

# Ueber die Bemessung der Umdrehungszahl bei elektrischen Bahnmotoren

Autor(en): **Kummer, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **53/54 (1909)**

Heft 24

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-28160>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Ueber die Bemessung der Umdrehungszahl bei elektrischen Bahnmotoren.

Von Dr. W. Kummer, Ingenieur.

Schon aus den im Laufe des Jahres 1907 veröffentlichten Abhandlungen<sup>1)</sup> über die charakteristischen Kurven der für den elektrischen Bahnbetrieb geeigneten Motortypen (Seriemotoren für Gleichstrom und Einphasenwechselstrom und Drehstrommotoren mit Stufenregelung der Geschwindigkeit), insbesondere aber aus der im November 1908 veröffentlichten Arbeit<sup>2)</sup> über die Entwicklung und Beschaffenheit der verschiedenen Hauptbauarten elektrischer Triebmotoren und Triebwerke für Traktionszwecke ergab sich, dass für die Dimensionierung der Bahnmotoren lediglich das von den Motoren zu entwickelnde normale Drehmoment entscheidend ist. In der letztgenannten Arbeit ist ferner gezeigt worden, dass aus den zwei wesentlichen, an eine bestimmte Fahrzeugausrüstung gestellten Anforderungen hinsichtlich Fahrzeuggeschwindigkeit und Triebachsenzugkraft für den Entwurf der Fahrzeuge massgebend ist, ob die Fahrzeuge mit kleiner Triebachsenzugkraft zu entwerfen seien, wobei ausschliesslich Anwendungen der Bauart der Vorgelegemotoren in Betracht kommen, oder ob die Fahrzeuge mit grosser Triebachsenzugkraft auszubilden seien, wobei je nach der Fahrzeuggeschwindigkeit Anwendungen der Bauart der Achsmotoren oder der Gestellmotoren mit oder ohne Zahnräder in Betracht fallen. Da die Bauart der Vorgelegemotoren auf die Motoren mit kleinerem normalem Drehmoment, die Bauarten der Achsmotoren und Gestellmotoren dagegen auf die Motoren mit einem grösseren normalem Drehmoment

führen, so sind damit gleichzeitig die einzelnen Bauarten auch hinsichtlich ihrer Raumansprüche klassifiziert. Den rechnerischen Zusammenhang der Raumansprüche mit dem normalen Drehmoment konnten wir durch die Beziehung  $V = D \cdot C$

darstellen, wo  $V$  das sog. aktive Motorvolumen in  $cm^3$ , ferner  $D$  das normale Drehmoment in  $mkg$  und  $C$  eine Erfahrungskonstante bedeuteten. Das aktive Motorvolumen  $V$  war dann näher definiert durch die Beziehung:

$$V = \frac{D_a^2 \cdot \pi}{4} \cdot b_a$$

wo  $D_a$  der Durchmesser des rotierenden Motorenankers und  $b_a$  die Eisenbreite dieses Ankers darstellen. Es ist bereits mitgeteilt worden, dass  $b_a$  nicht für alle Bauarten von Bahnmotoren denselben Wert haben kann, sondern dass Bauarten, welche keine Räderübersetzung verwenden, die grösseren Werte für  $b_a$ , Bauarten mit Räderübersetzungen dagegen die kleineren Werte für  $b_a$  auszunützen gestatten. Demnach wird auch  $D_a$  je nach der Bauart für

ein bestimmtes normales Drehmoment verschieden ausfallen und zwar zufolge der Beziehung:

$$D_a = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{V}{b_a}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{C}{b_a} \cdot D}$$

Den Tabellen auf Seite 310 kann entnommen werden, welche Werte von  $b_a$  bei normalspurigen Bahnen für Gleichstrom, Drehstrom und Einphasenwechselstrom zur Zeit gebräuchlich sind. Beschränkt man sich auf Kollektormotoren, so dürften für normalspurige Bahnen in unsere Untersuchungen entsprechend dem heutigen Stande der Technik folgende Werte benützt werden:

Für Kollektormotoren ohne Zahnräder:

$$b_a = 65 \text{ cm}$$

Für Kollektormotoren mit Zahnrädern:

$$b_a = 35 \text{ cm}$$

Den genannten Tafeln können auch die heute üblichen Werte für  $C$  entnommen werden, aus denen wir den Wert:

$$C = 300 \text{ cm}^3 \text{ pro } mkg$$

als einen für die heutige Technik bei Kollektormotoren brauchbaren Mittelwert entnehmen.

