

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	51/52 (1908)
Heft:	22
Artikel:	Entwicklung und Beschaffenheit der Triebmotoren und Triebwerke elektrischer Eisenbahnfahrzeuge
Autor:	Kummer, W.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-27529

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: 01.02.2026

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

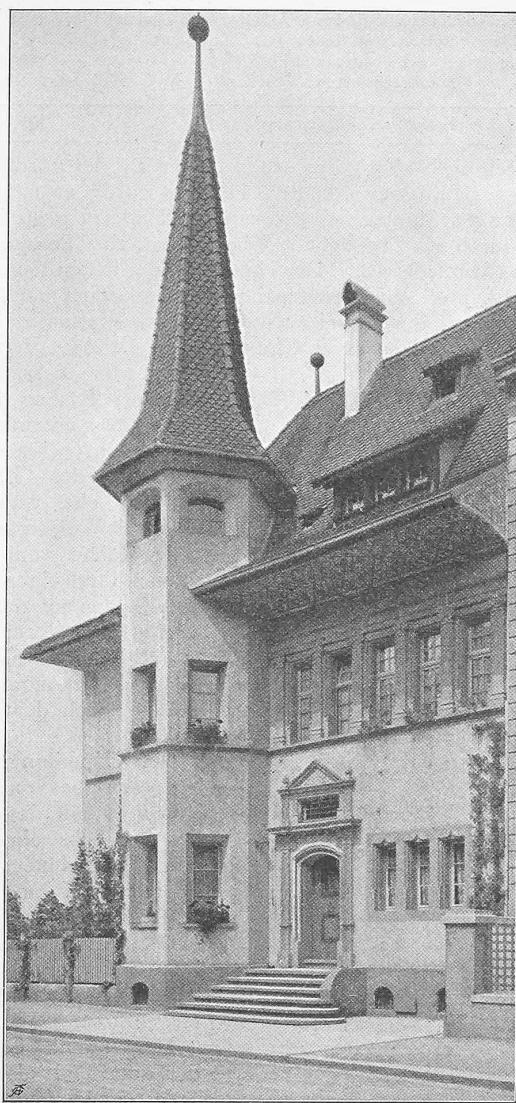


Abb. 36. Wohnhaus Burgunderstrasse 32 in Basel.
Erbaut von La Roche, Stähelin & Cie., Architekten in Basel.

satz zu den abgeschlossenem strengem Strassenfronten einen ungemeinen heiteren und doch vornehm behäbigen Anblick gewährt.

Die Grundrisse (Abb. 42, 43, 44, S. 290) zeigen, dass im Erdgeschoss an der Nordseite zu beiden Seiten des

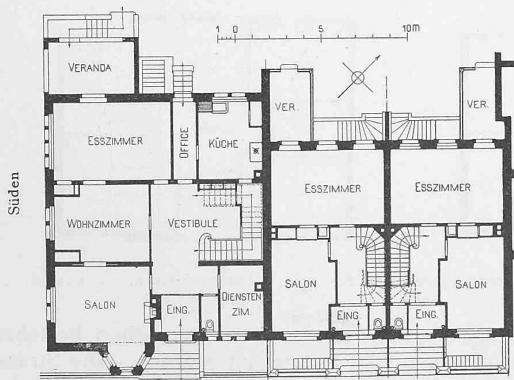


Abb. 38. Häusergruppe an der Burgunderstrasse.
Grundriss des Erdgeschosses. — Masstab 1 : 400.

Haupteingangs ein Dienstzimmer und die Küche angeordnet wurden, die durch einen Gang unter dem Treppenpodest mit dem Esszimmer, mit geräumiger, gedeckter Veranda in be-

quemer Verbindung steht. Die grössten Abmessungen hat das daran anschliessende Wohnzimmer erhalten, dessen breite Fenstergruppe über die vorgelagerte geräumige Garten terrasse hinweg einen vollen Einblick in den Garten bietet; bedeutend kleiner ist das daneben gelegene Empfangszimmer. Das Treppenhaus erhält direktes Oberlicht, das auch durch die zurückgeschobene Treppe zum Dachstock nicht beeinträchtigt wird. Die Einteilung des Obergeschosses entspricht der des Erdgeschosses vollkommen mit der Ausnahme, dass der über dem Wohnzimmer gelegene Raum durch eine Zwischenwand in zwei Zimmer geteilt wurde und das über dem Empfangszimmer gelegene Zimmer einen besondern Vorplatz erhielt, der sich gegen den mittlern Vorraum derart durch eine Türe abschliessen lässt, dass dann ein für sich abgeschlossenes Appartement mit Nebenzimmer, Bad und Klossett entsteht.

Der Dachstock enthält ausser den Dienstzimmern und Räumen für den Haushalt noch drei Zimmer; der Keller ist durch das Gartentor und eine äussere Treppe auch von aussen zugänglich gemacht.

Der mässig grosse Garten besteht aus einem rechteckigen Rasenplatz, umgeben von geradlinigen Wegen und abgeschlossen von Gartenhäuschen und Pergola. Ein geschlossener Bretterzaun verhindert den Einblick von der Strasse; dafür erweitert der Ausblick auf die umliegenden Gärten mit ihren schönen alten Bäumen den Gartenraum.

Entwicklung und Beschaffenheit der Triebmotoren und Triebwerke elektrischer Eisenbahnfahrzeuge.

Von Dr. W. Kummer, Ingenieur.

(Schluss.)

Anwendungsgebiet der beschriebenen Bauarten.

Nachdem wir bisher die drei wichtigsten Bauarten der elektromechanischen Ausrüstung der Triebfahrzeuge elektrischer Bahnen auf Grund ihrer Entwicklungsgeschichte vorgeführt haben, wollen wir versuchen, eine Systematik aufzustellen, die jeder der drei Bauarten das ihr angemessene Anwendungsgebiet zuteilt. Für die Lösung dieser Aufgabe stehen uns ein *theoretischer* und ein *empirischer* Weg zur Benutzung offen. Für den theoretischen Weg bedürfen wir eines gesetzmässigen Zusammenhangs zwischen den unabhängigen Variablen der die Fahrzeugausstattung betreffenden Traktionsprobleme und der auf Grund der Erfahrung vorliegenden Konstruktionskonstanten, dessen Aufstellung wir versuchen werden. Die empirische Lösung ist in der Weise möglich, dass auf Grund einer möglichst zuverlässigen und vollständigen

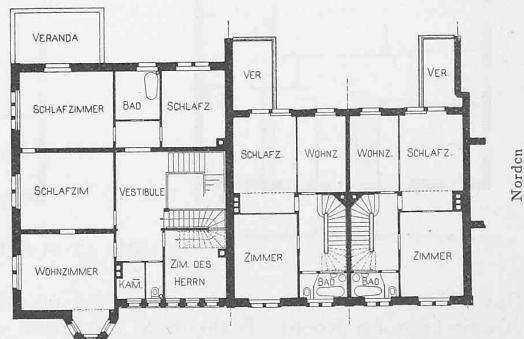


Abb. 39. Häusergruppe an der Burgunderstrasse.
Grundriss des ersten Stocks. — Masstab 1 : 400.

