

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	39/40 (1902)
<b>Heft:</b>	20
<b>Artikel:</b>	Elektrische Betriebssysteme bezogen auf das Netz der ehemaligen Nordostbahn
<b>Autor:</b>	Thormann, L.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-23450">https://doi.org/10.5169/seals-23450</a>

### 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:** 09.02.2026

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

bis hinauf zum Dachgeschoss miteinander verbindet. — Halle und Wohnräume sind bezüglich Form und Farbe nach den Plänen der Architekten mit besonderer Sorgfalt bis ins kleinste Detail durchgearbeitet. Die Ausführung der Holzarbeiten geschah durch die Firmen Ballié in Basel und Wolff & Aschbacher in Zürich. Die vorzüglichen Modelle für die Holzschnitzarbeiten sind von Bildhauer Kiefer in Ettlingen. Eine bequeme Treppe führt direkt von der Halle ins Obergeschoss, welches die Schlafzimmer, Kinderzimmer, Bad- und Toiletten-Räume in guter Ausstattung enthält.

Villa zur Römerburg in Baden.

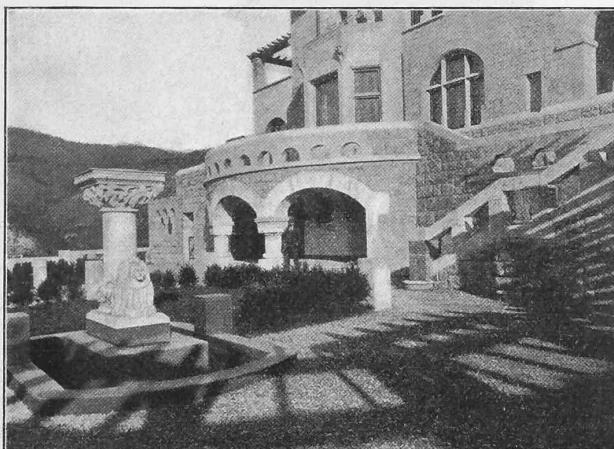


Abb. 6. Westseite; untere Terrasse mit Brunnen.

Im Dachgeschoss sind noch einige Fremdenzimmer, die alle Bequemlichkeiten bieten.

Die Kosten betrugen für den Bau etwa 320 000 Fr., für den Garten 80 000 Fr. C. & M.

### **Elektrische Betriebssysteme bezogen auf das Netz der ehemaligen Nordostbahn.**

Von L. Thormann in Zürich.

#### I.

##### **Einleitung.**

In einer früheren Studie<sup>1)</sup> habe ich versucht, den elektrischen Betrieb auf den schweizerischen Normalbahnen mit Bezug auf seine Wirtschaftlichkeit im Vergleich zum Dampfbetrieb einer allgemeinen Betrachtung zu unterziehen. Für die Berechnung der Anlage- und Betriebskosten wurde eine Gleichstromverteilung zu den Zügen mittels dritter Schiene angenommen. Es geschah dies in erster Linie aus dem Grunde, weil dieses System bisher am meisten praktische Ausführungen auch in grösserem Maßstab aufzuweisen hat und daher am wenigsten der Einwand erhoben werden konnte, es beruhe der ganze Vergleich auf einer technisch noch unerprobten Grundlage.

In zweiter Linie konnte auch die Frage der Kraftbeschaffung, bzw. der Erstellungskosten, in einfacher Weise bei diesem System beantwortet werden, indem die Energiezuführung zu den Umformerstationen eine kontinuierliche ist, entsprechend dem durchschnittlichen Bedarf des Netzes, infolgedessen pro Pferd und Jahr ein Durchschnittspreis angesetzt werden kann, der den Verkaufsbedingungen der schweizerischen Elektrizitätswerke im Mittel entspricht. Bei direkter Verwendung von Dreiphasenstrom, z. B. nach System der Burgdorf-Thun Bahn, hätte nicht die Durchschnittsbelastung allein, die beim Gleichstromsystem durch Anwendung von Pufferbatterien erzielt wird, in Betracht gezogen werden dürfen, sondern es wäre auch der Einfluss der momentanen Stromstöße auf Leitungsnetz und Kraftwerkzeugstation zu berücksichtigen gewesen. Dass letzterer aber nicht zu vernachlässigen ist, die Berechnung

der Stromlieferungskosten jedoch bedeutend erschwert, wird an späterer Stelle ersichtlich werden.

Es wurde nun speziell aus elektrotechnischen Fachkreisen der Einwand erhoben, das Resultat der Untersuchung würde für den elektrischen Betrieb der schweizerischen Normalbahnen günstiger ausgefallen sein, wenn den Berechnungen das Wechselstromsystem mit hoher Spannung in der Kontaktleitung zu Grunde gelegt worden wäre. Diese Bemerkung, sowie das von der Maschinenfabrik Oerlikon der Generaldirektion der schweizerischen Bundesbahnen gemachte Anerbieten, eine längere Strecke auf eigene Kosten nach ihrem System elektrisch umzubauen und zu betreiben, haben mich veranlasst, die Frage der Systemwahl in Bezug auf Wirtschaftlichkeit einer eingehenderen Prüfung zu unterziehen, als dies in der früheren Studie geschehen ist.

