

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 25/26 (1895)
Heft: 1

Artikel: Einfluss schräger Lasten auf einen bogenförmigen Dachbinder
Autor: Lautmann, Hermann
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-19280>

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: 01.08.2025

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

INHALT: Einfluss schräger Lasten auf einen bogenförmigen Dachbinder. — Die Zürcher Bahnhoffrage. — Die elektrischen Strassenbahnen und ihre Bedeutung für den Verkehr der Städte. — Miscellanea: Umbau des Bahnhofes Zürich. Jungfraubahn. Lorrainebrücke in Bern. Ein Verein deutscher Strassenbahnverwaltungen. Eidgenössische Postbauten.

Für die Ausführung eines Verwaltungsgebüdes der Licht- und Wasserwerke zu Bern. Schweiz. Nordostbahn. — Konkurrenzen: Stadthalle in Elberfeld. — Nekrologie: † John Newton. — Berichtigung. — Vereinsnachrichten: Programm für die XXXVI. Jahresversammlung des Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Vereins. Stellenvermittlung.

Einfluss schräger Lasten auf einen bogenförmigen Dachbinder.

Von Ingenieur Hermann Lautmann in Budapest.

In der modernen Architektur des Eisen-Hochbaues wird mit Vorliebe der in Fig. 4 abgebildete Dachbinder angewandt.

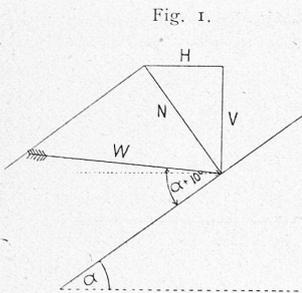
Eine Ermittlung der inneren Spannungen bietet dem Statiker keine Schwierigkeiten mehr, wenn es sich um den Einfluss vertikaler Lasten handelt, da die allgemeinen Regeln zur genauen statischen Berechnung des Zweigelenkbogens in den bezüglichen Lehrbüchern angegeben sind.

Anders ist es, wenn auch die schrägen Lasten mitberücksichtigt werden sollen.

Wohl giebt es auch hiefür bereits feststehende Regeln, die in den verschiedenen Zeitschriften zerstreut sich vorfinden, doch sind dieselben für den Praktiker weniger geeignet, da sie tieferes theoretisches Wissen voraussetzen und demzufolge nicht leicht fasslich, aber auch andererseits zeitraubend sind.

Es sei mir gestattet, mit Benützung der Lehrsätze in Müller-Breslau's Graph. Statik Bd. II und Professor Keck's Elasticitätslehre das folgende Verfahren anzugeben: die in einem Zweigelenkbogen erzeugten inneren Spannungen infolge horizontal wirkender äusserer Kräfte durch Zeichnung eines Kräfteplanes übersichtlich bestimmen zu können. Damit denke ich manchem Kollegen im Eisenkonstruktionsfache willkommen zu sein.

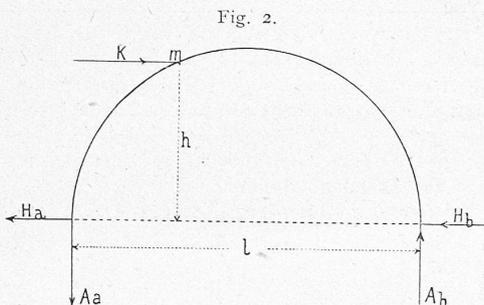
Der Winddruck übt in schräger Richtung (10° gegen die Horizontale geneigt) seine Wirkung auf den Träger aus.



Zerlegt man (Fig. 1) den auf den Träger senkrecht wirkenden Druck N in eine Horizontal- und in eine Vertikal-Komponente, so lässt sich der Horizontalschub für die vertikale Komponente V wie für jede andere vertikale Last berechnen.

Es fragt sich, wie kann man den Einfluss einer wagrecht wirkenden Kraft bestimmen?

Wirkt (Fig. 2) im Knotenpunkt m eine wagrechte Kraft K in der Entfernung b von der Verbindungslinie der Kämpfer, so erhält man aus den Momentgleichungen bezüglich der



Gelenke die senkrechten Auflagerdrücke, die ein Kräftepaar bilden, und zwar

$$A_a = \frac{K \cdot h}{l} = -A_b,$$

wobei l die Spannweite bedeutet.

