

Stufe zwischen Brückenfahrbahn und Widerlager vermieden werde, ist am Brückende kein Querträger angeordnet, sondern die letzten, ungefähr 6,0 m langen Längsträger sind gelenkig am Querträger des vorletzten Knotenpunktes und mittels kleinen Kipplagers an den Widerlagern gestützt.

Das Material der Brücke ist im allgemeinen St. 48, die Nieten wurden aus St. Si hergestellt.

Das Gewicht der Stahlkonstruktion beträgt — ohne Hinzurechnung der Einlagen der Eisenbeton-Fahrbahnplatten — 359 Tonnen. Demgegenüber ergab sich in einer Vergleichsrechnung des Vortragenden das Gewicht einer Fachwerk-Bogenbrücke mit Zugband zu 365 Tonnen und dasjenige einer Konstruktion mit Ausleger-Balkenträger zu 356 Tonnen. Wenn man noch die vom Vortragenden besonders betonten Vorteile der erleichterten Werkstattdarbeit berücksichtigt, erweist sich dieses System nicht nur in ästhetischer, sondern auch in wirtschaftlicher Beziehung konkurrenzfähig.

Bei der Probebelastung war die *größte* Durchbiegung in der Mittelöffnung, bei Belastung einer Brückenhälfte, 64 mm, d. i. $\frac{1}{1400}$ der Spannweite. Bei Vollbelastung der Mittelöffnung war die Durchbiegung nur 45 mm. Die freischwebenden Konsolen verursachten in der Brückenfahrbahn keine ungünstigen Bewegungen.

Der Vortragende schloß mit dem Ausdruck seiner Überzeugung, daß dieses durch viele Jahrzehnte vernachlässigte System einer Weiterentwicklung fähig ist, und gab der Hoffnung Ausdruck, daß der Vortrag zur Heranziehung des genannten Systems bei verschiedenartigen Aufgaben des Brückenbaues eine gewisse Anregung bieten werde.

Dr. Ing. PAUL EBERSPÄCHER, Esslingen:

Glasdächer und Korrosion

Die bekannten Mängel der verkitteten Glasdächer führten schon vor mehreren Jahrzehnten zur *kittlosen* Verglasung; ursprünglich vielerlei Systeme, aus denen die unerbittlichste Prüfung, die Bewährung in der Praxis, eine kleine Anzahl ausgiebt hat.

Wenn kittlose Glasdächer noch heute manchen Gegner finden, so ist diese Abneigung letzten Endes immer auf dieselbe alte Wahrheit zurückzuführen, nämlich darauf, daß *Eisen rostet*. Schützt man ein Glasdach nicht vor Rost, so muß es, ob verkittet oder kittlos, früher oder später zugrunde gehen. Für die Glasdachindustrie steht somit als wichtigste Frage im Vordergrund: Wie ist es zu erreichen, daß die Glasdächer der Korrosion länger widerstehen als bisher, oder mit anderen Worten: Wie kann die Lebensdauer der Glasdächer in Einklang gebracht werden mit der Lebensdauer der übrigen Konstruktionsteile eines Gebäudes?

Diese Frage interessiert den Hochbauer ebenso sehr wie den Erzeuger des Glasdaches, und ich glaube daher, in diesem Kreise gerne Gehör zu finden, wenn ich zeige, wie und mit welchem Erfolg daran gearbeitet wird.

An jedem Glasdach kann man drei Bauelemente unterscheiden: 1. *das Glas* (meistens mit Drahteinlage), dessen Aufgabe es ist, die schützende und gleichzeitig lichtdurchlässige Dachhaut zu bilden; 2. *die Dichtungsbleche*, die zwischen den einzelnen Glastafeln, zwischen dem Glas und der undurchsichtigen Dachhaut an der Traufe, am First und an den Seiten den dichtenden Übergang bilden; 3. *die sogenannten Sprossen*, das sind die Teile der Dachkonstruktion, auf denen das Glas sein tragendes Auflager findet. Die einzelnen, etwa 70 cm breiten Glastafeln werden über den Sprossen stumpf gestoßen, somit fällt den Sprossen außer der tragenden Funktion noch die Aufgabe zu, das Wasser von der Stoßstelle der Glastafeln nach außen abzuleiten. Der Baustoff der Sprossen ist heute meist gewalzter Baustahl.

