

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 41/42 (1903)
Heft: 10

Artikel: Der Betrieb von Nebenlinien schweizerischer Normalbahnen mit Akkumulatorenlokomotiven
Autor: Spyri, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-24037>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

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

Die Freie Strasse in Basel.



Abb. 33. Geschäfts- und Wohnhaus Freie Strasse Nr. 71.
Erbaut von Architekt Fr. Walser in Basel.

Der Betrieb von Nebenlinien schweizerischer Normalbahnen mit Akkumulatorenlokomotiven.

Von H. Spyrri, Ingenieur in Oerlikon.

(Fortsetzung.)

Ich will nun darzulegen versuchen, in wieweit die Akkumulatoren-Lokomotive mit der Dampf-Lokomotive konkurrenzfähig und für welche äusserste Steigungs- und Geschwindigkeitsverhältnisse sie noch anwendbar ist.

Hierbei möchte ich vorausschicken, dass hier immer nur die eigentliche Akkumulatoren-Lokomotive in Frage kommen soll, und nicht wie für Bologna-San Felice ein Motorwagen. Die Adriatische Bahn ist heute selbst zu der Ueberzeugung gelangt, dass an Stelle der Motorwagen Akkumulatoren-Lokomotiven vorzuziehen seien und das Verhältnis noch mehr zu gunsten der elektrischen Traktion verschieben würden. Die Motorwagen haben nämlich eine viel kürzere Lebensdauer als die Lokomotiven und sind ausserdem für die Passagiere unangenehm, weil die schweren Wagen kaum so gut abgedefert werden können, dass sie nicht sehr hart stossen.

Bezeichnen wir mit:

Q das Zuggewicht in Tonnen ohne Akkumulatoren.

X das Akkumulatortengewicht in Tonnen.

f den Traktionskoeffizienten in kg pro Tonne auf ebener Strecke.

i die Steigung in ‰.

v die Zugsgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde,

so wird die Arbeit der Lokomotive dargestellt durch:

$$T = (Q + X) (f + i) v \text{ kgm} \quad (1)$$

Nennen wir ferner:

W die spezifische Batterieleistung in w pro kg Totalbatteriegewicht.

η den mechanischen Nutzeffekt der Lokomotive.

g die Beschleunigung durch die Schwere.

So können wir setzen:

$$T = (Q + X) (f + i) v = \frac{W\eta}{g} \cdot 1000 \cdot X \quad (2)$$

oder nach X aufgelöst:

$$X = \frac{Q (f + i) v}{\frac{W\eta \cdot 1000}{g} - v(f + i)} \quad \text{Tonnen} \quad (3)$$

Soll nun der Akkumulatorenbetrieb möglich sein, so muss

$$\frac{W\eta \cdot 1000}{g} > v (f + i) \text{ sein} \quad (4)$$

Sehen wir zunächst, welche Fahrgeschwindigkeit wir bei den auf unseren Normalbahnen vorkommenden Steigungen mit unseren Akkumulatoren-Lokomotiven erreichen können.

$$\text{Aus (4) haben wir } v = \frac{W\eta \cdot 1000}{g (f + i)} \quad (5)$$

Wir können $W = 11$ Watt setzen, eine Leistung welche für jede für Traktionszwecke speziell gebaute Akkumulatorenzelle erreicht wird. (Die Batterie System Pescetto der Bahn Bologna-San Felice gibt für W sogar $12,5 w$); f ist nach Versuchen auf den italienischen Bahnen und genauen Messungen auf der französischen Nordbahn für 30 bis 40 Kilometer Geschwindigkeit = $2 kg$ auf ebener Strecke.

Hiezu kommt noch der Widerstandszuschlag für die Kurven, welche sich nach Blondel & Dubois (La Traction électrique) nach der Formel $400 \frac{e}{R}$ berechnet, wo e die Spurweite in Meter und R den Kurvenradius in Meter bedeuten.

Für unsere Bahnen können wir $R = 250$ setzen und erhalten so als Widerstandszuschlag für die Kurven

$$\frac{400 \times 1,44}{250} = 2,3 kg \text{ oder rund } 5 kg \text{ pro Tonne total.}$$

η können wir für die allein in Frage kommenden Lokomotiven von mehr als 100 P. S. zu 0,85 ansetzen.