Statistik die besondere Eignung einer jeden Bauart für besondere Verhältnisse auf Grund von als brauchbar befundenen Ausführungen nachgewiesen wird.

Für die theoretische Erörterung müssen wir zunächst feststellen, dass die unabhängigen Variablen, die hier in Betracht kommen, die *Geschwindigkeit* und die *Zugkraft bezogen auf die Triebachse* der motorisch ausgerüsteten Fahrzeuge sind. Die Grösse der auf eine Triebachse entfallenden Zugkraft ist nun durch die Verhältnisse der Adhäsion und der Gewichtsbelastung einer Fahrzeugsachse nach oben hin begrenzt; da im allgemeinen der Achsdruck mit 15 Tonnen im Maximum festgelegt ist¹⁾ und ein Adhäsionskoeffizient von $\frac{1}{6}$ ebenfalls einen Extremwert im gleichen Sinne darstellt, so dürfte eine Zugkraft von $\frac{15000}{5} = 3000 \text{ kg}$

den höchsten auf eine Triebachse entfallenden Wert darstellen, wie er nur etwa beim Anfahren vorkommen wird. Für die Fahrt selbst würde dabei ein erheblich kleinerer Wert der grössten Zugkraft in Betracht fallen und zwar nach Massgabe eines Adhäsionskoeffizienten von $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{7,5}$ von rund 2150 bis 2000 kg für eine Triebachse. Je nachdem nun dieser normale Höchstwert von 2000 bis 2150 kg ausgenutzt ist oder nicht, lassen sich die motorisch ausgerüsteten Fahrzeuge klassifizieren in die beiden Gruppen:

Fahrzeuge mit grosser Zugkraft bezogen auf die Triebachse und

Fahrzeuge mit kleiner Zugkraft bezogen auf die Triebachse.

Es ist einleuchtend, dass die Klassifikation nur für Adhäsionsbahnen diese Bedeutung hat; wir haben jedoch bei der vorliegenden Systematik überhaupt nur Adhäsionsbahnen und zwar Vollbahnen im Sinne. Je nach der Wahl des Durchmessers der Triebräder und je nach der Wahl der Drehzahl der Triebachsen wird man weiter, und zwar sowohl für die Triebachsen mit grosser Zugkraft, als auch für diejenigen mit kleiner Zugkraft, von schnellaufenden und von langsam laufenden Triebfahrzeugen sprechen können. Es ergibt sich dann die folgende sehr einfache und vollständige Klassifikation elektrischer Triebfahrzeuge auf Grund der unabhängigen Variablen: Triebachsen-Zugkraft und Geschwindigkeit:

1. Triebfahrzeuge für kleine Geschwindigkeiten und kleine Triebachsen-Zugkräfte;

¹⁾ Für Hauptbahnen mit besonders schweren Schienen können auch Achsdrücke von 17 und 18 Tonnen in Betracht kommen.

2. Triebfahrzeuge für grosse Geschwindigkeiten und kleine Triebachsen-Zugkräfte;
3. Triebfahrzeuge für kleine Geschwindigkeiten und grosse Triebachsen-Zugkräfte;
4. Triebfahrzeuge für grosse Geschwindigkeiten und grosse Triebachsen-Zugkräfte.

In Weiterverfolgung unserer Aufgabe haben wir nun

die genannten variablen Grössen in Zusammenhang zu bringen mit Konstruktionskonstanten, die auf Grund von Erfahrungszahlen aufstellbar sein könnten. Als wichtigste derartige Konstante dürfte wohl diejenige gelten, die die Hauptdimensionen der Triebmotoren in Abhängigkeit von der von den Triebmotoren zu verrichtenden Kraftäußerung darstellt. Nach der Theorie der elektrischen Maschinen besteht in der Tat eine solche Beziehung und zwar zwischen dem normalen Drehmoment eines Elektromotors und demjenigen Teile des Volumens seiner rotierenden Bestandteile, welcher für die elektromagnetische Energieumwandlung in Betracht kommt. Als normales Drehmoment — mit dem

Symbol D und für die Einheit mkg — müssen wir dabei diejenige Kraftäußerung eines Triebmotors definieren, die je nach den gerade in Geltung befindlichen sogenannten Normalien der Bahnmotoren der dauernden oder der sogenannten Stundenleistung entspricht und durch die als zulässig bezeichnete Temperaturerhöhung der Konstruktionsmaterialien an gewisse Grenzen gebunden ist. Das erwähnte, sogenannte aktive Volumen der rotierenden Motorbestandteile möge mit dem Symbol V bezeichnet und in cm^3 ausgedrückt werden. Es lautet dann die Abhängigkeitsbeziehung zwischen D und V folgendermassen:

$$V = C \cdot D$$

worin C eine Konstante ist, die ihrerseits aus weitern, als konstant anzusehenden Teilen besteht; es kann nämlich gesetzt werden:

$$C = \frac{K}{B \cdot Q} \cdot Z$$

wodurch C in physikalischer Hinsicht analysiert, sowie die massgebenden elektrischen und magnetischen Grössen berücksichtigt werden. Mit der Zerlegung der Erfahrungskonstante C in weitere Einzelkonstante wird gewissermassen die Erfahrung selbst aufgelöst in Einzelerfahrungen; über

Basler Familienhäuser.



Abb. 37. Häusergruppe an der Burgunderstrasse in Basel.
Erbaut von La Roche, Stähelin & Cie., Architekten in Basel.

Basler Familienhäuser.

