

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 75/76 (1920)
Heft: 25

Artikel: Die zweckmässige Neigung der Eisenbahn
Autor: Petersen, Richard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-36568>

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: 20.01.2026

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

wesen wäre, so verständlich auch die Undurchführbarkeit dieser Absicht ist. Dieser Kirche mit ausgesprochen städtischer Haltung hätte eine derartige Einrahmung gewiss gut getan. Und damit kommen wir auf den Punkt, in dem die Ansichten unserer Baukünstler auseinander gehen:

Kirche selbst und ihre nähere Umgebung zur bewussten, einheitlich architektonischen Klarheit entwickelt.

Mit diesen paar Hinweisen wollen wir keineswegs an Mosers Werk Kritik üben; ihr Zweck ist vielmehr, zu eigenem Nachdenken über ein gelegentlich¹⁾ wiederkehren-

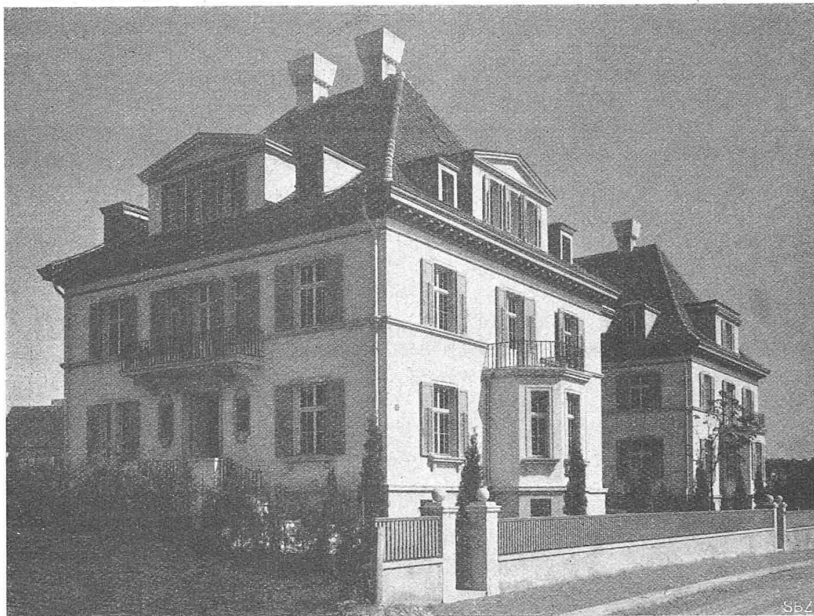
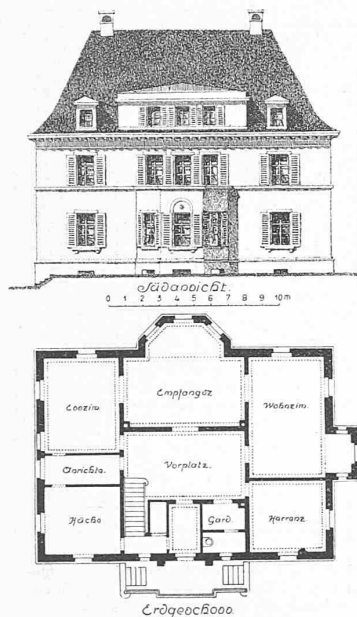


Abb. 11 bis 13. Grundriss mit Fassade, 1:400, und West-Ansicht zweier Wohnhäuser an der Kantstrasse. — Architekt Prof. Dr. K. Moser, Zürich.

Wäre für die Kirche Fluntern „am grünen Hang“ in der Zone der „offenen Bebauung“ nicht eher eine *malerische* Gruppierung, etwa in dem Sinne von Bluntschlis prächtiger Kuppel-Kirche in Enge¹⁾, das richtige gewesen? Das ist die sehr interessante akademische Frage hinsichtlich des vorliegenden Bauproblems, die im ersten Wettbewerb vom Preisgericht in dem Sinne der malerischen Auffassung entschieden worden war. Von befreundeter Seite wurden wir an Theodor Fischers „Erlöserkirche“ in Stuttgart als gutes Vergleichsbeispiel erinnert. Moser selbst huldigte im I. Wettbewerb (Abb. 1) noch entschieden dieser Auffassung, und auch seinem II. Entwurf (Abb. 2) haftet noch Malerisches an (man beachte z. B. die willkürlichen leichten Ueberhöhungen der einzelnen Hausfirsten¹⁾). Erst im Ausführungs-Entwurf hat er sich, wenigstens inbezug auf die

¹⁾ Dargestellt in Bd. XXV, S. 18 ff. (vom Januar 1895).

des architektonisches Problem anzuregen, das noch nicht eindeutig abgeklärt ist, das aber auch, in dem ständigen Wechsel der architektonischen Schönheitsbegriffe, wohl kaum je eindeutig gelöst werden wird. (Schluss folgt.)