Lösen wir unter dieser Annahme die Gleichung (5) für den grössten auf unseren Bahnen vorkommenden Wert von $i = 30$ auf, so erhalten wir

$$v = \frac{0,85 \times 11 \times 1000}{9,81 (5 + 30)} = 27,2 \text{ Meter in der}$$

Sekunde oder 97,9 Kilometer in der Stunde.

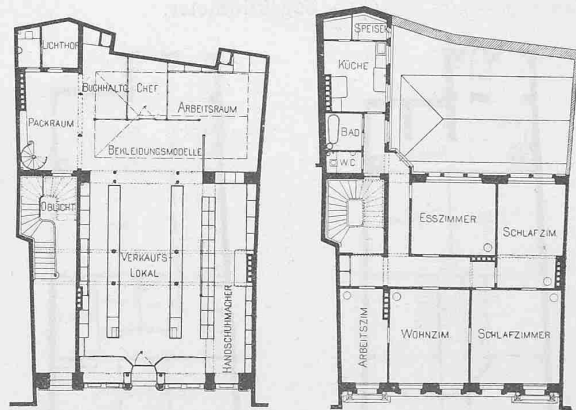


Abb. 34. Geschäfts- und Wohnhaus, Freie Strasse Nr. 71.
Grundrisse vom Erdgeschoss und II. Stock. — 1:400.

Dieser Geschwindigkeit entspricht aber für f der Wert von 9 anstatt von 5, somit erhalten wir in Wirklichkeit

$$v = \frac{0,85 \times 11 \times 1000}{9,81 (9 + 30)} = 24,4 \text{ Meter}$$

in der Sekunde oder 87,8 Kilometer in der Stunde. Mit anderen Worten, auf der grössten bei unsern Normalbahnen vorkommenden Steigung kann mit Akkumulatoren-Lokomotiven theoretisch noch mit der grössten Schnelligkeits-Geschwindigkeit gefahren werden. Praktisch würde das jedoch natürlich ganz enorme, unwirtschaftliche Batterien geben.

Andererseits aber wird auch keine heutige Dampflokomotive auf $i = 30$ mit einem normalen Personenzug, solche Geschwindigkeiten zu leisten haben; auf den für uns in Frage kommenden Nebenlinien wird nicht mehr als höchstens ein Viertel dieser Geschwindigkeit verlangt.

Setzen wir also diese Normalien ein, d. h.

$f = 5 \text{ kg}$; $i = 30 \text{ ‰}$; $v = 6,5 \text{ Meter pro Sekunde}$;
 $\eta = 0,85$; $W = 11$ und $Q = 200 \text{ Tonnen}$, so bekommen wir aus Formel (3) $X = 62 \text{ Tonnen}$ und aus Formel (1) $T = 59605 \text{ kgm}$ oder 792 P. S.

Das Gewicht elektrischer Lokomotiven, einschliesslich Motorenausrüstung, aber ohne Batterie können wir nach Blondel & Dubois zu $50 \text{ kg pro } 1 \text{ P. S. Leistung}$ annehmen. Unsere Akkumulatoren-Lokomotive würde somit $39 + 62 = 101 \text{ Tonnen}$ wiegen bei $790 \text{ P. S. Leistung}$ gegenüber $790 \times 100 \text{ kg} = 79 \text{ Tonnen}$ einer Dampflokomotive gleicher Stärke.

Es folgt hieraus, dass für schwere Züge und starke Steigungen die Akkumulatorenlokomotive zwar möglich ist, aber noch unökonomisch, weil allzuschwer im Verhältnis zur Nutzlast des Zuges.

Damit ist der Akkumulatorenlokomotive ohne weiteres ihr Platz auf Linien mit etwa 100 t schweren oder noch leichteren Zügen angewiesen, wo sie dann sehr wohl mit der Dampflokomotive konkurrieren kann. Wir haben dann im Maximum 31 t Batteriegewicht und nur 50 t Totalgewicht bei $385 \text{ P. S. Leistung}$, d. h. 129 kg für eine P. S. , während für Leistungen von nur $300-400 \text{ P. S.}$ die Dampflokomotive 130 bis 135 kg pro P. S. wiegt.

