

**Zeitschrift:** Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt

**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

**Band:** 1 (1908-1909)

**Heft:** 8

**Artikel:** Die Einführung des elektrischen Betriebes auf den bayrischen Staatsbahnen

**Autor:** Fischer-Reinau, L.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-920154>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 16.05.2025

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

c) Noch verfügbare Wasserkräfte 24stündig zirka 67,000 P. S. und zwar:

Am Rhein	40,000 P. S. netto	} (längs der Grenze nur die halbe Kraft gerechnet)
A. d. Thur	3,500 " "	
A. d. Töss	1,200 " "	
A. d. Glatt	600 " "	
A. d. Sihl	16,700 " "	

(letztere Kraft erhältlich durch Aufspeicherung der Hochwasser im Hüttensee und geplanten Sihlsee)

A. d. Limmat	3,000 P. S. netto	} (nur die halbe Kraft gerechnet, die andere Hälfte aargauisch)
A. d. Reuss	1,600 " "	
Ankl. Gewässern	400 " "	

Im ganzen verfügt also der Kanton Zürich über:

- a) Ausgebaute Anlagen 17,000 P. S. netto 24stündig  
 b) Bewilligte Anlagen 4,000 " " "  
 c) Noch verfügbare Kräfte 67,000 " " "

Zusammen 88,000 P. S. netto 24stündig

Durch geeignete Regelung der Abflüsse des Boden-, Zürich- und Walensees liessen sich diese Kräfte noch um etwa 20,000 P. S. vermehren, wodurch die gesamte Wasserkraft im Kanton Zürich auf rund 110,000 P. S. gewertet werden darf.

Den ersten und bahnbrechenden Versuch, die gewonnenen Wasserkräfte auf elektrischem Wege weiterzuleiten, machte im Jahre 1891 die Maschinenfabrik Oerlikon in Verbindung mit der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin anlässlich der Industrieausstellung in Frankfurt a. M., indem vom Nekar bei Lauffen 300 P. S. auf 175 km Länge nach Frankfurt übertragen wurden. Dieser damals in technischen Kreisen grosses Aufsehen erregende Versuch gelang, er eröffnete eine bis damals für unmöglich gehaltene Verwendungsmöglichkeit besonders der Wasserkräfte. Heute bildet die Distanz zwischen Produzent und Konsument kein Hindernis mehr für die Verwertung der vorhandenen Kräfte. Als Beispiele aus neuerer Zeit mögen hier angeführt werden: Die Übertragung der in Sils, Graubünden, gewonnenen Kräfte der Albula vermittelt einer 135 km langen Leitung nach Zürich und die Übertragung der Wasserkräfte des Poschiavino nach Castallanza in Oberitalien durch die Kraftwerke Brusio auf 160 km Distanz. Diese Distanzen werden noch überholt durch einige Werke in Amerika, wo Übertragungslängen von 200 und mehr Kilometer vorkommen.

Wir wollen auch erwähnen, dass der „Motor“ zum Betrieb der Arbeitsmaschinen am Bau des Löntschwerkes in Netstall und am Klöntalersee elektrische Energie von dem Beznau a. d. Aare auf eine Distanz von 95—100 km bezog.

Der Vollständigkeit halber wollen wir hier auch noch darauf hinweisen, dass vermittelt elektrischer Kraftübertragung die Ausbeutung solcher Kohlenlager mit Vorteil möglich geworden ist, bei welchen die Transportkosten der Kohle grösser sind als der Ver-

lust an Energie, der entsteht, wenn man mit der Kohle am Ort ihrer Gewinnung Elektrizität erzeugt und diese fortleitet.



## Die Einführung des elektrischen Betriebes auf den bayrischen Staatsbahnen.

Von L. FISCHER-REINAU, Ingenieur, Zürich.

### I.

Die Frage des elektrischen Betriebes von Hauptbahnen steht auch in der Schweiz im Vordergrund des Interesses. Die Zufuhrkosten für die Steinkohle sind ausserordentlich hoch. In den Wasseradern der schweizerischen Gebirge schlummern andererseits noch gewaltige Kräfte, die bei richtiger Ausnützung eine billige Arbeitsenergie liefern. Die Vorbedingungen zur Einführung des elektrischen Betriebes der schweizerischen Bahnen sind infolgedessen besonders günstig und die Schweiz ist durch die Umstände in erster Linie veranlasst, auf dem Gebiete bahnbrechend voranzuschreiten.

