



Doctoral Thesis

Der Aktionsradius der Akkumulatoren-Eisenbahnfahrzeuge

Author(s):

Christen, Fernand

Publication Date:

1922

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000096513> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Der Aktionsradius der Akkumulatoren-Eisenbahnfahrzeuge



VON DER
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE IN ZÜRICH
ZUR ERLANGUNG
DER WÜRDE EINES DOKTORS DER
TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
GENEHMIGTE
PROMOTIONSARBEIT

VORGELEGT VON
FERNAND CHRISTEN
DIPLOM. MASCHINEN-INGENIEUR
VON
ITINGEN (KT. BASELSTADT)

Referent: Prof. Dr. W. Kummer.
Korreferent: Prof. Dr. W. Wyßling.



266

ZÜRICH □ 1922.
Diss.-Druckerei Gebr. Leemann & Co. A.-G.
Stockerstr. 64.

VIII. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen, sowie Projektierungsregeln.

Die Resultate unserer Untersuchungen können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Mit Hilfe zum Teil neu aufgestellter Gleichungen werden die Betriebsverhältnisse für mit Bleizellen ausgerüstete Akkumulatoren-Eisenbahnfahrzeuge auf analytischem Wege bestimmt und auf Grund der Leistungsfähigkeit in Tonnenkilometer pro Tonne Batteriegewicht $\left(\frac{S \cdot G}{G_A}\right)$ zunächst für das willkürlich angenommene Gewichtsverhältnis $\frac{G}{G_A} = \frac{1}{0,4}$, verglichen.

Alsdann wird die Eignung des Akkumulatorenbetriebes für die verschiedenen Verkehrszwecke besprochen.

Die Nachprüfung an Hand von Versuchsergebnissen ergibt die Übereinstimmung mit den durch Vorausberechnung gefundenen Werten.

2. Diese Untersuchung ermöglicht, die Betriebs- und Konstruktionsgrößen der Akkumulatoren-Eisenbahnfahrzeuge korrekt zu bestimmen und mit Rücksicht auf möglichst große Wirtschaftlichkeit zu wählen.

Für die Verwendung von Akkumulatoren-Eisenbahnfahrzeugen ist meistens die Ökonomie im Energie- und auch im Kapitalaufwand ausschlaggebend. Diese sind abhängig von den Betriebsverhältnissen und zwar besonders von der Reisegeschwindigkeit und der benötigten maximalen Leistung.

3. Während für die Reisegeschwindigkeit, besonders bei größerer Haltestellen-Entfernung, die Anfahr-Endgeschwindigkeit maßgebend ist, wird die maximale Leistung in erhöhtem Maße von der Anfahrbeschleunigung bestimmt.

Die Vergrößerung der maximalen Leistung bedingt die Verwendung schwererer Fahrzeuge, wodurch die Wirtschaftlichkeit vermindert wird.

Sowohl die Reisegeschwindigkeit als auch die maximale Leistung sind vom Verhältnis zwischen Anlasser- und Anfahr-Endgeschwindigkeit abhängig. Mit zunehmendem Werte dieses

Verhältnisses nimmt die Reisegeschwindigkeit ab und die maximale Leistung zu, und zwar erstere umso mehr, je kleiner die Beschleunigung und je größer die Anfahrendgeschwindigkeit ist, und letztere, je größer die Anfahrbeschleunigung und die Anfahrendgeschwindigkeit.

Eine bestimmte Reisegeschwindigkeit kann bei gegebener Haltestellenentfernung und Anzahl der Tonnenkilometer pro Tonne Batterie entweder mit einer größeren Anfahrbeschleunigung und kleineren Anfahrendgeschwindigkeit oder umgekehrt mit einer geringern Anfahrbeschleunigung und größern Anfahrendgeschwindigkeit erreicht werden. Um die benötigte maximale Leistung möglichst niedrig zu halten, ist die zweite Lösung zu wählen.

Die beste Ökonomie ergibt sich für möglichst kleine Anfahrbeschleunigung und Anfahrendgeschwindigkeit. Bei gegebener Anfahrbeschleunigung und Anfahr-Endgeschwindigkeit wächst die Wirtschaftlichkeit mit der Haltestellenentfernung.

4. Von großer Wichtigkeit für die Wirtschaftlichkeit ist ferner, besonders für kurze Haltestellen-Entfernung, das Verhältnis der Nutzlast zum toten Gewicht. Es ist daher nicht nur der wagenbauliche Teil der Fahrzeuge sehr leicht zu halten (Verwendung von Triebwagen), sondern es muß, wie bereits erwähnt, auch das Gewicht der Ausrüstung möglichst klein bemessen werden.

Das Batteriegewicht ist den Betriebsverhältnissen und den Ladezeiten und deren zeitlicher Verteilung anzupassen, wobei, soweit mit Rücksicht auf den Akkumulatoren-Wirkungsgrad tunlich, auf kleines Batteriegewicht tendiert werden soll. Das zur Vermeidung von Batterie-Überanstrengungen übliche Übergewicht derselben ist möglichst einzuschränken.

5. Der Akkumulatorenbetrieb ist, verglichen mit andern Betriebsarten, nur für schwächern Verkehr, d. h. für die Leistung einer beschränkten Anzahl Tonnenkilometer wirtschaftlich. Weil mit der Steigung die Nutzleistung rasch fällt, sind Akkumulatoren-Eisenbahnfahrzeuge nur auf Fahrstrecken ohne größere Steigungen zu verwenden.