Das gefällige Entgegenkommen von Herrn F. Loeffler, Direktor der Tösstalbahn gestattet mir, die vorstehenden theoretischen Ausführungen über die Wirtschaftlichkeit der Akkumulatorenlokomotiven auf ein praktisches Beispiel für eine schweizerische Linie anzuwenden. Es handelt sich um die *Uerikon-Bauma-Bahn*, die zum Betriebe der T. T. B. gehört. Ich habe absichtlich dieses Beispiel gewählt, weil es hinsichtlich Steigungen und Kurven denkbar ungünstig ist und also für Akkumulatorenbetrieb einen äussersten und nicht etwa einen absichtlich günstig gewählten Fall darstellt.

Die mir von Direktor Loeffler zugestellten Daten über die Uerikon-Bauma-Bahn sind folgende:

Bei einer Betriebslänge von 26 km beträgt die Zugzahl täglich in jeder Richtung fünf. Daher minimal jährlich $2 \times 26 \times 5 \times 365 = 94900 \text{ Zugskilometer}$.

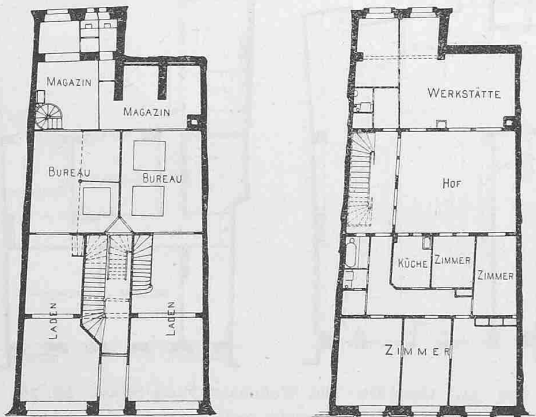


Abb. 36. Das Haus «Zum Elephant».

Grundrisse vom Erdgeschoss und vom II. Stock. — 1:400.

Von den rund 26 km liegen:

in der Horizontalen	2893 m
in 0—5 ‰ Steigung	5476 "
in 5—10 ‰	1779 "
in 10—15 ‰	853 "
in 15—20 ‰	2434 "
in 20—25 ‰	11092 "
in 25—30 ‰	733 "

Die Durchschnittsneigung für die ganze Bahn beträgt $14,85 \text{ ‰}$ und die Durchschnittsneigung für die Steigungstrecken $16,77 \text{ ‰}$.

In der Geraden liegen 12828 m , in Kurven 12432 m . Der Krümmungsradius der ganzen Bahn ist 468 m , jener

Die Freie Strasse in Basel.



Abb. 35. Das Haus «Zum Elephant».

Erbaut von *La Roche, Stähelin & Cie.*, Architekten.

der Kurvenstrecken 230 m und der kleinste vorkommende Krümmungshalbmesser 170 m .

Als Maximalgeschwindigkeit ist bergwärts 20 km bei 25 ‰ Steigung, auf den übrigen Strecken 35 km und bei der Talfahrt $35-40 \text{ km}$ angenommen.

Der Oberbau besteht aus Vignolschienen von 25 kg Gewicht für den laufenden Meter, und darf nur mit maximal 11 t pro Achse belastet werden.

Die Zugkomposition ist folgende:

Personenzüge an Werktagen 8 Achsen mit 43 t
 " an Sonntagen 10 " mit 50 t
 " an Sonntagen

im Sommer 16 " mit 85 t

Gemischte Stückgüterzüge 12 " mit 55 t

Fest- und Militärtransportzüge $36-45$ Achsen mit $170-240 \text{ t}$.

Da nur 733 m mit mehr als 25 ‰ Steigung vorkommen, so können wir diese in der Berechnung vernachlässigen und $v = 20 \text{ km pro Stunde}$, oder $= 5,6 \text{ m pro Sekunde}$ und $i = 25 \text{ ‰}$ als Maximalleistung einsetzen. Als Zugsgewicht müssen wir 85 t annehmen, damit auch an Sonntagen ohne Vorspann gefahren werden kann. Als Lokomotivgewicht ohne Batterie nehmen wir für die Berechnung 15 t an und bekommen nach Formel (3)

$$X = \frac{100 \times (5 + 25) 5,6}{11 \times 0,85 \times 1000} - (5 + 25) 5,6 = 21,5 \text{ t};$$

sagen wir rund 22 t und als ganzes Zugsgewicht $85 + 15 + 22 = 122 \text{ t}$. — Das gesamte Lokomotivgewicht ist 37 t ; wir werden daher unter Berücksichtigung des leichten Oberbaues Lokomotiven mit Bogiestellen zu vier Achsen wählen.