In richtiger Erkenntnis dieser Sachlage hat die Eidgenossenschaft aus hervorragenden Fachmännern und bedeutenden Firmen eine Kommission gebildet, deren Aufgabe es ist, die Einführung des elektrischen Betriebes auf den schweizerischen Bahnen zu studieren und diesen auf einzelnen Linien vorzubereiten. Auch die schweizerische Presse beschäftigte sich in den letzten Jahren mit dieser Frage\*), und schenkt dabei namentlich den Vorgängen im Ausland ihr Interesse, wohl verstehend, dass diese Lage der Dinge es zur Pflicht macht, aus Studienergebnissen oder Erfahrungsergebnissen anderer Nationen für unser eigenes Land möglichst Nutzen zu ziehen.

Kräftig hat in den letzten Jahren die bayrische Regierung die Frage der Ausnützung der Wasserkräfte und deren Verwertung für den Betrieb der bayrischen Vollbahnen angefasst. Sie liess im Anfang des Monats April 1908 dem bayrischen Landtage eine Denkschrift zugehen, welche die Einführung des elektrischen Betriebes sowohl nach der technischen als auch nach der wirtschaftlichen Seite hin beleuchtet und die eine Fülle hochwichtigen Materials bietet, das ihr weit über die Grenzen Bayerns hinaus ein lebhaftes Interesse sichert. Auch über die Verwertung der Wasserkräfte Bayerns ist im Laufe des letzten Jahres eine umfangreiche Denkschrift ausgearbeitet worden, die ebenfalls dem Landtag zugeht. Auf diese Weise wurde durch berufene Fachmänner eine Grundlage geschaffen, auf der sich nunmehr eine fruchtbare Arbeit aufbauen kann.

\*) Ich verweise zum Beispiel auf den Artikel in der „Zürcher Post“ vom 2. Mai 1908, „der elektrische Betrieb von Hauptbahnen“.

Ich will mich im folgenden in erster Linie mit der Denkschrift über die Einführung des elektrischen Betriebes auf den bayrischen Staatsbahnen befassen und die Besprechung derjenigen der Wasserkräfte Bayerns einer späteren Arbeit vorbehalten\*).

In der Einleitung behandelt die Denkschrift die Geschichte des elektrischen Bahnbetriebes vor dem Jahre 1902. Sie bespricht die Entwicklung der einzelnen Stromsysteme in ihrer Beziehung zum elektrischen Bahnbetrieb, berührt allgemein die Verwendbarkeit der Wasserkräfte zum Betrieb der Bahnen und kommt dann zur Präzisierung der Aufgaben der Denkschrift selber, die darin bestehen,

- a) eine Übersicht über den Kraftbedarf für den elektrischen Bahnbetrieb zu geben, damit anhand dieser Übersicht von den verfügbaren Wasserkräften diejenigen ausgesucht werden können, die für den elektrischen Bahnbetrieb besonders geeignet sind,
- b) diejenigen Linien zu nennen, die für den elektrischen Betrieb zunächst in Frage kommen.

### 1. Kraftbedarf für den elektrischen Bahnbetrieb.

Zur Ermittlung des Kraftbedürfnisses ist die durch den Fahrplan gegebene Verkehrsordnung für die Eisenbahnzüge beibehalten worden, und zwar ist vorausgesetzt, dass auch beim elektrischen Bahnbetrieb im Fernverkehr die schweren Züge wie beim Dampfbetrieb ausgeführt werden müssen, schon weil diese Züge an den Anschlußstationen der Dampfbahnen aufzunehmen, weiterzubefördern und wieder an anschliessende Bahnen abzugeben sind. Die Auflösung dieser schweren Züge in kleine Einheiten würde auch das tote Zuggewicht im Vergleich zur Nutzlast unverhältnismässig erhöhen und dadurch den Betrieb unwirtschaftlich gestalten.

Auch im reinen Güterverkehr ist beim elektrischen Betrieb eine Verkleinerung der Zugeinheiten nicht durchführbar. Nur für den Nahverkehr grösserer Verkehrszentren ist beabsichtigt, den Fahrplan tram-bahnässig einzurichten, weil dadurch eine weitergehende Anpassung der Züge an die Art des Verkehrsbedürfnisses erzielt werden kann.

Infolge dieser Verhältnisse muss der Hauptbetrieb sehr verschiedenartigen Anforderungen gerecht werden. Er muss sowohl sehr schwere Züge mit grosser Geschwindigkeit, als auch kleine Zugeinheiten in grossen und kleinen Zeitabschnitten befördern. Auch wird eine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit vom elektrischen Betrieb erwartet.

