

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 66 (1948)  
**Heft:** 51

**Artikel:** 50 Jahre schweizerische elektrische Bergbahnen  
**Autor:** Sachs, K.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-56843>

#### 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:** 25.01.2026

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

## 50 Jahre schweizerische elektrische Bergbahnen

Von Prof. Dr. K. SACHS, Baden  
(Schluss von Seite 698)

625.33(494)

*1) Die Triebmotoren arbeiten gleichzeitig und untrennbar auf Triebzahnrad und Adhäsionsachse (kombinierter Antrieb)*

Diese Antriebsart löst in einfachster Weise das Antriebsproblem bei Fahrzeugen für gemischten Betrieb, da hier weder eine Umschaltung durch ausrückbare Kupplungen von der einen nach der andern Betriebsform, noch Kuppelstangen nötig sind. Im allgemeinen ist jedem Triebzahnrad bzw. jeder Adhäsionsachse ein Motor 1 zugeordnet (Bild 12). Dieser arbeitet mit seinem mit einer Rutschkopplung kombinierten Ritzel 2 auf eine erste Vorgelegewelle 3. Bei Fahrt auf Adhäsionsstrecken übermittelt die Uebersetzung 4 das Drehmoment ausschliesslich an die Adhäsionsachse 8, während das Triebzahnrad 6 auf einer die Achse 8 lose umschliessenden Büchse 7 sitzt, die von der Uebersetzung 5 angetrieben wird und leer mitgeht; bei Fahrt auf Zahnstangenstrecken verteilt sich das Drehmoment über beide Uebersetzungen 4 und 5 auf das Triebzahnrad 6 und auf die Adhäsionsachse 8.

Diese dauernde Verkopplung der beiden Antriebe macht es aber notwendig, die Zahnräderübersetzungen derart zu wäh-

len, dass der zurückgelegte Weg des Triebzahnradteilkreises mit demjenigen der Adhäsionsräder übereinstimmt. Diese nützen sich im Durchmesser, die Triebzahnräder aber nur an den Zahnflanken ab, so dass auch hier die Bedingung der gleichen zurückgelegten Wege praktisch während nur kurzer Betriebszeit, d. h. bei einem bestimmten erreichten Abnutzungsgrad der Adhäsionsräder, erfüllt werden kann. Vor- und nachher werden die Adhäsionsräder also ebenso vor- bzw. nacheilen, wie bei der unter a erwähnten Antriebsform. Die hierzu notwendigen Kräfte wirken sich im Triebwerk zwischen Triebzahnrad und den Adhäsionsräden aus. Die dauernde Verkopplung der Triebwerke bedeutet also für diese eine nicht zu vernachlässigende Mehrbelastung; die Anordnung ist daher in der Hauptsache bei Fahrzeugen für solche Bahnen angewendet worden, die längere Adhäsionsstrecken als Zahnstangenstrecken aufweisen und zwar zunächst in Verbindung mit Tatzenlagermotoren und dementsprechend unter Ausführung der Uebersetzungen 4 und 5 als Stirnradgetriebe<sup>9)</sup>.

Das Befahren der zumeist mit zahlreichen Kurven behafteten Strecken von Bahnen dieser Art verlangt aber einen möglichst kleinen Radstand. Diese Bedingung kann bei Verwendung von Tatzenlagermotoren in der Regel nur bei Anordnung der Motoren auf der Außenseite der Triebachsen erfüllt werden. Die Zusammenfassung grosser Massen an den Drehgestellenden begünstigt aber das Schlingern und erhöht die Beanspruchung des Gleises. Um sich von den einengenden Baubedingungen des Tatzenlagermotors auch hier zu befreien, hat man den kombinierten Antrieb auch bei Anordnung des Motors in der Wagenaxe und dessen fester Verbindung mit dem Drehgestellrahmen durchgebildet. Diese Anordnung erleichtert auch die Unterbringung einer dreifachen Zahnräderübersetzung, die gerade bei Bahnen dieser Art oft nicht zu umgehen ist, wo die anteilmässig bereits dominierenden Adhäsionsstrecken mit wesentlich grösserer Geschwindigkeit durchfahren werden sollen als die Zahnstangenstrecken.

In dieser Art ist der in Bild 13 dargestellte Antrieb der CFhe 2/4-Triebwagen, Serie 91, der Bex-Gryon-Villars-Chesières-Bahn<sup>10)</sup> ausgeführt worden. In jedem Drehgestell arbeitet der fest im Rahmen gelagerte Triebmotor 1 über eine Rutschkopplung 2 zunächst auf die erste Zahnräderübersetzung 3. An deren Grossrad ist unter Zwischenschaltung der Bremsscheibe 4 die Kardanwelle 5 angeschlossen, die mit ihren in Bild 13 durch Kreuzchen angedeuteten Gelenken im Konusritzel einer zweiten Uebersetzung 6 endet. Diese arbeitet auf die beiden Stirnradgetriebe a und b, die die dritte Uebersetzung bilden. Das Grossrad von a sitzt ebenso wie bei Bild 12 mit dem zweikrängigen Triebzahnrad 7 und der Bremsscheibe 8 auf einer die Adhäsionsachse 9 lose umschliessenden Büchse, während das Grossrad von b fest mit der Triebachse verbunden ist. Die Uebersetzungen von a und b sind wieder so gewählt, dass die Umfangsgeschwindigkeit im Teilkreis des Triebzahnrades mit jener im Rollkreis der Räder der Adhäsionsachse bei mittlerer Radreifenabnutzung übereinstimmt.

Mit zwei Motoren pro Drehgestell wird dieser Antrieb bei den BCFhe 4/4-Triebwagen, Serie 301 der Berner-Oberland-Bahnen ausgeführt werden (Bild 14).

Eine frühere Form dieses Antriebs zeigt Bild 15. Hier sind die Motoren 1 zur Entlastung der Drehgestelle unten am Wagenkasten aufgehängt und treiben in gleicher Art wie beim Antrieb gemäss Bild 13 mittels langer Kardanwellen und den zugehörigen Kreuz- und Schiebegelenken (6 und 7) je beide Achsen eines Drehgestells an<sup>11)</sup>. In dem auf jeder Wagenachse sitzenden Zahnrädergehäuse sind eine Kegel- und zwei Stirnradübersetzungen (8, bzw. 9 und 10) untergebracht. Die beiden

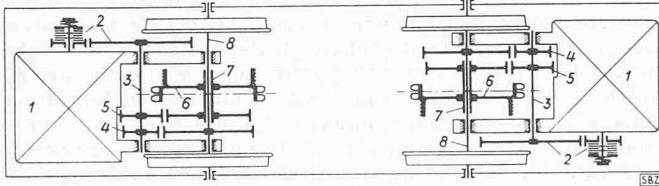


Bild 12. Drehgestell mit Tatzenlagermotoren und kombiniertem Antrieb für Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb der HG 4/4-Lokomotiven, Serie 31, der Furka-Oberalpbahn.