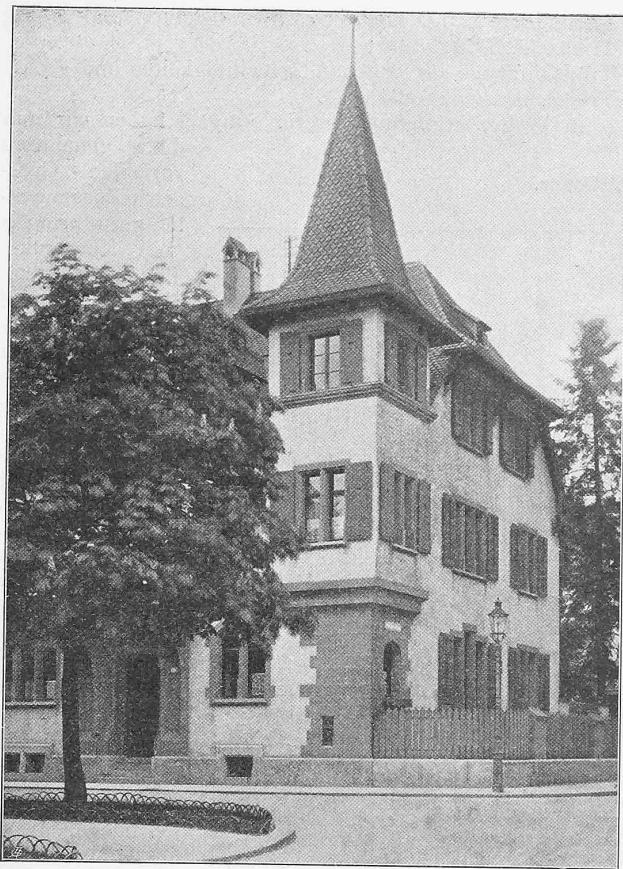


Abb. 40. Wohnhaus Gellertstrasse 14. Strassenfassaden.
Erbaut von La Roche, Stähelin & Cie., Architekten in Basel.

diese Einzelerfahrungen und Einzelkonstanten genügt es auszusagen, dass für die gewählte Schreibweise K eine Konstruktionskonstante von der Grössenordnung 1, B eine magnetische Materialkonstante, die mit der magnetischen Induktion im aktiven Motoreisen identisch ist, Q eine elektrische Materialkonstante, die sich nach der zugelassenen

Stromstärke richtet und Z eine reine Zahl von der Grössenordnung 10^9 (beziehungsweise $10^8 \times 9.81$) ist.

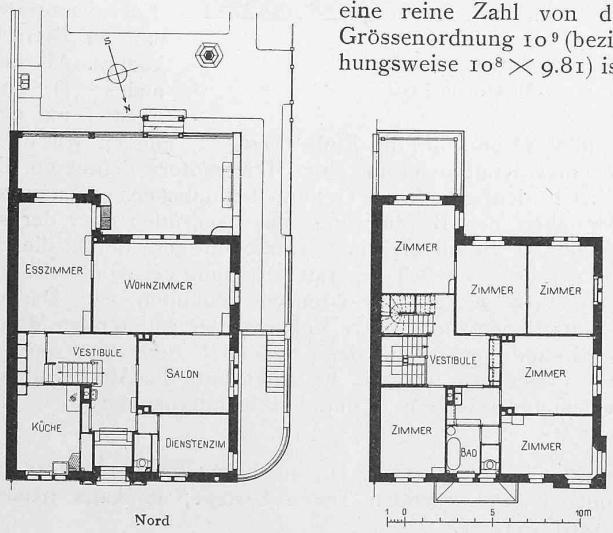


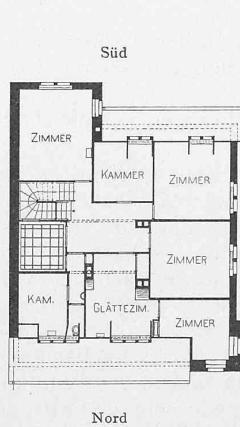
Abb. 42, 43 und 44. Grundrisse vom Erdgeschoss und den zwei Obergeschoßen. — Maßstab 1 : 400.

Nach den zur Zeit allgemeine Gültigkeit geniessenden Normen betreffend die Temperaturerhöhung von elektrischen Maschinen erhält man dann für die Elektromotoren derjenigen Grösse, wie sie im elektrischen *Vollbahnbetrieb* benötigt werden, Werte der Konstanten C , welche bei modernen

gekapselten Motoren von minimal 250 bis maximal 500 cm^3/mkg variieren können, je nach der Wahl der Materialkonstanten B und Q und der Konstruktionskonstanten K . Als Bahnmotoren *normaler Grösse* kommen nun im Vollbahnbetrieb solche mit einem normalen Drehmoment von mindestens 100 und höchstens 1000 bis 1500 mkg in Betracht. Infolge des sehr einfachen Zusammenhangs zwischen dem normalen Drehmoment und dem aktiven Motorvolumen und somit ohne weiteres analogen Zusammenhangs zwischen dem normalen Drehmoment und dem totalen Motorvolumen oder dem Motorgewicht lassen sich nun bereits die verschiedenen Bauarten mit dem normalen Drehmoment in eine Beziehung bringen; es lässt sich nämlich zeigen, dass mit den Bauarten des Achsmotors und des Gestellmotors grössere Motoren und daher auch grössere normale Drehmomente verwendbar sind, als mit der Bauart des Vorgelegemotors. Zu diesem Zwecke schreiben wir für das aktive Motorvolumen den expliziten Ausdruck:

$$V = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot b$$

wo D den Ankerdurchmesser und b die Eisenbreite des Ankers in cm bedeuten. Im Zusammenhang mit der Spurweite der elektrisch zu betreibenden Bahnen ist nun die Ankerbreite bei allen Motorbauarten gewissen Beschränkungen unterworfen; diese Beschränkungen sind für den Vorgelegemotor wegen des Raumbedarfs für das Vorgelege grösser, als für die andern Bauarten. Für normalspurige Bahnen mit Kollektormotoren kann eine grössste Eisenbreite der Motoranker von etwa 35 cm bei Vorgelegemotoren und von etwa 65 cm bei Achsmotoren und Gestellmotoren in Betracht kommen. Für normalspurige Bahnen mit Drehstrommotoren ohne Schleifringe oder mit Schleifringen ausserhalb des Fahrzeugrahmens¹⁾ liegen diese Zahlen entsprechend höher. Hinsichtlich der Wahl des Ankerdurchmessers sind Beschränkungen vorhanden bei den Achsmotoren, für welche die Grösse des Durchmessers der Triebräder bestimmt auf den Ankerdurchmesser einwirkt, sowie bei den Vorgelegemotoren, bei denen der Ankerdurchmesser an das für die in Betracht kommenden Uebersetzungsverhältnisse und Räderdimensionen zulässige Mass des Abstandes zwischen der Motorachse und der Wagenachse gebunden ist; der Ankerdurchmesser der Vorgelegemotoren kann darum auch im allgemeinen weniger hoch angenommen werden, als bei Achsmotoren und Gestellmotoren. Die Bauart der Vorgelegemotoren ist daher sowohl hinsichtlich der Eisenbreite als auch hinsichtlich des Ankerdurchmessers auf die Motoren mit kleinerem Drehmoment beschränkt, während die Bauarten des Achsmotors und Gestellmotors für Motoren mit höherem Drehmoment besonders geeignet sind.



