

Das Tragwerk und seine statische Berechnung

Autor(en): **Conzett, Jürg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **138 (2012)**

Heft 21: **Die Rennbahn retten**

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-283916>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



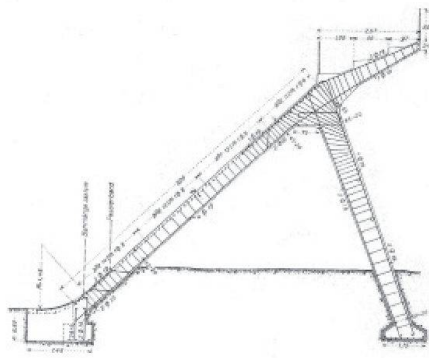
01

DAS TRAGWERK UND SEINE STATISCHE BERECHNUNG

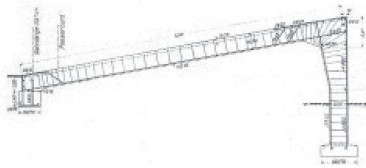
Das ursprüngliche Tragwerk der Rennbahn Oerlikon war eine selbst für die damalige Zeit sehr schlanke Betonkonstruktion. Die 1912 in der Schweizerischen Bauzeitung publizierten statischen Berechnungen¹ sind deshalb interessant, weil sie grafisch durchgeführt wurden und ein ungewöhnliches Tragwerk betrafen, bei dem räumliche Kraftkomponenten eine wichtige Rolle spielten. Auch wenn dabei der Name Wilhelm Ritter nicht erwähnt wurde, ist es doch offensichtlich, dass die Berechnungen nach seinen Methoden erfolgten. Das dokumentiert einmal mehr den grossen Einfluss Ritters auf das schweizerische Ingenieurwesen am Anfang des 20. Jahrhunderts.

Wegen des weichen Baugrunds wurde der grösste Teil der Radrennbahn als aufgeständerte Konstruktion ausgeführt, bei der die Fahrbahnplatte auf 85 radial verlaufenden Bindern ruhte. Die Fahrbahn bestand ursprünglich aus einer 8 cm starken Betonplatte, deren Spannweite je nach Kurvenradius und Schräglage zwischen 3.36 m am Innenrand der Bahn und 4.24 m entlang der äusseren, erhöhten Kante variierte; die Plattenschlankheit erreichte damit beachtliche Werte zwischen $1/42$ und $1/53$. An die Kurvenausseinkanten schlossen sich gestufte Zuschauertribünen an, die auf auskragenden Verlängerungen der Rahmenriegel der Binder

⁰¹ Sicht von der Nordkurventribüne auf die Gegengerade (Foto: Theodor Stalder)



