Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 53/54 (1909)

Heft: 24

Artikel: Ueber die Bemessung der Umdrehungszahl bei elektrischen

Bahnmotoren

Autor: Kummer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-28160

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: 14.12.2025

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

Ueber die Bemessung der Umdrehungszahl bei elektrischen Bahnmotoren.

Von Dr. W. Kummer, Ingenieur.

Schon aus den im Laufe des Jahres 1907 veröffentlichten Abhandlungen 1) 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 2) 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 Fahrzeugsausrüstung gestellten Anforderungen hinsichtlich Fahrzeugsgeschwindigkeit und Triebachsenzugkraft für den Entwurf der Fahrzeuge massgebend ist, ob die Fahrzeuge mit kleiner Triebachsenzug-

kraft 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 Fahrzeugsgeschwindigkeit 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 grössern normalen 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 cm3, 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 ba auszunützen gestatten. Demnach wird auch Da je nach der Bauart für ein bestimmtes normales Drehmoment verschieden ausfallen und zwar zufolge der Beziehung:

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

 $D_a = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{V}{b_a}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{C}{b_a} \cdot D}$ Den Tabellen auf Seite 310 kann entnommen werden, welche Werte von ba 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:

 $b_a = 65 cm$

Für Kollektormotoren mit Zahnrädern:

 $b_a = 35 cm$

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.

Damit erhalten wir:

 $D_a = 2,42 \cdot \sqrt{D}$ für Motoren ohne Zahnräder und

 $D_a = 3.30 \cdot \sqrt{D}$ für Motoren mit Zahnrädern

als rechnerische Beziehungen zwischen dem Durchmesser der Motoranker in cm und dem normalen Motordrehmoment in mkg für die in Betracht fallenden Motorbauarten. Daneben kommen als charakteristische Grössen bei den einzelnen Motorbauarten noch in Betracht die Uebersetzung ü der Zahngetriebe, die für Motoren ohne Zahnräder gleich I, für Motoren mit Zahnräder aber grösser als 1 ist, wenn

Die Bahnlinie Davos-Filisur.

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

man ü als das Verhältnis: [Motordrehzahl durch Triebraddrehzahl festlegt, ferner das Verhältnis:

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

womit nun auch der Durchmesser Dr 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: $Z = \left(\frac{D_a}{D_r}\right) \cdot \frac{\ddot{u}}{\sqrt[]{\frac{C}{\pi \ b_a}}} \cdot \sqrt[]{D}$

Wenn Z, wie üblich, in kg ausgedrückt werden soll, dann sind C und ba 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

¹⁾ Bd. IL, S. 247 u. 256, sowie Bd. L, S. 112 u. 153.

²) 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 Fahrzeugsgeschwindigkeit ist dann ausser den bereits genannten Grössen $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$ und \ddot{u} noch die Umdrehungszahl der Motoren festzuetzen. Zunächst gilt die Beziehung:

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

wenn die Fahrzeugsgeschwindigkeit 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:

 $L=rac{1}{75}\cdot 2 \ \pi \cdot n \cdot D$ Die Forderung nach einer hohen Fahrzeugsgeschwindigkeit, sowie diejenige einer grossen Leistungsfähigkeit der Bahnmotoren, rufen daher der Wahl einer grossen Drehzahl der Motoren.

Es frägt 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. Anderseits kann man die Forderung eines Maximums für die zulässie 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:

gsgeschwindigkeit wird:

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

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

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

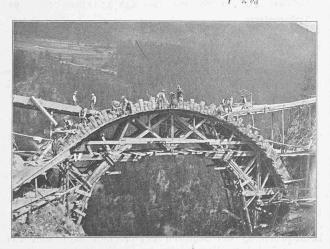


Abb. 16. Pflanzgartenbrücke II im Bau.

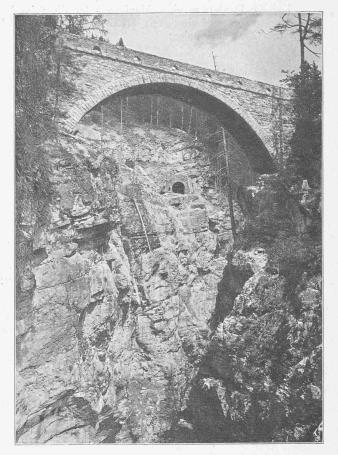


Abb. 19. Gewölbte Brücke der Zufahrtsstrasse nach Jennisberg und unteres Portal des Wiesener Tunnels II.