Dieses Problem könnte man dadurch zu lösen versuchen, dass man für eine ideale Bahnstrecke, z. B. von 100 km Länge, mit bestimmter Steigung und bestimmter Belastung, die Verhältnisse der einzelnen Systeme in gleicher Weise berechnet und die Resultate einander gegenüberstellt. Eine solche theoretische Betrachtung erweckt aber auch nur theoretisches Interesse und führt unter Umständen zu Ergebnissen, die mit den tatsächlichen Verhältnissen eines Bahnnetzes im Widerspruch stehen. Die Untersuchung soll sich daher direkt auf einen praktischen Fall beziehen. Als solcher ist die Einrichtung eines elektrischen Betriebes auf dem ehemaligen Netz der schweizerischen Nordostbahn gewählt worden, einschliesslich der Bözbergbahn bis zur Station Stein-Säckingen. Es sollen hierfür die elektrischen Betriebsverhältnisse berechnet werden auf Grundlage des Fahrplans vom Sommer 1901 unter Beibehaltung der Zugsgewichte des Dampfbetriebes und — im allgemeinen — der entsprechenden Fahrgeschwindigkeiten.

Was die zu untersuchenden Systeme anbetrifft, so möge sich die Prüfung auf folgende drei beschränken:

a) Gleichstrom, erzeugt in Umformerstationen aus hochgespanntem Drehstrom und den Zügen vermittelst sog. dritter Schiene zugeführt; Automobilbetrieb, bei dem die Zugsmotoren nicht auf einer besondern Lokomotive, sondern auf einem oder mehreren Nutzwagen untergebracht sind.

b) Dreiphasenwechselstrom von hoher Spannung, den Zügen vermittelst zweidrähtiger Kontaktleitung zugeführt; Automobilbetrieb, wie bei a.



Abb. 7. Treppe vom Garten zur östlichen Terrasse und Nebeneingang.

c) Einphasenwechselstrom von hoher Spannung in einer auf dem Zug befindlichen Umformergruppe in Gleichstrom umgewandelt zum Antrieb der eigentlichen Achsentriebmotoren; Lokomotivbetrieb (System der Maschinenfabrik Oerlikon).

Es sind dies die hauptsächlich in Betracht fallenden Systeme, von denen diejenigen unter a) und b) schon verschiedene praktische Ausführungen aufzuweisen haben, während System c) demnächst versuchsweise auf der Bundes-

<sup>1)</sup> Schweiz. Bauzeitung. Bd. XXXVIII Nr. 19—22.

Villa zur Römerburg in Baden. Architekten: Curjel &amp; Moser.



Abb. 5. Haupteingang.

bahnstrecke Wettingen-Seebach eingeführt werden soll. Eine andere öfters erwähnte Kombination, der Betrieb mit Drehstromkontakteleitung auf offener Linie und Accumulatorenlokomotiven in den Bahnhöfen speziell zum Rangierdienst soll nicht weiter berücksichtigt werden. Die Accumulatorenlokomotiven bringen, abgesehen von ihrer Kostspieligkeit, nur Komplikationen in den Betriebsdienst, und anderseits

Alle Vor- und Nachteile, welche die erwähnten Systeme in rein technischer Hinsicht aufweisen, sollen an dieser Stelle nicht eingehender besprochen werden, wiewohl sie auch auf die Wirtschaftlichkeit direkt und indirekt Einfluss haben und bei der endgültigen Wahl eines Systems nicht ausser Acht gelassen werden könnten. Bei der Beschreibung der einzelnen Fälle wird sich Gelegenheit bieten, darauf

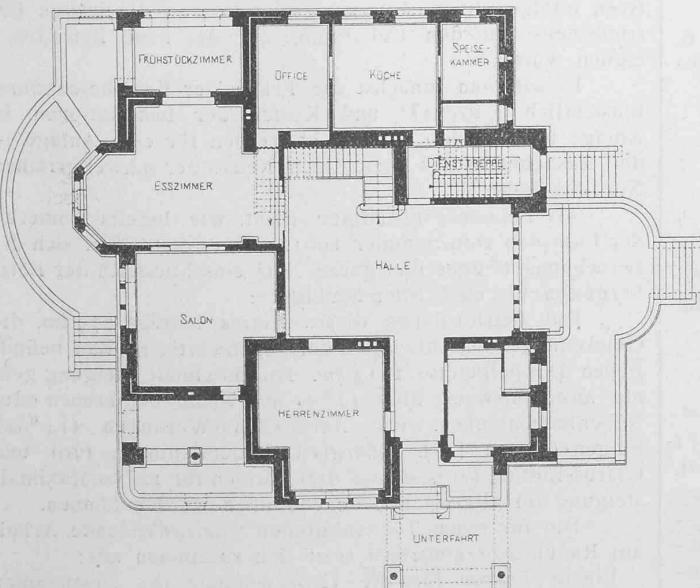


Abb. 2. Grundriss vom Erdgeschoss. — Masstab 1:300.

ist solcher Notbehelf gar nicht erforderlich, da es ganz gut möglich ist, auch in grösseren Bahnhofanlagen doppelpolige Kontaktluftleitungen herzustellen und mit Betriebssicherheit zu benützen. Wenn diese Drahtnetze auch nicht gerade zur Verschönerung beitragen, so ist deren Anblick schliesslich nicht unästhetischer als derjenige eines rauchgeschwärzten Bahnhofes älteren Stiles.