02



03

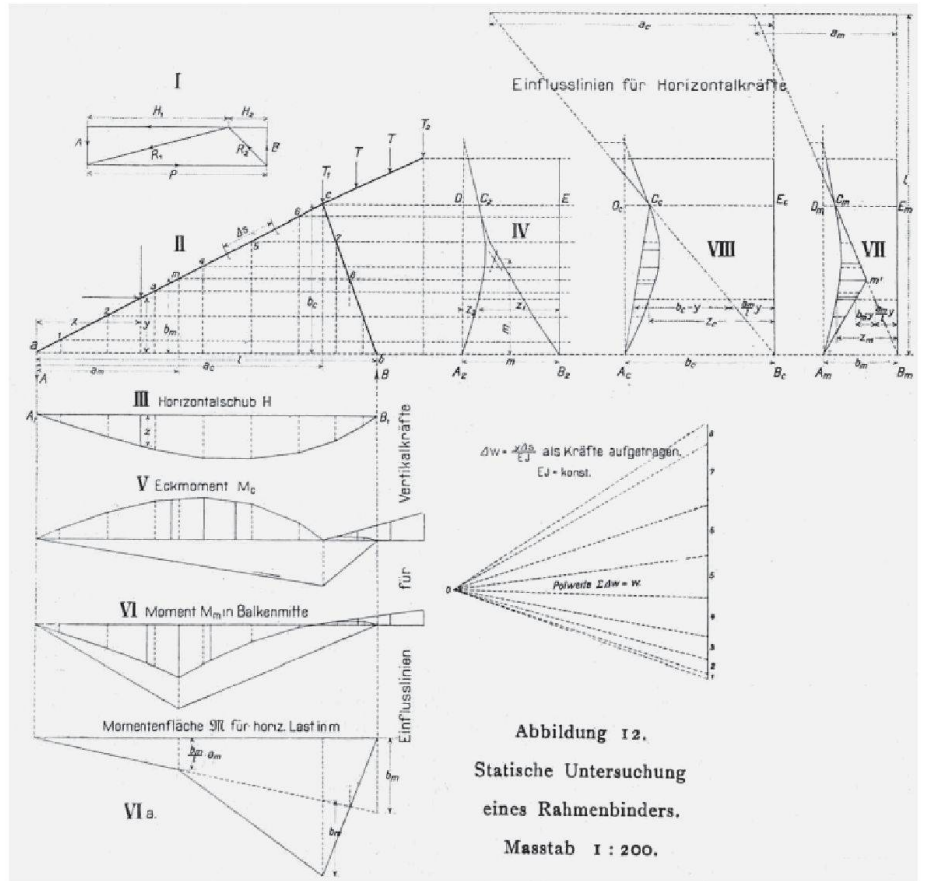
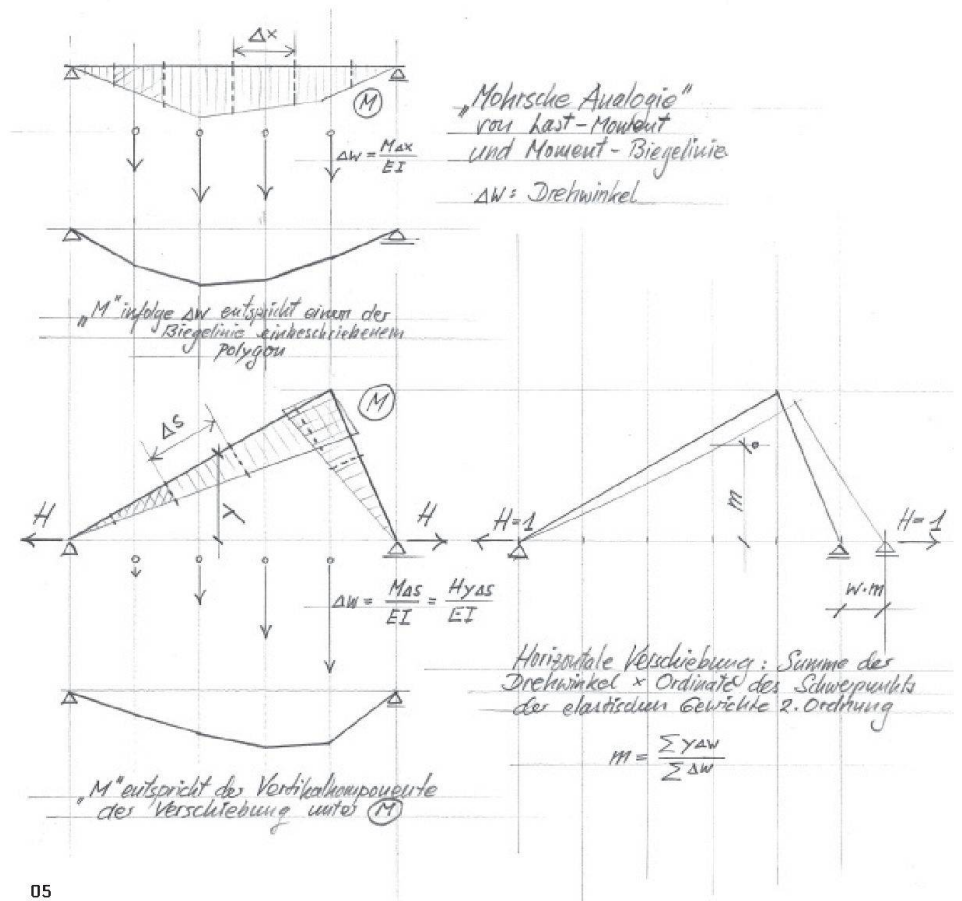


Abbildung 12.
Statische Untersuchung
eines Rahmenbinders.
Masstab 1 : 200.