Zur Ermittlung der nötigen Arbeitszufuhr ist der Kraftbedarf der einzelnen Züge rechnerisch festgestellt

\*) Um den überaus wertvollen Stoff dem fachkundigen Leser möglichst unverfälscht zu bieten, habe ich mich veranlasst gesehen, da und dort mich direkt an den Wortlaut der Denkschrift zu halten. Die Wiedergabe der beiden Textfiguren (Tafel IV und VI der Denkschrift) hat das bayrische Ministerium für Verkehrsangelegenheiten gütigst gestattet.

worden, wobei gewöhnlich ein lebhafter Feiertagsverkehr die Grundlage gebildet hat. Durch eine graphische Übersicht ist der Verlauf der Geschwindigkeit und der Arbeitsaufnahme eines Zuges auf der Strecke München-Starnberg entwickelt, woraus hervorgeht, dass ein Zug bei der Anfahrt, um möglichst schnell seine volle Geschwindigkeit zu erreichen, einen viel grösseren Arbeitsbetrag fordert als im Beharrungszustande. Die Untersuchungen in diesem Falle ergaben, dass die Belastung der Kraftquelle sehr wechseln wird, wenn die Züge in grossen Zeitabschnitten und grossen Einheiten laufen, dass sie aber bei gleicher Gesamtgrösse des Verkehrs um so regelmässiger gemacht werden kann, je kürzer die Zugabstände und je leichter die Züge sind und je geringer die Zahl der Anfahrten ist.

In Abbildung 1 ist der gesamte Kraftbedarf der Strecke Salzburg-Reichenhall-Berchtesgaden zeichnerisch dargestellt. Die unregelmässig begrenzte Fläche gibt ein Bild dafür, wie sich die Belastung des Kraftwerkes durch den gesamten Zugverkehr auf dieser Strecke gestaltet. Dieser Vorgang vollzieht sich bei allen Strecken in ähnlicher Weise. So beträgt der mittlere Kraftbedarf, das heisst die auf 24 Stunden gleichmässig verteilte Leistung an den Benützungsmotoren der Züge auf der Strecke München-Garmisch-Partenkirchen 2860 Kilowatt. Unter Hinzufügung der Verluste für die Zuleitung und Transformierung des Stromes ist die Belastung des Kraftwerkes zu 5700 P. S. ermittelt worden. Der Höchstwert der Belastung beträgt jedoch 21,500 P. S., sodass das Verhältnis zwischen dem auf Turbinenleistung bezogenen Höchst- und Mittelwert der Kraftabgabe der Zentrale zu  $21,500 : 5700 = 3,78$  ermittelt wurde. Diese Zahl heisst die „Verhältniszahl“ der Belastung des Werkes.

Diese Verhältniszahl ist z. B. für den den Feiertagsverkehr München-Garmisch-Partenkirchen  $\frac{21,500}{5700} = 3,78$ , für den dichten Nahpersonenverkehr München-Gauting beträgt sie 1,68 und für die Linie Salzburg-Bad-Reichenhall-Berchtesgaden 5,37.

Diese Verhältniszahl ist von allergrösster Bedeutung für die wirtschaftliche Ausnützung der Wasserkräfte und für die Ausgestaltung der Wasserkraftanlagen. Es wird z. B. in der Denkschrift berechnet, dass bei dem Saaladwerk, wenn es keine Speicherung der Wassermengen gestatten würde,  $81\frac{1}{2}\%$  der verfügbaren Kräfte unausgenützt verloren gehen würden. Um diesen Verlusten entgegenzuwirken, gibt die Denkschrift zwei Wege an:

- a) Das Verhältnis zwischen grösster Leistungsfähigkeit und mittlerer Belastung einer Wasserkraftanlage dadurch möglichst günstig zu gestalten, dass ausser dem elektrischen Bahnbetrieb noch andere, mehr mit gleichmässiger Belastung arbeitende Abnehmer an das Werk angeschlossen

werden, welche den Höchstbedarf möglichst wenig, den durchschnittlichen Bedarf möglichst viel steigern und daher das Verhältnis zwischen dem Höchstwert und Mittelwert günstig gestalten.

b) von der Wasserspeicherung, wo es nur immer die örtlichen Verhältnisse ermöglichen, Gebrauch zu machen. An der Hand des Waldhenseeprojektes ist dann noch nachgewiesen, dass die hydraulische Aufspei-

elektrischem Wege mit Niederdruckwerken verbunden werden kann, wodurch es auch jene zum Bahnbetrieb befähigt, indem es selbst die Lieferung der Spitzenkraft\*) übernimmt. Immerhin muss aber auch sonst in Bayern das Augenmerk darauf gerichtet werden, möglichst solche Kräfte für den Bahnbetrieb zu erschliessen, die in Verbindung mit natürlichen Seen oder künstlichen Stauanlagen stehen und sich