1 Motor, 2 erste Uebersetzung (Ritzel mit Rutschkopplung kombiniert), 3 Vorgelegewelle, 4 zweite Uebersetzung zum Antrieb der Adhäsionsachse, 5 zweite Uebersetzung zum Antrieb des Triebzahnrades, 6 Triebzahnrad, sitzend auf Büchse 7, 8 Adhäsionsachse

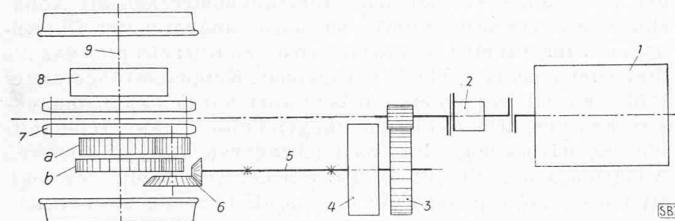


Bild 13. Radsatz mit kombiniertem Antrieb für Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb der CFhe 2/4-Triebwagen, Serie 91, der Bex-Gryon-Villars-Chesières-Bahn

1 Motor, 2 Rutschkopplung, 3 erste Uebersetzung (Stirnradgetriebe), 4 Bremsscheibe zur Bandbremse, 5 Kardanwelle, 6 zweite Uebersetzung (Kegelradgetriebe), 7 Triebzahnrad, 8 Bremsscheibe zur Band-Klotzbremse, 9 Adhäsionsachse, a dritte Uebersetzung (bei Antrieb des Triebzahnrades), b dritte Uebersetzung (bei Antrieb der Adhäsionsachse)

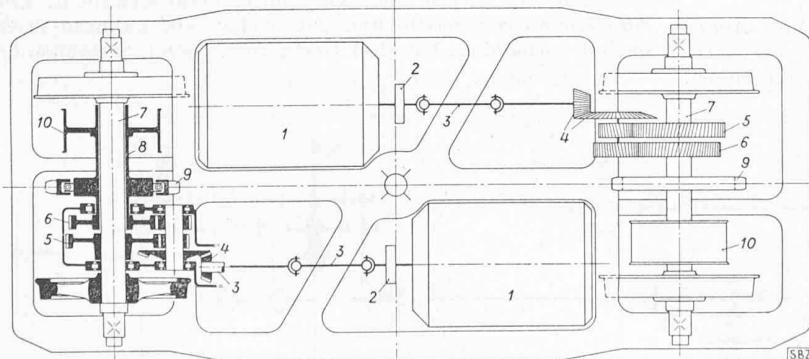


Bild 14. Drehgestell der BCFhe 4/4-Triebwagen, Serie 301, der Berner Oberland-Bahnen für gemischten Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb (kombinierter Antrieb).

1 Motor, 2 Rutschkopplung, 3 Kardanwelle, 4 erste Uebersetzung (Kegelradgetriebe), 5 zweite Uebersetzung (Stirnradgetriebe) zum Antrieb der Adhäsionsachse 7, 6 zweite Uebersetzung (Stirnradgetriebe) zum Antrieb des Triebzahnrades 9, 8 Büchse, 10 Bremsscheibe für Triebzahnradbremse

<sup>9)</sup> Z. B. bei den BCFhe 4/4-Triebwagen, Serie 1, und CFhe 4/4-Triebwagen, Serie 31, der Martigny-Châtelard-Bahn, bei den FZhe 2/4-Lokomotiven, Serie 21, der Rorschach-Heiden-Bahn, bei den HG 4/4-Lokomotiven, Serie 11, der Visp-Zermatt-Bahn (SBZ Bd. 94, S. 193\*, 19. Okt. 1929) und Serie 31 der Furka-Oberalp-Bahn, bei den BCFhe 2/4-Triebwagen, Serie 41, der Furka-Oberalp-Bahn.

<sup>10)</sup> SBZ Bd. 115, B. 279\*, 22. Juni 1940.

<sup>11)</sup> Bei den BCFhe 4/4-Triebwagen, Serie 1, der elektrischen Bahn St. Gallen-Gais-Appenzell (SBZ Bd. 100, S. 267\*, 19. Nov. 1932).

in der Längsaxe des Drehgestells liegenden Kegelräder sind mit einer allseitig beweglichen Welle 11 verbunden, so dass jede Achse unabhängig von der anderen frei dem Federspiel des Fahrzeugs folgen kann. Die querliegenden Kegelradwellen tragen die beiden Stirnradgetriebe für den Antrieb der Adhäsionsachse und des Triebzahnrades 12. Die feste Verbindung der Antriebsmechanismen über eine Transmissionswelle beider Achsen jedes Drehgestells hat eine bessere Ausnutzung der Reibung zwischen Rad und Schiene zur Folge.

Zur Erzielung eines Zahndruckausgleichs haben die Zahnrädergehäuse nach der Mitte des Drehgestells liegende Drehmomentstützen 13 erhalten, die miteinander gelenkig verbunden sind. Der Verbindungspunkt 14 kann sich in senkrechter Richtung um einen bestimmten begrenzten Betrag frei bewegen. Eine Zentrierfeder sucht die beiden Träger in die Mittellage zu bringen. Im Verbindungspunkt der Stützen entstehen bei Fahrt unter Last zwei entgegengesetzte gerichtete Reaktionskräfte, die infolge der erwähnten Bewegungsfreiheit, auch bei Teilungsfehlern in der Zahnstange, stets gleich gross bleiben müssen. Dadurch ist der Zahndruckausgleich für die beiden Triebzahnräder eines Drehgestells vollständig erreicht.

Aehnlich ist der Antrieb beim Triebdrehgestell des BCFZhe 2/4-Triebwagens Nr. 103 der Stansstad-Engelberg-Bahn, der als einziger Triebwagen dieser alten Drehstrombahn für gemischten Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb eingerichtet wurde. Die gesamte Leistung wird hier von einem an einem Zwischenrahmen unter dem Wagenkasten aufgehängten Motor mit parallel zur Wagenlängsaxe angeordneter Achse erzeugt. Um eine Drehzahlregelung auf elektrischem Wege zu vermeiden, ist vor der in gleicher Weise wie beim vorerwähnten Triebwagen der elektrischen Bahn St. Gallen-Gais-Appenzell nach dem kombinierten Triebzahnrad- und Adhäsionsantrieb führenden Kardanwelle ein dreistufiges, mittels Drucköl ein- und ausschaltbares Zahnräderwechselgetriebe in der Bauart der SLM angeordnet, das in seinen drei Stufen dem Wagen bei konstanter Motordrehzahl die Geschwindigkeiten von 8,5, 25 und 40 km/h zu erteilen vermag. Die Betätigung dieses Zahnräderwechselgetriebes geschieht mittels des von der SLM entwickelten Oeldruckschaltapparates, bei dem mit Hilfe von Drucköl Friktionsscheiben für die eine oder die andere Uebersetzungsstufe eingeschaltet werden können. Diese Scheiben können während der Fahrt des Fahrzeuges eingerückt werden.