04



05

- 02 Binderkonstruktion in den Steilkurven (Plan: Schweizerische Bauzeitung 1912, 2. Bd., S. 308)
- 03 Binderkonstruktion auf den Geraden (Plan: Schweizerische Bauzeitung 1912, 2. Bd., S. 308)
- 04 Statische Untersuchung eines Rahmenbinders (Plan: Schweizerische Bauzeitung 1912, 2. Bd., S. 335)
- 05 Erläuternde Zeichnungen (Plan: Autor)

DIE GRAFISCHE STATIK DER BINDER

Die Binder unter der Radrennbahn wurden als Zweigelenkrahmen modelliert. Um die Schnittkräfte dieser einfach statisch unbestimmten Systeme zu bestimmen, wurde als überzählige Grösse der Horizontalschub H eingeführt. Diesen Horizontalschub berechnete man mit Einflusslinien, die für vertikale und horizontale Kräfteinwirkungen getrennt bestimmt wurden. Nun entspricht die Einflusslinie bekanntlich der elastischen Biegelinie, die sich durch die Verschiebung «1» in Richtung der unbekanntes Kraftgrösse einstellt.

Ein leistungsfähiger methodischer Kunstgriff Ritters besteht darin, die «Mohrsche Analogie» auch auf Bogen- und Rahmenträger anzuwenden. Die Biegelinie eines einfachen Balkens korrespondiert mit der Momentenlinie unter den «elastischen Gewichten» $\Delta w = M\Delta x/EI$. Diese elastischen Gewichte sind dimensionslos und repräsentieren die Drehwinkel der einzelnen Stababschnitte; wenn man im Kräftepolygon die Polweite als Längeneinheit «1» wählt, gibt das Seilpolygon die Verformungen in der gleichen Längeneinheit wieder. Nun gilt dieses Verfahren nicht nur für einfache Balken, sondern auch für die Vertikalkomponenten der Verformungen eines (analog zum einfachen Balken gelagerten) Rahmens, wenn man anstelle von Δx die entlang der Stabachsen gemessenen Längen Δs einführt. Wird die Polweite n -fach grösser ge-

wählt, werden die Verformungen $1/n$ -fach kleiner. Unter einem Horizontalschub $H=1$ erhält das Grundsystem Biegemomente im Betrag y . Die von Ritter «elastische Gewichte zweiter Ordnung» genannten Drehwinkel werden somit $\Delta w = y\Delta s/EI$, wenn man die Normal- und Querkraftverformungen vernachlässigt. Das zugehörige Seilpolygon ist einfach zu bestimmen; da aber nicht die Biegelinie unter $H=1$, sondern die Biegelinie unter einer Einheitsverschiebung in Richtung H interessiert, müssen Kräfte- und Seilpolygon noch entsprechend skaliert werden.

Unter $H=1$ entspricht die horizontale Verschiebung im beweglichen Angriffspunkt von H der Summe $\sum y\Delta w = \sum y^2\Delta s/EI$. Für die Skalierung der Biegelinie muss nun als Polweite anstelle der Längeneinheit dieser Wert gewählt werden. Führt man den «Schwerpunkt der elastischen Gewichte» in der Höhe $m = (\sum y\Delta w)/(\sum \Delta w)$ ein (in Abb. 4, Figur IV vertikal eingetragen), entspricht die horizontale Verschiebung der Summe der Drehwinkel der einzelnen Elemente $w = \sum \Delta w$ multipliziert mit m (m ist sozusagen der massgebende mittlere y -Wert): $\sum y\Delta w = m \sum \Delta w = m \sum y\Delta s/EI$. Für die Berechnung der Binder wählte man die Polweite w und dividierte die dadurch erhaltenen Grössen durch m . Damit war die m -fache Einflusslinie für H unter vertikalen Lasten bestimmt (Figur III). Die Einflusslinien

für Momente in bestimmten Schnitten erhielt man durch Überlagerung der H -Einflusslinie mit entsprechenden Einflusslinien der Momente am einfachen Balken (Figur V und VI).