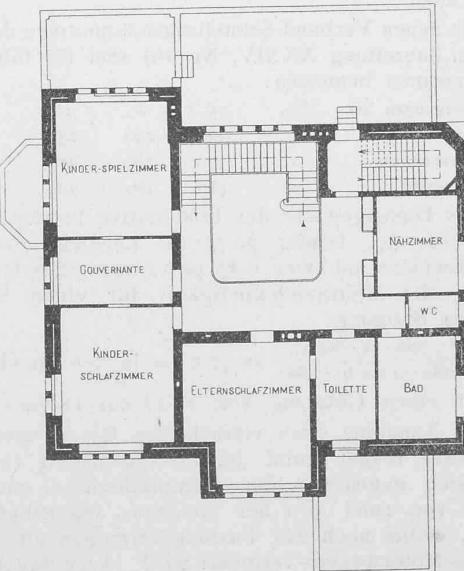


Abb. 3. Grundriss vom I. Stock. — Masstab 1:300.

zurückzukommen und auch die Betriebssicherheit in Betracht zu ziehen.

#### Gemeinsame Grundlagen und Berechnungen.

Um für die drei Betriebsarten eine gemeinsame Vergleichsbasis zu erhalten, ist es zunächst erforderlich, der Berechnung solche Verhältnisse der Zugsgewichte und Ge-

schwindigkeiten zu Grunde zu legen, die für alle Systeme praktisch ausführbare Lösungen ermöglichen. Gleichzeitig sollten dieselben sich von den Bedingungen des Dampfbetriebes nicht allzuweit entfernen, um schliesslich nicht nur das theoretische Interesse des Elektrikers vom Fach, sondern auch das allgemeine Interesse des Eisenbahntechnikers zu erwecken. Ob damit zugleich die für den elektrischen Betrieb im Vergleich zum Dampfbetrieb günstigsten Bedingungen ausgewählt worden sind, wird sich am Schluss der Berechnungen leichter beurteilen lassen.

Was nun zunächst die Zugsbildung betrifft, so stösst man auf die Frage, was günstiger sei, Lokomotiv- oder Motorwagen-Betrieb. Für System a) und b) sind in der Einleitung Motorwagen vorgemerkt, für System c) dagegen Lokomotiven.

Von den Vertretern des Lokomotivprinzipes wird geltend gemacht, dass dasselbe sich einzig dazu eigne, den allmählichen Übergang vom Dampfbetrieb zum elektrischen zu bewerkstelligen, indem es schon des Anschlusses an die ausländischen Bahnen wegen notwendig sei,

die gegenwärtige Zugsbildung ohne wesentliche Einschränkungen beibehalten zu können. Diese Auffassung ist jedenfalls begründet. Es fragt sich bloss, ob man derselben nicht auch vermittelst Motorwagen gerecht werden kann.

Die neuen Verbund-Schnellzugslokomotiven der N. O. B. (Schweiz. Bauzeitung XXXIV, Nr. 26) sind für folgende Belastungsnormen bemessen:

Steigungen bis	$\text{‰}$	5	8	10	12
Schnellzug	t	330	290	240	200
Personenzug	»	360	320	270	220
Güterzug	»	480	380	300	240

Das Dienstgewicht der Lokomotive beträgt rund 80 t (Lokomotive 50, Tender 30 t), die Leistung 700 P. S. eff. Ein Rollwiderstand von 6 kg pro t vorausgesetzt, beträgt demnach die Fahrgeschwindigkeit für einen Schnellzug auf 12 % Steigung

$$\frac{700 \cdot 75 \cdot 3600}{280 \cdot (12 + 6) \cdot 1000} = 37,5 \text{ km in der Stunde}$$

oder für einen Güterzug von 240 t auf 12 % = 32,8 km.

Bei Annahme eines vierachsigen Motorwagens zu 50 t brutto (der Wagen rund 30, die Ausrüstung rund 20 t), ergibt sich gegenüber der Dampfmaschine ein Minder gewicht von rund 30 t bei gleichem angehängtem Zugsgewicht, wobei noch das Fassungsvermögen um die Tragkraft des Motorwagens vermehrt wird. Auch das Adhäsions gewicht des Motorwagens steht demjenigen der Dampflokomotive nicht nach, sondern ist im Gegenteil noch günstiger, wenn man sich alle Achsen als durch Elektromotoren angetrieben vorstellt.

Wenn daher Motorwagen von derselben Leistungsfähigkeit gewählt werden wie die jetzigen Dampflokomotiven und dementsprechend auch die ganze Anlage eingerichtet wird, so ist nicht einzusehen, weshalb die Motorwagen nicht ebensogut die Weiterführung der von

auswärts anlangenden schweren Züge übernehmen könnten, wie die elektrischen oder die jetzigen Lokomotiven. Für Strecken mit Steigungen bis zu 25 % wäre entweder — wie übrigens auch beim Dampfbetrieb — das Zugsgewicht zu verringern und eventuell auch gleichzeitig die Geschwindigkeit, oder es liessen sich zwei oder mehrere Wagen mit Motoren in einer Zugskomposition unterbringen, mit andern Worten Vorspann nehmen. Der Dampflokomotivbau sucht diesen Anforderungen durch Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Maschinen zu entsprechen. So wurde kürzlich bei der Jura-Simplon Bahn eine neue Schnellzugs maschine A  $\frac{3}{5}$  T in Dienst gestellt von 1100 P. S. Dauerleistung, bezw. 7000 kg Zugkraft, um ein Zugsgewicht von 300 t auf 10 % Steigung mit 50 km Geschwindigkeit ziehen zu können. Diese Lokomotive wiegt ausgerüstet 64 t, ihr Tender 38 t, was zusammen ein Dienstgewicht von 102 t darstellt. Diese Leistungsfähigkeit bildet indessen heute noch nicht die Norm, weshalb unser Vergleich sich noch auf die bisherigen Verhältnisse gründen soll.