Diese drei Bauelemente sind der Korrosion in besonders hohem Maße ausgesetzt, *weit mehr*, als die andern Teile des Baues. Man denke an die Witterungseinflüsse, denen das Glasdach vollständig preisgegeben ist; im Sommer wird es von der glühenden Sonne erhitzt; dann wieder wird es durch Regen abgekühlt und durchnäßt; im Winter muß es Schnee und Frost standhalten. Ist der Raum geheizt, so bildet sich Kondenswasser. Hinzu kommen nun die schlimmsten Feinde: die säurehaltigen Rauch- und Abgase von Industrie- und Hausbrand. Die nassen Ablagerungen und die auf den genannten Bauelementen fast stets vorhandene Feuchtigkeit werden angesäuert, so daß diese Elemente, soweit sie aus Eisen sind, in erschreckendem Maße korrodieren.

Die Tatsache, daß gerade die in den Industrieabgasen wirksamen *geringen* Säurekonzentrationsgrade entgegen der gefühlsmäßigen Annahme einen viel größeren Zerstörungseinfluß haben als die konzentrierten Säuren, wird zu wenig beachtet. Vor wenigen Jahren noch war man über das Versuchsergebnis, daß z. B. konzentrierte Schwefelsäure auf Eisen weit weniger wirkt als verdünnte, wässrige schweflige Säure, sehr erstaunt. Wenn man berücksichtigt, daß nach einem Versuche der Technischen Hochschule Stuttgart gewöhnlicher Baustahl durch verdünnte wässrige, schweflige Säure siebzehnmals rascher in Lösung geht, als durch konzentrierte Schwefelsäure, dann lernt man die tatsächliche Bedeutung der Abgaseanalysen industrieller Betriebe richtig abschätzen. Die Analyse des Lokomotivrauches ergibt z. B. in 100 Liter 60 bis 70 mg Schwefelsäure, 5 bis 6 mg Salpetersäure und 5 bis 6 mg Salzsäure. Diese Tatsache erklärt die kurze Lebensdauer der vielen Bahnsteigdächer aus verzinktem Eisenblech.

Merkwürdigerweise ist man in vielen Kreisen der Bautechnik bis vor kurzer Zeit zum Schaden der Bauherren fast achtlos hieran vorübergegangen. Man übersah, daß die Bauelemente des Glasdaches, soweit sie aus Eisen sind, besonders gefährdet sind und begnügte sich damit, z. B. die Sprossen lediglich mit einem Anstrich zu versehen, so wie es auch bei den übrigen eisernen Konstruktionsteilen eines Baues geschah. Gerade bei den Sprossen erscheint dies schwer verständlich: wie schon vorhin gesagt, dienen sie u. a. dem Ableiten von Wasser. Sie sind somit als wasserführende Rinnen zu betrachten. Kein Baumeister würde es sich aber einfallen lassen, z. B. eine Dachrinne oder ein Regenrohr aus Schwarzblech anzufertigen und lediglich mit Farbe anzustreichen. Und dabei soll die Glasdachspresse auch noch eine tragende Funktion erfüllen!

In seltenen Fällen hat man sich dann auch dazu verstanden, die Sprossen zu verzinken, womit man freilich in Industriegegenden dem Übel auch nicht wirksam begegnen konnte.

Wird einer technisch richtigen Ausführung des Glasdaches nicht genügender Wert beigemessen, so sind vorzeitige Korrosionsschäden an allen Teilen die Folge; die Dächer bekommen Leckstellen, weil sich die Gläser auf den geschwächten Sprosseneisen zu stark durchbiegen und zerspringen. Ist es aber einmal so weit, dann wird man sich notgedrungen zu teuren Reparaturen entschließen müssen, um die noch teureren Betriebsstörungen und die Schäden an Waren zu vermeiden.

Heute beginnt man, die Folgen einer Vernachlässigung des Glasdaches zu erkennen und ist deshalb auch zu höheren Anschaffungspreisen bereit. Unter dieser Voraussetzung bietet der heutige Glasdachbau mancherlei Verbesserungen, die im folgenden kritisch besprochen werden mögen.

