Ein Unfallschaden am Bahnhof Hammerstein der Wuppertaler Schwebebahn

Autor(en): **Beyer, Rolf / Eckermann, Klaus / Hartmann, Bernd**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht**

Band (Jahr): **11 (1980)**

PDF erstellt am: **05.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-11379

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

IX

Ein Unfallschaden am Bahnhof Hammerstein der Wuppertaler Schwebebahn

Damage at Wuppertal's Schwebebahn Station Hammerstein

Accident à la station Hammerstein du train suspendu de Wuppertal

ROLF BEYER
Dipl.-Ing.
Beyer-Hartmann-Ingenieursozietät
Erkrath, BRD

KLAUS ECKERMANN
Ing. (grad.)
Wuppertaler Stadtwerke AG
Wuppertal, BRD

BERND HARTMANN
Prof. Dr.-Ing.
FH Bochum
Bochum, BRD

ZUSAMMENFASSUNG
An einer Station der Wuppertaler Schwebebahn sind zwei Hauptträger der Bahnsteigplattform in der zweiten Ebene durch einen darunter herfahrenden LKW mit Containerladung stark beschädigt worden. Man stand vor der Entscheidung, die Träger auszuwechseln, zu verstärken oder im deformierten Zustand zu belassen. Eine auf Grundlage der Finiten-Element-Methode durchgeführte Untersuchung ergab eine noch ausreichende Tragsicherheit dieser beiden deformierten Hauptträger.

SUMMARY
Two main girders of the second-plain-platform at Hammerstein station of Wuppertal's suspended train were seriously damaged by a container truck passing below. The decision had to be made whether to replace the girders, to stiffen them or to leave them in the damaged state. A highly non-linear Finite-Element-Analysis proved the remaining carrying capacity of the deformed girders to be still enough to guarantee the safety of the station.

RESUME
En passant au-dessous d'une des stations du train suspendu de Wuppertal, un camion chargé d'un container a considérablement endommagé deux poutres principales du quai qui se trouve au-dessus de la rue. Fallait-il remplacer les poutres, les réparer ou les laisser dans leur état déformé. L'analyse par la méthode des éléments finis a montré que le coefficient de sécurité des deux poutres principales déformées était encore suffisant.

1. EINLEITUNG UND VORGESCHICHTE

An der Haltestelle Hammerstein der Wuppertaler Schwebebahn (siehe Abb. 1) sind zwei Hauptträger der Bahnsteigplattformen durch einen unter der Haltestelle herfahrenden LKW mit Containerladung touchiert und dabei stark deformiert worden. Die Träger dienen als Haupttragkonstruktion für die beiden Bahnsteige und als Stützkonstruktion für die zwischen den beiden Bahnsteigen liegende Gitterrostabdeckung.

Um einen Überblick über die verbleibende Tragfähigkeit der deformierten Stahlträger zu gewinnen, wurde es notwendig, die Hauptträger statisch zu untersuchen und wenn nötig, einen Vorschlag für die Sanierung zu machen. Das Ausmaß der Beschädigung an einem der Hauptträger ist in Abb. 2 zu sehen.