Werden die folgenden Berechnungen für alle drei Systeme unter Zugrundelegung von Zugsgewichten entsprechend den jetzigen Zügen durchgeführt, so muss daher der Einwand fallen gelassen werden, dass sich nur System c) mit Lokomotiven infolge seiner Anpassungsfähigkeit an die jetzige Betriebsweise für den Übergang auf die neue Betriebsart eignen würde.

Es soll nun zunächst die Frage der Kraftbeschaffung hinsichtlich Nutzeffekt und Kosten der Installationen in Anlage und Betrieb untersucht werden für eine Anlage in der Ausdehnung des ehemaligen Netzes der schweizerischen Nord-Ost-Bahn.

Als Belastungsgrundlage dient, wie bereits bemerkt, der Fahrplan vom Sommer 1901, und es erstrecken sich die Berechnungen über das ganze Netz einschliesslich der Bözbergbahn bis nach Stein-Säckingen.

Die Betriebslänge dieses Netzes beträgt 779 km, die Geleislänge, einschliesslich der gegenwärtig im Bau befindlichen Doppelgleise 1313 km. Die maximale Steigung geht nur ausnahmsweise über 12 % auf wenig befahrenen oder Nebenbahnstrecken, wie Aarau-Suhr-Wettingen (14 %), Sulgen-Gossau (15), Oberglatt-Niederweningen (20) und Glarus-Linthal (20), sodass die Normen für 12 % Maximalsteigung im allgemeinen angenommen werden können.

Die für einen Tonnenkilometer aufzuwendende Arbeit am Radumfang gemessen setzt sich zusammen aus:

Einem Faktor für die Ueberwindung des sogenannten Rollwiderstandes, der zu 6 kg für eine Tonne im Mittel den Luftwiderstand inbegriiffen angenommen werden soll, und

einem Faktor für die Ueberwindung der Höhendifferenzen, d. h. der Steigungen.

Auf Gefällen wird dagegen der Betrag an Energie, der für die Ueberwindung von Steigungen aufgebracht werden muss, wieder frei. Von demselben kann ein Teil zur Ueberwindung des Rollwiderstandes auf den Gefälls-

Villa zur Römerburg in Baden. Architekten: Curjel & Moser.



Abb. 8. Herrenzimmer.

strecken direkt verwendet werden, und zwar entspricht das Gefälle in  $\%$  dem Rollwiderstand in  $kg$  pro  $t$ , sodass bei  $6\text{ kg}$  Rollwiderstand auf einem Gefälle von  $6\text{ \%}$  der Rollwiderstand durch die Schwerkraftkomponente aufgehoben wird, bzw. zur Bewegung eines Wagens in diesem Fall Arbeit nicht aufzuwenden ist. Der Rest der auf Gefällen über  $6\text{ \%}$  frei werdenden Energie muss nutzlos abgebremst werden, es sei denn, dass er in Form von elektrischem Strom ins Verteilungsnetz zurückgeschickt werden kann, um anderweitig wieder nutzbar gemacht zu werden, allerdings nur mit Verlusten entsprechend dem Nutzeffekt dieser Übertragung.

Bezeichnet man für eine Bahnlinie mit

- a die Summe aller Höhendifferenzen (Steigungen und Gefälle hin und zurück) in  $m$ ,
- b die Summe aller Höhendifferenzen mit über  $6\text{ \%}$  Neigung,
- c » » » » unter  $6\text{ \%}$  »

L die einfache Länge der Linie in  $m$ ,

l die Länge der Strecken mit über  $6\text{ \%}$  Gefälle in  $m$ ,

so ist für eine  $t$  Zugsgewicht die aufzuwendende Arbeit

$$A = \frac{1000a + 6(2L - l) - 1000c}{75}$$

die in den Gefällen frei werdende Energie

$$B = \frac{1000b - 6l}{75}$$

beides in Pferdekraftsekunden gemessen für die Hin- und Rückfahrt einer Tonne auf der ganzen Strecke.

Die Differenz beider,  $A - B$  ist gleich  $6 \cdot 2 L$ , bzw. gleich der Arbeit des Rollwiderstandes auf der zweifachen Länge der Strecke.

Um die totale Arbeit in effektiven Pferdekraftsekunden ( $P.S./\text{Sek.}$ ) für das ganze Netz zu erhalten, sind die einzelnen Strecken in dieser Weise zu berechnen und mit der Tonnenzahl der auf denselben verkehrenden Züge zu multiplizieren.

Diese Berechnung ergab, unter Annahme der mittleren Zugsgewichte von brutto  $200\text{ t}$  für Schnellzüge und grössere Personenzüge,  $150\text{ t}$  für kleinere Personenzüge und  $200\text{ t}$  für Güterzüge, für das gesamte N.-O.-B.-Netz für jeden Tag:

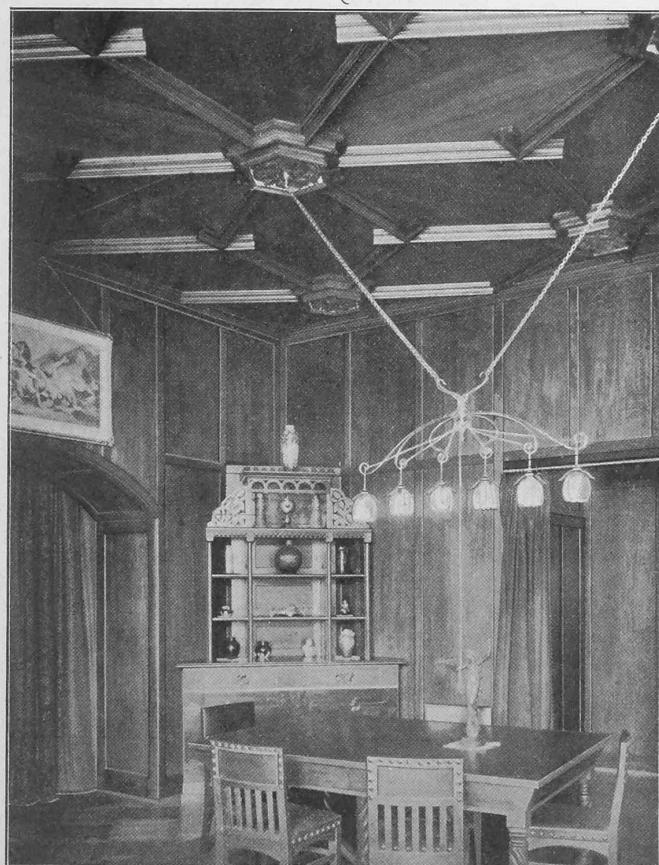


Abb. 9. Speisezimmer.

Villa zur Römerburg in Baden. Architekten: Curjel & Moser.

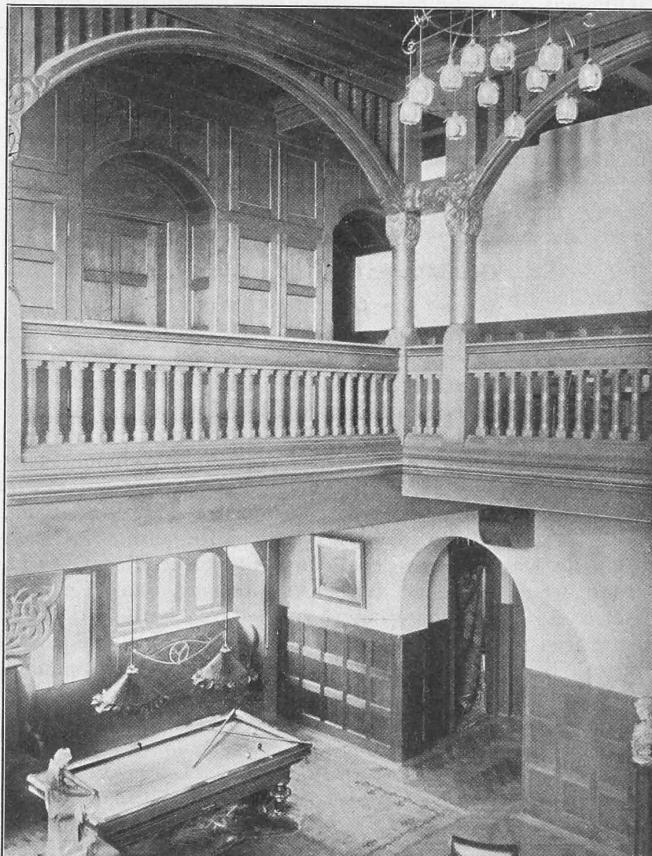


Abb. 10. Halle mit Billard.

An Tonnenkilometern . . . . .	4124029
» aufzuwendender Arbeit in effektiven $P.S.$ -Stunden . . . . .	$A = 103600$
» frei werdender Arbeit in $P.S.$ -Stunden . . . . .	$B = 11400$

Die Zahl der Tonnenkilometer entspricht den statistischen Angaben des Verkehrs auf den N.-O.-B.-Linien, Lokomotivkilometer und Rangierarbeit inbegriffen, sodass die Annahmen bezüglich Belastung der Linien von der Wirklichkeit nicht weit entfernt sein können. Zu diesen Arbeiten ist nun noch hinzuzuzählen ein Betrag, der für die Beschleunigung der Züge aufgebracht werden muss und beim Anhalten derselben durch Abgabe der lebendigen Kraft wieder frei wird. Wie in meiner früheren Arbeit berechnet, muss dieser Faktor mit ungefähr  $25\%$  der für die Fahrt aufzuwendenden Energie in Rechnung gesetzt werden.

Das Total der aufzuwendenden Arbeit wird demnach:

$$A = 103600 + 26000 = 129600 P.S.-St.$$

und die frei werdende Arbeit:

$$B = 11400 + 26000 = 37400 P.S.-St.$$

Man ersieht hieraus, dass die Menge der frei werdenden Arbeit eine keineswegs zu vernachlässigende Grösse darstellt, in diesem Fall etwa  $29\%$  der aufzuwendenden Arbeit. Inwiefern und mit welchem Nutzeffekt sie bei den einzelnen Systemen wieder nutzbar gemacht werden kann, wird sich später ergeben.

Verteilt man die für einen Tag erhaltenen effektiven Arbeitsmengen auf eine tägliche kontinuierliche Betriebszeit von 18 Stunden, so wäre die mittlere Belastung in effektiven  $P.S.$  an den Zugtriebrädern gemessen:

$$\text{An aufzuwendender Arbeit } \frac{129600}{18} = 7200 P.S.$$

$$\text{An frei werdender Arbeit } \frac{37400}{18} = 2078 P.S.$$

Die momentane maximale Belastung wird dagegen je nach der Anzahl der gleichzeitig verkehrenden Züge und ihrer Belastung und Stellung auf Steigungen eine bedeutend

höhere sein. Nach Fahrplan befinden sich maximal gleichzeitig auf den einzelnen Strecken oder in Bahnhöfen 94 Züge im Verkehr, die für die mittleren Zugsgewichte eine effektive Arbeitsmenge von 47 200 P. S., oder im Durchschnitt rund 500 P. S. für jeden Zug benötigen. Dabei ist angenommen, dass die Züge sich auf den ungünstigeren Neigungsverhältnissen der betreffenden Strecke befinden, wogegen nichts für eventuelle gleichzeitige Rangierarbeit oder Beschleunigung beim Anfahren gerechnet ist, sodass dieser Betrag für die Aufstellung der einzelnen Betriebsprojekte wohl als maximaler Bedarf angesehen werden kann.