Die zweckmässigste Neigung der Eisenbahn.

Von Prof. Richard Petersen, Danzig.

(Fortsetzung statt Schluss von Seite 272.)

Die Werte c sind in den Abbildungen 5 bis 14 für verschiedene Verhältnisse dargestellt. Die Zahlen der linken Höhentheilung geben den Masstab für c als Verhältniszahl. Diese Zahlen, als Meter gemessen, geben die virtuelle Höhe für $h = 1$ m. Als tm gemessen geben sie die Arbeit, die von der Lokomotive am Triebbradumfang zu leisten ist, um das Wagenzug-Gewicht $Q = 1$ t über die Rampe s ‰ auf die Höhe $h = 1$ m zu fördern. Rechts ist diese Arbeit in Wh abzumessen (1 tm = 2,72 Wh). So gelten z. B. Zusammenstellung 1 und Abb. 5 für

$$\begin{aligned} f &= 150 \text{ kg/t} \\ a &= L: L_a = 1,5 \\ w_1 &= 10 \text{ kg/t} \\ w_g &= 2 \text{ kg/t} \end{aligned}$$

Hier ist also der Lokomotiv-Widerstand an der oberen, der Wagenwiderstand an der untern Grenze angenommen.

Der durchschnittliche Zugwiderstand ergibt sich hierfür nach Gleichung (14) zu

$$w = \frac{200 + 8s}{92}$$

¹⁾ Mutatis mutandis z. B. gerade im jüngst eröffneten Wettbewerb für das Kirchgemeindehaus Enge (siehe S. 278 letzter Nummer).

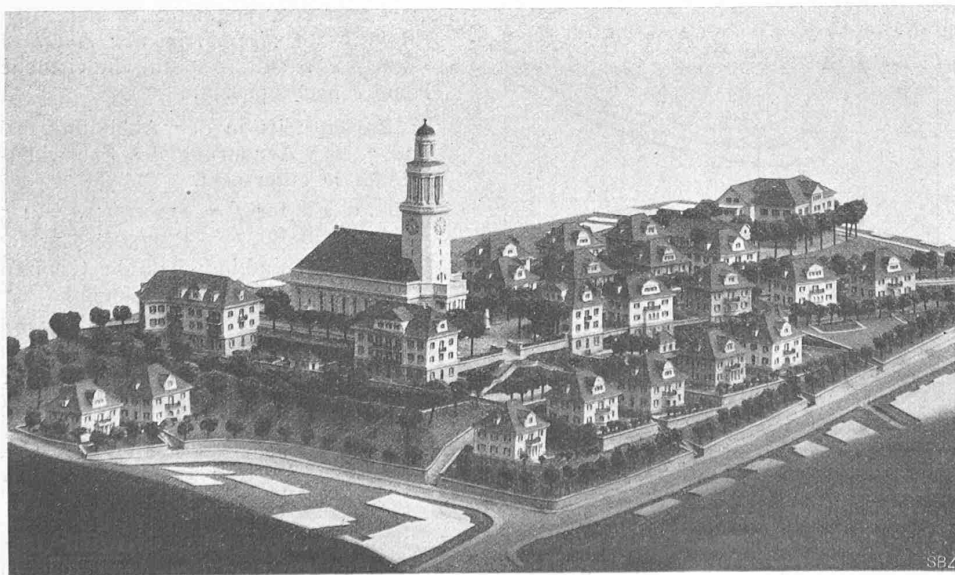


Abb. 3. West-Ansicht des Ausführungs-Modells (Turmspitze inzwischen geändert).