#### δ) Getrennter Antrieb von Triebzahnräder und Adhäsionsachsen je durch besondere Motoren.

Bei langen Adhäsionsstrecken ohne grössere Steigungen,

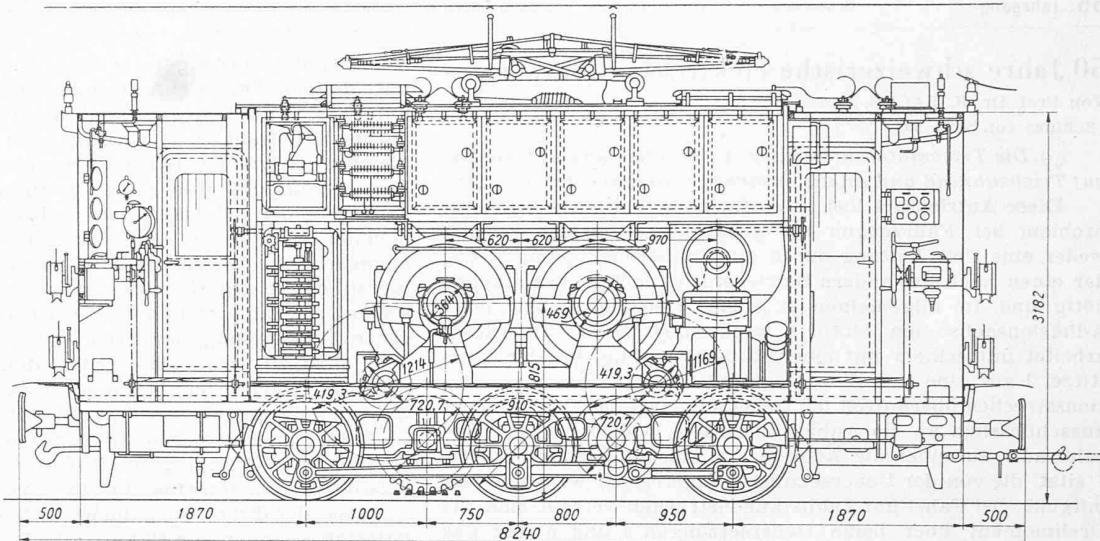


Bild 16. HGe 3/3-Lokomotive, Serie 21, der Berner Oberland-Bahn für gemischten Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb mit getrennten Triebwerken.

die mit verhältnismässig hohen Geschwindigkeiten durchfahren werden sollen, macht die im Adhäsionsbetrieb erforderliche Leistung einen hohen Prozentsatz der Gesamtleistung aus und die Geschwindigkeiten für Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb liegen sehr weit auseinander. Man hat daher für solche Fälle Triebfahrzeuge mit völlig getrennter Motoranlage ausgeführt, wobei immer ein Motor oder eine Gruppe von Motoren nur bei Fahrt auf der Zahnstange eingeschaltet ist, während der andere Motor oder die andere Gruppe auf den Adhäsionsstrecken allein, auf den Zahnstangenstrecken mit den Zahnstangenmotoren in passender Schaltung zusammen arbeitet.

Die ersten Lokomotiven unseres Landes für gemischten Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb mit getrennten Antrieben waren die HGe 3/3-Lokomotiven, Serie 21, der Berner-Oberland-Bahnen (Bild 16). Einer der beiden Motoren arbeitet auf den Adhäsions- wie auf den Zahnstangenstrecken als Adhäsionsmotor (rechts) mittels beidseitig angeordneter Doppelübersetzung auf eine Blindwelle, an deren Kurbelzapfen das die drei Adhäsionstriebachsen verbindende Kuppelgestänge angeschlossen ist. Der andere nur bei Fahrt auf den Zahnstangenstrecken eingeschaltete Zahnstangenmotor (links) treibt mittels Doppelvorgelege auf das Triebzahnrad. Auf der äusseren Adhäsionsachse, die auf der Talseite des Triebzahnrades liegt, sitzt lose aufgeschoben das Bremszahnrad mit zwei Rillenbremsscheiben. Die Welle des Zahnstangenmotors trägt wieder eine Rutschkopplung, die auf etwa das Doppelte des normal zu übertragenden Vollast-Drehmomentes eingestellt ist. Sie dient zum Ausgleich der Stösse bei Teilungsdifferenzen in der Zahnstange (Stossfugen) und soll bei schroffer Bremsung ein Aufsteigen der Lokomotive auf die Zahnstange vermeiden.

Die Fhe 4/6-Gepäcktriebwagen der Serie 901 für die Brünigstrecke der SBB<sup>12)</sup> mit getrennten Triebwerken sind allerdings viel eher als Lokomotiven denn als Triebwagen anzusprechen. Bei diesen sind, wie Bild 17 veranschaulicht, zwei Adhäsions-Drehgestelle und dazwischen ein Zahnräder-Triebgestell vorhanden. Die drei Drehgestelle sind untereinander

<sup>12)</sup> SBZ Bd. 118, S. 310\*, 27. Dez. 1941.

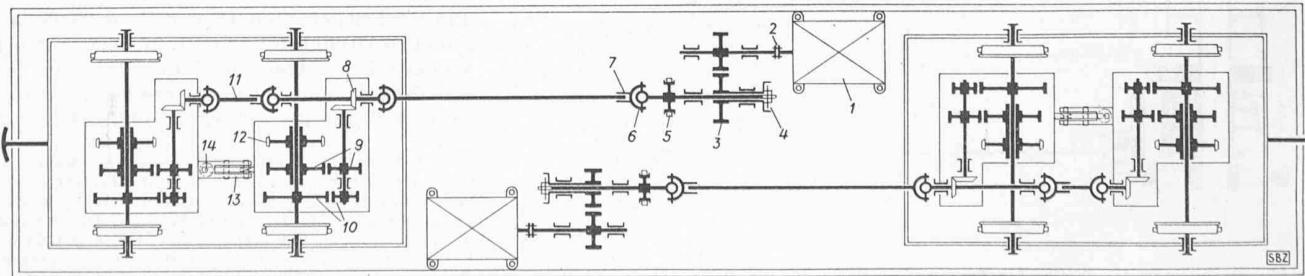


Bild 15. Antriebsanordnung für gemischten Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb (kombinierter Antrieb) der BCFhe 4/4-Triebwagen, Serie 1, der Elektrischen Bahn St. Gallen-Gais-Appenzell.  
1 Motor, 2 elastische Kupplung, 3 Stirnradübersetzung, 4 Rutschkopplung, 5 Notbremse, nur für Handbetätigung, 6 Kardangelenk, 7 Gleitkopplung, 8 Kegelradübersetzung, 9 Triebzahnradgetriebe, 10 Getriebe zur Adhäsionsachse, Räder mit Klotzbremsen für Hand- und Druckluftbetätigung, 11 bewegliche Zwischenwelle, 12 Triebzahnrad, 13 Drehmomentstützen, 14 Verbindungspunkt

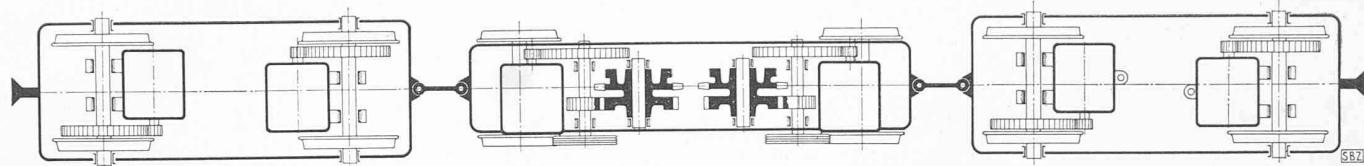


Bild 17. Anordnung des Drehgestells für Zahnstangenbetrieb zwischen den beiden Drehgestellen für Adhäsionsbetrieb bei den Fhe 4/6-Gepäcktriebwagen, Serie 901, für die Brünigstrecke der SBB.

den beiden Drehgestellen für Adhäsionsbetrieb bei den Fhe 4/6-Gepäck-

kurzgekuppelt. Die vier Adhäsionsachsen werden je mit einfacher gefederter Zahnradübersetzung von Tatzenlagermotoren, die zwei im Mittelgestell gelagerten einkräzigen und gefederten Triebzahnräder gleichfalls einzeln von je einem Motor über ein Getriebe mit doppelter Uebersetzung angetrieben, wobei die Grossräder der ersten Uebersetzung gefedert sind. Der Wagenkasten stützt sich bei den Adhäsionsdrehgestellen über seitliche Gleitstützen auf Blattfedern ab, die am Rahmen pendelnd aufgehängt sind, sodass die Drehzapfen nur Führungskräfte zu übertragen haben. Auf dem Zahnrad-Triebgestell erfolgt die Wagenabstützung an jedem Ende des Gestells je über eine senkrecht zur Fahrzeugaxe angeordnete weiche Blattfeder.