Die durch die Kraft K erzeugten Horizontalschübe müssen mit dieser im Gleichgewichte stehen; daraus folgt:

ist H_a , der eine Horizontalschub, bekannt, so hört die statische Unbestimmtheit auf und man erhält

$$H_b = K - H_a \quad \dots \quad (I)$$

Nennt man S_0 diejenige Spannkraft in einem Stabe s_m des bogenförmigen Binders, welche dem Zustande $H = 0$ entspricht, S^1 dagegen diejenige Spannkraft, welche eintreten würde, wenn eine Horizontaltzugkraft Eins wirken würde, so lässt sich die wahre Spannkraft in dem Stabe s_m auch schreiben

$$S = S_0 - HS^1 \quad \dots \quad (II)$$

Die Kraft K , bzw. $H = \text{Eins}$, erzeugt in s_m eine Verschiebung des Angriffspunktes im Sinne der Last; die Grösse dieser Verschiebung v ist nach dem von Castiglano bewiesenen Satze der abgeleiteten Deformationsarbeit

$$v = \frac{dL}{dH} \quad \dots \quad (III)$$

d. h. die Verschiebungsgrösse v ist gleich der nach H gebildeten teilweisen Differentiation der Formänderungsarbeit L des Trägers.

Anschliessend an Prof. Keck's Lehrbuch S. 246 u. ff. ist ferner die Arbeit L_m , die eine Kraft S verursacht, wenn sich der Stab s_m um Δs verschiebt

$$L_m = \frac{1}{2} S \cdot \Delta s.$$

Für Δs kann man auch $\Delta s = \frac{S \Delta s}{EF}$ schreiben, demnach

$$L_m = \frac{1}{2} \frac{S^2}{EF} s.$$

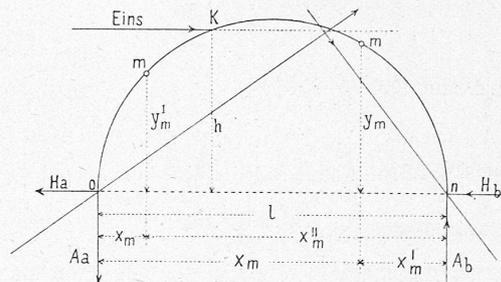
Summiert man die Arbeiten sämtlicher Stäbe, so wird die gesamte Arbeit des Binders

$$L = \Sigma \frac{S^2 s}{2 EF}.$$

Differenziert man die Formänderungsarbeit nach H , so wird aus Gleichung III

$$v = \frac{\Sigma S s}{EF} \cdot \frac{dS}{dH}$$

Fig. 3.



Differenziert man Gleichung II nach H , so wird

$$\frac{dS}{dH} = -S^1 \text{ und somit } v = \frac{\Sigma S s}{EF} (-S^1) = -S^1 \frac{\Sigma (S_0 - HS^1) s}{EF} = v = -\frac{\Sigma S_0 S^1 s}{EF} + \frac{\Sigma HS^1{}^2 s}{EF}.$$