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

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

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

 $L = \frac{Z \cdot v}{75} \cdot \frac{1000}{3600} = \frac{\pi}{75} \sqrt{K_2} \cdot \sqrt[4]{\frac{4}{C}} \cdot \pi \ b_a \cdot D^3$ Bemerkenswert ist nun die Gegenüberstellung der Abhängigkeitsbeziehungen, die zwischen v und D einerwijs and gwischen Vseits und zwischen L und D anderseits 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 $D^{\mathfrak z}$ 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:

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

$$L = \frac{1}{75} \cdot 2 \ \pi \cdot n \cdot D$$
und je einem der beiden Ansätze:
$$D_a \cdot n = K_1$$

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

$$D_a \cdot n = K_1$$

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

unschwer ergibt.

Für die Forderung eines Maximums für die zulässige Ankerumfassungsgesen...
und n den Zusammenhang: $L \cdot n = \frac{\pi^2}{150} \cdot K_1^2 \cdot \frac{b_a}{C}$ Ankerumfassungsgeschwindigkeit erhält man dann für L

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

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

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

 $L\cdot n^3=rac{\pi^2}{150}\cdot K_2{}^2\cdotrac{b_a}{C}$ 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: $G = A + B \cdot V$

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

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 y bezogen auf die Einheit der normalen Leistung L eine Beziehung:

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

 $\gamma = \frac{\alpha_1}{L} + \beta_1 \cdot L$ wenn α_1 und β_1 Konstante bedeuten und man den Ansatz: $D_a \cdot n = K_1$ zugrunde legt, und eine Beziehung:

$$\gamma = \frac{\alpha_2}{L} + \beta_3 \cdot \sqrt[3]{L}$$

wenn α_2 und β_2 ebenfalls Konstante bedeuten und man den Ansatz: $D_a \cdot n^2 = K_2$ zugrunde legt. In Abhängigkeit von L geht y durch ein Minimum hindurch, und zwar sowohl für den Ansatz mit den Konstanten α_1 und β_1 , wie auch für den Ansatz mit den Konstanten α_2 und β_2 .

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

 $D_a \cdot n = K_1$ und: $D_a \cdot n_2 = K_2$ 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 1) 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		I/Sek.	<i>m</i> .	m/Sek.	m/Sek.
250 kw	Brown, Boveri & Cie.	45	0,52	23,4	1050
300 kw	Brown, Boveri & Cie.	50	0,52	26,0	1300
200 kw	MF. 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

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 anderseits 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	ba	$\frac{D_a}{D_r}$	$D_a \cdot n$	$D_a \cdot n^2$
Achsmotoren	7 2 5 5	mkg	cm ³ mkg	m		m Sek.	m Sek.2
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 Berlin-Zossen, Motor-	Gleichstr.	3150	150	0,40	0,71	1,5	2,1
wagen	Drehstrom	300	600	0,39	0,61	11,4	170,0
Erste Veltlin - Lokomot.	Drehstrom	1260	550	0,69	0,81	2,4	5,2
N. YN. HHartford .	Einphasen.	800	500	0,42	0.70	4,I	15,5
Gestellmotoren	1 a heat		100				Late N
Veltlin-Lokomotive 1904	Drehstrom	1900	350	0,44	0,94	5,3	19,7
Veltlin-I.okomotive 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	Strom- art	D	С	ba	ü	$\frac{D_a}{D_r}$	$D_a \cdot n$	$D_a \cdot n^5$
Vorgelegemotoren		mkg	cm3 mkg	m	L Sale		m Sek.	m Sek.2
Milano-Varese	Gleich.	200	300	0,38	2,5 : I	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:I	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 : I	0,43	4,1	33
Paris-Orléans	Gleich.	450	200	0.35	2,2:1	0,46	3,5	22
Baltimore - Ohio von	100					-		
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	Einph.	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
Gestellmotoren		la			Linu.			
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 Bahn-motoren 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 ba für die Motoren mit und

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

Ueber die Bemessung der Umdrehungszahl bei elektrischen Bahnmotoren.

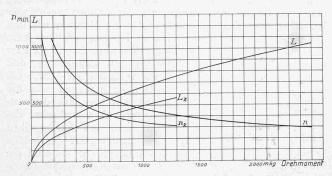


Abb. 1. Bemessung der normalen Umdrehungszahlen und Leistungen der Bahnmotoren in Abhängigkeit vom normalen Drehmoment. (Es beziehen sich n und L auf Motoren ohne, n_z und L_z auf solche mit Zahnrädern.)