Ferner wird
$$m = \frac{100 - (10 - 2)}{100 - (s + 10)} = \frac{92}{90 - s} \quad (15)$$

$$n = \frac{s + w}{s}$$

Die nachfolgende Zusammenstellung 1 ist gültig für Dampflokomotiven mit Schlepptender mit:

$f = 150 \text{ kg/t}$ $a = \frac{L}{L_a} = 1,5$ $\frac{f}{a} = 100 \text{ kg/t}$
 $w_l = 10 \text{ kg/t}$ $w_g = 2 \text{ kg/t}$

s ‰	$\frac{Q}{L}$	w kg/t	c	
			tm	Wattstunden
0	45	2,17	∞	∞
5	12,1	2,61	1,644	4,47
10	6,67	3,04	1,499	4,08
15	4,41	3,48	1,510	4,11
20	3,18	3,91	1,570	4,28
25	2,41	4,35	1,660	4,52
30	1,87	4,78	1,777	4,82
40	1,19	5,65	2,097	5,70
50	0,77	6,52	2,598	7,06
60	0,48	7,39	3,445	9,40
70	0,28	8,26	5,14	13,85

In Abbildung 5 sind die Neigungen $s = 0$ bis 70 ‰ als Längen, die Werte c als Höhen aufgetragen. Die Werte $a = L : L_a = 1,5$ und $w_l = 10 \text{ kg/t}$ entsprechen beispielsweise einer 5/5 Lokomotive von 60 t mit einem Tender von 30 t Gewicht. Nach Abbildung 5 arbeitet diese Lokomotive am vorteilhaftesten bei $s = 10$ bis 15 ‰ mit $c = 1,50$ bis $1,49$ bis $1,51$. 1 t Wagengewicht erfordert demnach, um über eine Rampe $s = 10$ bis 15 ‰ auf 1 m Höhe gehoben zu werden, am Triebbradumfang dieser Lokomotive $1,49$ bis $1,51 \text{ tm}$ oder $4,05$ bis $4,10$ Wattstunden.

Sinkt s auf 5 ‰ oder steigt s auf 25 ‰, so steigt die Arbeit auf $1,66 \text{ tm} = 4,5$ Wattstunden. Bei $s = 25$ ‰ ist also die Arbeit nur um etwa 10 ‰ grösser als bei der günstigsten Neigung $s = 10$ bis 15 ‰. Ausserhalb dieser Grenzen $s = 5$ bis 25 ‰ steigt c bald beträchtlich an. Beispielsweise würde für $s = 55$ ‰ die Arbeit $= 3,0 \text{ tm} = 8,15$ Wattstunden, also rund doppelt so gross werden wie bei der günstigsten Neigung $s = 10$ bis 15 ‰. Die

Man darf demnach wohl annehmen, dass ausser der mechanischen Arbeit auch der wesentlichste Teil der übrigen Zugförderungskosten der Lokomotivleistung proportional gesetzt werden kann, das heisst: Er wird ebenfalls der spezifischen virtuellen Höhe c proportional. Demnach wird es bei der Lokomotive mit $a = 1,5$ für die Zugförderungs-

Kosten von A nach B innerhalb eines Spielraumes von max. 10 ‰ gleichgültig, mit welcher Neigung zwischen $s = 5$ ‰ und $s = 25$ ‰ die Bahn angelegt ist. Ob auf steilerer Rampe kürzere Züge, oder auf flacherer Rampe längere Züge gefahren werden, ändert die Zugförderungskosten b_3 (vergl. die Abbildungen 2 und 3 in letzter Nummer) für die gleiche Gesamtleistung höchstens um 10 ‰.

Da nun die Ausgaben b_2 und k nach Abbildung 2 und 3 mit steilerer Rampe kleiner werden, so darf man wohl auch ohne besondere Ertragsberechnung den Schluss ziehen, dass in diesem Falle eine Neigung $s = 25$ ‰ vorteilhafter wäre, als eine flachere, vorausgesetzt, dass hierfür die Leistungsfähigkeit genügt.

Dies gilt aber zunächst nur für die Lokomotive mit $a = 1,5$ und darf nicht ohne weiteres auf andere Lokomotiven übertragen werden. Wie weit man bei dieser Lokomotive noch über die Neigung $s = 25$ ‰ hinausgehen dürfte, müsste, wenn nötig, geprüft werden. Wenn auch die Kosten der mechanischen Arbeit vielleicht noch eine grössere Neigung zulassen, würde doch vermutlich die Rücksicht auf die Leistungsfähigkeit bald eine Grenze setzen.