Eine Sonderbauart getrennter Triebwerke für Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb ist bei den BCFhe 4/4-Triebwagen Nr. 1, 2 und 6 und beim CFhe 4/4-Triebwagen Nr. 3 der Bahn Aigle-Ollon-Monthey-Champéry angewendet worden<sup>13)</sup>. In jedem Drehgestell (Bild 18) arbeitet ein Tatzenlagermotor 1 (Zahnstangenmotor) in üblicher Weise mittels Ritzel, Rutschkupplung und Doppelübersetzung auf ein Triebzahnrad, das einschliesslich Bremsscheibe freilaufend auf einer der beiden Achsen sitzt. Diese Achse ist mit Kuppelstangen mit der anderen Achse verbunden, die vom Adhäsionsmotor 2 über eine einfache Uebersetzung angetrieben wird. Bei Fahrt auf den Adhäsionsstrecken arbeitet wieder nur Motor 2, bei Fahrt auf den Zahnstangenstrecken wird Motor 1 zugeschaltet<sup>14)</sup>.

### III. Bremsen

Entsprechend den heute in der Schweiz geltenden Vorschriften sind bei Bergbahnen folgende Bremsen vorzusehen:

1. Eine *Fahrbremse*, mit der bei normaler Talfahrt eine bestimmte zulässige Geschwindigkeit dauernd eingehalten werden soll (Dauer- oder Gefällebremse). Diese Bremsung wird bei elektrischen Triebfahrzeugen für Zahnstangenbetrieb immer auf elektrischem Weg erzielt, indem die Motoren als Generatoren wirken. Die dabei erzeugte elektrische Energie wird entweder an den Fahrdräht zurückgegeben (Nutzbremsung) oder auf dem Triebfahrzeug selbst in Widerständen vernichtet (Widerstandsbremsung). Der Widerstandsbremsung wird, obwohl dabei erhebliche Energiemengen auf dem Fahrzeug in Wärme umgesetzt und abgeführt werden müssen, wegen ihrer Einfachheit und leichteren Regulierfähigkeit im allgemeinen der Vorzug gegeben.

2. Zwei voneinander unabhängige auf den Antrieb der Triebzahnräder wirkende Bremsen (Zahnstangenbremsen), die den Zug im Gefälle im Notfall zum Stillstand bringen oder im Stillstand halten können (Sicherheits- oder Haltebremsen).

3. Eine Vorrichtung, die bei Ueberschreiten der maximalen Fahrgeschwindigkeit eine der beiden Zahnstangen-

bremsen automatisch zur Wirkung bringt. Diese *automatische Bremse* muss bei Gefällen von über 120‰ stets vorhanden sein. Für kleinere Gefälle kann sie unter Umständen wegfallen.

4. Eine durchgehende selbsttätig wirkende Bremse für den Fall, dass der Zug vom Triebfahrzeug gezogen wird, was bei allen längeren Bahnen mit gemischem Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb der Fall ist. Diese Bremse ist entweder eine Druckluft- oder eine Vakuumbremse von im allgemeinen üblicher Bauart.

Um bei Stromunterbruch während der Bergfahrt eine Rückwärtsbewegung des Fahrzeugs zu verhindern, baut man in der Regel zwischen die Bandbremse und das Triebzahnrad einen Klinkenmechanismus ein. Unmittelbar vor der talseitigen Zahnstangeneinfahrt wird die zugehörige Bandbremse angezogen. In diesem Zustand spielt der Klinkenmechanismus bei dem der Bergfahrtrichtung entsprechenden Drehsinn des Triebzahnrades frei; im anderen Drehsinn, also wenn sich das Fahrzeug rückwärts bewegen möchte, hemmt dieser Mechanismus dank der blockierten Bremsscheibe die Bewegung. Diese Einrichtung, die auch das Anfahren auf der Zahnstangenstrecke erheblich erleichtert, ist in Bild 19 schematisch dargestellt (zugehörige Antriebsanordnung s. Bild 13). Das Bremsband l ist angezogen und Scheibe g festgebremst. Über Zahnradübersetzung a und Nabe d wird das Triebzahnrad e in der mit dem Pfeil bezeichneten Drehrichtung angetrieben. Die Klinken i, die von der Nabe d mitgenommen werden, können frei spielen. Sobald sich das Fahrzeug nach rückwärts bewegt, also das Triebzahnrad eine der Pfeillrichtung entgegengesetzte Drehrichtung annehmen möchte, schnappt eine der Klinken i dank der Wirkung ihrer Feder k in die Innenzahnung der Bremsscheibe g ein und die Rückwärtsbewegung des Fahrzeugs wird gehemmt.

### IV. Elektrische Ausrüstung

Die elektrische Ausrüstung von Triebfahrzeugen für Zahnstangenstrecken ist in ihrem Aufbau und in ihren Bestandteilen natürlich wesentlich von der Stromart abhängig. Wie bei den reinen Adhäsionsbahnen sind auch hier alle drei Stromsysteme vertreten. Grundsätzliche Unterschiede gegenüber reinen Adhäsionsfahrzeugen bestehen aber nicht, sie sind in der Hauptsache rein schaltungstechnischer Natur, und auch die sind nicht bedeutend, so dass wir uns hier kurz fassen können.

*Drehstrom* ist fast nur bei Fahrzeugen für reinen Zahnstangenbetrieb angewendet worden, bei denen eine besondere Geschwindigkeitsregulierung der Lokomotiven in weiten Grenzen nicht nötig war. Die Motoren werden daher mittels Rotorwiderstand angelassen und durchfahren dann die Strecke,

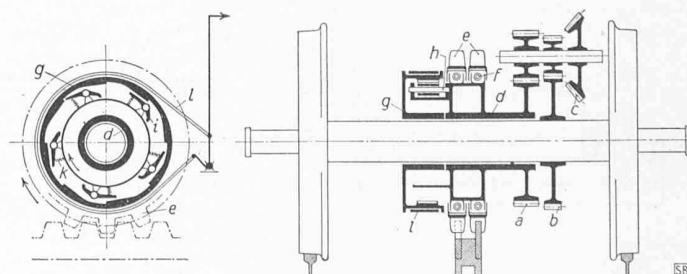


Bild 19. Schema einer Klinkenbremse in Verbindung mit kombiniertem Adhäsions- und Triebzahnrad-Antrieb der CFhe 2/4-Triebwagen, Serie 91, der Bahn Bex-Gryon-Villars-Chesières.

a Zahnradübersetzung zum Antrieb des Triebzahnrades, b Zahnradübersetzung zum Antrieb der Adhäsionsachse, c Kegelrad (entsprechend Uebersetzung zu Bild 13), d Nabe des Triebzahnrades, lose auf der Achse laufend, e zweikräziges Triebzahnrad, f Torsionsfederung, eingeschaltet zwischen Nabe und Zahnkränzen, g Bremsscheibe mit innerer Klinkenzahnung, leer auf Achse laufend, h Klinke, i Klinke, k Klinkenfeder, l Bremsband

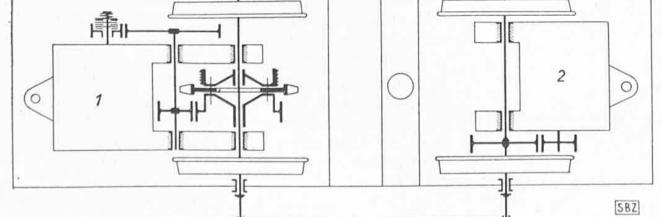


Bild 18. Drehgestell der BCFhe 4/4-Triebwagen, Serie 1, der Bahn Aigle-Ollon-Monthey-Champéry für gemischten Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb und getrennten Triebwerken.