Einer dieser *Verbesserungsvorschläge* geht ganz allgemein dahin, die Glasdächer *den Einflüssen* der schädlichen *Rauchgase* ganz zu *entziehen*. Mehrere Neubauten der deutschen Reichsbahn zeigen dieses Bestreben. An den Glasdächern auf den Bahnhöfen Köln a. Rh., Hamburg, Frankfurt a. M. hat man gelernt, wie man *nicht* bauen soll; denn dort wird durch die nicht ganz zweckmäßig angebrachte Lüftung

der Lokomotivrauch an Glas und Eisenträger geradezu herangesaugt. Anders bei den neueren Hallen in Darmstadt, Stuttgart, Frankfurt a. d. O., Bahnhof Börse und Lehrter Bahnhof in Berlin, wo man durch Schlotte und Schürzen vom Dach bis zur Lokomotive den Rauch unmittelbar ins Freie abziehen läßt. Glasdächer und Eisenkonstruktion sind dadurch weitgehendst geschützt. Was für Bahnhöfe gilt, gilt natürlich ganz allgemein für andere rauchende Industriebetriebe, z. B. Schmieden und Gießereien. Ich könnte mir denken, daß bei richtiger Zusammenarbeit von Bau- und Betriebsingenieur auch für solche Betriebe rauchfreie Hallen geschaffen werden können.

Mit diesen vorbeugenden Maßnahmen sollte Hand in Hand gehen der Schutz der einzelnen vorerwähnten *Bauelemente* der Glasdächer.

Bei dem ersten Bauelement, dem *Drahtglas*, bestehen die Korrosionserscheinungen darin, daß an den Schnittkanten, wo die Drahtenden freiliegen, der Draht zu rosten beginnt. Das Volumen des Drahtes wird bei dem Oxydationsprozeß größer und beginnt, das Glas von den Rändern her zu sprengen. Zur Abhilfe streicht man über die Schnittkanten mit Farbe. Das beste Mittel, freilich auch das teuerste, ist Glas mit drahtfreien Rändern. Das Drahtnetz ist hier vollständig rostsicher ins Glas eingebettet.

Für das zweite Bauelement, die *Dichtungsbleche*, ist bisher Zinkblech oder verzinktes Eisenblech am gebräuchlichsten. Beide Materialien können nicht als korrosionssicher bezeichnet werden, da Zinkblech durch schwefelsaure Rauchgase zerstört wird. Wo also mit derartigen Gasen zu rechnen ist, muß an Stelle von Zink das so ziemlich unverwüsthliche Kupfer treten, das dann allerdings auch für alle anderen Blechteile auf demselben Dach verwendet werden sollte; es besteht sonst die Gefahr, daß sich zwischen den verschiedenen Metallen eine galvanische Kette bildet, was bekanntlich zur beschleunigten Zerstörung dieser Baustoffe führt.

Ein idealer Baustoff für diese Dichtungsbleche wäre zweifellos Kruppsches nicht rostendes Blech. Es ist jedoch leider heute noch viel zu teuer.

Auch Aluminiumbleche hat man schon verwenden wollen. Die Erfahrungen des Flugzeugbaues mit der Widerstandsfähigkeit dieses Materials gegen Korrosionen sind aber nicht besonders ermutigend.

Mit gutem Erfolg hat man ferner bei gewissen Bauteilen des Glasdaches, wie z. B. bei den Deckschienen und Firstkappen, das Blech ganz durch Drahtglasstreifen ersetzt. Solche Deckschienen sind absolut korrosionssicher und genügen in bezug auf die Festigkeit vollkommen.

Die mannigfaltigsten Verbesserungsvorschläge und Neuerungen finden wir beim dritten Bauelement, den *Sprossen*.

Hierher gehören die Versuche, an Stelle des gewalzten Baustahles ein anderes Material zu setzen, wie z. B. Holz. Die im Vergleich zu Stahl geringere Festigkeit dieses Baustoffes zwingt zu großen lichtraubenden Querschnitten. Holzsprossen neigen auch bei Feuchtigkeit trotz aller Imprägnierung zur Fäulnis und werfen sich, wodurch die Gläser zerbrechen.

Auch aus Eisenbeton hat man Glasdachsprossen schon konstruiert. Auf den ersten Blick scheint dieses Material sehr verlockend, aber auch hierfür gilt das schon von den Holzsprossen Gesagte: die Querschnitte werden zu massig. Es können sich Haarrisse bilden, die zur Zerstörung der nur wenig gedeckten Eiseneinlagen führen, hier besonders gefährlich, da der Grad der Zerstörung nicht ohne weiteres festzustellen ist. Außerdem ist feuchter Beton nicht widerstandsfähig gegen Säure.

Gegen Aluminium sprechen der teure Preis und die unsicheren Festigkeitszahlen; kein Aluminiumwalzwerk gab bisher genügende Gewährzahlen auf Jahre hinaus. Ebenso wenig wollen die Metallwerke für die sonst angepriesenen *Speziallegierungen* mit Kupfer, Nickel usw. längere Zeit Gewähr übernehmen.