### Die Bahnlinie Davos-Filisur.

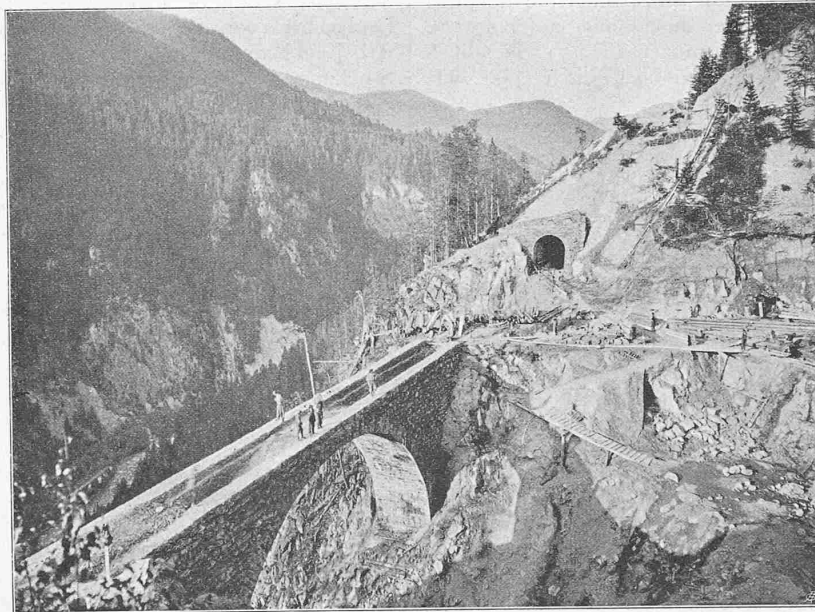


Abb. 17. Pflanzgartenbrücke II, nach Vollendung des Mauerwerks.

man  $\ddot{u}$  als das Verhältnis: [Motordrehzahl durch Triebdrehzahl festlegt, ferner das Verhältnis:

$$\left(\frac{D_a}{D_r}\right) \leq 1$$

womit nun auch der Durchmesser  $D_r$  der Triebräder eingeführt wird. Die heutigen Werte für  $\ddot{u}$  und für  $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$  können ebenfalls den Tafeln Seite 310 entnommen werden.

Da weiter die Triebachsenzugkraft  $Z$  bei gleicher Zahl Triebmotoren und Triebachsen festgelegt ist durch:

$$Z = 2 \cdot \frac{\ddot{u}}{D_r} \cdot D$$

so lässt sich nun mittels der oben mitgeteilten Beziehungen folgern:

$$Z = \left(\frac{D_a}{D_r}\right) \cdot \frac{\ddot{u}}{\pi b_a} \cdot \sqrt{D}$$

Wenn  $Z$ , wie üblich, in  $kg$  ausgedrückt werden soll, dann sind  $C$  und  $b_a$  auf die Längeneinheit 1 Meter zu beziehen; für  $D$  gilt, wie immer, die Einheit  $mkg$ .

Die Formel lehrt uns, dass durch Festsetzung der Grössen  $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$ ,  $\ddot{u}$ ,  $C$  und  $b_a$  der eindeutige Zusammenhang

<sup>1)</sup> Bd. II, S. 247 u. 256, sowie Bd. I, S. 112 u. 153.

<sup>2)</sup> Bd. LII, S. 245, 265 u. 288.

zwischen der Triebachsenzugkraft und dem normalen Motordrehmoment hergestellt ist; es kommt höchstens noch eine Verhältniszahl hinzu, wenn mehrere Triebachsen gleichzeitig von einem einzigen Motor angetrieben werden, oder überhaupt eine Verschiedenheit in der Anzahl Motoren und Triebachsen herrscht.

Für die Erreichung der in jedem einzelnen Fall gewünschten *Fahrzeuggeschwindigkeit* ist dann ausser den bereits genannten Grössen  $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$  und  $\ddot{u}$  noch die *Umdrehungszahl der Motoren* festzusetzen. Zunächst gilt die Beziehung:

$$v = \frac{3600}{1000} \cdot \frac{n}{\ddot{u}} \cdot \pi \cdot D_r$$

wenn die *Fahrzeuggeschwindigkeit*  $v$  in *km* pro Stunde, die *Motordrehzahl*  $n$  in Umdrehungen pro Sekunde und der *Triebraddurchmesser*  $D_r$  in Meter gegeben sind. Je nach der Wahl der sekundlichen Umdrehungszahl  $n$  der Bahnmotoren wird dann aber auch deren *Leistungsfähigkeit*  $L$  in *Pferdestärken* festgelegt gemäss der Beziehung:

$$L = \frac{1}{75} \cdot 2 \pi \cdot n \cdot D$$

Die Forderung nach einer hohen *Fahrzeuggeschwindigkeit*, sowie diejenige einer grossen *Leistungsfähigkeit* der Bahnmotoren, rufen daher der Wahl einer grossen *Drehzahl* der Motoren.

Es fragt sich nun, wie weit man in der Bemessung der *Drehzahl* gehen darf und sind diesbezüglich zwei Gesichtspunkte in Betracht zu ziehen. Einerseits kann man die Forderung eines *Maximums* für die zulässige *Umfangsgeschwindigkeit* am Motoranker aufstellen, welche analytisch auf die Beziehung:

$$D_a \cdot n = K_1$$

führt, wo  $K_1$  eine Konstante bedeutet. Andererseits kann man die Forderung eines *Maximums* für die zulässige *Zentrifugalkraft* pro Masseneinheit am Ankerumfang aufstellen, welche analytisch auf die Beziehung:

$$D_a \cdot n^2 = K_2$$

führt, wo  $K_2$  eine Konstante bedeutet.