Nach Formel (1) erhalten wir die Lokomotivarbeit T :

- a) bei $v = 20 \text{ km}$ und $i = 25 \text{ ‰} = 273 \text{ P.S.}$
- b) bei $v = 36 \text{ km}$ und $i = 10 \text{ ‰} = 244 \text{ P.S.}$
- c) bei $v = 36 \text{ km}$ und $i = 5 \text{ ‰} = 162 \text{ P.S.}$
- d) bei $v = 36 \text{ km}$ und $i = 1 \text{ ‰} = 81 \text{ P.S.}$

Nehmen wir den Nutzeffekt der Motoren samt Getriebe bei:

a) zu 0,85, b) zu 0,83, c) zu 0,80 und d) zu 0,75 an, so erhalten wir die entsprechenden Wattleistungen der Batterie:

a) = 236 000 w, b) = 217 000 w, c) = 149 000 w und d) = 79 500 w.

Aus den aufgeführten Streckenlängen ergibt sich die Dauer jeder Leistung; die Gesamtleistung für jede Fahrt setzt sich zusammen aus der nötigen Energie für 1) das Anfahren, 2) das Bremsen, 3) die Beheizung, 4) die Beleuchtung und 5) die Fahrt.

Nach Erhebungen auf der Linie Bologna-San Felice braucht man für das Anfahren im Mittel 30 Sekunden und den 1,5 fachen Strom von dem zur Bewegung auf ebener Strecke nötigen. Da auf jeder Fahrt neunmal angefahren werden muss, so erhalten wir für

1) $30 \times 9 \times 120 \text{ kw} = 32\,500 \text{ kw}$ Sekunden
oder rund 9 kw/Std.

Die Luftpumpe für die Bremse benötigt 4 P. S. während stark gerechnet 15 Minuten für die Fahrt, das ergibt für

2) $\frac{4 \times 736}{0,8} \times 0,25 = 0,93 \text{ kw/Std.}$

Die Beheizung erfordert nach Erfahrungen auf andern elektrischen Bahnen etwa 175 Watt pro 1 m^3 Luftraum und wir können pro Fahrt im Mittel 0,5 Std. Heizdauer und einen zu behetzenden Raum von 150 m^3 annehmen. Hieraus ergibt sich für

3) $0,175 \times 150 \times 0,5 = \text{rund } 13 \text{ kw/Std.}$

Die Beleuchtung ist mit 30 Lampen zu 16 Kerzen sehr reichlich gerechnet und wir erhalten bei Sparlampen mit 2,5 Watt pro Kerze und im Mittel einer Stunde Brenndauer für jede Fahrt

4) $480 \times 0,0025 \times 1 = 1,2 \text{ kw/Std.}$

Somit hätten wir für eine Fahrt Bauma-Uerikon:

$9 + 0,93 + 13,00 + 1,20 \text{ kw/Std.}$

ohne die für die *eigentliche Fahrt* erforderliche Energie.

Diese berechnet sich wie folgt:

Wir haben auf 3800 m Länge die Energieleistung

a) oder 236 kw , auf 2893 m die Leistung d) oder $79,5 \text{ kw}$, auf allen übrigen Strecken Gefälle, also keinen Energieverbrauch. Die Leistung a) ist erforderlich während $\frac{3800}{5,6} = 680$ Sekunden oder 0,19 Stunden, wonach wir $236 \times 0,19 = 44,5 \text{ kw}$ Std. erhalten. Die Leistung d) ist

erforderlich während $\frac{2893}{10} = 290$ Sekunden oder 0,080 Stunden, entspricht somit $79,5 \times 0,080 = 6,36 \text{ kw/Std.}$

Die Fahrt Bauma-Uerikon erfordert also eine Gesamtleistung von $9 + 0,93 + 13 + 1,20 + 44,5 + 6,36 = 75 \text{ kw/Std.}$

Für die Fahrt Uerikon-Bauma erhalten wir für 5, bzw. für die eigentliche Fahrtleistung:

Energie a) $\frac{236 \times 10479}{5,6 \times 3600} = 122,59 \text{ kw/Std.}$

Energie b) $\frac{217 \times 2632}{10 \times 3600} = 15,84 \text{ kw/Std.}$

Energie c) $\frac{149 \times 5476}{10 \times 3600} = 22,65 \text{ kw/Std.}$

Energie d) $\frac{79,5 \times 2893}{10 \times 3600} = 6,36 \text{ kw/Std.}$

Uebertrag $167,44 \text{ kw/Std.}$

Die Freie Strasse in Basel.