Die bedeutenden horizontalen Einwirkungen «P» (Fliehkräfte bei Steher-Rennen mit schweren Motorrädern) teilen sich in zwei vorerst unbekanntes horizontale Auflagerkomponenten H_1 und H_2 (Figur I). Als Einflusslinien dieser zwei Komponenten dient wiederum ein Seilpolygon der elastischen Gewichte zweiter Ordnung, diesmal bei horizontaler Wirkung der Δw (Figur IV). Wenn dasselbe Kräftepolygon wie vorher um 90° gedreht verwendet wird, ergibt sich eine Verschiebung der beiden Auflager um m . Die dadurch erhaltene Einflusslinie ist je nach vertikaler Referenzlinie für H_1 und H_2 gültig; wenn H_1 , im linken Auflager angreifend, interessiert, wird dieses Auflager beweglich gedacht, und es ergibt sich die Referenzlinie B_2E in Figur IV; für die rechte Horizontalreaktion nimmt man entsprechend A_2D als Bezug. Die Summe beider Anteile beträgt konstant m , da die Einflusslinie entsprechend skaliert wurde. Auch hier ergeben sich die gesuchten Momenteneinflusslinien durch Überlagerung mit den entsprechenden Einflusslinien am einseitig verschieblichen, statisch bestimmten Grundsystem (Figuren VII und VIII, sowie VIa).

lagerten. Diese Tribünen umfassten drei 6cm starke Plattformen, die von vier 12–14cm starken und bis 37cm hohen Längsträgern getragen wurden. Aus ausführungstechnischen Gründen folgten Oberfläche und Untersicht der Fahrbahnplatte verschiedenen geometrischen Gesetzen: Während die Oberfläche der Rennbahn durch Verschiebung und Drehung einer radial gerichteten Geraden definiert wurde, schalte man die Untersicht mit etwa tangential zwischen den Bindern verlaufenden, geraden Brettern als windschiefe Fläche; wegen dieser unterschiedlichen Orientierung variierte die Plattenstärke um einige Millimeter.

Die Rahmenriegel der Binder unter der Rennbahn haben eine einheitliche Länge von 9m und einen konstanten Querschnitt von 20 × 45cm. Dem Bahnverlauf entsprechend sind die Rahmenriegel unterschiedlich geneigt. Innen liegen sie auf Einzelfundamenten, aussen auf geneigten Rahmenstielen variabler Länge, die oben bis 20 × 72cm messen und sich zum Fuss hin auf eine Fläche von 20 × 50cm verjüngen. Auch sie stehen auf Einzelfundamenten. Der Kragarm, der die Tribüne trägt, besitzt ebenfalls eine veränderliche Höhe: Sie wechselt von 20 × 85cm an der Einspannstelle bis zu 20 × 26cm am freien Ende.

Die Binder wurden in der statischen Berechnung als Zweigelenkrahmen modelliert, einerseits um keine fragwürdigen Einspannungen der relativ kleinen Einzelfundamente berücksichtigen zu müssen, andererseits aber sicher auch deshalb, um den Aufwand der Untersuchung der «vielen und komplizierten Belastungsarten» in Grenzen zu halten. Die Schnittkräfte wurden anhand von Einflusslinien, die man für horizontale und vertikale Kräfteinwirkungen getrennt aufzeichnete, ermittelt. Das Vorgehen und die Bezeichnungen verweisen auf den vierten Teil von Wilhelm Ritters Werk «Anwendungen der graphischen Statik»², das erst wenige Jahre zuvor erschienen war. Die Anschaulichkeit von Ritters Methode beeindruckt noch heute. Diese statischen Berechnungen (Kasten S. 24) sind Teil des «geistigen Gehalts» der Radrennbahn. Jedes Baudenkmal umfasst Teile, die man sieht, und einen Hintergrund, den man nicht direkt erkennen kann. Die grafischen Untersuchungen gehören zu den verborgenen Werten dieses bedeutenden Ingenieurwerks im Dienst des Radsports.

Anmerkungen

1 M. Scheifele: «Die Radrennbahn von Zürich-Oerlikon» in: Schweiz. Bauzeitung 1912, 2. Bd., S. 305–309 und S. 333–336. (Baugedächtnis: <http://dx.doi.org/10.5169/seals-30092> und <http://dx.doi.org/10.5169/seals-30099>)

2 W. Ritter: Anwendungen der graphischen Statik nach Prof. Dr. C. Culmann, bearbeitet von W. Ritter; vierter Teil: Der Bogen. Zürich 1906

Jürg Conzett, dipl. Ing. ETH/SIA, Conzett, Bronzini, Gartmann AG Chur, j.conzett@cbg-ing.ch