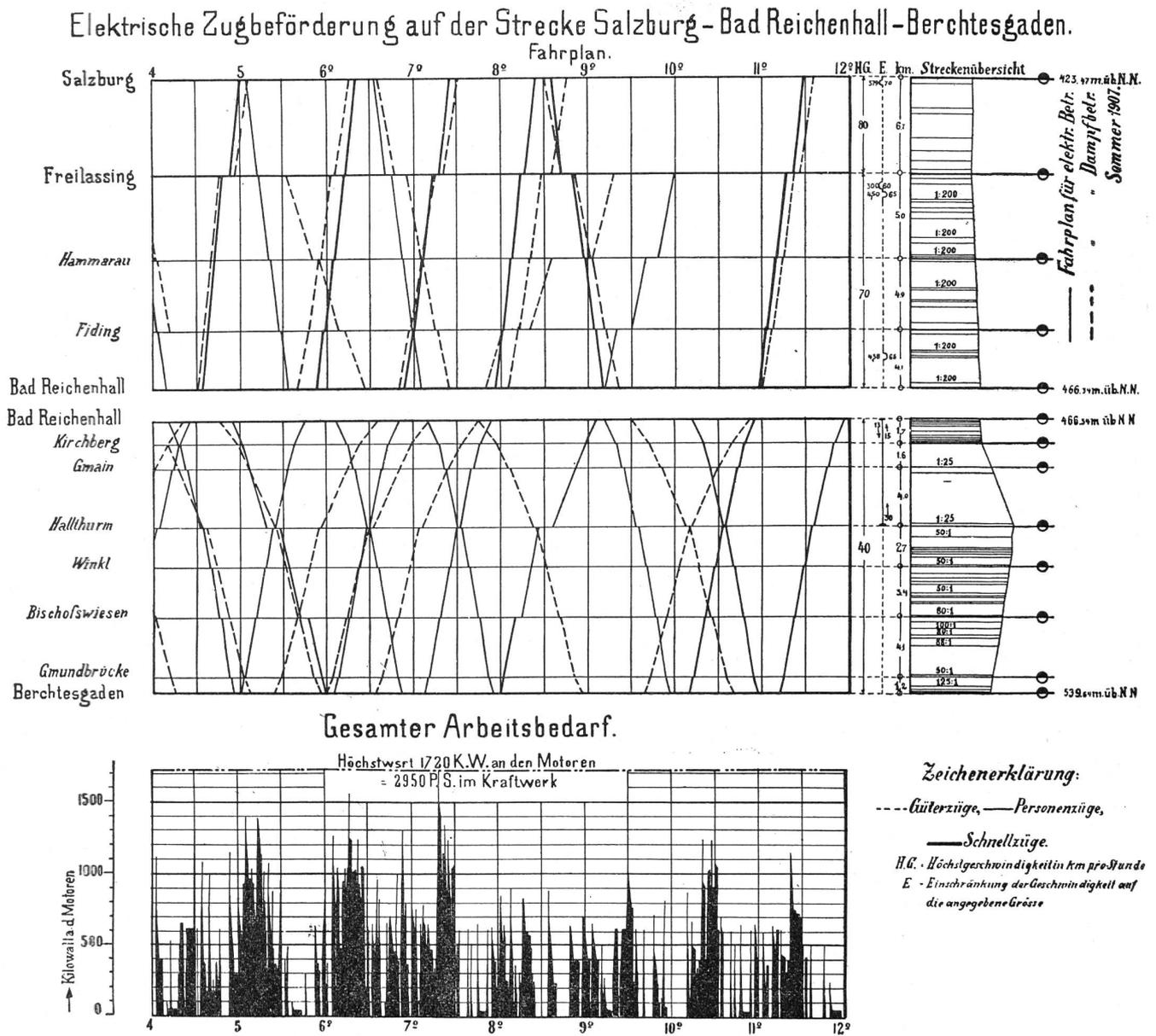


Abbildung 1

derung für den Bahnbetrieb nur bescheidene Anforderungen an die Grösse des verfügbaren Stauraumes stellt. Es ist z. B. berechnet worden, dass dann, wenn die für den gesamten Tagesbedarf nötigen Wassermengen dem See entnommen würden, ohne dass neue Wassermengen zufließen, die Spiegel-senkung nur 15 mm betrüge. Es wird ferner darauf aufmerksam gemacht, dass das Waldhenseewerk auf

deshalb den Schwankungen im Bahnbetrieb möglichst anpassen können.