Die Gestalt der c -Linie (Abb. 5) ist abhängig von den Werten f , a , w_l und w_g . Um allgemeinere Schlussfolgerungen zu ziehen, empfiehlt es sich, den Einfluss der Aenderung der einzelnen Werte f , a , w auf die spezifische virtuelle Höhe c nachzuprüfen.

Zunächst ist in den Abbildungen 6 und 7 eine Aenderung des Fahrwiderstandes w untersucht.

Abb. 6 gilt für $f = 150 \text{ kg/t}$; $a = 1,5$
 Abb. 7 gilt für $f = 150 \text{ kg/t}$; $a = 1,0$
 Die Werte w sind innerhalb der Grenzen $w = 2$ bis 6 kg/t verändert.

Dabei sind der Lokomotivwiderstand w_l und der Wagenwiderstand w_g gleich dem durchschnittlichen Zugwiderstand w angenommen.

Die Gleichung (12) geht dann über in

$$c = \frac{\frac{f}{a}}{\frac{f}{a} - (s + w)} \cdot \frac{s + w}{s} \quad (16)$$

In Abbildung 5 hatten wir den einen Grenzfall eines grossen Unterschiedes zwischen w_l und w_g dargestellt, in Abbildung 6 und 7 ist der andere Grenzfall behandelt,

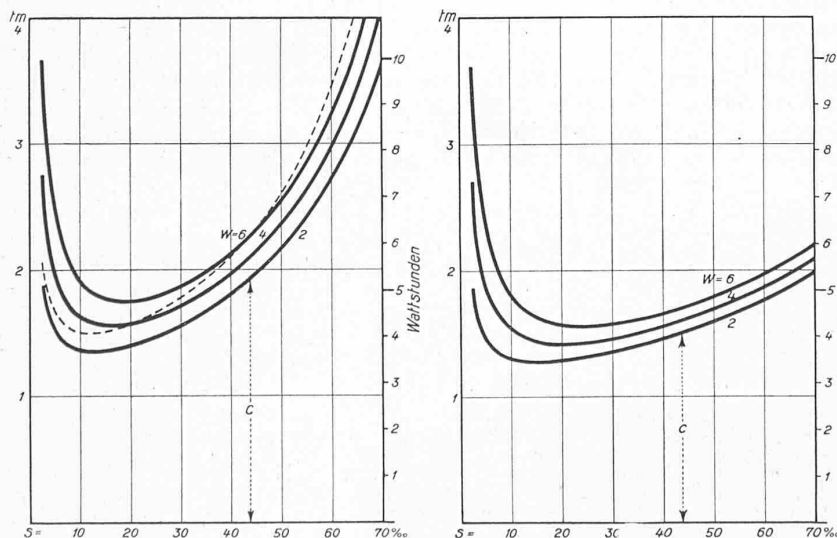


Abb. 6 und 7. Einfluss einer Aenderung des Fahrwiderstandes w auf den Wert c , gültig für $f = 150 \text{ kg/t}$, $a = 1,5$, $w = 2$ bis 6 kg/t .

Lokomotive mit $a = 1,5$ wäre nach Abbildung 5 hinsichtlich der aufzuwendenden Arbeit bei beliebiger Neigung bis etwa $s = 25$ ‰ vorteilhaft zu gebrauchen.

Die Gleichung (12) gilt nur unter der Voraussetzung, dass die Lokomotive auf jeder Neigung mit dem vollen Wagenzuggewicht Q belastet ist, das sie schleppen kann. Die Lokomotive arbeitet also dauernd mit voller Belastung.

dass der Unterschied zwischen w_i und w_g verschwindet. Die Wirklichkeit liegt zwischen diesen Grenzen.

Zum Vergleich ist in Abbildung 6 die c -Linie der Abbildung 5 punktiert eingezeichnet. Man sieht aus einem Vergleich mit Zusammenstellung 1, dass die c -Linie der Abbildung 5 an den Schnittstellen mit den c -Linien der Abbildung 6 für $w = 4$ und $w = 6$ den gleichen durchschnittlichen Widerstand w aufweist.

Für die folgenden Untersuchungen Abbildung 6 bis 10 ist deshalb nach der vereinfachten Formel (16) gerechnet worden. Die Unterschiede gegenüber den genaueren Werten aus verschiedenen grossem Lokomotiv- und Wagenwiderstand sind nicht so gross, dass sie die Schlussfolgerungen ändern. Man muss allerdings in jedem Fall den zutreffenden durchschnittlichen Zugwiderstand w einsetzen. Ob das w_i etwa grösser ist, fällt nach dem Bau der Gleichung (12) und nach dem Zahlenbeispiel der Gleichung (15) wenig ins Gewicht gegenüber der Ungenauigkeit des viel grösseren Wertes f .