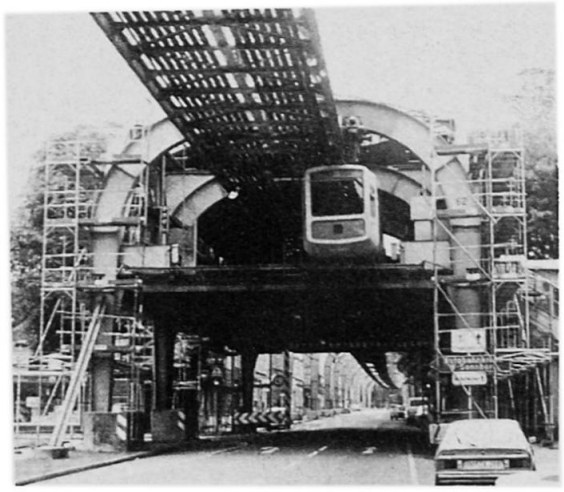

Abb. 1
Schwebebahnstation Hammerstein

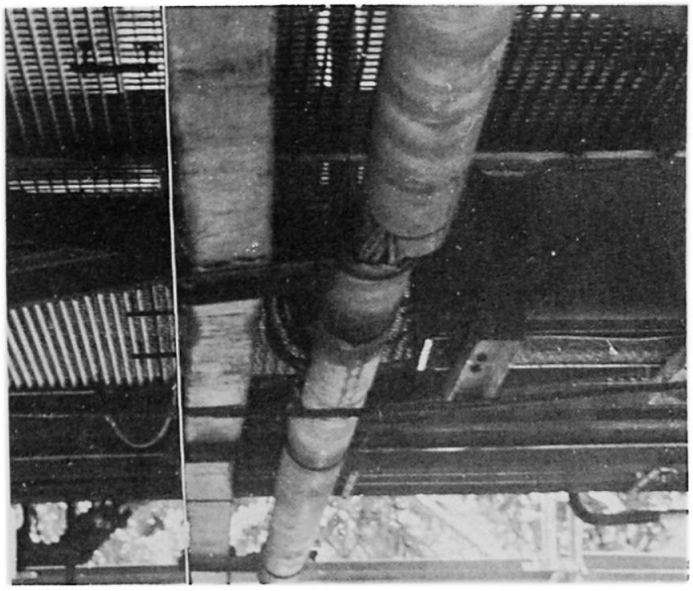

Abb. 2 Deformierter Hauptträger

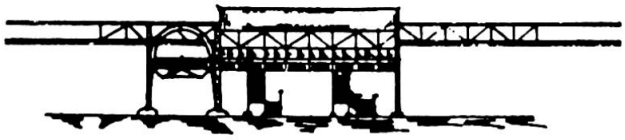

Abb. 3
Haltestelle Hammersteiner Weg um 1900

Bei der Wuppertaler Schwebebahn handelt es sich um eine Stahltraggerüstkonstruktion als elektrische Einschienenhängebahn in der zweiten Ebene. Sie wurde in den Jahren 1898 bis 1903 erbaut und ist noch heute voll in Betrieb.

Eine Ansicht der um die Jahrhundertwende erbauten Stahlkonstruktion der Haltestelle Hammerstein zeigt Abb. 3.

Da das Stahltraggerüst ca. 75 Jahre alt ist und insgesamt unter Denkmalschutz steht, war es oberstes Gebot, die bestehende Bausubstanz möglichst unverändert zu erhalten. Um dies zu realisieren wurde vorgeschlagen, die beschädigten Hauptträger im deformierten Zustand örtlich aufzumessen, geometrisch nichtlinear zu berechnen und entsprechende Spannungsnachweise zu führen.

Die dazu erforderliche Vermessung der Stahlträger wurde in den Abendstunden zu verkehrsarmer Zeit unter Schwebebahnverkehr durchgeführt. Das Aufmaß des am stärksten deformierten Trägers ist in Abb. 4 wiedergegeben.