Es ist ferner untersucht, welche Möglichkeiten zur Anwendung elektrischer Akkumulatoren und

\*) Siehe Abbildung 1. Unter Spitzenkraft wird diejenige Kraftmenge verstanden, die zur Befriedigung der augenblicklich auftretenden Belastungsmaxima („Belastungsspitzen“) erforderlich ist.

Wärme- kraftmaschinen zur Erzeugung des Spitzen- kraftbedarfes vorhanden sind. Für kleinere Verhält- nisse kann der Elektro-Akkumulator, der vor der hydraulischen Speicherungsanlage den Vorteil genießt,

teile bieten. Die Verwendungsmöglichkeit von Wärme- kraftmaschinen gewinnt namentlich dort an Wahr- scheinlichkeit, wo sich an Ort und Stelle billiges Heizmaterial gewinnen lässt.

*Studie über elektrische Zugbeförderung auf den Königl. Bayer. Staatsbahnen.  
Darstellung des Arbeitsbedarfes  
für einen Tag des Monats Juli 1906 in Flächenmass.*

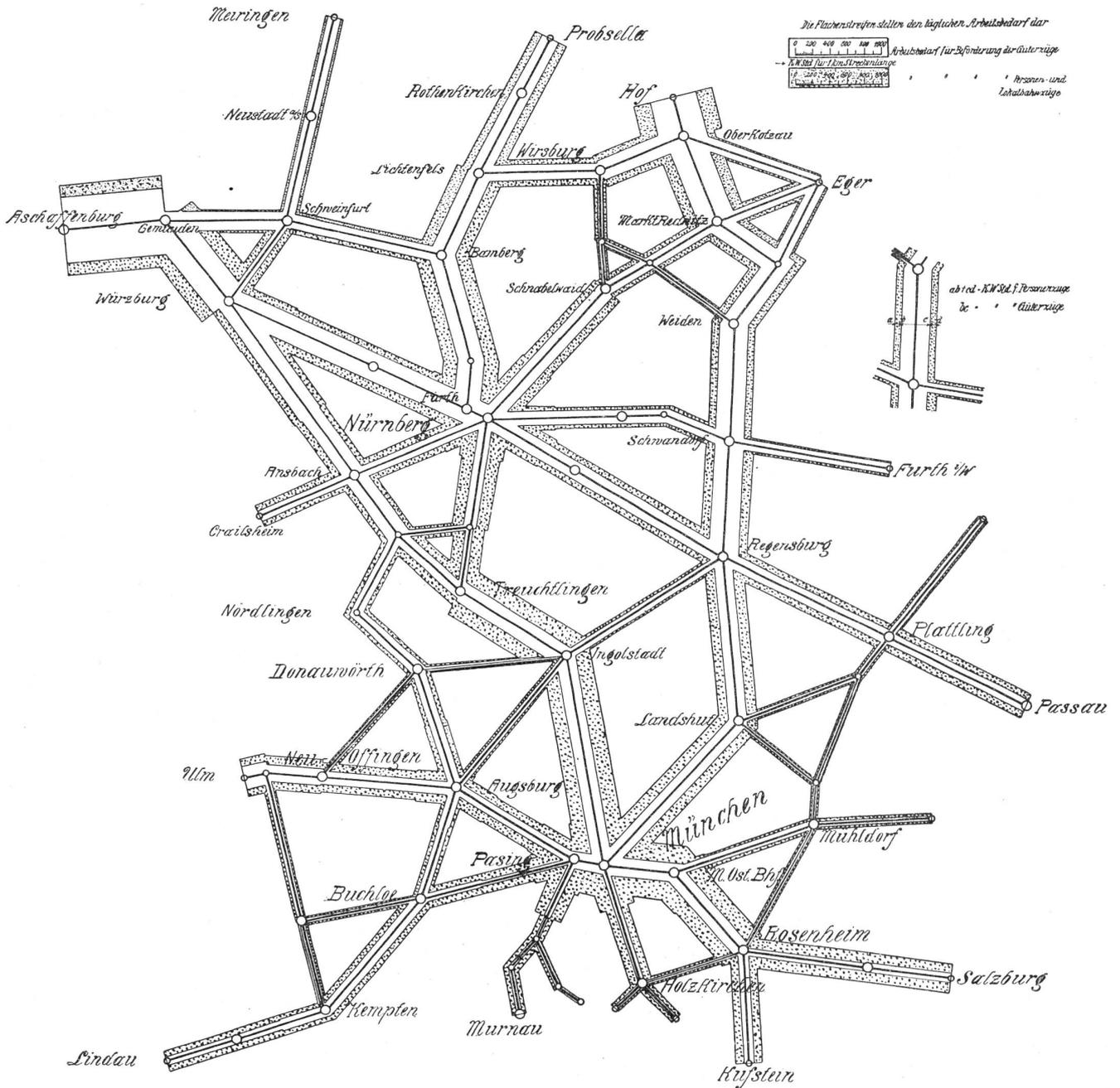


Abbildung 2

dass er in den Schwerpunkt des Versorgungsgebietes gelegt werden kann, mit Erfolg angewendet werden. Für den Hauptbahnbetrieb wird jedoch die elektrische Aufspeicherung nur in Ausnahmefällen Vor-

Ein ausserordentlich wichtiges Kapitel bildet die Berechnung des dem jetzigen Betrieb entsprechen- den Kraftbedarfes, die für das gesamte Eisenbahn- netz rechts des Rheines durchgeführt worden ist,

und zwar ist der Berechnung der Durchschnittsbedarf des Monats Juli 1906 zugrunde gelegt, der nach statistischen Aufschreibungen über die gefahrenen Achskilometer den grössten Verkehr dieses Jahres aufweist. Die Berechnung ist für Personen-, Güter- und Nebenbahnverkehr getrennt durchgeführt, weil die Züge in Geschwindigkeit und Gewicht wesentlich von einander verschieden sind und daher auch verschiedenen Einfluss auf den Arbeitsverbrauch haben.

Die Berechnung ergibt, dass auf dem gesamten bayrischen Bahnnetz rechts des Rheines am Tage des grössten Verkehrs für Personen- und Güterbeförderung zusammen 40,208,732 tkm gefahren werden, wobei der Arbeitsverbrauch in Kilowattstunden 1,447,095 betrug, oder 36 Wattstunden pro Tonnenkilometer.