Nimmt man an, dass die Kämpfer fest sind, so wird

$$v = 0$$

und
$$H = \frac{\Sigma S_0 S^1 s}{\Sigma S^1{}^2 s} \quad \dots \quad (IV)$$

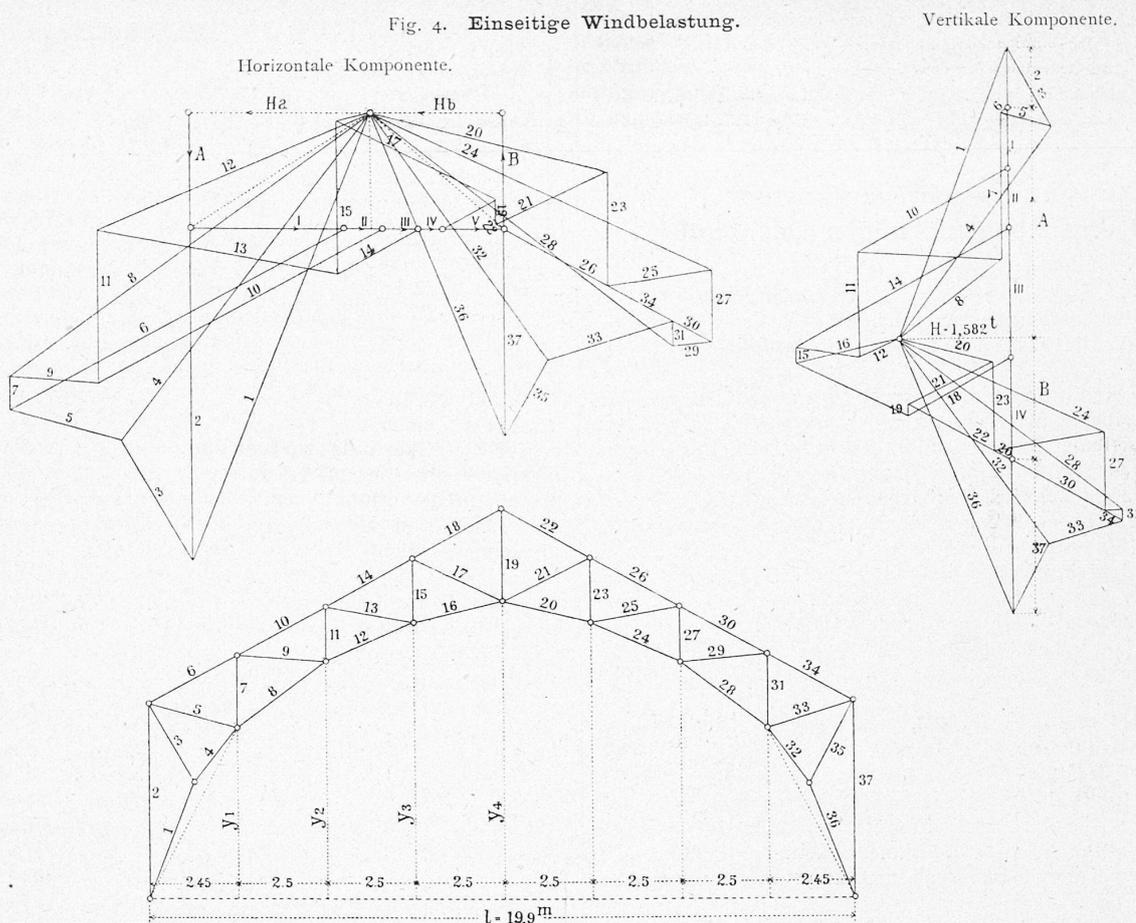
die bekannte Formel für den Horizontalschub.

Die Gleichung II lässt sich nach Müller-Breslau auch in der Form

$$S_m = + \frac{M_m^I}{r_m} - H \frac{y_m}{r_m}$$

schreiben. — Vergleicht man diese Formel mit Gl. II, so erkennt man, dass für $H = 0$

Fig. 4. Einseitige Windbelastung.



Masstab: Für die Kräfte 1 cm = 1000 kg. Für die Längen 1 : 200.

$$S_m = S_o = \frac{M_x^1}{r_m} \text{ und ferner}$$

$$S^1 = \frac{y_m}{r_m} \text{ ist.}$$

Setzt man diese Werte in Gleichung IV ein, so folgt

$$H = \frac{\sum \frac{M_x^1}{r_m} \cdot \frac{y_m \cdot s}{r_m}}{\sum \frac{y_m^2 \cdot s}{r_m^2}}$$