Für die beiden Varianten, die demnach als Grundlagen für die Bemessung der *Motordrehzahl* in Betracht kommen können, ergeben sich nun wesentlich verschiedene Resultate für  $v$  und  $L$ .

Für die Forderung eines *Maximums* für die zulässige *Ankerumfangsgeschwindigkeit* wird:

$$v = \frac{3600}{1000} \cdot \left(\frac{K_1}{D_a}\right) \cdot \frac{\pi}{\ddot{u}} \cdot D_r$$

$$= \frac{3600}{1000} \cdot K_1 \cdot \frac{\pi}{\ddot{u}} \cdot \frac{1}{\left(\frac{D_a}{D_r}\right)}$$

$$L = \frac{Z \cdot v}{75} \cdot \frac{1000}{3600} = \frac{1}{75} \cdot \frac{\pi \cdot K_1}{\sqrt{\frac{C}{\pi b_a}}} \cdot \sqrt{D}$$

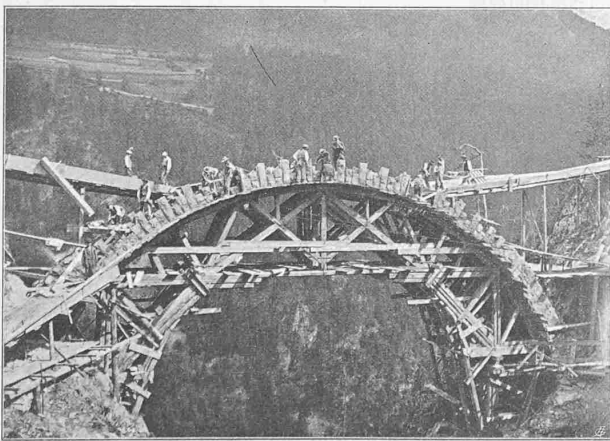


Abb. 16. Pflanzgartenbrücke II im Bau.



Abb. 19. Gewölbte Brücke der Zufahrtsstrasse nach Jennisberg und unteres Portal des Wiesener Tunnels II.

Für die Forderung eines *Maximums* für die zulässige *Zentrifugalkraft* der Masseneinheit am Ankerumfang wird:

$$v = \frac{3600}{1000} \sqrt{\frac{K_2}{D_a}} \cdot \frac{\pi}{\ddot{u}} \cdot D_r$$

$$= \frac{3600}{1000} \sqrt{K_2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{D_a}{D_r}\right)} \cdot \frac{\pi}{\ddot{u}} \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{C}{b_a} \cdot D}$$

$$L = \frac{Z \cdot v}{75} \cdot \frac{1000}{3600} = \frac{\pi}{75} \sqrt{K_2} \cdot \sqrt{\frac{4}{C} \cdot \pi b_a \cdot D^3}$$

Bemerkenswert ist nun die *Gegenüberstellung* der *Abhängigkeitsbeziehungen*, die zwischen  $v$  und  $D$  einerseits und zwischen  $L$  und  $D$  andererseits für die beiden Ansätze

$$D_a \cdot n = K_1$$

$$D_a \cdot n^2 = K_2$$

bestehen. Während im ersten Falle  $v$  von  $D$  unabhängig und  $L$  der *Quadratwurzel* aus  $D$  proportional ist, so ist im zweiten Falle  $v$  der *Quadratwurzel* aus  $D$  und  $L$  der *vierten Wurzel* aus  $D^3$  proportional. Diese abweichenden Beziehungen beeinflussen entsprechend die Beurteilung der durch ein bestimmtes *Traktionsproblem* unmittelbar gestellten Anforderungen an die *Leistungsfähigkeit* eines *Bahnmotors*.

Zur Beurteilung der *Leistungsfähigkeit* der *Bahnmotoren* an sich ist von Interesse die *Aufstellung* einer *Beziehung* zwischen  $L$  und  $n$ , die sich mittels der Gleichungen:

$$D_a = \sqrt{\frac{4 C}{\pi b_a}} \cdot D$$

$$L = \frac{1}{75} \cdot 2 \pi \cdot n \cdot D$$

und je einem der beiden Ansätze:

$$D_a \cdot n = K_1$$

$$D_a \cdot n^2 = K_2$$

unschwer ergibt.