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 weitern Untersuchungen dürfen wir die Konstante:

 $K_1=6,$ oo benutzen, wenn wir D_a in m ausdrücken und: $K_1=6$ oo

wenn wir Da 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

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

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

$$\begin{cases} L=2$$
0,8 $\sqrt[3]{D}$ für Motoren ohne Zahnräder $L=15,3$ $\sqrt[3]{D}$ für Motoren mit Zahnrädern

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 anderseits 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 Lverhalten sich die Werte n wie $\frac{65}{36}$.

In den Abbildungen 1 und 2 sind die Umdrehungs-

zahlen 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.

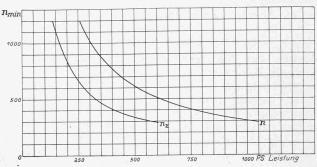


Abb. 2. Bemessung der normalen Umdrehungszahlen der Bahnmotoren in Abhängigkeit von der normalen Leistung. (Es bezieht n auf Motoren ohne, nz auf solche mit Zahnrädern.)

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 1). 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 \ddot{u} aufzustellen, die in den Formeln für die Triebachsenzugkraft und die Fahrzeugsgeschwindig-

1) Bei den gewöhnlichen Elektromotoren, für welche an Stelle eines konstanten Wertes von ba 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: $D_a \cdot n^2 = K_2$

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

die grössere Berechtigung, da die gewöhnlichen Elektromotoren in einem viel weitern 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:

$$D_a \cdot n = \frac{K_2}{n} = K_2 \sqrt{L \cdot \frac{150 C}{\pi^2 \cdot q \cdot K_0^3}}$$

 $D_a \cdot n = \frac{K_2}{n} = K_2 \sqrt[3]{L \cdot \frac{150 \ C}{\pi^4 \cdot q \cdot K_2^8}}$ Für die der bisherigen Praxis ungefähr entsprechenden Ansätze: q = 0.5; $C = 400 \ cm^8/mkg$; $K_2 = 5000 \ cm/Sek.^2$ erhält man in runden Zahlen:

anten:

$$L \cdot n^5 = 10^7$$

 $D_a \cdot n = \frac{5000}{\sqrt[5]{107}} \cdot L^{1/5}$

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

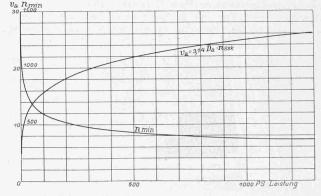


Abb. 3. Umdrehungszahl und Ankerumfangsgeschwindigkeiten der gewöhnlichen Elektromotoren in Abhängigkeit von den normalen Leistungen,

keit vorkommen. Dabei ist für die Motoren ohne Zahnräder ü 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 ü 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 ü = 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 $\frac{D_a}{D_r} = 0.5$:

$$\begin{cases} Z = 30.3 \cdot \ddot{u} \cdot \sqrt{D} \\ v = 135.8 \cdot \frac{1}{\ddot{u}} \end{cases}$$

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 bezüglichen 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 I sein muss, liegt auf der Hand, für Gestellmotoren können jedoch Werte $\left(\frac{D_a}{D_r}\right) \gtrsim 1$ in Betracht kommen. Auch über die bisher bevorzugten Werte von

ü 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-



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

toren mit Zahnrädern zufolge der grössern Ankerbreite, welche bei der erstern Motorbauart für die Voraussetzung derselben Spurweite (Normalspur) der Bahnen ausnützbar 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 ausnützbaren Armaturbreite. Begnügt 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 degenerien dann in die Kategorie der sog. "langsam laufenden Motoren". Es ist weiter gezeigt worden, dass durch die Variation des Verhältnisses $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$ für die Moto-

ren ohne Zahnräder und durch die Variation des Verhältnisses ü für die Motoren mit Zahnrädern in Verbindung mit der richtigen Bemessung des Drehmomentes sämtliche Anforderungen eines Traktionsproblems hinsichtlich der Triebachsenzugkraft und der Fahrzeugsgeschwindigkeit eingehalten werden können. Es ist somit stets möglich, die Bahnmotoren derart anzuwenden, dass ihr aktives Volumen für die Erzielung einer höchst-

möglichen Leistung tatsächlich ausgenutzt wird. Mit andern Worten: die korrekte Anwendung der Bahnmotoren



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

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 Marktgasse 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 Marktgasse 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