Im Streckendienst eignet sich der Akkumulatorenbetrieb vor allem aus für leichten Verkehr auf Nebenbahnen. Es kommt insbesondere Personenverkehr mit Triebwagen in Frage. Auf

Hauptbahnen muß die Reisegeschwindigkeit und damit die Anfahr- und Fahrgeschwindigkeit und event. auch die Anfahrbeschleunigung mit Rücksicht auf die für diese Strecken dichten Fahrpläne hoch gewählt werden. (Die Triebwagen der Preußisch-Hessischen Staatsbahnverwaltung haben eine Anfahr- und Fahrgeschwindigkeit von 50—60 km/h.)

Die gemäß unserer Untersuchung diesem Dienst entsprechenden Betriebsverhältnisse, bezogen auf die Gewichtsverhältnisse

$$\frac{G}{G_A} = \frac{1}{0,4} \text{ und } \frac{1}{0,25} \quad 1)$$

sind folgende:

Haltestellen- entfernung in km	1				2				5				10			
	Anfahrbeschleunigung $\bar{\gamma}$ in m/sec ²	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05
mittlere Geschwindigkeit \bar{V} in km/h	13	13,5	— ²⁾	22	13,75	14	23	25	35,75	38,75	42	48	40	41,5	50	53
Anfahr- und Fahrgeschwindigkeit V_e in km/h	15		30		15		30		45		60		45		60	
max. Leistung in PS/t	0,4	0,7	0,8	1,5	0,4	0,7	0,8	1,5	1,3	2,3	2,0	3,2	1,3	2,3	2,0	3,2
$\frac{S \cdot G}{G_A}$ in tkm/t Batterie für $\frac{G}{G_A} = \frac{1}{0,4}$	1530	1350	—	480	1780	1540	730	670	540	510	280	270	570	540	330	310
$\frac{S \cdot G}{G_A}$ in tkm/t Batterie für $\frac{G}{G_A} = \frac{1}{0,25}$	1260	1120	—	398	1470	1275	605	560	445	420	230	225	470	450	275	255

Das Gewichtsverhältnis $\frac{G}{G_A}$ der Triebwagen der Preußisch-Hessischen Staatsbahnverwaltung schwankt zwischen $\frac{1}{0,27}$ bis $\frac{1}{0,34}$.

1) Die Größe $\left(\frac{S \cdot G}{G_A}\right)$ ändert sich nach (8), Seite 13, mit dem Verhältnis $\frac{G}{G_A}$ gemäß der Beziehung

$$\left(\frac{S \cdot G}{G_A}\right) = \text{Konst} \times \left(\frac{G_A}{G}\right)^n$$

2) Die Fahrstrecke ist für die in dieser Untersuchung betrachtete normale Fahrt zu kurz.

Im Rangierdienst sind Akkumulatoren-Lokomotiven oder Plattformwagen nur bei kleiner Belastung oder bei großen Betriebspausen wirtschaftlich. Somit fällt ihre Verwendung in erster Linie für kleine Stationen, Werkstätten und industrielle Anlagen in Betracht.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen beträgt der Rangierweg ca. 100—200 m. Die Anfahrgeschwindigkeit ist daher im allgemeinen höchstens zu 10—20 km/h zu wählen. Für das Abstoßen wird eine Anfahrgeschwindigkeit von 20 km/h genügen. Weil, auch zur Erreichung einer großen Zugkraft, die normale Anfahrgeschwindigkeit möglichst klein zu wählen ist, werden zweckmäßig Shuntstufen verwendet.

Für den Rangierdienst kommen folgende Zahlenwerte dieser Untersuchung in Frage:

Länge der einzelnen Fahrt in m	100			200			300		
Anfahrbeschleunigung \bar{v} in m/sec ²	0,05	0,1	0,2	0,05	0,1	0,2	0,05	0,1	0,2
mittlere Geschwindigkeit \bar{V} in km/h	— ³⁾ 6,0	6,2		5,4	6,2	6,4	— ³⁾ 11	11	11,5
Anfahrgeschwindigkeit V_e in km/h		7,5			7,5			15	
max. Leistung in PS/t	0,2	0,35	0,7	0,2	0,35	0,7	0,4	0,7	2,5
$\frac{S \cdot G}{G_A}$ in tkm/t Batterie für $\frac{G}{G_A} = \frac{1}{0,4}$	—	1380	1090	2000	1900	1480	—	780	600
$\frac{S \cdot G}{G_A}$ in tkm/t Batterie für $\frac{G}{G_A} = \frac{1}{0,05}$	—	600	473	870	826	642	—	340	261

Im allgemeinen beträgt das Gewichtsverhältnis $\frac{G}{G_A}$ für Rangierlokomotiven $\frac{1}{0,02}$ bis $\frac{1}{0,07}$.

6. Weil bei den zuerst gebauten Akkumulatoren-Fahrzeugen die vorerwähnten Bedingungen nicht berücksichtigt wurden und dieselben für den ungeeigneten Straßenbahnbetrieb und sogar für gemischten Betrieb (Fahrdraht und Akkumulatoren) verwendet wurden, bewährten sie sich nicht.

³⁾ Vgl. Fußnote 2, S. 70.

7. Für die zukünftige Entwicklungsmöglichkeit der Akkumulatoren-Eisenbahnfahrzeuge ist maßgebend die weitere Ausgestaltung der Ökonomie, wodurch die Anzahl Tonnenkilometer pro Tonne Batteriegewicht vergrößert, der Aktionsradius und die Aufnahmefähigkeit erweitert werden.