Für die Forderung eines Maximums für die zulässige Ankerumfangsgeschwindigkeit erhält man dann für  $L$  und  $n$  den Zusammenhang:

$$L \cdot n = \frac{\pi^2}{150} \cdot K_1^2 \cdot \frac{b_a}{C}$$

und für die Forderung eines Maximums für die zulässige Zentrifugalkraft der Masseneinheit am Ankerumfang entsprechend:

$$L \cdot n^3 = \frac{\pi^2}{150} \cdot K_2^2 \cdot \frac{b_a}{C}$$

In der Beurteilung der Bahnmotoren an sich bildet weiter auch die Aufstellung eines Zusammenhanges zwischen der Motorleistung  $L$  und dem Motorgewicht  $G$  den Gegenstand eines besonderen Interesses. Das Motorgewicht  $G$  ist nun in einem sehr einfachen Zusammenhang mit dem aktiven Motorvolumen  $V$ . Man kann nämlich setzen:

$$G = A + B \cdot V$$

wo  $A$  und  $B$  Konstante bedeuten, die je nach der Stromart und der allgemeinen Motorbauart und Motortype abwechseln können, jedoch innerhalb einer bestimmten Motortype Gültigkeit besitzen. Das Motorgewicht  $g$  bezogen auf die Einheit des normalen Drehmoments wird dann in der Form:

$$g = a + b/D$$

erscheinen, wo  $a$  und  $b$  ebenfalls Konstante bedeuten, die sich in einfachster Weise aus  $A$  und  $B$  bestimmen lassen, sobald  $C$  festgelegt ist. Unter Berücksichtigung der oben gegebenen Beziehungen ergibt sich dann für das Motorgewicht  $\gamma$  bezogen auf die Einheit der normalen Leistung  $L$  eine Beziehung:

$$\gamma = \frac{\alpha_1}{L} + \beta_1 \cdot L$$

wenn  $\alpha_1$  und  $\beta_1$  Konstante bedeuten und man den Ansatz:  $D_a \cdot n = K_1$  zugrunde legt, und eine Beziehung:

$$\gamma = \frac{\alpha_2}{L} + \beta_2 \cdot \sqrt[3]{L}$$

wenn  $\alpha_2$  und  $\beta_2$  ebenfalls Konstante bedeuten und man den Ansatz:  $D_a \cdot n^2 = K_2$  zugrunde legt. In Abhängigkeit von  $L$  geht  $\gamma$  durch ein Minimum hindurch, und zwar sowohl für den Ansatz mit den Konstanten  $\alpha_1$  und  $\beta_1$ , wie auch für den Ansatz mit den Konstanten  $\alpha_2$  und  $\beta_2$ .

Nachdem wir nun eine Uebersicht gewonnen haben, inwieweit aus der Wahl der Ansätze:

$$D_a \cdot n = K_1 \quad \text{und:} \quad D_a \cdot n_2 = K_2$$

die Beurteilung der an einen Bahnmotor gestellten Anforderungen beeinflusst wird, haben wir uns damit zu befassen, die zahlenmässige Bedeutung dieser Ansätze und die technische Berechtigung der ihnen zugrunde liegenden Gesichtspunkte zu prüfen. Dazu wollen wir zunächst die allfällig zu berücksichtigenden Grenzfälle betrachten, und möge die nachfolgende Zusammenstellung über Kommutatormaschinen für Antrieb mittels Dampfturbinen, die wir auf Grund der in einer neuern Studie über solche Maschinen<sup>1)</sup> enthaltenen Angaben bildeten, die erforderlichen Anhaltspunkte liefern; es ist ausser Zweifel, dass für Bahnmotoren kein Bedürfnis vorhanden ist, die in dieser Zusammenstellung vorkommenden Beträge für  $D_a \cdot n$  und  $D_a \cdot n^2$  zu adoptieren.

Kommutatormaschine	Konstrukteur	$n$	$D_a$	$D_a \cdot n$	$D_a \cdot n^2$
Gleichstromgenerator		1/Sek.	$m$	m/Sek.	m/Sek. <sup>2</sup>
250 kw	Brown, Boveri & Cie.	45	0,52	23,4	1050
300 kw	Brown, Boveri & Cie.	50	0,52	26,0	1300
200 kw	M.-F. Oerlikon	50	0,56	28,0	1400
200 kw	Siemens-Schuckertw.	50	0,44	22,0	1100
300 kw	Siemens-Schuckertw.	50	0,54	27,0	1350
300 kw	Allg. Elektrizitäts-Ges.	50	0,54	27,0	1350

Dem gegenüber gestatten die nebenstehenden Tabellen die Entnahme der bei den Bahnmotoren heute üblichen

<sup>1)</sup> Vergl. E. T. Z. 1908, Hefte 6, 7, 8, Pohl: Zur Entwicklung der Gleichstrom-Turbodynamos.

Beträge von  $D_a \cdot n$  und  $D_a \cdot n^2$ , die wesentlich niedriger liegen, als die in der obigen Tabelle mitgeteilten. Die aufgestellten Tabellen sind weiter auch noch bedeutungsvoll durch den Hinweis darauf, dass für die Motoren mit und ohne Zahnräder in der Bemessung von  $D_a \cdot n$  kein wesentlicher Unterschied konstatiert werden kann, während andererseits in der Bemessung von  $D_a \cdot n^2$  ein sehr bedeutender Unterschied besteht und zwar in dem Sinne, dass für die Motoren ohne Zahnräder die Grösse  $D_a \cdot n^2$  wesentlich kleiner gewählt wird, als für Motoren mit Zahnrädern. Gerade dieser grosse Unterschied in  $D_a \cdot n^2$  lässt erkennen, dass eben die bisherigen Bahnmotoren ohne Zahnräder recht eigentlich als „langsam laufende“ Motoren aufzufassen sind; dabei muss allerdings von der Ausführung Berlin-Zossen, die sowieso durch eine als abnorm zu bezeichnende Geschwindigkeit auffällt, abgesehen werden.