Es liegt nun nahe, zu untersuchen, ob die Motorbauarten mit grossem Motordrehmoment etwa für die Fahrzeuge mit grosser Triebachsen-Zugkraft und anderseits die Motorbauart mit kleinerem Drehmoment etwa für die Fahrzeuge mit kleiner Triebachsen-Zugkraft besonders geeignet seien. Während ein solcher Zusammenhang zwischen Motordrehmoment und Triebachsen-Zugkraft für die Bauart der Gestellmotoren ohne weiteres zutrifft, bedarf er einer näheren Untersuchung für die Bauarten des Achsmotors und des Vorgelegemotors. In dieser Hinsicht ist zu beachten, dass

bei einem gegebenen Motordrehmoment die Triebachsen-Zugkraft abnimmt mit dem Durchmesser der Triebräder und zunimmt mit dem Uebersetzungsverhältnis (Motordrehzahl durch Triebraddrehzahl). Es wächst nun für die Bauart

¹⁾ Vergl. Grundriss von Abbildung 21 Seite 266.

des Achsmotors mit dem Durchmesser der Triebräder auch der mögliche Durchmesser des Motorankers und wachsen daher auch das mögliche Motorvolumen sowie das Motordrehmoment und zwar quadratisch; dies hat zur Folge, dass beim Achsmotor dem grössern Motordrehmoment infolge der Vergrösserung von Triebaddurchmesser und Ankerdurchmesser auch eine grössere Triebachsen-Zugkraft entsprechen wird; die Bauart des Achsmotors ist daher für Fahrzeuge mit grosser Triebachsen-Zugkraft wohl angebracht. Für die Vorgelegemotoren, die wir wegen der Beschränkung in der Ankerbreite und im Ankerdurchmesser als Motoren mit kleinem Drehmoment erklärten, müsste die Forderung der Erreichung einer hohen Triebachsen-Zugkraft zu bedeutenden Uebersetzungsverhältnissen führen; starke Uebersetzungs-Verhältnisse für die Erreichung hoher Zugkräfte bedingen jedoch aus Gründen der mechanischen Festigkeit Abmessungen der Zähne, die nicht nur, wie bereits berücksichtigt, die Motordimensionen selbst, sondern auch den Triebaddurchmesser ungünstig beeinflussen, sodass die Erreichung einer hohen Zugkraft gewissermassen wieder illusorisch wird.

Ein angemessenes Anwendungsgebiet finden daher die Vorgelegemotoren wirklich nur bei Fahrzeugen mit kleiner Triebachsen-Zugkraft.

Hinsichtlich der Wechselbeziehungen zwischen den Motorbauarten und den Geschwindigkeitsanforderungen, welche an die elektrischen Fahrzeuge gestellt werden, kann an Hand einer allgemein an allen mechanischen Antrieben zu gewinnenden Erfahrung die Ausschaltung jeglicher Zahnräuberübersetzung für das Zusammentreffen grosser Geschwindigkeiten und Zugkräfte empfohlen werden, sowie die Ausschaltung auch der Triebstangen für die Anwendung von sehr grossen Geschwindigkeiten bei mittleren und grösseren Triebachsen-Zugkräften. Als unabhängige, frei wählbare Grösse zur Erreichung der in jedem einzelnen Fall gewünschten Fahrzeuggeschwindigkeit verbleibt dann die Motordrehzahl.

Tabelle I.

Position	Anforderungen an die Fahrzeugausrüstung	Erforderliches Motordrehmoment	Erforderliche Motorbauart
1	Kleine Geschwindigkeit und kleine Zugkraft	klein	Vorgelegemotor mit grösserer Uebersetzung
2	Grosse Geschwindigkeit und kleine Zugkraft	klein	Vorgelegemotor mit kleinerer Uebersetzung
3	Kleine Geschwindigkeit und grosse Zugkraft	gross	Gestellmotor mit oder ohne Räderübersetzung
4	Grosse Geschwindigkeit und grosse Zugkraft	gross	Achsmotor u. Gestellmotor ohne Radübersetzung

Demgemäß wird sich nun für die auf Seite 289 gegebene Klassifikation der motorisch ausgerüsteten Fahrzeuge die folgende Gegenüberstellung der Fahrzeugscharaktere und der Motorbauarten ergeben:

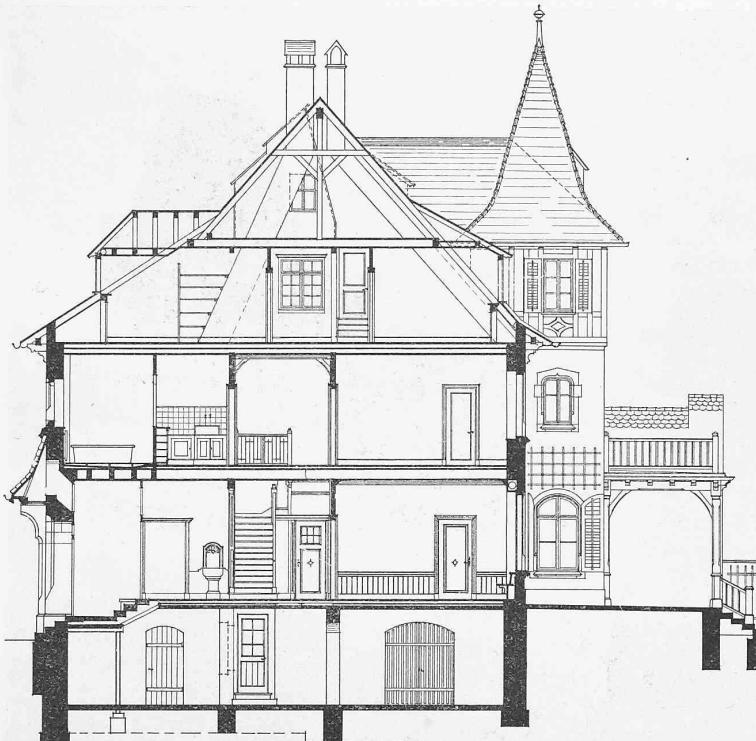


Abb. 45. Wohnhaus Gellerstrasse 14. — Längsschnitt. — 1 : 200.

wert der kleinen und untern Grenzwert der grossen Triebachsen-Zugkraft den genannten Wert von 2000 kg feststellen; als obere Grenze des kleinen und untere Grenze des grossen Motordrehmoments wäre dann etwa der Betrag 300 mkg brauchbar. Die zahlenmässige Zusammenstellung ergäbe dann:

Position	Anforderungen an die Fahrzeugausrüstung		Art der Ausrüstung	
	Zugkraft pro Triebachse in kg.	Fahrzeugs geschwindigkeit in km pro Stunde	Motordrehmoment in mkg.	Motorbauart
1	$Za < 2000$	$v < 45$	$D < 300$	Vorgelegemotor mit $4:1$ oder mehr
2	$Za < 2000$	$v > 45$	$D < 300$	Vorgelegemotor mit $3:1$ oder weniger
3	$Za > 2000$	$v < 45$	$D > 300$	Gestellmotor
4	$Za > 2000$	$v > 45$	$D > 300$	Achsmotor u. Gestellmotor ohne Räderübersetzung

Diese Systematik, die sich also, wie wir gesehen haben, wesentlich auf Ueberlegungen a priori stützt, würde nun im praktischen Eisenbahnbetrieb der folgenden Betriebsmittelzusammenstellung gleichkommen:

Position	Betriebsmittel
1	Motorwagen für Strassenbahnen und Kleinbahnen
2	Motorwagen für Vollbahnen und Personenzugslokomotiven
3	Güterzugslokomotiven und Speziallokomotiven für Bergstrecken
4	Schnellzugslokomotiven und Schnellbahnmotorwagen

Für die Gruppen motorisch ausgerüsteter Fahrzeuge mit kleiner Triebachsen-Zugkraft wird der Vorgelegemotor in Betracht kommen und zwar bei gegebener Motordrehzahl mit einer grösseren Uebersetzung für die kleineren Geschwindigkeiten und einer kleineren Uebersetzung für die grösseren Geschwindigkeiten. Als grössere Uebersetzungen werden dabei in Betracht kommen $5:1$ bis $3:1$ und als kleinere Uebersetzungen $3:1$ bis $2:1$. Für Fahrzeuge mit grosser Triebachsen-Zugkraft werden die Bauarten des Achsmotors und des Gestellmotors zu berücksichtigen sein, und zwar der Gestellmotor mit oder ohne Räderübersetzung für das Zusammentreffen grosser Zugkräfte mit kleinen Geschwindigkeiten und der Achsmotor sowie der Gestellmotor ohne Räderübersetzung für das Zusammentreffen grosser Zugkräfte mit grossen Geschwindigkeiten. In systematischer Zusammenstellung ergibt dies die nebenstehende Tabelle I.

Eine provisorische zahlenmässige Feststellung dieser Systematik könnte als obere Grenzwert der kleinen und untern Grenzwert der grossen Geschwindigkeit den Betrag 45 km pro Stunde (entsprechend $12,5 \text{ m}$ pro Sekunde) und als obere Grenzwert der grossen Triebachsen-Zugkraft den genannten Wert von 2000 kg feststellen; als obere Grenze des kleinen und untere Grenze des grossen Motordrehmoments wäre dann etwa der Betrag 300 mkg brauchbar. Die zahlenmässige Zusammenstellung ergäbe dann:

Die auf Seite 293 zusammengestellte statistische Uebersicht soll uns anderseits durch Ueberlegungen, die also gewissermassen *a posteriori* gewonnen worden sind, hinsichtlich der Eignung der Bauarten ebenfalls eine Systematik nahelegen; es wird vor allem interessant sein zu konstatieren, ob diese neue Systematik sich mit der *a priori* aufgestellten deckt oder wesentlich von ihr abweicht. Wir ordnen die nachfolgenden statistischen Angaben über ausgeführte motorische Fahrzeugs-ausrüstungen hinsichtlich der Bauart und der Stromart und geben, soweit dies aus der Literatur möglich ist, alle für die vorliegende Beurteilung wichtigen Daten an. Die spezifischen Ziffern sind insbesondere die bereits erwähnte Konstante C , die das aktive Motorvolumen bezogen auf die Einheit des normalen Drehmoments bedeutet, sowie das in kg ausgedrückte Motorgewicht g pro Einheit desselben Drehmoments; für die Vorgelegemotoren ist es vielfach üblich, in diesem Gewichte das Gewicht der Zahnräder und Verschalung einzuschliessen, für welche Angabe wir das Symbol g' pro Einheit des normalen Drehmoments benutzen wollen. Der Unterschied von g und g' beträgt durchschnittlich etwa 10 %. Da, wo in der Literatur genaue Masse angegeben waren, konnte C genau berechnet werden; in einigen Fällen mussten jedoch an Stelle solcher Angaben die Dimensionen aus den Fahrzeugsbildern mehr oder weniger genau geschätzt werden.

Die aufmerksame Betrachtung dieser Tafel hinsichtlich der Schlüsse, die daraus über die Eignung der drei Bauarten für die verschiedenartigen, an Fahrzeugausrüstungen gestellten Anforderungen hervorgehen und hinsichtlich der Stellung dieser Schlüsse zu der bereits *a priori* aufgestellte Systematik lehrt folgendes:

Die Vorgelegemotoren sind vorzugsweise für kleinere normale Drehmomente am Motor und Zugkräfte an der Triebachse, die Achsmotoren und Gestellmotoren vorzugsweise für grössere Drehmomente am Motor und Zugkräfte an der Triebachse verwendet worden. Ausnahmsweise ist für einzelne Gleichstrom- und Einphasen-Vorgelegemotoren sogar ein sehr grosses Drehmoment zugelassen worden (Nr. 7, 9, 10, 20); da jedoch, wie aus den Bemerkungen hervorgeht, diese Anlagen eher einen didaktisch-aquisitorischen, als einen endgültigen Charakter haben, sollen sie für die weiteren Schlüsse nicht benutzt werden. Sieht man also von diesen Beispielen ab, so scheint das Maximum des bei Vorgelegemotoren vorkommenden Drehmoments bei 250 mkg und das Maximum der Zugkraft pro Triebachse bei etwa 1900 kg zu liegen. Da jedoch viele Beispiele sich

auf ältere Anlagen beziehen und eine Steigerung der Leistungsfähigkeit der Bauart noch zu erwarten sein wird, so dürfte bei weiterer Ausbreitung der elektrischen Traktion eine Steigerung dieser Grenzwerte auf 300 mkg am Motor und 2000 kg pro Triebachse sicher zu erwarten sein.

Bei den *Gestellmotoren* finden sich für den Fall der Stromart Drehstrom besonders hohe Motor-drehmomente verwendet; es röhrt dies davon her, dass für Drehstromfahrzeuge absichtlich die äusserste Reduktion in der Motorenanzahl zu erreichen gesucht wird; infolge der Verteilung dieser Drehmomente auf eine Anzahl Triebachsen, die wesentlich grösser als die Anzahl Motoren ist, werden dann die Zugkräfte für eine Triebachse wieder normal.