Abb. 37. Das Haus «Zum Eichbaum.»

Erbaut von La Roche, Stähelin & Cie., Architekten in Basel.

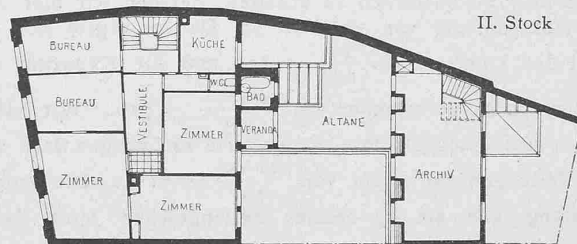
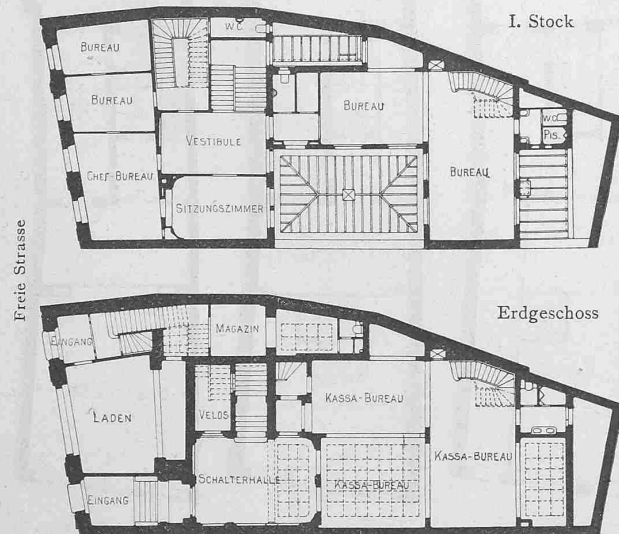


Abb. 38. Das Haus «Zum Eichbaum». — Architekten: La Roche, Stähelin & Cie. in Basel. — Grundrisse. — Masstab 1:400.

Die Freie Strasse in Basel.



Abb. 39. Das Haus «Zum Kardinal».

Erbaut 1893 von Rudolf Fechter, Architekt in Basel († 1902).

Uebertrag 167,44 kw/Std.

Hierzu die für 1—4 erforderliche Energie wie vorstehend mit $9 + 0,93 + 13 + 1,2 = 24,13$ kw/Std. ergibt erforderliche Gesamtenergie 191,57 kw/Std.

Eine komplette Hin- und Rückfahrt Bauma-Uerikon-Bauma erfordert somit im schlimmsten Falle, d. h. an Winterabenden und mit der Sonntagszugsbelastung von 85 t, zusammen $75 + 191,57 = 266,57$ oder rund 267 kw/Std., bei einer höchsten Beanspruchung der Batterie mit 236 kw.

Nun ist es oberster Grundsatz für eine gute Lebensdauer stark beanspruchter Batterien mit kurzer Entladezeit, dass

1. Die Batterien nie mehr als zu etwa $\frac{3}{4}$ ihrer Leistung entladen werden, ehe eine Wiederaufladung erfolgt.
2. Die Wiederaufladungen möglichst häufig seien.

Dadurch ist uns ohne weiteres die Bedingung auferlegt, mit einer Batterie nicht mehr als eine Hin- und Rückfahrt also rund 53 Zugskilometer zu machen. Wir werden also nach Grundsatz 1 eine Batterie wählen, die $\frac{267}{0,75} = 360$ kw/Std. rund leistet. Um am Controller keine unbequemen Stromstärken zu erhalten, nehmen wir hier eine Betriebsspannung von 500 Volt an. Daraus ergibt sich die Zahl der Elemente zu $\frac{500}{1,83} = 270$ und die Kapazität der Batterie in Ampèrestunden mit $\frac{360\ 000}{500} = 720$. Wir haben früher ausgerechnet, dass die Batterie 22 t wiegen darf, was ein Zellengewicht ergibt von $\frac{22\ 000}{270} = 81$ kg. Die grösste Leistung pro ein kg totales Zellengewicht wird daher $\frac{720}{81} =$ rund 9 Ampèrestunden. Es ist dies bei speziell

für Traktionszwecke gebauten Akkumulatoren mit grosser aktiver Plattenoberfläche durchaus kein übertriebenes Verlangen.