Zur weiteren Veranschaulichung werden diese Rechnungsergebnisse noch in Abbildung 2 dargestellt. Hier ist der Arbeitsbedarf in Flächenstreifen dargestellt, deren Breite dem auf 1 Kilometer Streckenlänge treffenden Arbeitsbedarf in Kilowattstunden entspricht, also den Wert des Bruches  $\frac{\text{Kilowattstunden}}{\text{Kilometer}}$

darstellt. Die Abbildung gibt somit ein Bild des Arbeitsbedarfes und damit auch ein solches des Kohlenverbrauches. Vom Standpunkt der Kohlenersparnis aus gesehen belehrt sie demnach darüber, welche Linien sich vornehmlich für den elektrischen Betrieb eignen. Diese Abbildung ist besonders geeignet, Schlüsse zuzulassen, welche Linien der Schweiz es sind, die für die Umgestaltung in elektrischen Betrieb den grössten finanziellen Erfolg versprechen. Je breiter das Flächenband, desto grösser der Arbeitsbedarf. Für den elektrischen Betrieb der Schweizer Bahnen kommen also in erster Linie solche Strecken in Betracht, die eine grosse Verkehrsdichte aufweisen und zugleich grosse Steigungen zu überwinden haben.

Der maximale Arbeitsbedarf an einem Tage erhöht sich noch durch Zuschläge für Unregelmässigkeiten und Zugverspätungen, durch Arbeitsverluste in den Umformern, in den Zentralen und Speisungspunkten, sowie auch in den Fernleitungen, und es wird angenommen, dass im Mittel die Leistung an den Turbinen des Wasserkraftwerkes zur Bewältigung des gesamten Verkehrs eines Julitages auf sämtlichen Linien des rechtsrheinischen Bayern unter Berücksichtigung der genannten Verluste 3,400,000 P. S.-Stunden zu betragen hätte. Die Wasserkraftanlagen hätten also im Tagesdurchschnitt 142,000 P. S. zu leisten. Um die Frage zu lösen, bis zu welchem Masse diese mittlere Leistung unter Zuhilfenahme von Aufspeicherungsanlagen zu steigern wäre, um die Höchstleistung des Spitzenbedarfes decken zu können, ist eine Reihe von Beispielen zitiert, aus denen der Schluss gezogen wird, dass bei der Versorgung eines grossen Bahnnetzes die Verhältniszahl des Kraftwerkes zu 3,00 angenommen werden kann.

Die Höchstleistung der Kraftmaschinen müsste also rund  $3 \times 142,000 = 426,000$  P. S. betragen, um die gesamten Kraftbedürfnisse des Bahnnetzes rechts des Rheines decken zu können.