Wird nun für $\frac{y_m \cdot s}{r_m} = w_m$

und für $\frac{y_m^2 \cdot s}{r_m^2} = y_m \cdot w_m = \tilde{\lambda}_m$

geschrieben, so erhält man schliesslich für den Horizontalschub

$$H = \frac{\sum M_x^1 \cdot w_m}{\sum \tilde{\lambda}_m} \quad (V)$$

Aus Fig. 3 Seite 1 ergibt sich das einfache Moment M_x^1 wie folgt:
für eine Kraft Eins sind die lotrechten Auflagerdrücke = $\frac{1 \cdot h}{l}$ und das Moment für einen Bogenpunkt rechts von k

$$M_r = \frac{h}{l} x_m' - 1 \cdot y_m';$$

für einen Bogenpunkt links von k

$$M_l = \frac{h}{l} x_m'' - 1 \cdot (b - y_m') - 1 \cdot y_m' = \frac{h}{l} x_m'' - b.$$

Nach Gleichung V müssen sämtliche Momente summiert werden, demnach

$$H = \frac{\frac{h}{l} \sum_n x_m' w_m - \sum_n y_m w_m}{\sum \tilde{\lambda}_m} + \frac{\frac{h}{l} \sum_o x_m'' w_m - b \sum_o w_m}{\sum \tilde{\lambda}_m}$$

Nun ist aber $\sum_n y_m w_m = \sum_n \tilde{\lambda}_m$ und schliesslich

$$H_b = \frac{\frac{h}{l} \sum_o x_m' w_m - \sum_n \tilde{\lambda}_m - b \sum_o w_m}{\sum \tilde{\lambda}_m} \quad (VI)$$

Um H_a zu bekommen, müsste man die Knotenpunkte in umgekehrter Reihenfolge zählen, somit

$$H_a = \frac{\frac{h}{l} \sum_o x_m w_m - \sum_o \tilde{\lambda}_m - b \sum_n w_m}{\sum \tilde{\lambda}_m} \quad (VI^a)$$

stets muss aber

$$\sum P = H_a + H_b \text{ sein.}$$

Tabelle I.

m	b_m	y_u^m	y_o^m	w_m	$\tilde{\lambda}_m$
1	2,16	5,083	7,243	9,409	58,678
2	1,618	7,069	8,687	19,410	151,829
3	1,885	8,245	10,130	16,006	152,449
4	2,732	8,841	11,573	9,00	80,450

Die Gleichungen VI und VI^a belehren, wie man mittelst der elastischen Grössen w_m und $\tilde{\lambda}_m$, die man zur Bestimmung des Horizontalschubes für die vertikalen Lasten bereits gerechnet hat, den Horizontalschub für schräge Lasten rasch ermitteln kann.

Das anschliessende ausgerechnete Exempel möge das Verfahren dem Leser noch näher bringen.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Werte

y_o = Ordinate des obern Knotenpunktes

y_u = " " untern " "

$b = y_o - y_u$

und schliesslich die elastischen Gewichte w_m und $\tilde{\lambda}_m$ für den in Fig. 4 gezeichneten Zweigelenkbogen übersichtlich zusammengestellt.

Der auf den Binder senkrecht wirkende Winddruck N sei = $120 \sin^2(\alpha + 10^\circ) = 49,5 \text{ kg/m}^2$. Da die Neigung des Daches gegen die Horizontale 30° beträgt, so ist die Vertikal-Komponente $V = N \cos 30^\circ = 43 \text{ kg/m}^2$ und die Horizontal-Komponente $H = N \sin 30^\circ = 25 \text{ kg/m}^2$

Wie in der Einleitung bemerkt, wurden die Einflüsse der Horizontal-Komponente beziehungsweise der Vertikal-Komponente getrennt von einander ermittelt. Die betreffenden Kräftepläne bedürfen keiner weiteren Erklärung, nur der Erwähnung, dass sich aus den Binderentfernungen die Knotenlasten ergaben und zwar:

Knotenlast	o = 0
"	I = II = 900 kg
"	III = 1930 "
"	IV = 1510 "

und der Horizontalschub $H_r^o = 1,582 t$.

Für den Einfluss der Horizontal-Komponente des Wind-drucks ergaben sich die Knotenlasten:

Knotenlast	o = 2190 kg
"	I = II = 530 "
"	III = 320 "
"	IV = 875 "
	$\Sigma P = 4445 kg$

Die Auflagerdrücke $A_r = - B_r = 1,73 t$.