**Daten für Bahnmotoren ohne Zahnräder.**

Bahnanlage	Stromart	$D$	$C$	$b_a$	$\frac{D_a}{D_r}$	$D_a \cdot n$	$D_a \cdot n^2$
<b>Achsmotoren</b>		<i>mkg</i>	<i>cm<sup>2</sup>/mkg</i>	<i>m</i>		<i>m/Sek.</i>	<i>m/Sek.<sup>2</sup></i>
Central London Ry.	Gleichstr.	740	250	0,71	0,54	1,7	4,9
N. Y. C. & H. R. R.	Gleichstr.	1360	160	0,48	0,66	3,7	18,6
Baltimore & Ohio von 1895	Gleichstr.	3150	150	0,40	0,71	1,5	2,1
Berlin-Zossen, Motorwagen	Drehstrom	300	600	0,39	0,61	11,4	170,0
Erste Veltlin-Lokomot.	Drehstrom	1260	500	0,69	0,81	2,4	5,2
N. Y.-N. H.-Hartford	Einphasen.	800	500	0,42	0,70	4,1	15,5
<b>Gestellmotoren</b>							
Veltlin-Lokomotive 1904	Drehstrom	1900	350	0,44	0,94	5,3	19,7
Veltlin-Lokomotive 1906 (Motor mit 12 Polen)	Drehstrom	580	300	0,90	1,04	3,9	9,8
Simplon-Lokom. 1906	Drehstrom	1800	700	0,84	0,88	5,5	20,5

**Daten für Bahnmotoren mit Zahnrädern.**

Bahnanlage	Stromart	$D$	$C$	$b_a$	$\ddot{u}$	$\frac{D_a}{D_r}$	$D_a \cdot n$	$D_a \cdot n^2$
<b>Vorgelegemotoren</b>		<i>mkg</i>	<i>cm<sup>2</sup>/mkg</i>	<i>m</i>			<i>m/Sek.</i>	<i>m/Sek.<sup>2</sup></i>
Milano-Varese	Gleich.	200	300	0,38	2,5 : 1	0,40	4,2	40
Central London Ry	Gleich.	215	275	0,38	3,3 : 1	0,35	3,7	31
Subway N. Y.	Gleich.	230	300	0,35	3,3 : 1	0,60	5,3	54
Freiburg-Murten	Gleich.	270	260	0,30	4,0 : 1	0,50	3,7	25
Köln-Bonn	Gleich.	130	350	0,28	3,1 : 1	0,48	5,4	63
Moselhütte	Gleich.	180	270	0,15	6,7 : 1	0,53	6,9	73
Wiener Stadtbahn	Gleich.	190	310	0,30	4,3 : 1	0,43	4,1	33
Paris-Orléans	Gleich.	450	200	0,35	2,2 : 1	0,46	3,5	22
Baltimore - Ohio von 1903	Gleich.	450	200	0,35	4,3 : 1	0,53	3,4	21
Berlin-Zossen, Lokom.	Dreh.	200	545	0,30	2,1 : 1	0,54	10,1	151
Midland Ry.	Einphl.	250	350	0,36	2,8 : 1	0,51	4,2	31
Seebach-Wettingen	Einph.	200	430	0,38	3,7 : 1	0,49	7,3	99
<b>Gestellmotoren</b>								
Seebach-Wettingen	Gleich.	280	230	0,26	3,1 : 1	0,53	6,1	65
Seebach-Wettingen	Einph.	280	460	0,29	3,1 : 1	0,72	8,1	88

Durch die Erfahrung, die an den bisherigen Bahnmotoren gewonnen wurde, dürfte demnach eine Berücksichtigung der Beziehung:

$$D_a \cdot n^2 = K_2$$

im Interesse einer gleichmässigen Anwendung auf die Motoren mit und ohne Zahnräder nicht empfohlen werden können, wohl aber die Berücksichtigung der Beziehung:

$$D_a \cdot n = K_1$$

Die Bevorzugung dieser letzten Beziehung empfiehlt sich weiter auch aus Gründen einer möglichst übersichtlichen Vergleichsrechnung der Bahnmotoren in elektrischer Beziehung. Bei gleichmässigen Werten  $D_a \cdot n$  und bei der sonst schon gleichmässig vorausgesetzten magnetischen Beanspruchung der Motoren entsprechen dann den zwei unveränderlichen Werten von  $b_a$  für die Motoren mit und

Ueber die Bemessung der Umdrehungszahl bei elektrischen Bahnmotoren.