Meine Erfahrungen mit *gekupferten Stahl* seit drei Jahren waren nicht günstig; die Versuchsstücke rosteten praktisch fast ebenso stark wie gewöhnlicher Baustahl.

Sprossen aus Kupferblech sind schon verwendet worden; sie sind jedoch zu weich und zu nachgiebig.

Am besten und zweckmäßigsten wäre auch hier Kruppscher, nicht rostender Stahl, der eine ideale Glasdachspresse ergeben würde. Bedenkt man aber, daß eine Sprosse z. B. aus V2a mindestens M 16,— pro lfdm allein für das Material kosten würde, so ist die Unmöglichkeit der Verwendung leicht einzusehen.

Eine weitere Versuchsgruppe geht dahin, den billigen Baustahl mit seiner hohen Festigkeit beizubehalten, dagegen die Querschnittsform so zu gestalten, daß die Sprossen ohne Abheben der Gläser periodisch neu angestrichen werden können. Dieser Gedanke erscheint zunächst aussichtsreich. Es bestehen aber zwei grundsätzliche Bedenken: 1. Da das Glas auf den Sprossen aufliegt, ist es unmöglich, gerade dieses gefährdete Auflager ohne Abheben der Gläser zu entrostern und es neu anzustreichen; 2. das Nachstreichen der Sprossen ist immer schwierig, zeitraubend, teuer und lästig, da Gerüste notwendig sind. Man denke an den herunterfallenden Schmutz und Rost in empfindlichen Betrieben, wie z. B. einer Spinnweberei, Papierfabrik, Kabelfabrik oder in einer elektrischen Ankerwickerei. Meines Erachtens kommt man mit solchen nachstreichbaren Profilen nicht weit.

Die letzte Gruppe von Versuchen, die wohl den größten Erfolg verspricht, erstreckt sich darauf, den Baustahl als Material und das bewährte Rinnenprofil als Sprossenquerschnitt beizubehalten, aber durch hochwertigen Überzug der Sprossen dafür zu sorgen, daß sie nicht rosten. Freilich muß man dann den zu wählenden Überzug den zu erwartenden Angriffen anpassen. Ein Zinküberzug wird sich gut bewähren, wenn die Sprosse nur in Wind und Wetter liegt, nicht aber, wenn sie sauren Rauchgasen ausgesetzt wird. Auch Kadmium wird in bezug auf chemische Widerstandsfähigkeit nicht viel mehr leisten können, als Zink. Chrom würde, weil sehr hart und chemisch schwer löslich, zweifellos einen sehr guten Rostschutz bilden, doch ist die Verchromung heute noch nicht weit genug entwickelt, sie ist auf bestimmte Spezialgebiete beschränkt.

(Für Schutzüberzüge aus Kupfer, Zinn, Nickel und Kobalt, die wie alle Metalle, die edler sind als Eisen, dieses nur bei porenfreiem Überzug schützen können, fehlen infolge verschiedener galvanotechnischer Schwierigkeiten praktisch anwendbare und zuverlässige Verfahren.)

Auch Blei ist edler als Eisen, weshalb Feuerverbleiung versagen muß; denn der Bleiüberzug, dessen Stärke man beim Eintauchen in flüssiges Blei nicht regulieren kann, ist zu dünn und infolgedessen porös. An den porösen Stellen bildet sich zwischen Eisen und Blei eine galvanische Kette und das Eisen geht in Lösung, d. h. es rostet schnell; feuerverbleite Eisenstücke rosten in feuchtem Sand viel rascher als solche mit Farbanstrich.

Sehr gut bewährt hat sich dagegen die in den letzten Jahren eingeführte porenfreie galvanische Verbleiung. Dieser Bleiüberzug widersteht den chemischen Angriffen mit Ausnahme jener von Salpetersäuren ganz ausgezeichnet.

Den beachtenswertesten Fortschritt im Glasdachbau stellt es aber zweifellos dar, daß es in den letzten Jahren nach mancherlei Rückschlägen gelungen ist, die Sprossen zu erschwinglichen Preisen mit einem *Emaillüberzug* zu versehen. Emaill ist ja im Grunde Glas und somit sehr widerstandsfähig gegen Säuren aller Art. Es ist weiterhin elektrischer Isolator, im Hinblick auf die öfters erwähnte galvanische Kette ein nicht zu unterschätzender Vorteil. Das vielfach gefürchtete Abspringen des Emailles tritt, wie Versuche zeigen, nicht ein, bevor das Eisen seine Streckgrenze erreicht hat; es ist also praktisch nicht zu erwarten. Auch die Schlagfestigkeit des

Emaillüberzuges konnte so weit erhöht werden, daß er den unvermeidbaren Stößen bei der Montierung und beim Transport gewachsen ist.