1 Zahnstangenmotor, 2 Adhäsionsmotor

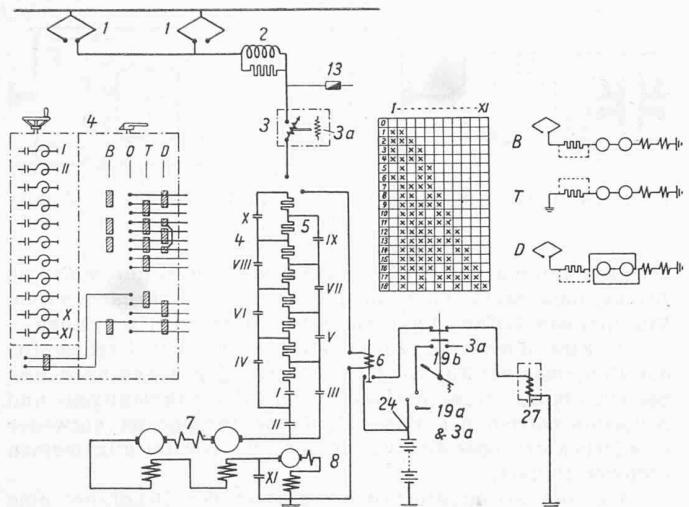


Bild 20. Schaltungs schema der Bhe 1/2-Triebwagen, Serie 21, der Pilatus-Bahn für 1500 V Gleichstrom.

1 Stromabnehmer, 2 Drosselpule, 3 Hauptschalter, 4 talseitiger Kontroller, 5 Anfahr- und Bremswiderstand, 6 Halterelais, 7 Doppelmotor, 8 Ventilatortmotor, 13 zur Wagenheizung, 19a zum bergseitigen Pedalkontakt, 19b talseitiger Pedalkontakt, 24 zur Batterieladeeinrichtung, 27 Solenoid zur Klinkenbremse

deren Steigung nirgends grosse Aenderungen aufweist, mit praktisch konstanter Geschwindigkeit. Auf Regelung der Geschwindigkeit der Motoren in weiten Grenzen durch Polumschaltung oder Kaskadenschaltung konnte bei den Drehstromlokomotiven dieser Art verzichtet werden. Nur bei den neuen Leichttriebwagen der Gornergrat-Bahn ist zusätzliche Kaskadenschaltung der beiden Motoren zur Herabsetzung der Geschwindigkeit des Triebwagens von 14,4 km/h (Parallelschaltung der Motoren) auf 7,2 km/h vorgesehen worden, damit ein Triebwagen hinter einem alten Lokomotivzug fahren kann, der nur mit 8,5 km/h bergwärts zu fahren vermag. Von der Nutzbremsung ist bei Drehstromfahrzeugen vielfach Gebrauch gemacht worden, aber auch von der fahrradtaun-abhängigen Widerstandsbremsung, wobei die Motoren als

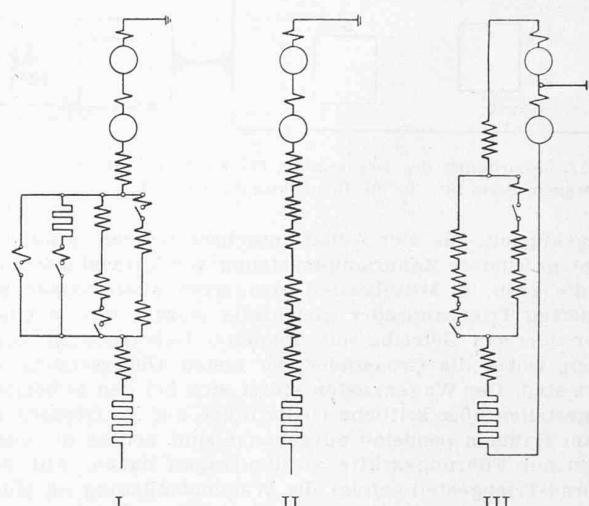


Bild 21. Schaltung der Triebmotoren der BCFhe 4/4-Triebwagen, Serie 1, der Elektrischen Bahn St. Gallen-Gais-Appenzell.  
 I Fahrt mit vollen und geschwächten Feldern, II Fahrt mit übererregten Feldern, III Schaltung für elektrische Bremsung (Widerstandsbremse)

statorerrengte Synchrongeneratoren mit ihren Rotoren auf den Anlasswiderstand als Bremswiderstand arbeiten.

Auch bei Gleichstrom-Triebfahrzeugen, d. h. vornehmlich Lokomotiven für reinen Zahnstangenbetrieb ist aus den gleichen Gründen häufig auf eine Umgruppierung der Motoren verzichtet worden. Nach dem stufenweisen Kurzschliessen des Anlasswiderstandes mit Hilfe eines Führerstandkontrollers heute üblicher Bauart arbeiten die Motoren in dauernder Parallel- oder bei höherer Fahrdrähtspannung in dauernder Serieschaltung, wobei noch allenfalls zwei bis drei Feldschwächungsstufen angewendet werden können (Bild 20). Bei den BCFhe 4/4-Triebwagen, Serie 1, der elektrischen Bahn St. Gallen-Gais-Appenzell<sup>15)</sup> besteht die Erregerwicklung der beiden Triebmotoren aus drei Teilen (Bild 21), und zwar aus einer Hauptwicklung mit vollem Querschnitt und zwei Zusatzwicklungen mit halbem Querschnitt; diese werden je nach der gewünschten Felderregung unter sich parallel oder in Serie geschaltet. Um trotz der dauernden Serieschaltung beider Triebmotoren eine den Betriebsanforderungen genügende Stufenzahl zu bekommen, sind außer der Fahrstellung mit voller Felderregung noch zwei solche mit Feldschwächung (I in Bild 21) und eine weitere (II) mit übererregten Motorfeldern möglich. Diese letztgenannten werden durch die erwähnte Umschaltung der Zusatzfelder erzielt. Die Schaltung mit übererregten Motorfeldern ist nötig, wenn der Motorwagen allein die Zahnstangenstrecken hinauf fährt, und dabei die Fahrgeschwindigkeit entsprechend den Bahnvorschriften gegenüber Fahrt mit vollem Feld auf wirtschaftliche Art, d. h. ohne das Vorschalten von Widerständen, erniedrigt werden muss. Die beiden Stufen mit geschwächtem Feld dienen zur

<sup>15)</sup> SBZ Bd. 100, S. 267\*, 19. Nov. 1932.