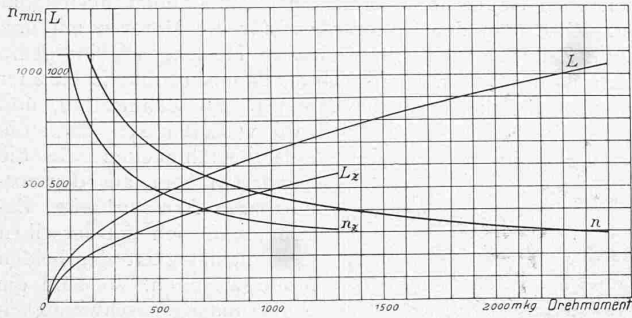


Abb. 1. Bemessung der normalen Umdrehungszahlen und Leistungen der Bahnmotoren in Abhängigkeit vom normalen Drehmoment. (Es beziehen sich  $n$  und  $L$  auf Motoren ohne,  $n_z$  und  $L_z$  auf solche mit Zahnrädern.)

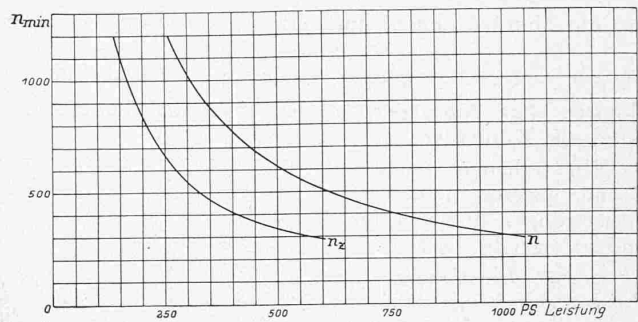


Abb. 2. Bemessung der normalen Umdrehungszahlen der Bahnmotoren in Abhängigkeit von der normalen Leistung. (Es bezieht  $n$  auf Motoren ohne,  $n_z$  auf solche mit Zahnrädern.)

ohne Zahnräder auch gleichmässig zwei unveränderliche Werte der in den Armaturleitern induzierten elektromotorischen Kräfte; es ergeben sich dann äusserst einfache Zusammenhänge für die Armaturleiterzahlen der Motoren bei den verschiedenen in Betracht zu ziehenden Motorspannungen. Diese Gesichtspunkte haben umsomehr Berechtigung, als ja die Motoren mit und ohne Zahnräder in fast demselben engen Spielraum der Leistungsfähigkeiten zur Anwendung kommen.

Für unsere weitem Untersuchungen dürfen wir die Konstante:

$$K_1 = 6,00$$

benutzen, wenn wir  $D_a$  in  $m$  ausdrücken und:

$$K_1 = 600$$

wenn wir  $D_a$  in  $cm$  ausdrücken. Wir können dann mittels der Beziehung:

$$n = \frac{K_1}{D_a}$$

für die Motoren mit und ohne Zahnräder zur Festlegung des numerischen Zusammenhanges zwischen  $n$  und  $D$  die Beziehungen:

$$\begin{cases} n = 248 \frac{1}{\sqrt{D}} & \text{für Motoren ohne Zahnräder} \\ n = 128 \frac{1}{\sqrt{D}} & \text{für Motoren mit Zahnrädern} \end{cases}$$

aufstellen. Analog ergeben sich dann auch die numerischen Beziehungen zwischen  $L$  und  $D$  und zwischen  $L$  und  $n$ , und zwar wie folgt:

$$\begin{cases} L = 20,8 \sqrt{D} & \text{für Motoren ohne Zahnräder} \\ L = 15,3 \sqrt{D} & \text{für Motoren mit Zahnrädern} \end{cases}$$

$$\text{und: } \begin{cases} n = 5150 \cdot \frac{1}{L} & \text{für Motoren ohne Zahnräder} \\ n = 2780 \cdot \frac{1}{L} & \text{für Motoren mit Zahnrädern} \end{cases}$$

In den obenstehenden Abbildungen 1 und 2 bringen wir diese Zusammenhänge zur Darstellung; der Abbildung 1 kann entnommen werden, welche Werte von  $n$  und von  $L$  einem bestimmten Werte von  $D$  für die Motortypen mit und ohne Zahnräder entsprechen, aus der Figur 2 ergibt sich andererseits der Zusammenhang der Motordrehzahlen  $n$  mit der Motorleistung  $L$  für die Motoren mit und ohne Zahnräder. In Abhängigkeit von  $D$  verhalten sich entsprechende Werte für  $n$  und für  $L$  für die Motoren mit und ohne Zahnräder wie  $\sqrt{\frac{65}{35}}$ , in Abhängigkeit von  $L$  verhalten sich die Werte  $n$  wie  $\frac{65}{35}$ .

In den Abbildungen 1 und 2 sind die Umdrehungszahlen  $n$  pro Minute angegeben, da dies für den praktischen Gebrauch näher liegt, als die Angabe pro Sekunde, die wir aus prinzipiellen Gründen bisher der Rechnung zugrunde gelegt haben.