Es war nun wichtig, die Frage zu prüfen, wie sich der zukünftige Kraftbedarf gestalten wird. Zu diesem Zwecke wurde untersucht, wie sich die Verkehrszunahme in Bayern seit 1875 entwickelt hat und berechnet, dass dann, wenn diese Entwicklung in gleichmässiger Weise bis 1920 fortschreiten würde, eine Verkehrszunahme um 42% zu erwarten wäre, Unter dieser Annahme müsste im Jahre 1920 die mittlere Leistung der Wasserkräfte  $142,000 \times 1,42 = 202,000$  P. S. betragen. Wird die Verhältniszahl der Kraftwerke wie früher zu 3,00 angenommen, so müsste die Höchstleistung der Wasserkraftmaschinen 606,000 P. S. betragen, immer vorausgesetzt, dass die Einführung des elektrischen Betriebes für das ganze Bahnnetz möglich sei.

Betrachtungen über eine noch fernere Zukunft sind nicht angestellt worden infolge der Unsicherheit aller Unterlagen und der Möglichkeit nicht vor auszusehender Erfindungen.

Anschliessend an die Berechnung des Tagesbedarfes sind diejenigen über den Jahresverbrauch und die durchschnittliche Jahresleistung durchgeführt. Es hat sich dabei ergeben, dass für die gesamte Zugbeförderung im Jahre 1906 517,839,000 Kilowattstunden nötig gewesen wären, wobei auf einen Tag durchschnittlich 1,418,735 Kilowattstunden entfallen. Dieser Betrag unterscheidet sich von dem für einen Julitag berechneten so unwesentlich, dass jene Zahl und die für jenen Tag aufgetragene graphische Darstellung ohne nennenswerten Fehler als Darstellung des durchschnittlichen Tagesbedarfes für das ganze Jahr angesehen werden konnte.

Aus den Ergebnissen der Denkschrift über die Wasserkräfte wird am Schluss des Kapitels noch ermittelt, dass der Kraftbedarf für den elektrischen Bahnbetrieb durch die vorhandenen Wasserkräfte des Landes gedeckt werden kann, und dass also vom Standpunkte des Wasserkraftvorrates allein einer weitgehenden Einführung des elektrischen Betriebes auf den Hauptbahnen nichts entgegenstände.

## II.

### 2. Wahl der Stromart.

Bekanntlich kommen für den elektrischen Bahnbetrieb drei Stromsysteme in Frage:

- I. Gleichstrom,
- II. Wechselstrom,
- III. Drehstrom.

Die richtige Wahl der Stromart ist eine der wichtigsten und schwierigsten Fragen bei der Einführung des elektrischen Betriebes der Bahnen. Der elektrische Hauptbahnbetrieb stellt an die Stromart folgende Anforderungen: sie muss elektrische Arbeit in wirtschaftlicher Weise auf grosse Entfernungen

übertragen; der Motor muss bei dauerhafter Bauart den besonderen Verhältnissen des Eisenbahnbetriebes entsprechen, insbesondere eine ausgiebige Veränderlichkeit der Geschwindigkeit und Fähigkeit zur Entwicklung grosser Zugkraft beim Anfahren und möglichste Unabhängigkeit der Zugkraft vom Spannungsabfall besitzen.

Die wirtschaftliche Übertragung elektrischer Kräfte auf grosse Strecken durch Fernleitungen fordert, dass die Stromstärke klein, die Spannung gross sei. Es ist z. B. für die Übertragung einer Leistung von 10,000 Kilowatt vom zukünftigen Waldhenseewerk nach Pasing bei 25,000 Volt Spannung für die Leitung ein Kupferaufwand von 1040 Tonnen, bei 50,000 Volt Spannung ein Kupferaufwand von nur 260 Tonnen erforderlich.

(Fortsetzung folgt.)