In der nachfolgenden Tabelle II sind die Grössen zur Bestimmung des Horizontalschubes zusammengestellt.

Tabelle II.

m	b	$\frac{h}{l}$	x_m'	w_m	$x_m' w_m$	\tilde{w}_m	$\Sigma_o^k \tilde{w}_m$	$\Sigma_k^n w_m$
0	5,8	0,790	0	0	0	0	0	98,6
1	7,243	0,32	2,45	9,4	23,03	58,7	58,7	89,2
2	8,687	0,44	4,95	19,4	96,03	151,8	210,5	69,8
3	10,130	0,506	7,45	16,0	119,20	152,5	363,0	53,8
4	11,573	0,579	9,95	9,0	89,55	80,5	443,5	44,8
5	10,130	0,506	12,45	16,0	199,20	152,5	596,0	28,8
6	8,687	0,434	14,95	19,4	290,03	151,8	747,8	9,4
7	7,243	0,362	17,45	9,4	164,03	58,7	806,5	0
8	5,8	0,290	19,90	0	0	0	806,5	0

$\Sigma_o^n x_m' w_m = 981,07$. $\Sigma_o^n \tilde{w}_m = 806,5$. $\Sigma_o^n w_m = 98,6$.

Für die Last Eins erhält man folgende, aus der Tabelle II sich ergebende Horizontalschübe:

$H_0 = \frac{1}{806,5} (0,29 \cdot 981 - 5,8 \cdot 98,6) = - 0,35 t$
 $H_1 = \frac{1}{806,5} (0,362 \cdot 981 - 58,7 - 7,243 \cdot 89,2) = - 0,43 t$
 $H_2 = \frac{1}{806,5} (0,434 \cdot 981 - 210,5 - 8,687 \cdot 69,8) = - 0,48 t$
 $H_3 = \frac{1}{806,5} (0,506 \cdot 981 - 363,0 - 10,130 \cdot 53,8) = - 0,51 t$
 $H_4 = \frac{1}{806,5} (0,579 \cdot 981 - 443,5 - 11,573 \cdot 44,8) = - 0,49 t$

Somit für die angegebenen Knotenlasten

$H_0^k = - 0,35 \cdot 2190 = - 767 kg$
 $H_1^k = - 0,43 \cdot 530 = - 228 "$
 $H_2^k = - 0,48 \cdot 320 = - 254 "$
 $H_3^k = - 0,51 \cdot 1510 = - 770 "$
 $H_4^k = - 0,49 \cdot 875 = - 429 "$

$\Sigma H_m^k = - 1841 kg = H_b$

$\Sigma P = 4445 kg$,

somit

$H_a = 4445 - 1841 = 2604 kg$.

Die Auflagerreaktionen $A_a = - A_b$ ergeben sich aus:

$A_a = \frac{1}{19,9} \{ 2 \cdot 19 \cdot 5,8 + 0,53 (7,234 + 8,687) + 0,32 \cdot 10,13 + 0,875 \cdot 11,537 \} = 1,73 = - A_b$.

Nun sind die Elemente, um den Cremona'schen Kräfteplan zu beginnen, bestimmt. In unserer Fig. 4 wurden zuerst die äusseren Kräfte der Reihe nach in der Richtung ihrer Wirkung aufgetragen, ihre Summe dann durch die vertikale Reaktion im Verhältnisse von $H_a : H_b$ geteilt und, wie aus der Figur ersichtlich, von Knotenpunkt zu Knotenpunkt schreitend, die Zerlegung der Kräfte vorgenommen.

Die Zürcher Bahnhoffrage.