Durch die mitgeteilten numerischen Gleichungen zwischen je zwei der Variablen  $D$ ,  $n$ ,  $L$  und also auch durch die diesen Gleichungen entsprechenden Kurvenbilder in den Abbildungen 1 und 2 haben wir tatsächlich Normalien für Bahnmotor-Serien gewonnen<sup>1)</sup>. Es liegt nun nahe, zu untersuchen, welche normalen Zugkräfte und Radumfangsgeschwindigkeiten pro Triebachse unsern Ansätzen entsprechen; wir haben dazu noch Normalien bezüglich der Grössen  $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$  und  $\dot{u}$  aufzustellen, die in den Formeln für die Triebachsanzugkraft und die Fahrzeugsgeschwindigkeit:

<sup>1)</sup> Bei den gewöhnlichen Elektromotoren, für welche an Stelle eines konstanten Wertes von  $b_a$  der Ausdruck tritt:

$$b_a = q \cdot D_a$$

wo in speziellen Fällen  $q$  eine von der Polzahl abhängige Grösse, meistens aber eine Konstante in der Gegend von 0,5 bedeutet, hat der Ansatz:

$$D_a \cdot n^2 = K_2$$

die grössere Berechtigung, da die gewöhnlichen Elektromotoren in einem viel weitem Spielraum der Leistungsfähigkeiten zur Anwendung kommen, als die Bahnmotoren. Es ergibt sich dann der Zusammenhang:

$$L \cdot n^5 = \frac{\pi^2}{150} \cdot \frac{q}{C} \cdot K_2^3$$

für die Leistungsfähigkeit und die Umdrehungszahl. Von Interesse ist dann auch der Zusammenhang der Ankerumfangsgeschwindigkeit mit der Leistungsfähigkeit:

$$D_a \cdot n = \frac{K_2}{n} = K_2 \sqrt[5]{L \cdot \frac{150 \cdot C}{\pi^4 \cdot q \cdot K_2^3}}$$

Für die der bisherigen Praxis ungefähr entsprechenden Ansätze:  $q = 0,5$ ;  $C = 400 \text{ cm}^3/\text{mkg}$ ;  $K_2 = 5000 \text{ cm}/\text{Sek.}^2$  erhält man in runden Zahlen:

$$\begin{aligned} L \cdot n^5 &= 10^7 \\ D_a \cdot n &= \frac{5000}{\sqrt[5]{10^7}} \cdot L^{1/5} \end{aligned}$$

und die aus der untenstehenden Abbildung sich ergebenden Schaulinien, die für moderne Elektromotoren, die normalen, d. h. rein konstruktionsmässig günstigsten Fälle darstellen.

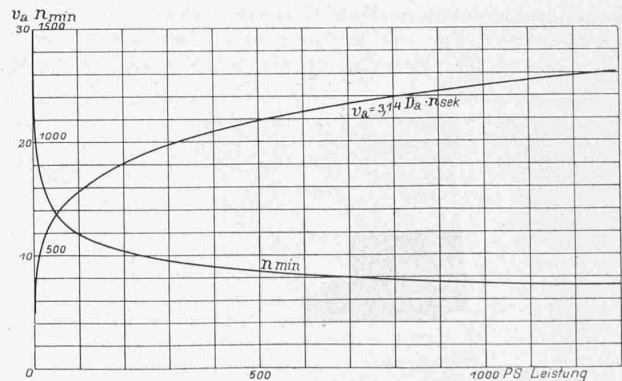


Abb. 3. Umdrehungszahl und Ankerumfangsgeschwindigkeiten der gewöhnlichen Elektromotoren in Abhängigkeit von den normalen Leistungen.

keit vorkommen. Dabei ist für die Motoren ohne Zahnräder  $\bar{u}$  konstant und selbstverständlich gleich 1, während für die Motoren mit Zahnrädern  $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$  konstant gehalten werden kann; entsprechend ist dann  $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$  variabel für die Motoren ohne Zahnräder und ist  $\bar{u}$  variabel für die Motoren mit Zahnrädern.

Wir erhalten somit auf Grund unserer numerischen Festsetzungen nunmehr für  $Z$  und  $v$  folgende Ansätze:

1. Für die Motoren ohne Zahnräder mit  $\bar{u} = 1$ :

$$\begin{cases} Z = 82,4 \cdot \left(\frac{D_a}{D_r}\right) \cdot \sqrt{D} \\ v = 67,9 \cdot \frac{1}{\left(\frac{D_a}{D_r}\right)} \end{cases}$$

2. Für die Motoren mit Zahnrädern für  $\frac{D_a}{D_r} = 0,5$ :

$$\begin{cases} Z = 30,3 \cdot \bar{u} \cdot \sqrt{D} \\ v = 135,8 \cdot \frac{1}{\bar{u}} \end{cases}$$

Der Mittelwert  $\left(\frac{D_a}{D_r}\right) = 0,5$ , den wir für die Motoren mit Zahnrädern in die Formeln für  $Z$  und  $v$  eingesetzt haben, entspricht laut der in den Tabellen Seite 310 enthaltenen Statistik den bisherigen bezüglich den Ausführungen recht ordentlich. Gemäss diesen Tabellen kommen bei den Motoren ohne Zahnräder für  $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$  Werte von 0,50 bis 1,10 vor; dass  $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$  für die Achsmotoren kleiner als 1 sein muss, liegt auf der Hand, für Gestellmotoren können jedoch Werte  $\left(\frac{D_a}{D_r}\right) \geq 1$  in Betracht kommen. Auch über die bisher bevorzugten Werte von  $\bar{u}$  geben die Tabellen auf Seite 310 Auskunft.