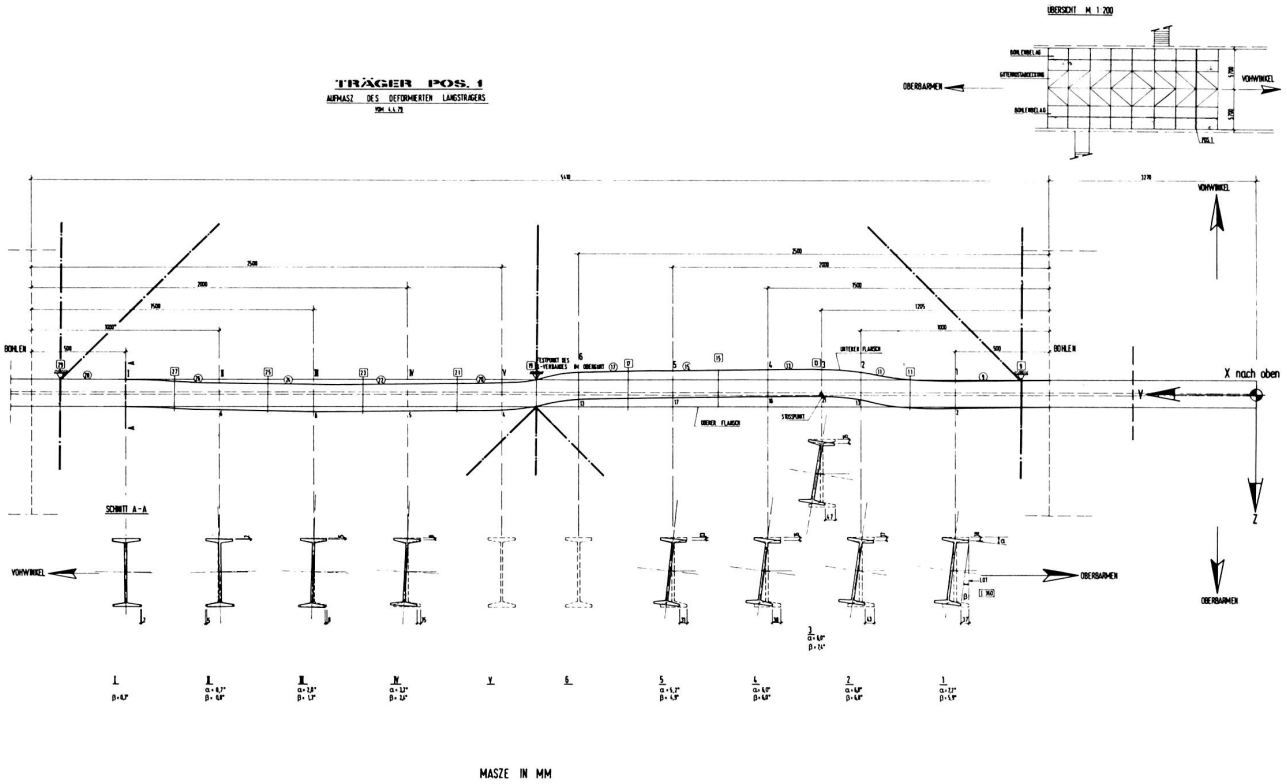

Abb. 4 Aufmaß des am stärksten deformierten Hauptträgers

2. DEFORMIERTE HAUPTTRÄGER - SYSTEMIDEALISIERUNG, BELASTUNG, BERECHNUNG

Die Stahlträger wurden als räumlich belastete, vorverformte Einfeldträger idealisiert und untersucht. Die statische Berechnung erfolgte nach der Methode der finiten Elemente. Als Stabelement wurde ein sogenanntes Relativelement gewählt, dessen Herleitung und Anwendung in /1/ ausführlich beschrieben ist. Mit diesem Element, für das das Hooke'sche Gesetz unbeschränkt gültig ist, lassen sich räumliche Stabwerke nach Theorie 3. Ordnung berechnen. Die Belastung, die Systemdaten, die Einteilung in finite Elemente und die daraus resultierende Knoten- und Elementnumerierung sind in Abb. 5 dargestellt