### Grundlagen der drei Systeme.

#### a) Das Gleichstromsystem.

Die Betriebseinrichtungen sind kurz folgende: Zuleitung von Gleichstrom von 1000 Volt Spannung zu den Motorwagen vermittelst Kontaktschiene und Rückleitung durch das Fahrgeleise. Erzeugung dieser Stromart aus hochgespannten Wechselströmen in sogenannten Umformerstationen, die meist mit den Eisenbahnknotenpunkten zusammenfallen würden, jedenfalls aber nicht weiter auseinander liegen dürfen, als dass man mit der gewählten Spannung noch bezüglich der Leitungsquerschnitte auskommt. Maschinelle Kapazität der Stationen entsprechend der durchschnittlichen Belastung der angeschlossenen Strecken. Ausgleich des Mehr- und Minderbedarfs durch stationäre Pufferbatterieen, sodass die eigentlichen Primärwerke, welche die Energie liefern, nur den Durchschnittsbedarf zu decken haben.

Die Zugsnormen seien festgesetzt für

Schnellzüge von 200 t angehängtem Gewicht, 50 t Motorwagengewicht, somit 250 t Totalgewicht, mit:

Steigung %/o	Geschwindigkeit km per Stunde	Leistungen P. S. effektiv
0	80	445
4	65	600
8	50	650
12	40	670

Für leichte Personenzüge mit einem Bruttogewicht von 150 t mit:

Steigung %/o	Geschwindigkeit km per Stunde	Leistungen P. S. effektiv
0	80	270
4	60	330
8	48	370
12	40	400

Personenzüge von grösserem Zugsgewicht als die Schnellzüge können für die Vergleichung ausser Betracht gelassen werden, wenn man annimmt, dass deren Geschwindigkeiten so ermässigt sind, dass die Leistungen den für die Schnellzüge aufgewendeten entsprechen.

Wird für Güterzüge die Belastungsnorm der Dampfgüterzüge beibehalten, so berechnet sich für 12 %/o Steigung das Zugsgewicht auf 240 t angehängte Last, 50 t Motorwagengewicht, somit auf 290 t Totalgewicht und die Geschwindigkeiten und Leistungen auf:

Steigung %/o	km pro Stunde	P. S. effektiv
0	60	385
4	45	485
8	35	530
12	30	580

Mit 50 t Adhäsionsgewicht könnten aber auf 12 %/o Steigung noch 300 t angehängtes Zugsgewicht mit einem Adhäsionskoeffizienten von  $\frac{1}{8}$  befördert werden. Obengenannte Geschwindigkeiten vorausgesetzt, würden die effektiven Leistungen diejenigen der Schnellzüge nicht übersteigen. Den Berechnungen sind indessen die Werte für 290 t Zugsgewicht zu Grunde gelegt.

Der mittlere Kraftbedarf an den Motorwagenachsen gemessen ist bereits weiter oben zu 129 600 P. S.-Stunden täglich angegeben, berechnet nach Fahrplan unter Annahme von mittleren Zugsgewichten von 200 t für Schnell- und grössere Personenzüge, von 150 t für leichtere Personenzüge und von 200 t für Güterzüge. Für 18-stündige tägliche Betriebsdauer ergibt sich eine durchschnittliche Belastung von 7200 P. S. effektiv.

Rechnen wir den mittleren Nutzeffekt zu 0,8 für Wagenmotoren und Regulierung und 0,9 für die Kontaktleitung, somit zusammen zu 0,72, so müssten die Umformerstationen im Mittel  $7200/0,72 = 10\,000$  P. S. = 7360 kw abgeben.

Verteilt man diese Belastung auf die einzelnen Umformerstationen nach Massgabe der von ihnen gespiesenen Züge und des Längenprofils, so ist die mittlere Belastung jeder Station bestimmt.

Der maximale Kraftbedarf kann nur annähernd geschätzt werden. Es sind für jede Strecke die ungünstigsten fahrplanmässigen Zugstellungen herausgesucht und deren Arbeitsbedarf entsprechend den Zugsleistungen zusammengezählt worden. Die Summation aller Leistungen der einzelnen Strecken ergibt einen effektiven Gesamtbedarf von 66 500 P. S. an den Wagenrädern gemessen für insgesamt 132 Züge. Da jedoch nach Fahrplan im Maximum gleichzeitig nur 94 Züge verkehren, so kann man im Verhältnis der Zugszahl die maximale Belastung von 66 500 auf 47 200 P. S. reduzieren. Diese Zahl soll als Berechnungswert angenommen werden, wobei noch vorausgesetzt wird, dass ein eventueller Minderbedarf für Züge, die sich auf Gefällen befinden, durch Rangierarbeit in den Bahnhöfen ausgeglichen sei.

Jede der Umformerstationen kann selbstverständlich in die Lage kommen, den ganzen maximalen momentanen Bedarf decken zu müssen, der durch die lokalen Verhältnisse gegeben ist. Sie sind für diesen Fall zu bemessen. Die Summation der Einzelkapazitäten derselben ergibt für die 31 in Betracht fallenden Stationen die Summe von 95 000 kw (siehe Abbildung S. 215).