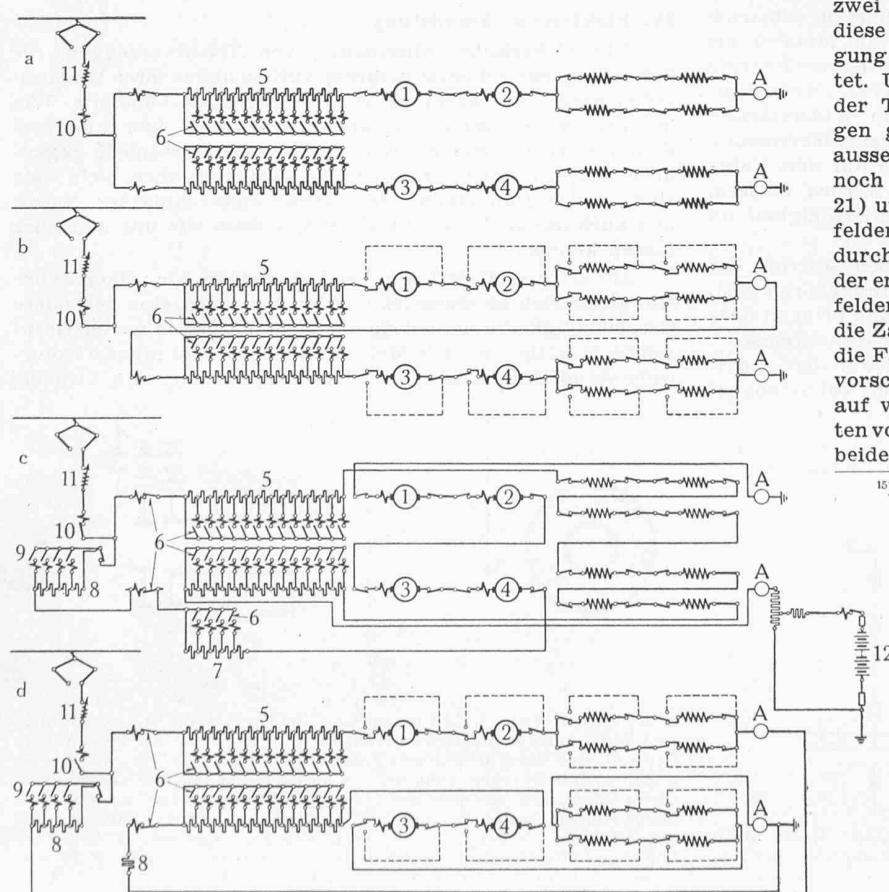


Bild 22. Schaltung der Triebmotoren für Fahren und Bremsen bei den BCFhe 4/4-Triebwagen, Serie 101, der Wengernalpbahn

a Fahren in Serie-Parallel-Gruppierung, b Fahren in Serie-Schaltung für Berg- und Talfahrt und Ueberbrückungsmöglichkeit für einen beschädigten Triebmotor, c Fahren und Bremsen in Nutzbremschaltung und Aufladen der Batterie, d Widerstandsbremsschaltung.

1 bis 4 Triebmotoren, 5 Anlass und Bremswiderstand, 6 Schaltelemente des Kontrolllers, 7 Anlasswiderstand, 8 Feinregulierwiderstand, 9 Schaltelemente des Feinregulierschalters, 10 Motorschütz, 11 Hauptschalter, 12 Batterie

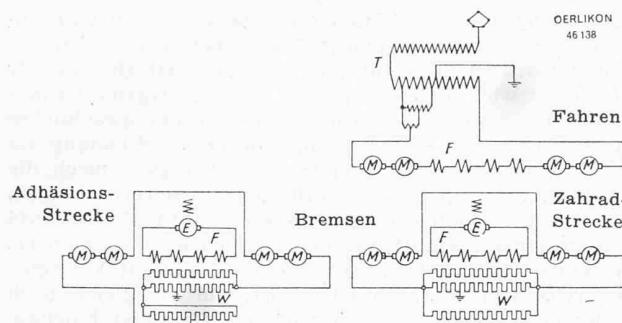


Bild 23. Schaltung der Triebmotoren beim Fahren und Bremsen der HGe 4/4-Lokomotiven, Serie 31, der Furka-Oberalp-Bahn

Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit; sie werden speziell auf den Adhäsionsstrecken angewendet, wenn die Gelände-Verhältnisse hohe Fahrgeschwindigkeiten zulassen oder um bei grösserem Spannungsabfall die Fahrgeschwindigkeit wieder auf den Sollwert zu bringen und so die vorgeschriebene Fahrzeit einhalten zu können.

Aendert sich aber Steigung bzw. Gefälle bei Bahnen mit reinem Zahnstangenbetrieb in einem gewissen Ausmass, so kann auf Umgruppierung der Motoren nicht gut verzichtet werden. Ausserdem kann dann das Bedürfnis vorliegen, mehrheitlich, mindestens aber auf Strecken mit grossem Gefälle, Nutzbremsung, auf jenen mit kleinerem Gefälle Widerstandsbremse anzzuwenden. Als Beispiel hierfür diene die Schaltung (Bild 22) der Motoren bei den BCFhe 4/4-Triebwagen, Serie 101, der Wengernalp-Bahn, wobei immer zwei der insgesamt vier Motoren dauernd in Serie geschaltet sind. Bei der netzunabhängigen Widerstandsbremse, die hier nur ausnahmsweise gebraucht wird, sind die vier Motoren auf zwei voneinander unabhängige Bremsstromkreise aufgeteilt. Bei Nutzbremsung sind alle vier Motoranker in Serie und parallel dazu die Motorfelder in Serie geschaltet und an die Fahrleitung angeschlossen. Die Motoren werden dadurch auf Nebenschlussregung umgeschaltet und gegenüber Spannungsschwankungen im Netz sehr unempfindlich. Ausserdem ist in dieser Schaltung vorteilhafterweise auch Anfahren und motorisches Fahren möglich.

Wesentlich komplizierter in der Schaltung werden die Triebfahrzeuge für Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb namentlich dann, wenn das Längenprofil so beschaffen ist, dass bei Talfahrt auf beiden Streckenarten wahlweise Widerstands- und Nutzbremsung angewendet werden soll. Dieser Fall liegt bei den BCFhe 4/4-Triebwagen, Serie 301, der Berner-Oberland-Bahnen vor, die im nächsten Jahr in Betrieb kommen werden.

Etwas einfacher ist im allgemeinen die Schaltung von Triebfahrzeugen mit getrenntem Antrieb von Triebzahnrädern und Adhäsionsachsen. Bei den HGe 4/4-Lokomotiven, Serie 21, der Berner-Oberland-Bahnen sind bei Berg- und Talfahrt auf Zahnstangenstrecken Adhäsions- und Zahnstangenmotor in Serie geschaltet, während auf den Adhäsionsstrecken bei Berg- und Talfahrt nur der Adhäsionsmotor an der Fahrleitung liegt, bzw. als Generator auf Widerstände arbeitet. Bei den Triebwagen der Bahn Montreux-Champéry sind auf den Zahnstangenstrecken die beiden Adhäsionsmotoren in Serie und zu den beiden parallel geschalteten Zahnstangenmotoren parallel geschaltet, während auf den Adhäsionsstrecken nur

die beiden Adhäsionsmotoren in Serie- und Parallelschaltung arbeiten.