Aus Abbildung 6 und 7 sieht man jedenfalls, dass eine Erhöhung des durchschnittlichen Zugwiderstandes w zwar eine Vergrösserung der spezifischen virtuellen Höhen bringt, dass aber die c -Linie im ganzen ziemlich ihre Gestalt behält und sich nur um ein gewisses Mass verschiebt. Im Bereich der günstigsten Neigung verlaufen diese c -Linien ziemlich flach, die Unterschiede der spezifischen virtuellen Höhen sind nicht so gross, dass man eine günstigste Neigung eng begrenzen könnte. Die günstigste Neigung erstreckt sich beispielsweise

in Abbildung 6 ($a = 1,5$)	
für	über den Bereich
$w = 6 \text{ kg/t}$	s rund 12,5 bis 30 ‰
4 kg/t	10 " 25
2 kg/t	7,5 " 22,5

in Abbildung 7 ($a = 1,0$)	
für	über den Bereich
$w = 6 \text{ kg/t}$	s rund 15 bis 35 ‰
4 kg/t	12,5 " 30
2 kg/t	10 " 25

Für $a = 1$, $w = 2$ (Abbildung 7) sinkt die spezifische virtuelle Höhe bei $s = 12,5$ bis 20 ‰ auf $c = \text{rund } 1,28$

Die Arbeit am Triebbradumfang der Lokomotive, um $Q = 1 \text{ t}$ über die Rampe $s = 12,5$ bis 20 ‰ auf $h = 1 \text{ m}$ zu befördern wird demnach

$$c = 1,28 \text{ tm oder } 3,50 \text{ Wattstunden.}$$

Ganz anders aber gestaltet sich das Bild der spezifischen virtuellen Höhen, wenn man die Werte $a = L : L_a$ verändert. Das zeigt schon der Unterschied zwischen Abbildung 6 und 7. Noch deutlicher wird es aus den Abbildungen 8 und 9.

Abbildung 8 gilt für $f = 150 \text{ kg/t}$ und einen hohen Fahrwiderstand $w = 5 \text{ kg/t}$.

Abbildung 9 gilt für $f = 150 \text{ kg/t}$ und einen niedrigen Fahrwiderstand $w = 2,5 \text{ kg/t}$.

In Abbildung 8 und 9 ist a verändert zwischen 1 und 3.

Diese beiden Darstellungen zeigen wiederum eindringlich die grosse Ueberlegenheit, die der elektrische Betrieb auch hinsichtlich der Zugförderungskosten aufweist.

Abbildung 8 zum Beispiel zeigt für den Zugwiderstand $w = 5 \text{ kg/t}$, dass eine Schnellzuglokomotive mit $a = 3$ am vorteilhaftesten auf den Neigungen $s = 7,5$ bis 15 ‰ arbeitet und hierbei günstigsten Falles 2,14 tm oder 5,86 Wattstunden erfordert, dass ausserhalb dieser Grenzen die virtuelle Höhe sehr schnell zunimmt und ungefähr bei $s = 30$ ‰ schon doppelt so gross wird.

Auch die Lokomotive mit $a = 2,0$ ist an einen verhältnismässig engen Bereich gebunden, sie arbeitet etwa bei $s = 10$ bis 20 ‰ am günstigsten, mit $c = 1,82 \text{ tm} = 4,95$ Wattstunden, leidlich noch bei $s = 25$ ‰, darüber hinaus steigt die virtuelle Höhe sehr rasch. Ganz anders dagegen ist das Bild der elektrischen Lokomotive