Die Wiedergewinnung von Kraft ist bei Gleichstromseriemotoren ausgeschlossen.

Der Nutzeffekt kann im Mittel angesetzt werden:

$$\begin{array}{ll} \text{Für die Wagenmotoren} & 0,8 \\ \text{» » Kontaktleitung} & 0,9 \\ \text{» » Umformer} & 0,8 \\ \text{» » Batterie} & 0,8 \\ \text{» » Transformatoren} & 0,95 \end{array} \left. \begin{array}{l} 0,72 \\ 0,44 \\ 0,61 \\ 0,95 \end{array} \right\}$$

und die Energiemengen demnach im Durchschnitt mit:

Effektiv an den Triebrädern . . . . . 7200 P. S.

Abgabe der Umformerstationen . . . . . 10 000 » = 7360 kw

Aufnahme derselben . . . . . 16 400 » = 12 100 »

und maximal mit:

Momentane Abgabe der Umformerstationen 67 200 » = 50 000 »

Summation der Leistungsfähigkeit der einzelnen Stationen . . . . . 130 000 » = 95 000 »

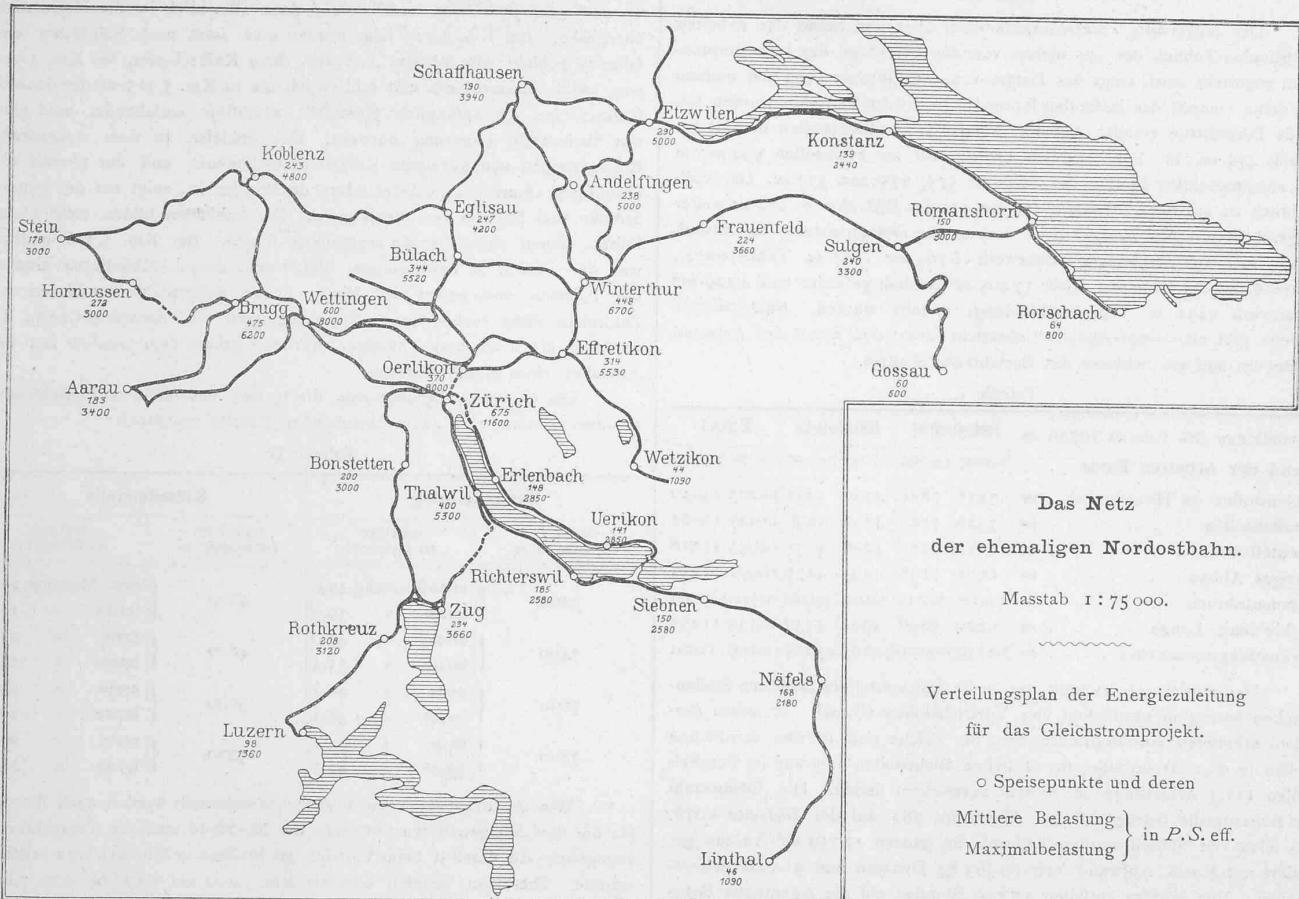
Für diese Leistungen sind die verschiedenen Anlagen zu bemessen und deren Erstellungskosten summarisch zu berechnen, um einander vergleichsweise gegenüber gestellt werden zu können. Bei einem eventuellen Vergleich mit den Zahlen meiner früheren Arbeit ist dabei nicht ausser Acht zu lassen, dass denselben andere Zugsgewichte zu Grunde gelegen hatten, deren Einfluss für den elektrischen Betrieb günstiger war, als die in diesem Fall angenommenen Zugsnormen des Dampfbetriebes.