Langsamer als in anderen Schweizerstädten, deren Bahnhöfe bereits umgebaut oder im Umbau begriffen sind, reift in Zürich die Frage der Neugestaltung des Hauptbahnhofes ihrer Erledigung entgegen. Nicht dass das Bedürfnis zur Abhülfe hier weniger lebhaft empfunden würde; es haben sich im Gegenteil durch die räumliche Unzulänglichkeit und die jetzt bestehende, höchst unglückliche Disposition im Bahnhofe Zustände herausgebildet, deren Unhaltbarkeit sich auch dem Laien aufdrängt, und die Verwaltungsbehörden der Nordostbahn sind seit Jahren mit der Lösung dieser Frage beschäftigt, die für die Gesellschaft ihrer finanziellen und betriebstechnischen Seite wegen von der allergrössten Bedeutung ist. Wenn man trotzdem bisher zögerte, einen entscheidenden Schritt zu thun, so muss das auf die Erkenntnis zurückgeführt werden, dass mit halben Massregeln hier nicht auszukommen sei, dass aber eine gründliche Ordnung der Verhältnisse Ausgaben nötig macht, welche man als mit der bisherigen Lage des Bahnunternehmens nicht vereinbar halten mochte. Unter diesem Eindrucke ist leider nach einander die Einführung der neuen Linien vom linken und vom rechten Seeufer erfolgt, ohne dass der Anlass ergriffen worden wäre, diese Hauptfrage ernstlich in Angriff zu nehmen, und es ist in letzter Zeit auch die Einfahrt der Winterthurer-Linie umgelegt worden, anscheinend ohne dass ein definitives Projekt für den Bahnhofumbau zu Grunde gelegen hätte.

Der unerwartet grosse und schnelle Aufschwung des Verkehrs, den die Linien der Nordostbahn und der Zürcher Bahnhof nun in den letzten Jahren erfahren haben, gestaltete die Bahnhoffrage zu einer brennenden. Glücklicherweise wurde aber auch in Folge dieser Verkehrssteigerung die finanzielle Situation der Bahngesellschaft eine freiere und das nunmehr entschiedene Vorgehen der Verwaltungsorgane berechtigt heute zu der Erwartung, dass die jetzige Hochflut helfen werde, die Frage über die vorliegenden Hindernisse hinweg und in den sichern Hafen zu bringen.

Gestützt auf die langjährigen vorbereitenden Studien, hat die Nordostbahn im vergangenen Winter ein weit umfassendes Projekt fertig gestellt und dasselbe, nach einlässlicher Beratung mit einer hierzu berufenen Kommission auswärtiger Experten, am 4. Februar 1895, dem eidgen. Eisenbahndepartement zur Genehmigung vorgelegt, von welcher Stelle die Vorlage an Regierungsrat und Stadtrat von Zürich zur Begutachtung gelangte.

Die Stadtbehörden, welche, getragen von dem lebhaften Interesse der Bevölkerung an allen die Stadt betreffenden Eisenbahnfragen, solchen Fragen besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden pflegen, haben ihrerseits ebenfalls eine Experten-Kommission, bestehend aus Professor E. Gerlich, Oberingenieur W. Lauter aus Frankfurt a. M. und Geh. Reg.-Rat Weiss aus Köln, um Prüfung und Begutachtung der Vorlage der Nordostbahn ersucht, um darauf gestützt zu derselben Stellung zu nehmen. Es ist zu erwarten, dass sie sich, bei diesem voraussichtlich auf lange Jahre hinaus für die bauliche Entwicklung und die Verkehrsverhältnisse der Stadt Zürich massgebenden Anlasse, von einer freien Auffassung und von dem sicheren Blicke in die Zukunft werden leiten lassen, der die Stadt Zürich bei ähnlichen Gelegenheiten bisher so glücklich geführt und sie, um nur ein Beispiel herauszugreifen, seinerzeit vor dem „eisernen Ring“ bewahrt hat, mit dem die Bahn die Stadt vom See abzuschneiden drohte, und an dessen Stelle nun Zürichs schönste Schöpfung aus neuerer Zeit, der herrliche Quai entstanden ist.

Zunächst sei mit wenig Worten an den gegenwärtig im Hauptbahnhof Zürich bestehenden Zustand erinnert. Der Bahnhof liegt in der Achse der Linie Zürich-Baden, welche auf der Landspitze unmittelbar oberhalb des Zusammenflusses von Limmat und Sihl zwischen diesen beiden Flüssen endet. Hier war ursprünglich der ganze Bahnhof für Personen- und Güter-Verkehr untergebracht. Sehr bald aber wurde es nötig, mit den Anlagen für den Güterverkehr über die