Hinsichtlich der Waggengeschwindigkeiten dürfte es als erwiesen gelten, dass für die Vorgelegemotoren grössere und kleinere Geschwindigkeiten vorkommen, während die Gestellmotoren mit Räderübersetzungen eher für kleinere und die Achsmotoren und Gestellmotoren ohne Räderübersetzungen vorzugsweise für grössere Geschwindigkeiten der Fahrzeuge benutzt werden. Den besonders grossen Geschwindigkeiten der Schnellbahn-Motorwagen stehen dann entsprechend ermässigte Zugkräfte gegenüber. Mit Rücksicht auf das Anwendungsgebiet verschiedener Fahrzeugs-

anordnungen und Fahrzeugtypen folgt aus der Statistik, dass der Vorgelegemotor für Kleinbahnen- und Vollbahnen-Motorwagen sowie für Personenzugslokomotiven ausschliessliche Verwendung findet, während der Gestellmotor mit oder ohne Räderübersetzung für Güterzugslokomotiven und der Gestellmotor ohne Räderübersetzung sowie der Achsmotor für Schnellzugslokomotiven und Schnellbahnenmotorwagen am Platze ist. Die ausnahmsweise Verwendung des Vorgelegemotors für eine Schnellbahnlokomotive ist bei verhältnismässig kleiner Zugkraft zu konstatieren. Aus der statistischen Tafel scheint somit ein Beleg aus der Praxis für die *a priori* dargelegte Systematik hervorzugehen. Um so auffälliger dürfte es demnach sein, dass, soviel uns bekannt ist, in der Literatur auf diesen einfachen Zusammenhang zwischen den Bauarten der Triebmotoren und Triebwerke und den an eine bestimmte Fahrzeugausrüstung gestellten Anforderungen bisher noch nicht hingewiesen worden ist.

Wir empfehlen somit die sehr einfache Systematik, alle motorisch ausgerüsteten Fahrzeuge in zwei Klassen einzuteilen, wie folgt:

Klasse I: Fahrzeuge mit kleiner Zugkraft pro Triebachse, gekennzeichnet durch Anwendung der Bauart des Vorgelegemotors.



Abb. 41. Wohnhaus Gellertstrasse 14. — Gartenfassade nach Süden.
Erbaut von La Roche, Stähelin & Cie., Architekten in Basel.

Daten über Vorgelegemotoren.

Nº	Bahnanlage	Konstrukteur	Fahrzeugtype	D	C	g	g'	ü	Za	v	Motor -spannung	Abb.	Literaturnachweis	Bemerkungen
Mit Gleichstrom														
1	Milano-Varese	General El. Co.	Motorwagen	200	300	13	14	2,5 : 1	900	48	600	—	Ecl. El. Bd. 29, S. 175	Derselbe Motortyp b. veränderter Spannung u. Uebersetzung
2	Central Lond.Ry.	General El. Co.	Lokomotive	215	275	11,5	12,5	3,3 : 1	1100	37	500	—	El. World Bd. 46, S. 860	
3	Subway N. Y.	Westinghouse	Motorwagen	230	300	11,5	13,5	3,3 : 1	1800	36	575	5	El. World Bd. 41, S. 531	
4	Freiburg-Murten	M.-F. Oerlikon	Motorwagen	270	260	10	11,5	4 : 1	1900	21	750	—	Génie civil Bd. 43 S. 129	
5	Köln-Bonn	Siemens	Motorwagen	130	350	19	—	3,1 : 1	850	40,5	1000	—	E. T. Z. 1906, S. 319	Motoren mit Wendepolen
6	Moselhütte	Siemens	Lokomotive	180	270	—	—	6,7 : 1	1900	22	1000	3, 4	El. K. B. 1907, S. 561	Motoren mit Wendepolen
7	WienerStadtbahnh	Krizik	Lokomotive	190	310	—	12,5	4,3 : 1	2800	25	750	6	El. K. B. 1906, S. 652	Versuchslokomotive mit 2 Motoren pro Triebachse
8	Paris-Orléans	General El. Co.	Lokomotive	450	200	8,0	8,5	2,2 : 1	1600	40	600	—	Rev. g. d.C.F. Bd. 23II, S. 691	Gleicher Motortyp bei anderer Uebersetzung
9	Baltimore-Ohio	General El. Co.	Lokom. von 1903	450	200	8,0	9,0	4,26 : 1	3300	17	625	—	El. World Bd. 42 S. 310	
10	Pennsylvania Rd.	Westinghouse	Lokom. Nr. 10001	—	—	—	—	—	3400	28	600	—	El. World Bd. 50, S. 117	Probelokomotive
Mit Drehstrom														
11	Burgdorf-Thun	Brown, Boveri & Co.	Motorwagen	72	—	21	—	3 : 1	450	36	750	—	Schw. Bauzg. Bd. 35, S. 47	Aeltester Normalbahnmotor für Drehstrom
12	Wollersdorf	Ganz & Cie.	Lokomotive	90	—	12	16	6 : 1	1000	20	3000	—	El. World Bd. 46, S. 860	Za und v gerechnet für 1100 mm Raddurchmesser
13	Canada	Ganz & Cie.	Motorwagen	115	—	15	—	3,3 : 1	900	36	1100	—	El. World Bd. 46, S. 860	Kombinationsmotor f. Gleichstrom. Za und v gerechnet für 840 mm Raddurchmesser
14	Berlin-Zossen	Siemens	Lokomotive	200	545	10,5	—	2,1 : 1	680	100	10000	7	E. T. Z. 1902 S. 688	Schnellbahnllokomotive
Mit Einphasenstrom														
15	Spindlersfelde	Union E. G.	Motorwagen	110	—	21	24	4 : 1	800	38	6000	—	Génie civil Bd. 45, S. 369	Vergl auch El. World Bd. 46, S. 860
16	Schwed. Staatsb.	Siemens	Lokomotive	135	—	18	—	5,2 : 1	1250	24	320	—	E. T. Z. 1906 S. 229	Vergl. auch Bericht Dahlander
17	Schwed. Staatsb.	A. E. G.	Motorwagen	140	—	19	—	4,2 : 1	1200	26	750	—	E. T. Z. 1906 S. 228	Vergl. auch Bericht Dahlander
18	Seebach-Wett'nen	Siemens	Lokomotive	200	430	13,5	15	3,7 : 1	1350	45	300	8	Schw. Bauz. Bd. 51, S. 253	künstlich vent. Motor
19	Midland Ry.	Westinghouse	Motorwagen	250	350	—	11,5	2,8 : 1	1250	33	300	—	Electrician Bd. 61, S. 363	idem
20	Preuss. Staatsb.	A. E. G.	Lokomotive	550	—	10	11	4,2 : 1	3350	28	850	—	E. T. Z. 1908 S. 427	idem

Daten über Achsmotoren.