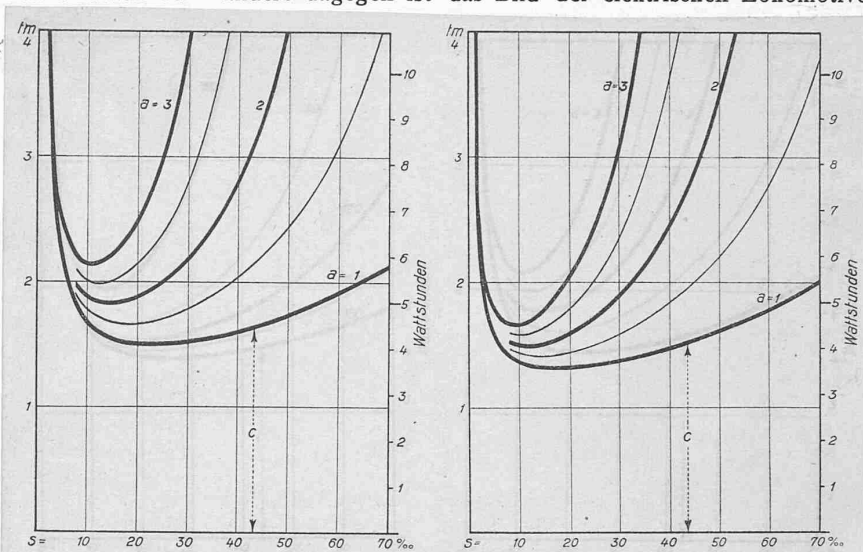


Abb. 8 und 9. Einfluss einer Aenderung des Wertes $a = L : L_a$ auf den Wert c , gültig für $f = 150 \text{ kg/t}$, $w = 5 \text{ kg/t}$, $a = 1$ bis 3. $f = 150 \text{ kg/t}$, $w = 2,5 \text{ kg/t}$, $a = 1$ bis 3.

mit $a = 1$. Zunächst ist die spezifische virtuelle Höhe im ganzen erheblich niedriger, sodann erstreckt sich ihr flacher Verlauf über einen viel grösseren Neigungsbereich. Zwischen $s = 15$ bis 30 ‰ arbeitet diese Lokomotive am günstigsten. Jedoch überschreitet sie erst bei $s = 55$ ‰ den Wert, auf den die Dampflokomotive mit $a = 2$ nur bei der günstigsten Neigung herabkommt. Sogar auf der Neigung $s = 70$ ‰ ist die virtuelle Höhe der elektrischen Lokomotive mit $a = 1$ nicht grösser als die der Dampflokomotive mit $a = 2$ bei $s = 30$ ‰. Die am Triebbradumfang aufzuwendende Arbeit, um $Q = 1 \text{ t}$ über die Rampe s um $h = 1 \text{ m}$ zu heben, schwankt bei der elektrischen Lokomotive mit $a = 1$ zwischen 4,08 Wattstunden bei $s = 20$ bis 25 ‰ und 5,83 Wattstunden bei $s = 70$ ‰.

In Abbildung 9, bei dem Zugwiderstand $w = 2,5 \text{ kg/t}$ verschiebt sich das ganze Linienbündel nach unten, die virtuellen Höhen der Lokomotive mit $a = 1$ werden noch etwas günstiger namentlich für die flacheren Neigungen $s = 10$ bis 30 ‰. Hierbei sinkt die spezifische virtuelle Höhe c auf 1,32 entsprechend 3,60 Wattstunden.

(Schluss folgt.)

Fortschritte im Bau von Wärm- und Glühöfen.

Von Ing. Fr. Schmid, Bern.

(Schluss von Seite 275.)

II. Die Glühöfen.

Zur Erlangung weichen, für die Weiterverarbeitung in kaltem Zustande geeigneten Materials wird dieses einem oder mehreren Glühprozessen unterworfen, wodurch die im Glühgut vorhandenen Spannungen aufgehoben werden und dementsprechend die Elastizität eine Verminderung erfährt. Der Verlauf der meisten Glühprozesse zeigt ein langsames Anwärmen des Glühgutes bis zu einer als vorteilhaft ermittelten Glühtemperatur, in der die zu glühenden Gegenstände etwa eine Stunde gehalten werden und dann ebenfalls langsam abkühlen. Beim Glühen in offenen Öfen entsteht ein beträchtlicher Abbrand dadurch, dass sich an der Oberfläche infolge des Sauerstoffgehaltes der Flammengase eine mehr oder weniger starke Oxydschicht bildet; da diese nicht nur einen Verlust an Material bedeutet, sondern die Weiterverarbeitung der geglühten Gegenstände erschwert, muss sie durch Beizen in verdünnter Schwefel- oder Salzsäure, oder Abschrecken des Materials entfernt werden. Um bereits beim Glühen die Bildung einer Oxyd-