Bei Einphasen-Wechselstrom sind bis jetzt nur Fahrzeuge für gemischten Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb angewendet worden. Elektrische Ausrüstung und Schaltung sind gleich wie bei den Fahrzeugen für reinen Adhäsionsbetrieb. So zeigt Bild 23 das Schalschema der HGe 4/4-Lokomotiven, Serie 31, der Furka-Oberalp-Bahn (10500 V, 16 2/3 Hz), das auch dem der Lokomotiven gleicher Achsfolge der Visp-Zermatt-Bahn entspricht. Bei Fahrt sind alle vier Motoren M in Serie geschaltet; sie werden in der bei Einphasenwechselstrom-Triebfahrzeugen üblichen Weise an den Anzapfungen des Transformatoren T über elektropneumatische Schütze und Doppeldrosselspulen entlang geschaltet und dadurch in der Drehzahl in zwölf Stufen reguliert. Der kombinierte Antrieb (s. Bild 12) bringt es mit sich, dass die Schaltung bei Fahrt auf den Adhäsions- und Zahnstangenstrecken die selbe ist. Bei elektrischer Bremsung, die die normale Betriebsbremsung (Gefällebremsung) bildet, arbeiten die Anker der vier Motoren M auf einen festen Bremswiderstand W, dessen Ohmwert auf der Adhäsionsstrecke 2,25 mal grösser ist, als auf der Zahnstangenstrecke. Die Feldwicklungen F sind dabei an eine Gleichstrom-Erregermaschine E angeschlossen, in deren an einer Batterie angeschlossenen Erregerkreis (in Bild 23 weg gelassen) die Bremsung 16stufig geregelt wird.

Die Fhe 4/6-Gepäcktriebwagen, Serie 901, der Brünigstrecke der SBB sind bis jetzt die einzigen für Einphasenwechselstrom gebauten Triebfahrzeuge mit getrennten Triebwerken für Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb<sup>16)</sup>. Die insgesamt sechs Triebmotoren — vier Adhäsions- und zwei Zahnstangenmotoren — sind mit Ausnahme der Wellenenden und der Stützpunkte identisch. Die Drehzahl der Adhäsionsmotoren I, II, V und VI beträgt im Mittel nur das 0,45fache von jener der Zahnstangenmotoren III und IV. Links des Führerstandhandrades (Bild 24), durch das wie sonst der Servomotor des hier hochspannungsseitig angeordneten Stufenschalters in 18 Stufen betätigt wird, ist der Fahrschalter mit sechs Stellungen angeordnet: FA (Fahrt-Adhäsion), 0 (Nullstellung), E (Zahnstangen Einfahrt), FZ (Fahrt Zahnstange), A (Zahnstangen Ausfahrt) und Br (Bremsung Zahnstange). Diesen Fahrschalterstellungen entsprechen die in Bild 25 dargestellten Schaltungen.

In Stellung Fahrt Adhäsion sind die vier Adhäsionsmotoren I, II und V, VI pro Drehgestell je zu zweit in Reihe, die zwei Gruppen jedoch parallel geschaltet. Die Zahnstangenmotoren III, IV bleiben dabei ausgeschaltet. Zum Einfahren in die Zahnstange wird der Fahrschalter auf E gestellt, was im Stillstand oder bei Geschwindigkeiten bis 20 km/h zulässig ist. Dadurch werden die Anker der noch unbelasteten Zahnstangenmotoren III und IV an die Anker der Adhäsionsmotoren I, II, V, VI und die Felder der Zahnstangenmotoren III, IV an die Felder der Adhäsionsmotoren I, II, V, VI angeschlossen.

Durch Betätigung des Zugkraftschalters (Bild 24) wird die Feldstromverteilung und damit die Drehzahl der Zahnstangenmotoren, sowie die Zugkraftverteilung auf Zahnstangen- und Adhäsionsmotoren dadurch verändert, dass die Windungszahl der vom Strom der Zahnstangenmotoren durchflossenen Wicklung des kleinen Ausgleichstransformators AT verändert wird. Ein auf km/h geichertes Voltmeter zeigt die Spannungsdifferenz zweier Tachometerdynamos als Geschwin-

<sup>16)</sup> SBZ Bd. 118, S. 310\*, 27. Dez. 1941.

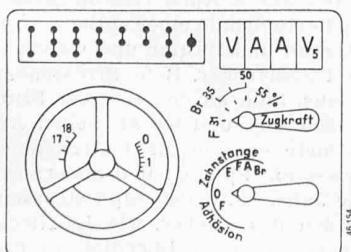


Bild 24. Führerstand-Steuertisch der Fhe 4/6-Gepäcktriebwagen, Serie 901, der SBB.

motoren und zugehörige Feldwicklungen, T = Anschluss an Transformator, AT = Ausgleichstransformator, W = Bremswiderstände, ZW = Zusatz-Bremswiderstand, E = Erregermaschine

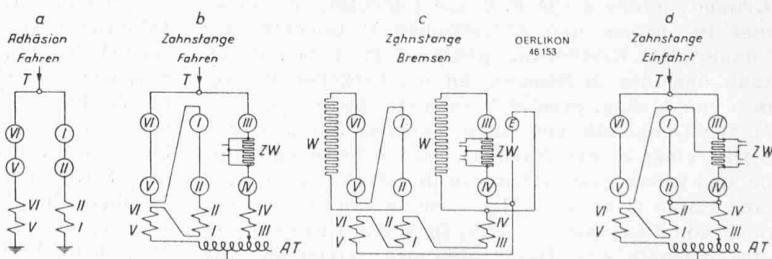


Bild 25. Schaltung der Adhäsions- und Zahnstangenmotoren der Fhe 4/6-Gepäcktriebwagen, Serie 901, für die Brünigstrecke der SBB.

digkeitsdifferenz zwischen Adhäsions- und Zahnstangenantrieb an. Nullage des Zeigers bedeutet Synchronismus, also bester Einfahrzustand. Der Zugkraftschalter besitzt fünf Stellungen und dient folgenden drei Zwecken: 1. Wahl der Erregung beim Einfahren (Synchronisierung); 2. Wahl der Zugkraftverteilung bergwärts; 3. Wahl der Bremskraftverteilung talwärts bei ungünstiger Adhäsion. Das Zugkraftverhältnis von A zu Z, sowie das Erregungsverhältnis beim Einfahren ist von 55 % bis 31 % einstellbar, das Bremskraftverhältnis von 50 % bis 35 %.

Nach der Einfahrt wird der Fahrschalter auf Fahrt auf Zahnstange (FZ) gedreht, womit der Übergang auf Zahnstangen-Normalschaltung ohne Zugkraftunterbrechung erfolgt. Dabei sind (Bild 23) alle vier Adhäsionsmotoren I, II, V, VI in Reihe und parallel dazu die beiden Zahnstangenmotoren III, IV geschaltet, mit dem Ausgleichstransformator AT vor dem Wieder-Zusammenschluss der beiden parallelen Zweige.

In der Stellung Zahnstangen-Ausfahrt (A) werden die Zahnstangenmotoren III, IV abgeschaltet. Diese in Bild 25 nicht gezeichnete Schaltung unterscheidet sich von der Schaltung Fahren Adhäsion (FA) nur durch Reihen- statt Reihenparallelschaltung der vier Adhäsionsmotoren. Talwärts wird nach der Stellung E der Fahrschalter auf die Stellung Bremsen (Br) umgestellt, wobei eine eigenartige Kombination der Adhäsions- und Zahnstangen-Motoren mit Bremsung auf je einen Widerstand hergestellt wird (Bild 25 c). Die Feldwicklungen sämtlicher Motoren liegen in Reihe mit den Ankerkernen der Zahnstangenmotoren.