## Die Rheinstrecke Bodensee-Basel.

In seinem übersichtlich angelegten Buche: „Die Flüsse Deutschlands“ (Dresden, Verlag und Druck von W. Baensch 1908) macht Gennerich über den Oberrhein vom Bodensee bis Basel (Seite 25 ff.) und über die geologische Bildung des Rheins (Seite 23 ff.) folgende interessanten Ausführungen:

### 1. Geologische Bildung des Rheins.

Die älteren geologischen Formationen zeigen im ganzen Rheingebiet eine einheitliche Gestaltung. Sämtliche alten Ablagerungen, so gefaltet und aufgerichtet sie sein mögen, zeigen dasselbe Streichen von Westsüdwest nach Nordnordost. Häufig sind diese älteren Sedimente von Graniten und anderen alten Durchbrüchen des Magmas unterbrochen, während in späterer Zeit bei der Gebirgsfaltung Porphyre und Melaphyre durchbrachen. In zwei grossen Senkungsfeldern des vorkarbonischen Gebirges, im Ruhrbecken und im Saarbrückener Gebiet, kam im Rheingebiet produktive Kohle zur Ablagerung. Die an vielen Punkten hierauf folgenden Bildungen des Rotliegenden sind überall als Zerstörungsprodukte des älteren Gebirges zu erkennen. Das Zechsteinmeer erstreckte sich bis in die Gegenden des unteren Neckars. Die Sedimente der mesozoischen Zeit lagern im Rheingebiet überall kordant und zeigen keine Störungen, weder durch Eruptivmassen, noch durch gebirgsbildende Vorgänge. Der Buntsandstein ist ähnlich wie das Rotliegende fast stets als Geröllablagerung des alten Gebirges ausgebildet. Muschelkalk und Keuper finden sich sowohl in mariner wie in Süsswasserausbildung. Zur Jurazeit war fast das ganze Gebiet von der Nordsee bis zum Mittelmeer meeresbedeckt. Gegen Ende dieser Epoche beim Übergang zur Kreidezeit war das Meer so zurückgetreten, dass in binnen-

seeartigen Senkungen im Gebiete des Schweizer Jura, wie auch in der Senke von Südingland bis zur Leine, sich die fluvialen Bildungen des Wealden absetzen konnten. Mit Eintritt der Kreidezeit wuchs die Meeresbedeckung wieder rasch, und ganz Deutschland war meeresbedeckt, die Nordschweiz jedoch, die oberrheinische Hochebene, das südwestdeutsche Becken und die mitteldeutsche Gebirgsschwelle westlich des Fichtelgebirges, also fast das ganze Rheingebiet blieben als grosse Inseln stehen. Tertiäre Ablagerungen in Süsswasser- und mariner Ausbildung beschränkten sich im Rheingebiet auf ziemlich kleine scharf begrenzte Gebiete. Erst jetzt setzte jene gewaltige Gebirgsbildung ein, die das Relief des heutigen Rheingebietes schuf. Im Süden wurden erst nach Ablagerung des Flysch- und Nummuliten-Sandsteines die Alpen durch Faltung der Erdrinde aufgerichtet, während im ganzen ausseralpinen Rheingebiet zwischen breiten, absinkenden Schollen sogenannte Horste stehen blieben. Die Grenze der eiszeitlichen Geschiebebedeckung zieht sich im Rheingebiet von Paderborn längs der Haar über Dortmund auf Duisburg und Geldern. Von den Nordalpen strömten die Gletscher über den Kamm des Schweizer Jura hinweg bis Waldshut und an den Fuss des Randen. Schwarzwald und Vogesen besaßen eigene lokale Gletscher.

Die markanten Durchbruchstäler am Oberrhein zwischen Waldshut und Basel und des Mittelrheins von Bingen ab, wie die der Mosel, der Lahn, des Mains und des Neckars werden erklärlich, wenn man im Auge behält, dass zu Beginn der Tertiärzeit die Landschaft im Mittel über 1000 Meter höher lag als heute und sich im allgemeinen von Süden nach Norden absenkte. Hoch über den jetzigen Talrinnen (so 120 m hoch im Neuwiederbecken) finden sich im Niederrheinischen Schiefergebirge massenhafte Geröllablagerungen. Im Norden beginnend, legte der Strom allmählich die Talrinne tiefer und durch die Rückschreitende Erosion des Haupttales wurden auch die Nebenflüsse gezwungen, ihr Bett tiefer einzuschneiden. Dieser Vorgang erklärt das unfertige Profil der Oberrheinstrecke vom Bodensee bis Basel (Rheinfall von Schaffhausen) und der Schwarzwaldflüsse: Wehra, Alb, Schwarza und Schlücht. So wurde auch die ursprünglich zur Donau fliessende Wutach zu dem sich vertiefenden Rheintal gezogen.

Das Einschneiden der Gewässer in die stehbleibenden Horste und das Absinken der oberrheinischen Tiefebene wie der anderen Senkungsfelder ging Hand in Hand.

### 2. Oberrhein vom Bodensee bis Basel.

Nach seinem Ausfluss aus dem Bodensee nimmt der Rhein von links die Thur, die Töss und Glatt auf, sodann von rechts den ersten Schwarzwaldfluss,