Die vorstehenden Untersuchungen möchten wir nun in der nachfolgenden Zusammenfassung kurz wiedergeben: Auf Grund der Tatsache, dass das aktive Motorvolumen aus dem zu entwickelnden normalen Motordrehmoment eindeutig bestimmt ist, sowie auf Grund der Annahme einer höchsten zulässigen Ankerumfangsgeschwindigkeit der Motoren erhält man feste Beziehungen zwischen den Grössen Normaldrehmoment, normale Drehzahl und normale Leistung der Motoren. Für die Motoren ohne Zahnräder ergeben sich dabei andere Bestimmungsgleichungen als für die Mo-

toren mit Zahnrädern zufolge der grösseren Ankerbreite, welche bei der erstern Motorbauart für die Voraussetzung derselben Spurweite (Normalspur) der Bahnen ausnützlich ist. Gibt man den Motorankern für die Motoren mit und ohne Zahnräder dieselbe zulässige Höchstgeschwindigkeit, dann ist die Leistungsfähigkeit der Motoren ohne Zahnräder grösser als diejenige der Motoren mit Zahnrädern, und

zwar verhalten sich dann die Leistungsfähigkeiten wie die Quadratwurzeln aus der ausnützlichen Armaturbreite. Beognügt man sich mit derselben Leistungsfähigkeit der beiden Motorgattungen, so sind die Ankerumfangsgeschwindigkeiten der Motoren ohne Zahnräder entsprechend zu reduzieren: Die Motoren ohne Zahnräder sind dann keine normalen Motoren mehr in dem Sinne, dass das aktive Volumen für die Erzielung einer höchstmöglichen Leistung ausgenutzt ist: die Motoren degenerieren dann in die Kategorie der sog. „langsam laufenden Motoren“. Es ist weiter gezeigt worden, dass durch die Variation des Ver-

hältnisses  $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$  für die Motoren ohne Zahnräder und durch die Variation des Verhältnisses  $\bar{u}$  für die Motoren mit Zahnrädern in Verbindung mit der richtigen Bemessung des Drehmomentes sämtliche Anforderungen eines Traktionsproblems hinsichtlich der Triebachsenzugkraft und der Fahrzeuggeschwindigkeit eingehalten werden können. Es ist somit stets möglich, die Bahnmotoren derart anzuwenden, dass ihr aktives Volumen für die Erzielung einer höchstmöglichen Leistung tatsächlich ausgenutzt wird. Mit an-

dem Worten: die korrekte Anwendung der Bahnmotoren besteht in der ausschliesslichen Verwendung sog. normaler Motoren.

## Das Geschäftshaus „Rot-Haus“ in Winterthur.

Erbaut von den Architekten Rittmeyer & Furrer in Winterthur.

Geht man die alte Markt-gasse in Winterthur hinauf, den Häuserfronten entlang nach den Spuren der Kunstbetätigung ihrer Erbauer forschend, so wundert man sich billig ob der grossen Genügsamkeit, die jene nach dieser Richtung an den Tag gelegt haben. Schon will man das wenig lohnende Bemühen aufgeben, als mitten in dieser langen Flucht der Blick von einem Neubau gefesselt wird, der uns dankbar aufatmen lässt, der in die Eintönigkeit der Umgebung einen frischen, vielverheissenden Ton erklingen lässt und die Hoffnung weckt, es könnten auch der Markt-gasse in Winterthur in kommenden Zeiten noch schönere Tage vorbehalten sein.

Es ist das Geschäftshaus „Rot-Haus“ des Herrn E. Biedermann, das an Stelle des alten Bauwerkes gleichen Namens hier von den Architekten Rittmeyer & Furrer im Jahre 1907 aufgeführt worden ist, zu dessen Darstellung wir die Unterlagen der genannten Firma verdanken.

Das alte „Rot-Haus“, währschaft-bürgerlich, aber mit



Abb. 4. «Rot-Haus». Gesamtansicht von der Markt-gasse aus.

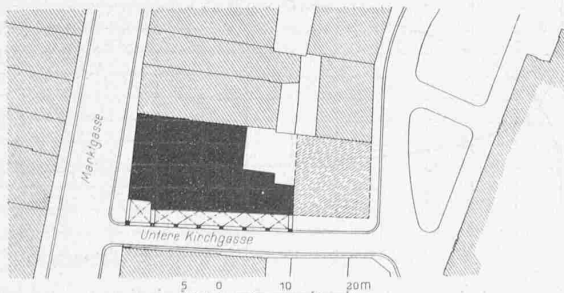


Abb. 1. Lageplan des «Rot-Hauses» in Winterthur. — 1 : 1000.