Eine an die Felder angelegte fremderregte und mit dem Zahnstangenmotor III direkt gekuppelte Erregermaschine E liefert Zusatzstrom oder nimmt einen Teil des Ankerstromes auf, je nach der Grösse ihrer von einer Batterie gelieferten Erregung. Durch Änderung der Erregung ist die Geschwindigkeit talwärts zwischen 8 bis 14,5 und 30 km/h einstellbar. Auf den letzten zwei Stufen wird der totale Bremswiderstand im Kreis der Zahnstangenmotoren durch Kurzschliessen von ZW verkleinert. Die Bremskraftverteilung ist in drei Stufen 50, 43, 35 % veränderbar, wobei in zweien der Widerstand im Kreis der Anker der Adhäsionsmotoren erhöht, in der dritten der Widerstand im Kreis der Anker der Zahnstangenmotoren verkleinert wird. Auch hier handelt es sich um eine Widerstandsbremse mit Gleichstrom-Fremderregung der bremsenden Triebmotoren, die aber infolge der direkten Kupplung der Erregermaschine mit einem der Zahnstangenmotoren fahrdrahtunabhängig ist.

### In memoriam Pasquale Lucchini

DK 92

Das Jubiläumsjahr unserer Bundesverfassung, das zu so manchem Rückblick Anlass geboten hat, brachte auch im Tessin ein Projekt zur Ausführung, dessen Anfänge schon auf das letzte Jahr zurückgehen. Es ist das Verdienst des rührigen *Gruppo Lugano der G. E. P.*, die Bedeutung des grossen Tessiner Ingenieurs und Industriellen P. Lucchini der Nachwelt dauernd in Erinnerung gebracht zu haben durch ein Denkmal, das ihm in Bissone, an der östlichen Wurzel des Dammes von Melide, gesetzt worden ist. Es ist ein klassisch einfacher Denkstein von edlen Formen, die sich anlehnen an jene einer in der Nachbarschaft erhaltenen römischen Stele, und wurde geschaffen von den Architekten Aldo Lucchini und Raoul Casella (G. E. P.), beide von Lugano und Nachkommen von Pasquale Lucchini. In einem einzigen Satz umreisst die Inschrift zwei Haupttaten des Gefeierten. Sie lautet auf deutsch: «Nachdem er die einander gegenüberliegenden, sich nun nicht mehr feindlichen Ufer des Ceresio durch die Damm-Brücke von Melide am Vorabend des für das Vaterland segensreichen Jahres 1848 miteinander verbunden hatte, brachte Pasquale Lucchini den Weg der Völker durch

den St. Gotthard zur Reife, indem er die in den wilden Flanken der Alpen hinaufsteigenden Kehrtunnel voraussah».

Diese Inschrift ist nicht nur treffend, weil sie das für die Nachwelt wichtigste Werk bzw. den wichtigsten Gedanken Lucchinis festhält, sondern sie ist auch ein sprachliches Meisterstück, indem es ihr gelingt, durch die Wendung «la vigilia» ein im Jahre 1847 eingetretenes Ereignis durch die Zahl 1848 zu verewigen, die doch für den Schweizer mit einem viel positiveren Gehalt erfüllt ist, als die Zahl 1847. Und 1848 als Beginn eines Neuaufbaues darf füglich auch deshalb bei P. Lucchinis Name stehen, weil er ein vollblütiger Vertreter jenes strebsamen 19. Jahrhunderts ist, wie wir gleich noch sehen werden. Zuletzt ist nun noch ein Umstand hinzugekommen, der es den Gruppo Lugano verschmerzen liess, dass die Hundertjahrfeier des Dammes von Melide etwas verspätet abgehalten wurde: man hat sie vereinigt mit dem Jubiläum der Laganersee-Dampfschiffahrt, die im Juli 1848 aufgenommen worden ist.

Und das Datum war gut gewählt: Am 30. Mai 1948, nachdem wochenlang und bis tief in die Samstagnacht hinein sintflutartiger Regen gefallen war, stieg die Sonne strahlend am tiefblauen Himmel empor und ein frischer Wind kräuselte die Fluten des Ceresio, als die Festgemeinde zu Schiff von Lugano nach Melide fuhr. Dort wurde sie unter lichten Bäumen auf grünem Plan, beschützt von einer Ehrengarde in den alten Uniformen des «Corpo dei Volontari Luganesi», durch den Gemeindepräsidenten empfangen und von Ing. E. Donini begrüßt, der hierauf den Festzug über den Damm geleitete, wo man den Denkstein enthüllte. Auf der einzigartig ursprünglichen, von jedem Fremdenindustrie-Anstrich bewahrten Piazza von Bissone spielte sich dann die eigentliche Jubiläums-

feier in fast homeruscher Breite ab. Reden von Ing. U. Emma, Präsident des Gruppo Lugano, Staatsrat Nello Celio, Gen.-Dir. C. Lucchini, Schiffahrts-Präs. C. Battaglini und vielen anderen, dann Kindergedichtvorträge, Blumen und Girlanden, Musik und Tafelfreuden hielten uns stundenlang beisammen, indes draussen auf dem gleissenden See und namentlich nebenan auf der Strasse der grosse Verkehr vorbebrauste, ohne Notiz zu nehmen von dem Stück echt tessinischen Kulturlebens, das sich da abspielte im Schatten der Platanen und Linden und der alten grossen Ulme, die schon an der Eröffnungsfeier anno 1847 dagestanden hatte. Als dann am Nachmittag in der dank der Initiative von Ing. G. Ferrazzini G. E. P. so glücklich hergerichteten casa Tencalla die Erinnerungs-Ausstellung dieses Doppeljubiläums eröffnet wurde und man Gelegenheit erhielt, sich in die Dokumente der Vergangenheit zu vertiefen, drängte sich vor allem ein Eindruck auf: welche Konstanz der typischen Züge hat doch die politische und technische Entwicklung des Tessins die verflossenen hundert Jahre hindurch aufzuweisen! Die Grundgedanken der 1847 zur Damm-Eröffnung und zu Ehren Lucchinis gedruckten Zeitungsaufsätze könnten heute noch einer entsprechenden Rede zum Gerüst dienen.

Pasquale Lucchini, geboren am 8. April 1798 in Arasio (Montagnola), ging durch die harte Schule einer entbehrungsreichen Jugend, wurde Pflasterbub und Maurer und wanderte aus, wie es die Tradition der Tessiner war. Beim Strassenbau im Veltlin zeichnete er sich aus, kam an den Bau der Stilfserjochstrasse und war bis 1826 dort und bei ähnlichen Arbeiten Bauführer. Dann widmete er sich als Unternehmer dem Strassenbau am Comersee, am Splügen und andernorts in Oberitalien. Es waren die Jahrzehnte der Alpenstrassenbauten, und neben die Grossen des Faches, wie La Nicca, Poccobelli, Meschini, Colombara trat auch Lucchini. In den politischen Wirren der Zeit nahm er auf der liberalen Seite Stellung, wurde 1839 in den Grossen Rat und 1845 zum Kantonsingenieur gewählt.

Schon seit Anfang der Vierzigerjahre waren Studien für den Bau einer Hängebrücke über die See-Enge begonnen



Pasquale Lucchini ums Jahr 1850