Nº	Bahnanlage	Konstrukteur	Fahrzeugtype	D	C	g	g'	ü	Za	v	Motor -spannung	Abb.	Literaturnachweis	Bemerkungen
Mit Gleichstrom														
1	Central London Ry	General El. Co.	Lokomotive	740	250	7,3	1400	35	500	—	Electrician Bd. 46, S. 934			
2	N. Y. C. & H. R. R.	General El. Co.	Lokomotive Nr. 6000	1300	160	3,3	2300	64,5	600	11	Electrician Bd. 59, S. 995	Offene Motoren. Gewicht ohne Joch		
3	Pennsylvania Rd.	Westinghouse	Lokom. Nr. 10002	1400	—	—	3400	28	600	—	El. World Bd. 60, S. 117	Probelokomotive		
4	Baltimore & Ohio Rd.	General El. Co.	Lokomotive v. 1895	3150	150	—	4000	24	500	10	Engineering Bd. 60, S. 80	Offene Motoren, benutzt mit halber Spannung und halbem v		
Mit Drehstrom														
5	Berlin-Zossen	Siemens	Motorwagen	300	600	14,0	480	210	1150	—	E. T. Z. 1902 S. 688			
6	Berlin-Zossen	A. E. G.	Motorwagen	300	600	14 0	480	210	435	16	E. T. Z. 1901 S. 803	siehe auch Génie civil Bd. 42, S. 179		
7	Veltlinbahn	Ganz & Cie.	Motorwagen	600	—	6,3	1000	60	3000	15	El. World Bd. 46, S. 860			
8	Veltlinbahn	Ganz & Cie.	Lokom. von 1901	1260	550	3,9	1800	33	3000	15	El. K. B. 1904 S. 407			
Mit Einphasenstrom														
9	N. Y. N. Haven-Hartford	Westinghouse	Lokomotive	800	500	9,5	1000	68	220	17	El. K. B. 1908 S. 104			
10	Pennsylvania Rd.	Westinghouse	Lokom. No. 10003	1500	—	6,6	1600	83	275	17	El. K. B. 1908 S. 425	Probelokomotive		

Daten über Gestellmotoren.

Nº	Bahnanlage	Konstrukteur	Fahrzeugtype	D	C	g	g'	ü	Za	v	Motor -spannung	Abb.	Literaturnachweis	Bemerkungen
Mit Gleichstrom														
1	Seebach-Wett'nen	M.-F. Oerlikon	Lokom. v. 1904	280	230	10	11,5	3,1 : 1	850	40	500	20	Schw. Bauzg. Bd. 43, S. 83	Offene Motoren
Mit Drehstrom														
2	Port Madoc	Ganz & Cie.	Lokomotive	172	—	9,5	—	3 : 1	1000	50	600	—	El. World Bd. 46, S. 860	Za und v gerechnet für einen Rad-durchmesser von 1050 mm, sowie gleiche Zahl u. Triebachsen
3	Burgdorf-Thun	Brown, Boveri & Co.	Lokomotive	360	—	11	—	3,7 : 1	2200	18	750	—	Schw. Bauzg. Bd. 35, S. 56	ohne den Cascadenmotor
4	Veltlinbahn	Ganz & Cie.	Lokom. 1904	1900	350	4,3	4,3	1 : 1	1700	64	3000	21	El. World Bd. 46 S. 221 und 860	mit dem Cascadenmotor
			2900	420	4,3	4,3	1 : 1	2600	32	3000	21	nur mit 8-poligem Motor		
5	Veltlinbahn	Ganz & Cie.	Lokom. 1906	4800	300	3,0	3,0	1 : 1	2100	64	3000	—	El. K. B. 1907, S. 101	nur mit 12-poligem Motor
			6800	470	4,0	4,0	1 : 1	3000	25,5	3000	—	mit 20-poliger Cascade		
6	Simplonbahn	Brown, Boveri & Cie.	Lokom. 1906	1800	700	6,0	6,0	1 : 1	1500	68	3000	—	Z. d. V. d. J. Bd. 51, S. 382	8-polige Schaltung
			2700	500	4,0	4,0	1 : 1	2200	34	3000	—		16-polige Schaltung	
7	Simplonbahn	Brown, Boveri & Cie.	Lokomotive 1907	1500	—	—	—	1 : 1	1200	73	3000	—	Statistik des Roll-materials der Schweiz, Eisenb. 1908	6-polige Schaltung
			2400	—	—	—	1 : 1	1900	36	3000	—	8-polige Schaltung		
			3250	—	—	—	1 : 1	2600	26	3000	—	12-polige Schaltung		
Mit Einphasenstrom														
8	Seebach-Wett'nen	M.-F. Oerlikon	Lokomotive 1905	280	460	12,0	13,5	3,1 : 1	850	40	350	20	Schw. Bauzg. Bd. 51, S. 247	offene Motoren
9	Projekt 1908	M.-F. Oerlikon	Lokomotive	1150	310	—	7,9	2,6 : 1	2750	56	375	—	E. T. Z. 1908, S. 978	

Klasse 2: Fahrzeuge mit grosser Zugkraft pro Triebachse, gekennzeichnet durch Anwendung des Gestellmotors mit oder ohne Räderübersetzung bei kleiner Geschwindigkeit, durch Anwendung des Achsmotors oder des Gestellmotors ohne Räderübersetzung bei grosser Geschwindigkeit und des Achsmotors bei sehr grosser Geschwindigkeit des Fahrzeugs.

Die Entscheidung der Frage, ob *Lokomotive* ob *Motorwagen*, liegt nicht beim Konstrukteur des Fahrzeugs, sie ist Sache des grundlegenden Projekts einer Bahnanlage; mit dieser Entscheidung ist in der Regel die Festsetzung der Achsenzahl des Fahrzeugs verbunden.

Zusammenfassung.

An Hand einer planmässigen Darstellung der Entwicklung der Triebmotoren und Triebwerke elektrischer Eisenbahnfahrzeuge werden drei Hauptbauarten festgestellt, die Bauart mit Vorgelegemotor, die Bauart mit Achsmotor und die Bauart mit Gestellmotor. Auf Grund von Ueberlegungen a priori und einer Statistik ausgeführter Ausstattungen von Fahrzeugen wird gezeigt, dass es möglich ist, alle motorisch ausgerüsteten Fahrzeuge in zwei grosse Klassen einzuteilen, von denen die eine, welche die Fahrzeuge mit kleiner Zugkraft pro Triebachse umfasst, ausschliesslich durch die Anwendung der Bauart mit Vorgelegemotor und die andere, welche die Fahrzeuge mit grosser Zugkraft pro Triebachse umfasst, je nach der Fahrzeugs geschwindigkeit durch die Anwendung der Bauart mit Achsmotor oder durch die Anwendung der Bauart mit Gestellmotor in korrekter Weise gekennzeichnet sein sollen.

Transportable elektro-hydraulische Nietmaschine.