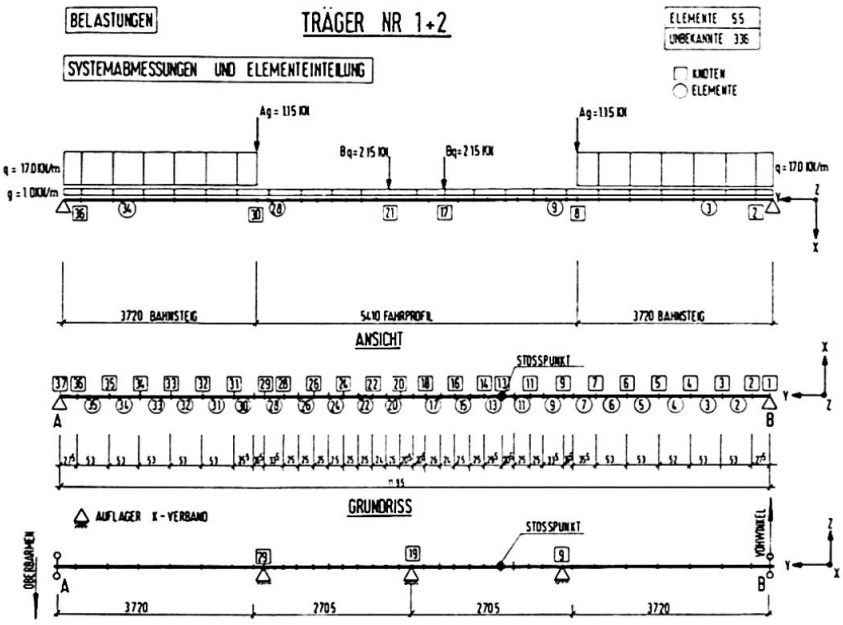

Abb. 5 Deformierter Hauptträger - System, Belastung, Elementeinteilung

Die beschädigten Träger werden im deformierten Zustand, d.h. mit den aufgemessenen Verschiebungen und Verdrehungen, wie in Abb. 4 zu sehen, für die numerische Berechnung aufbereitet. Da die Verkehrslast auf den Bahnsteigbelag und auf die Gitterroste wirkt, muß, um den Angriffspunkt der Verkehrslast richtig zu simulieren, diese Belastung über fiktive Stabelemente auf die deformierte Stabachse geleitet werden. Das Trägereigengewicht wirkt in der Stabachse. Die idealisierte Lasteinleitung zeigt Abb. 6.

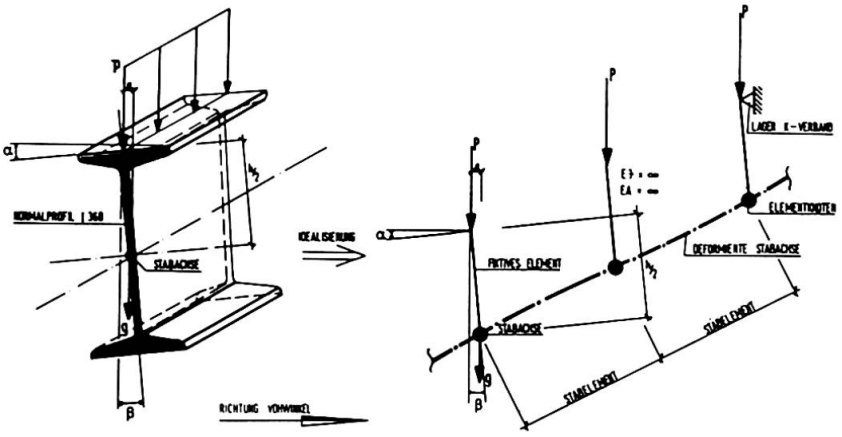

Abb. 6 Idealisierung der Lasteinleitung

Für die numerische Simulation wird der aussteifende K-Verband in Bahnsteigebene durch unverschiebliche Lagerung in z-Richtung am Trägerobergurt in den Knoten 9, 19 und 29, siehe Abb. 4 und 5, realisiert. Diese Annahme ist berechtigt, da beim örtlichen Aufmaß festgestellt wurde, daß an diesen Stellen keine Verschiebung oder Verdrehung des Querschnitts stattfand.