Die Anzahl der Motorwagen soll auf 250 angesetzt sein, ungefähr gleich der Zahl der N.-O.-B. Lokomotiven, allerdings mit bedeutend gesteigerter Leistungsfähigkeit von  $700 \cdot 250 = 175\,000$  P. S. gegenüber rund 70 000 P. S. der Dampflokomotiven.

Die Motorwagen sind für Personentransport mit rund 40 Sitzplätzen gedacht. Sie wären vierachsig und jede Achse vermittelst Motor von 175 P. S. angetrieben. Ihr Gewicht wird ungefähr betragen:

Wagen:	Zwei Drehgestelle . . . . .	16 t
	Kasten . . . . .	12 » 28 t
Ausrüstung:	Vier Motoren . . . . .	12 »
	Widerstände, Apparate . . . . .	3 »
	Leitungen . . . . .	1,5 »
	Luftbremse . . . . .	1,5 » 18 »
Personen	. . . . .	3 » 3 »
	Total . . . . .	49 t

## Elektrische Betriebssysteme bezogen auf das Netz der ehemaligen Nordostbahn.



Das Netz

der ehemaligen Nordostbahn.

Masstab 1:75 000.

Verteilungsplan der Energiezuleitung  
für das Gleichstromprojekt.

- Speisepunkte und deren
- Mittlere Belastung } in P.S. eff.
- Maximalbelastung }

Der Anschaffungspreis sei gerechnet:

Für den Wagen mit . . . . .	45 000 Fr.
Für die Ausrüstung mit . . . . .	50 000 »

Total mit . . . . . 95 000 Fr.

Für 250 Wagen demnach zusammen . . . . . 23 750 000 Fr.

*Kontaktleitung.* Entsprechend den maximalen Belastungen der einzelnen Strecken, ihren Längen und einem maximalen Spannungsverlust von 200 Volt auf 1000 Volt Stationsspannung ergeben sich folgende Anlagekosten für die Kontaktleitung:

554 km	Geleise mit 50 kg Leitungsschiene zu 16 000 =	8 864 000 Fr.
37 "	" 75 "	" 20 000 = 740 000 "
273 "	" 100 "	" 25 000 = 6 825 000 "
49 "	" 150 "	" 40 000 = 1 960 000 "
400 "	" 25 "	" 13 000 = 5 200 000 "

1313 km totale Geleiselänge mit zusammen . . . . . 23 589 000 Fr.  
oder einschliesslich Zuschlag für Anschlussleitungen,

Strassenkreuzungen u. s. w. rund . . . . . 27 000 000 »

Vorausgesetzt ist hierbei, dass die Speisung der Kontraktionsseisen von beiden Seiten erfolge. Eine weitergehende Trennung derselben in Unterabteilungen, die einzeln zu speisen wären, ist nicht angenommen, da die einzelnen Strecken ohnehin kurz sind, d. h. im Durchschnitt 15—20 km, im Maximum 30 km betragen.

Umformerstationen sind zu errichten für eine mittlere Stromabgabe von 7 360 kw und im Maximum von 95 000 kw. Die Maschineneistung hat der mittleren Belastung zu entsprechen. Ein Maschinensatz setzt sich zusammen aus einer durch einen Mehrphasenstrommotor angetriebenen Gleichstromdynamo und einem Transformator zur Reduktion der Mehrphasenstromspannung der Fernleitung auf ein für die Bauart des Motors geeignetes Mass.

Die Reserve sei eine vollständige, d. h. es seien etwa 15 000 kw an maschineller Leistung installiert.

Nimmt man an, dass in den Momenten des Maximalbedarfs ein Teil der Reserven mit in Betrieb sind, so hätten die Batterieen noch zu liefern rund 85 000 kw.

Die Anlagekosten dieser Stationen können gerechnet werden zu:

Für 15 000 kw Maschineneistung:

Umformer	Transformator Apparate Gebäude	pro kw zu 340 Fr. . . . .	5 100 000 Fr.
----------	--------------------------------------	---------------------------	---------------

Für 85 000 kw momentane Batterieleistung:

Batterie	Gebäude	pro kw zu 120 Fr. . . . .	10 200 000 Fr.
----------	---------	---------------------------	----------------

Insgesamt . . . . . 15 300 000 Fr.

Die Betriebskosten derselben werden geschätzt auf:

Personal: 33 Stationen zu 3 Mann = rund 100 Mann zu 2000 Fr. = 200 000 Fr.

Unterhalt: Maschinen 2 % 100 000 Fr. } Batterieen 5 % 500 000 Fr. } . . . . . 600 000 »

Kraftmiete: Durchschnittlich 16 400 P. S. am Stationeingang

zu 120 Fr. pro Jahr . . . . . 1 968 000 »

Insgesamt . . . . . 2 768 000 Fr.

*Kraftlieferung und Fernleitung* vom Elektrizitätswerk aus sollen in ihren technischen Einzelheiten nicht weiter untersucht werden. Die Aufstellung eines Projektes müsste übrigens vollständig auf willkürlichen Annahmen beruhen, da sich heute nicht vorherbestimmen lässt, welches der schon bestehenden oder welches der noch zu bauenden Werke an der Kraftabgabe würde Teil nehmen können. Man muss sich daher damit begnügen, für das jährlich gemietete Pferd einen Betrag anzusetzen, zu dem die Energie lieferung in grösseren Quantitäten vermutlich erhältlich sein wird.

(Schluss folgt.)