Die italienische Cruto-Gesellschaft in Turin, die Lieferantin der Bologna-San Felice Bahn baut Majert-Planté Akkumulatoren mit gewalzten Platten, die für Traktionszwecke bis 22 Lamellen oder Rippen pro cm erhalten können. Eine so weitgehende Oberflächenausbildung ist aber nicht einmal nötig; alle Akkumulatorenwerke, welche Plantétypen bauen, können sehr wohl Batterien liefern, welche die oben berechneten 9 Ampèrestunden pro 1 kg totales Zellengewicht oder die der ganzen Berechnung zu Grunde gelegten 11 Watt pro 1 kg Totalgewicht geben. Dabei ist immer noch eine befriedigende Lebensdauer möglich, wenn nur die Batterien fleissig aufgeladen und nie bis zur völligen Erschöpfung entladen werden.

(Schluss folgt.)

Die neue steinerne Addabrücke bei Morbegno, der Eisenbahnlinie Colico-Sondrio.

Von A. Acatos, Ingenieur.

Unter den neuen Brückenbauten ist die in Ausführung begriffene Eisenbahnbrücke über die Adda bei Morbegno durch die Kühnheit ihrer Anlage von hervorragendem Interesse. Folgende Angaben, wie auch die Darstellungen dieses Objektes sind einer von der „Società italiana per le Strade Ferrate Meridionali“ herausgegebenen Broschüre „Ponte in Muratura della Luce di metri 70 sul Fiume Adda presso Morbegno“ entnommen.

Der Anlass zur Erstellung der neuen Addabrücke ergab sich aus einer Verlegung der Eisenbahnlinie Colico-Sondrio auf das rechte Ufer der Adda an einer Stelle, wo die jetzige linksufrige Linie durch Ueberschwemmungen des Wildbaches Tartano wiederholten Verkehrsunterbrechungen unterworfen ist.

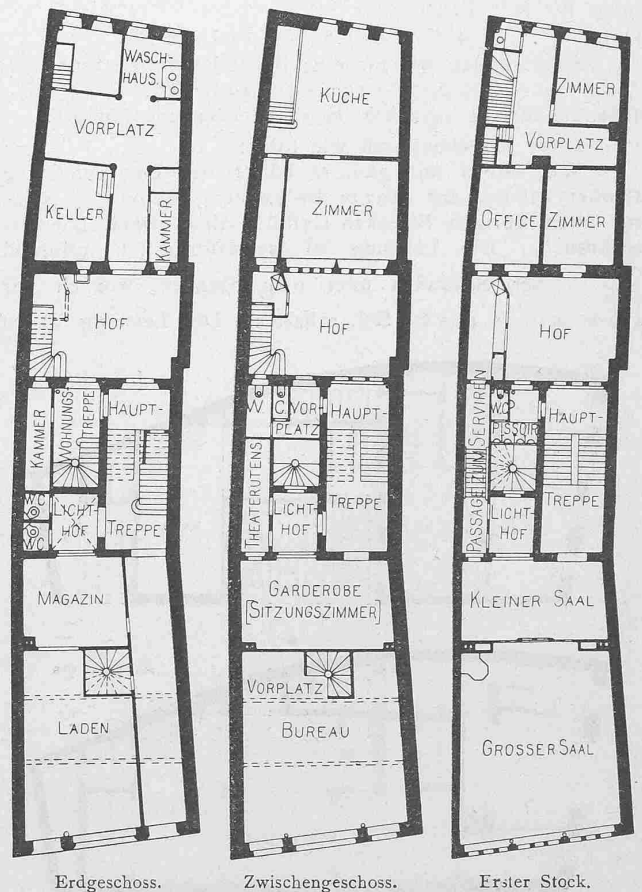


Abb. 41. «Zunft zu Hausgenossen». — Grundrisse. — 1:400.