Ueberall da, wo es darauf ankommt, bei der Nietung scharfe Köpfe und voll ausgefüllte Nietlöcher zu erhalten, ist es unerlässlich, dass der Nietkopf nach der Pressung einem maximalen starren Enddruck ausgesetzt bleibe; und die Erfahrung lehrt, dass mit Nietvorrichtungen, die dieser Anforderung nicht entsprechen, eine vollkommene Nietarbeit nicht erzielt werden kann.

Die bis heute für transportable Nietmaschinen zur Pressung von Nietköpfen angewendeten Methoden lassen sich als rein hydraulische, pneumatische und rein elektrische Methoden unterscheiden; als vierte wurde in neuester Zeit von der Maschinenfabrik Oerlikon ein gemischtes, als „elektro-hydraulisch“ zu bezeichnendes System eingeführt, das bereits zum Patent angemeldet ist.

Die *rein hydraulische Nietung* hat infolge der Inkompressibilität der Druckflüssigkeit den Vorteil, dass der für eine bestimmte Nietenstärke notwendige maximale Enddruck starr und je nach der Steuerung der Maschine auch beliebig lange auf der gepressten Niete gelassen werden kann.

Die *pneumatische Methode* hat infolge der Elastizität der Pressluft den Nachteil, dass der Enddruck federnd auf der Niete lastet. Zusammenzunietende Bleche und Platten können, wenn sie nicht passend aufeinanderliegen und Zwischenräume frei lassen, die Nieten wieder strecken, obwohl man auch hier den Enddruck wie bei der rein hydraulischen Methode beliebig lange auf der Niete lassen kann.

Beide Methoden erfordern zudem neben den eigentlichen Nietmaschinen kostspielige Vorwerke und Anlagen, wie Kompressoren, Akkumulatoren und oft weitverzweigte Hochdruckleitungen.

Die *rein elektrische Nietmethode* endlich, wie solche bis jetzt bekannt war, bietet den Nachteil, dass der Enddruck nur vorübergehend auf der Niete lastet. Die Zeit, während der die in einer Schwungmasse angehäufte Energie zum Pressen der Nietköpfe vernichtet wird, genügt für vollkommene Nietung nicht, da die Nieten nicht so rasch erhalten; die grossen Vorteile dieser Methode beruhen in niedrigen Anschaffungskosten, da keine weiteren Hilfsanlagen

dafür erforderlich sind, und in der bequemen elektrischen Kraftverteilung, bzw. der leichten Transportfähigkeit der ganzen Anlage.

Der Gedanke, eine Nietmaschine zu bauen, die die Vorteile der rein hydraulischen mit denjenigen der rein elektrischen Methode in sich vereinigt, und die Nachteile der erwähnten Systeme vermeidet, hat zur Ausführung der im Nachstehenden beschriebenen *elektro-hydraulischen* Nietmaschine der Maschinenfabrik Oerlikon geführt. Die Bauweise der Maschine ist in den Abbildungen 1 bis 3 veranschaulicht. Der aus Stahlguss hergestellte *Ständer* des

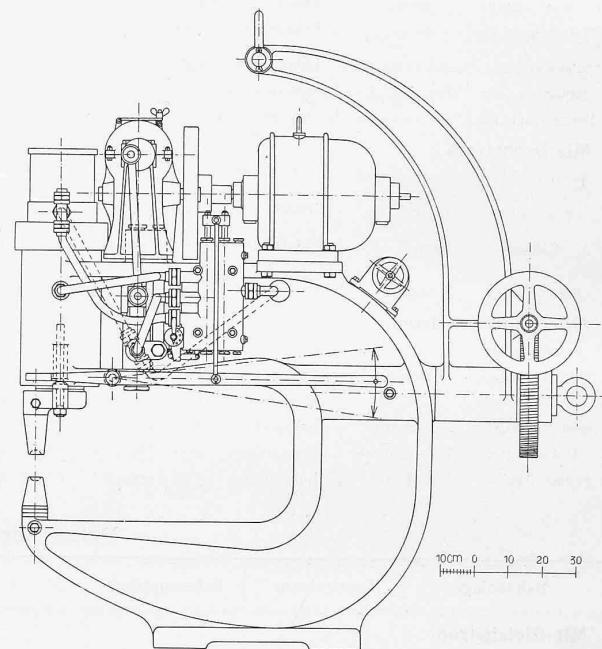


Abb. 1. Geometrische Ansicht der Nietmaschine. — 1 : 20.

vorgeführten Modells hat eine Maulweite von 750 mm und eine Maulhöhe von 400 mm. Sein unterer Arm trägt vorn das fixe Nietwerkzeug, wogegen der obere Arm als Pumpenkörper ausgebildet ist und vorn den in seinem Innern mit einer Gusshülse ausgekleideten Presszylinder trägt. Der *Presskolben* ist aus Stahl hergestellt und als Differentialkolben ausgebildet. Der effektive Durchmesser des Presskolbens beträgt 160 mm, derjenige des Differentialkolbens 140 mm. Oben und unten ist der Presskolben durch Ledermanchetten abgedichtet, gegen Drehung wird er durch eine Vertikalführung gesichert und unten ist er als Werkzeughalter ausgebildet. Letzterer Teil ist um 70 mm exzentrisch gegen die Mittellinie des Kolbens nach vorn versetzt, um zu ermöglichen, dass Nietköpfe möglichst nahe an den Schenkeln von Profileisen gepresst werden können.

Das über dem Zylinder befestigte *Reservoir* dient zur Aufnahme des als Druckflüssigkeit verwendeten 40 bis 45% wässerigen Glyzerins, dessen Gefrierpunkt bei -17° bzw. -25° C. liegt. Nach aussen ist das Reservoir mit einem luftdicht angepassten Schwimmer abgeschlossen, um das Arbeiten der Maschine in jeder beliebigen Stellung zu ermöglichen.

Die *Pumpe* ist eine Differentialkolbenpumpe, deren Pumpenkörper als ein Teil des Maschinenständers entsprechend mittelst Metallbüchsen ausgebucht ist. Sie macht 170 Hütte von 40 mm in der Minute und liefert minutlich 8,5 l Flüssigkeit. Der aus Stahl hergestellte Pumpenkolben ist durch ein Führungsstück, das sich zwischen zwei Gleitbacken bewegt, mit den beiden Kurbelstangen verbunden. Unten im Pumpenkörper ist auf der einen Seite das Saugventil, auf der andern das Druckventil eingebaut, beide durch entsprechenden Federdruck belastet.

Einer der wichtigsten Teile der Maschine ist die *Steuerung*. Diese ist als Kolbensteuerung ausgeführt und besteht aus dem Steuerkörper aus Phosphorbronze mit