Die elektronische Berechnung erfolgte mit dem Programmsystem "MESY", das die Verschiebungsmethode benutzt und deren Grundlagen in /2/ ausführlich beschrieben sind. Die Schnitt- und Verformungsgrößen der Hauptträger wurden für zwei Lastfälle berechnet:

1. Gebrauchslastfall - 1,0-fache Belastung
2. Grenzlastlastfall - 1,7-fache Belastung.

Unter 1,7-facher Belastung, die als elastische Grenzlast anzusehen ist, sollte möglichst noch keine Plastifizierung im Träger auftreten. Um einen Vergleich zu haben, wurden die Hauptträger auch unverformt der gleichen Belastung unterworfen. In Abb. 7 sind die Verformungen, die Biege- und Torsionsmomente für den am stärksten deformierten Träger unter 1,7-facher Belastung dargestellt.

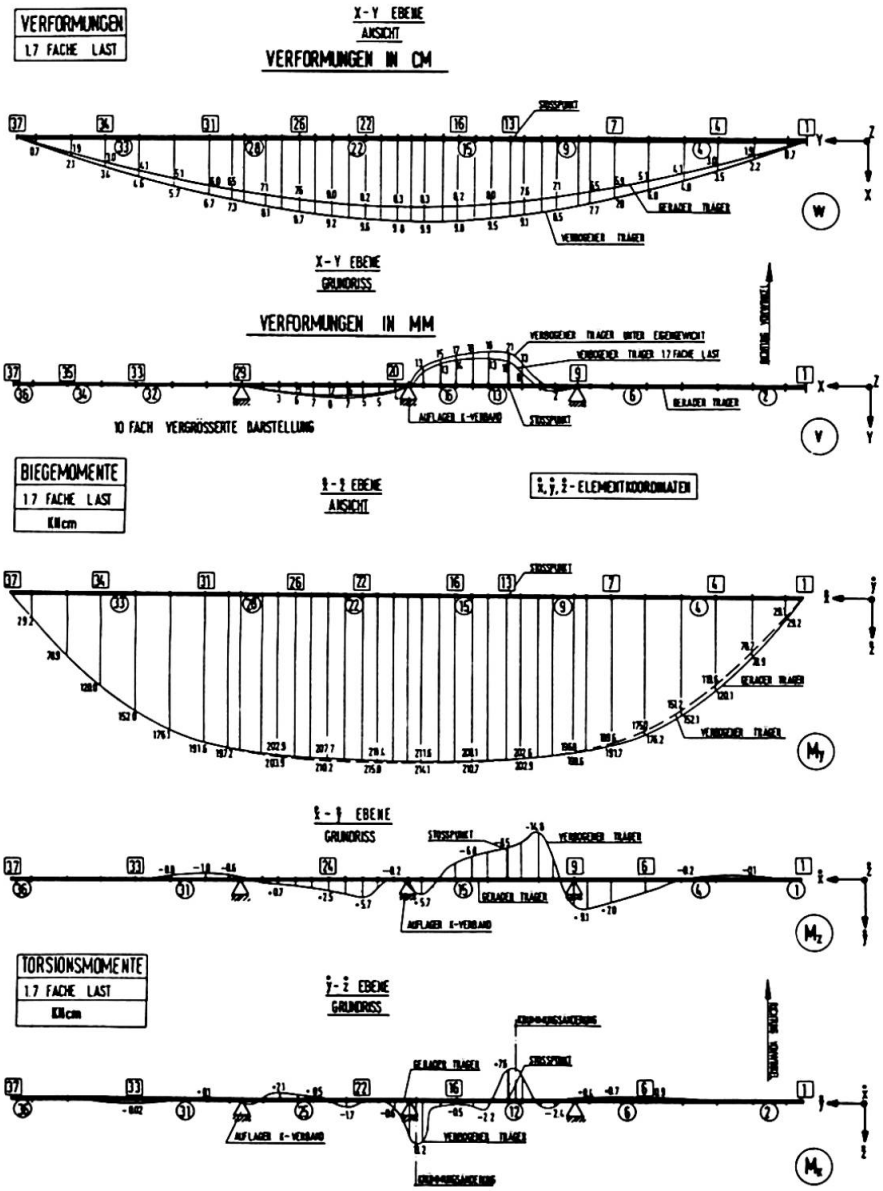

Abb. 7 Verformungen und Schnittgrößen eines deformierten Hauptträgers

3. INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

Durch die teilweise starke Deformation der Hauptträger, die sich hauptsächlich durch eine Verdrehung um die Stabachse bemerkbar macht, siehe Abb. 4, entstehen Torsionsmomente M_x. Außer den Torsionsmomenten ergeben sich zusätzliche Biegemomente M_z um die schwache Profilachse. Gründe hierfür sind die räumliche Verkrümmung der Stabachse und die außermittige Lasteinleitung am oberen Profilflansch. In Abb. 4 und 7 ist zu erkennen, daß die Torsionsmomente in den Bereichen starker Trägerkrümmungen die größten Werte annehmen. Dies könnte zu Teilplastifizierungen im Querschnitt führen. Würde dies so eintreten, wird sich die Stabachse des Hauptträgers wegen des im Zugbereich liegenden verbogenen Flansches wieder in die Ausgangslage zurückziehen. Dieser Sachverhalt ist aus den Verformungen Ⓥ der Abb. 7 zu erkennen und hat zur Folge, daß sich die Spannungen in den kritischen Trägerbereichen reduzieren. Trotzdem treten unter 1,7-facher Belastung an einigen Stellen Spannungen oberhalb der aus Versuchen ermittelten Fließgrenze auf. In /3/ sind sie im maßgebenden Trägerquerschnitt graphisch als teilplastische Bereiche dargestellt. Resümierend ist festzustellen, daß die Tragsicherheit der beiden Hauptträger nicht gefährdet ist.

4. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Für die weitere Verwendung der deformierten Hauptträger sprechen folgende Überlegungen:

1. Eine volle Plastifizierung des Trägerquerschnitts (Fließgelenk) im kritischen Bereich ist selbst unter 1,7-facher Belastung nicht zu erwarten.
2. Treten wider Erwarten trotzdem größere Querschnittsplastifizierungen ein, so wirkt sich die hieraus resultierende Verformung der Stabachse günstig auf die Spannungsverteilung aus. Da der Obergurt der Hauptträger durch den K-Verband und den Bohlenbelag horizontal unverschieblich gehalten wird, wird der Untergurt durch die Zugbeanspruchung wieder in seine Ursprungslage zurückgedrängt.
3. Auch ein nicht zu erwartender Ausfall eines der deformierten Hauptträger kann die Standsicherheit der Bahnhofsplattform nicht gefährden. Die angrenzenden unverformten Hauptträger haben nämlich selbst unter 1,7-facher Belastung noch genügend Tragreserven. Für eine in diesem Falle notwendige Lastumlagerung sorgen die K-Verbände, der Holzbohlenbelag und die Gitterroste.
4. Der verhältnismäßig hohe Verkehrslastanteil von 80 % läßt die Antwort offen, ob die Hauptträger in ihrer Belastungsgeschichte jemals so hoch beansprucht werden.

Die "Sanierung" des Unfallschadens am Bahnhof Hammerstein ist ein gutes Beispiel dafür, wie mit Hilfe einer modernen Rechenuntersuchung historische Bausubstanz erhalten werden kann. Erst die realistische Simulation des deformierten Stabwerkes konnte die verbleibenden Tragreserven aufdecken.

LITERATUR

/1/ HARTMANN, B.: Traglasten von Stabwerken. Beitrag in "Finite Elemente in der Baupraxis", Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin 1978, S. 256 ff.

/2/ HARTMANN, B., SCHRADER, K.-H. und WINKEL, G.: MESY, ein Programmsystem zur Untersuchung von Tragwerken. Konstruktiver Ingenieurbau, Berichte, Heft 22, Vulkan-Verlag, Essen 1975.

/3/ HARTMANN, B., BEYER, R.: Gutachterliche Stellungnahme über die Tragfähigkeit der beschädigten Längsträger im S-Bahnhof Hammerstein der Wuppertaler Schwebebahn, Erkrath 1979.