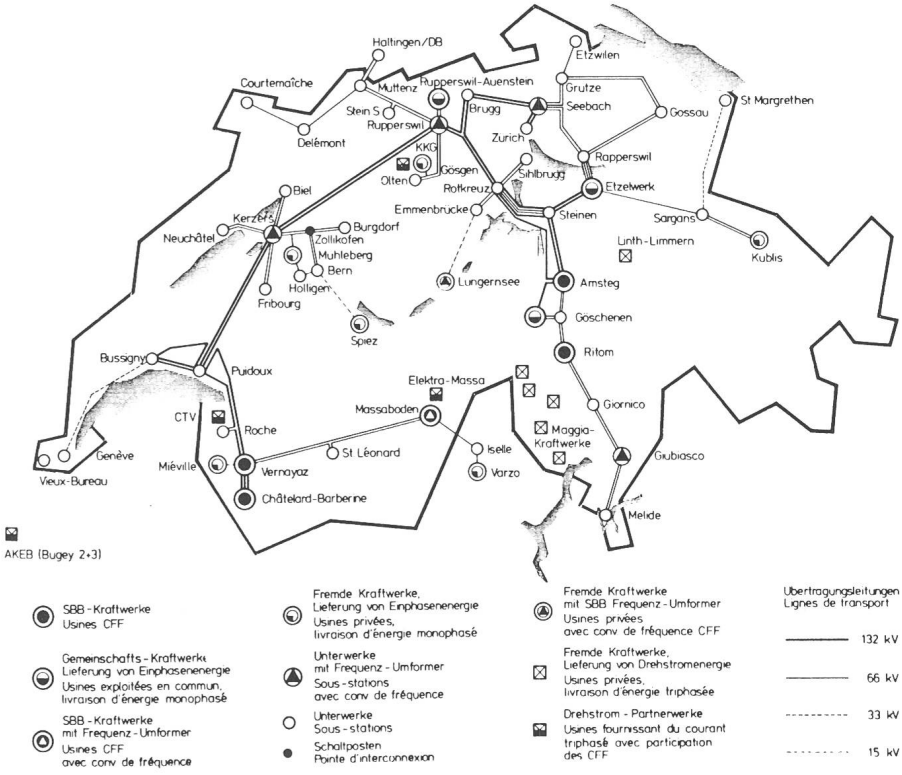


**Fig. 9 Kraftwerke, Unterwerke und Übertragungsleitungen der SBB**
**Usines électriques, sous-stations et lignes de transport des CFF**
Stand Ende 1980 – Etat à la fin de l'année 1980

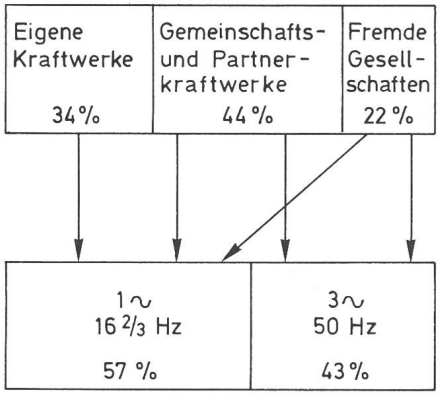


**Fig. 10 Der Energieumsatz der SBB im Jahre 1983 (total 2820 GWh), aufgeschlüsselt nach Produktion bzw. Beschaffung**

feste Transitverträge mit verschiedenen Gesellschaften abgeschlossen, so dass sie ihre Drehstromenergie nach Programmen zwischen den verschiedensten Punkten des schweizerischen Höchstspannungsnetzes verschieben können.

Das Übertragungsleitungsnetz der SBB besteht aus rund 1500 km Hochspannungsleitungen. Die Abgabe des Fahrstroms an die Fahrleitungen erfolgt in über 40 Unterwerken. Zurzeit ist man dabei, die Übertragungsspannung schrittweise auf einheitlich 132 kV anzuheben. Die Einspeisung in das Fahrleitungsnetz wird durch Vermehrung der Zahl der Unterwerke verstärkt. Während vor 20 Jahren noch 10-MVA-Tranformatoren die Norm waren, sind es heute die 20-MVA-Typen.

## 5. Zusammenfassung

Mit einem Anteil von nur 1% am gesamten Endenergieverbrauch der Schweiz erbringen die Bahnen rund 45% der Güter- und 12% der Personenverkehrsleistung. Ihre systembedingten Vorteile wie geringer Roll- und Luftwiderstand kommen vor allem bei guter Auslastung und grossen Entfernungen im Sinne eines geringen spezifischen Energiebedarfs zum Tragen.

Pauschale Vergleiche des Energieverbrauchs verschiedener Verkehrsmittel sind allerdings gefährlich: Zu stark wird der Verbrauch von technischen und betrieblichen Faktoren bestimmt, die im konkreten Fall zu beträchtlichen Abweichungen von den Durchschnittswerten führen können.

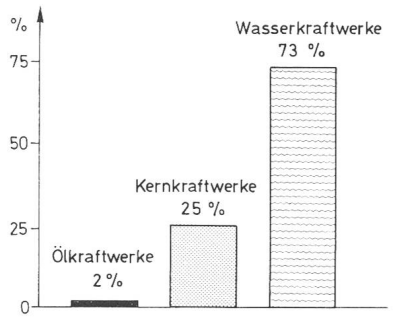


**Fig. 11 Der Energieumsatz der SBB im Jahr 1983, aufgeschlüsselt nach Kraftwerktypen**

Insbesondere der Auslastung kommt bei der Beurteilung der Energieeffizienz verschiedener Verkehrsträger besondere Bedeutung zu.

Die bei den schweizerischen Bundesbahnen eingesetzte Energie stammt zu beinahe drei Vierteln aus Wasserkraftwerken und zu etwa einem Viertel aus Kernkraftwerken. Nur ein sehr kleiner Anteil (etwa 2%) stammt aus dem ölthermischen Kraftwerk Vouvry. Damit entfällt die beim Strassenverkehr auftretende Belastung der Umwelt durch Stickoxide, Kohlenwasserstoffe sowie Kohlenmono- und -dioxid praktisch vollständig. Jeder Kilometer Bahnfahrt statt Fahrt auf der Strasse führt daher – neben der im allgemeinen zu erwartenden Reduktion des Energiebedarfs – zu einer direkt proportionalen Verminderung der mit dem Strassenverkehr verbundenen Umweltbelastung.

Besonders interessant werden solche Überlegungen, wenn man bedenkt, dass innerhalb eines gewissen, allerdings beschränkten Bereiches solche Substitutionsvorgänge nicht durch zusätzliche Betriebsleistungen der Bahnen, sondern allein durch verbesserte Auslastung, d.h. mit nur sehr geringem zusätzlichem Energiebedarf, erreicht werden können. Das Motto «In Zukunft die Bahn» und der Slogan «Die Eisenbahn spart Energie, weil es sie gibt» gewinnen damit unmittelbar energiepolitische Bedeutung.