Damit komme ich zum Schluß!

Im Kampf gegen den Rost gilt für den Glasdachbau in erhöhtem Maße das, was allgemein in der Bautechnik Gültigkeit hat: Wir sind einige große Schritte vorwärtsgekommen; doch müssen wir aus Praxis und Wissenschaft noch weiterhin neue Lehren ziehen, prüfen, verbessern und das Beste behalten!

Doz. Dr. Ing. E. CHWALLA, Wien:

Die Stabilität zentrisch und exzentrisch gedrückter Stäbe aus Baustahl

Meine Herren! Die frühzeitig gewonnene Erkenntnis der Ungültigkeit der klassischen Eulerformel im Falle kleiner Stabschlankheiten wies schon in den ersten Entwicklungsjahren des Eisenbaues auf den entscheidend großen Einfluß, der dem *Formänderungsgesetz* eines Werkstoffes im Komplex der Knickerscheinungen zuzuschreiben ist. Da sich die Theorie von damals einer Erfassung des Problems noch nicht gewachsen zeigte, war man auch im einfachen Falle des rein zentrischen Kraftangriffes auf Formeln angewiesen, die ausschließlich der Versuchserfahrung entsprangen, bis es vor etwa zwei Jahrzehnten TH. V. KÁRMÁN in Anknüpfung an die Gedankengänge ENGESSERS gelang, zielbewußt die Gesetzmäßigkeit der zentrischen Knickfestigkeit aus dem Verhalten des Baustoffes unter reinem Druck, also aus dem *Formänderungsgesetz*, abzuleiten und die erhaltenen Ergebnisse durch sorgfältig durchgeführte Versuche zu bestätigen. KÁRMÁN entwickelte in seiner Abhandlung auch eine (wenn man von den verwendeten Spannungsbildern absieht) einwandfreie Methode zur Ermittlung der kritischen Achsiallasten bei *exzentrischen* Angriffen, hatte jedoch bei diesen Untersuchungen einzig die Erkenntnis des Einflusses sehr kleiner, sogenannter „unvermeidlicher“ Angriffsexzentrizitäten zum Ziele. Erst in den letzten Jahren erschienen zwei breiter angelegte Arbeiten, die auch die sog. „Knickfestigkeit“ beliebig exzentrisch gedrückter Baustahlstäbe behandeln und Prof. KROHN bzw. ROŠ-BRUNNER zum Verfasser haben. Die in der „Bautechnik 1923“ erschienene Abhandlung KROHNS beinhaltet den Versuch einer rein *analytischen* Erfassung des Problems, die begreiflichen Schwierigkeiten begegnet und zu vereinfachenden Annahmen wie auch zur Festsetzung der Sinuslinie als Gleichgewichtsform zwingt. Das erstrebenswerte Ziel, das Problem bis zu einem der Praxis unmittelbar zugänglichen Resultat zu verfolgen, hat nur die Arbeit ROŠ-BRUNNERS erreicht, deren praktisch bedeutungsvolle Ergebnisse Sie im Referate finden. Auch bei diesen Untersuchungen sind die Gleichgewichtsformen willkürlich angenommen, und zwar wurden der Einfachheit halber auch bei beliebig *exzentrischen* Kraftangriffen ganze Halbwellen der Sinuslinie gewählt (die z. B. an den beiden Stabenden zu dem Widerspruche führen, daß dem oft beträchtlichen Angriffsmoment der Achsialkraft eine Achsenkrümmung Null gegenübersteht). Dem exzentrischen „Knickproblem“ wurden ferner Spannungsbilder zugrunde gelegt, die im unelastischen Bereich ungeachtet des *gemeinsamen* Anwachsens von Grund- und Biegespannung eine Entlastungsgerade auf der Biegezugseite aufweisen, wodurch ein Teil der ermittelten Knicklasten zu groß erhalten wird. Wie ich schon im Rahmen der Diskussionen erwähnte, habe ich, insbesondere um die willkürliche Annahme der Deformationsfiguren auf ihre *praktische* Zulässigkeit zu prüfen, das Stabilitätsproblem eines zentrisch oder beliebig exzentrisch gedrückten Baustahlstabes mit Schärfe behandelt und in den „Sitzungsberichten der Akad. d. Wiss. in Wien 1928 (Abt. IIa, S. 469)“ das graphisch-analytische Verfahren zur Festlegung der ersten kritischen Achsiallasten für einen beiderseits gelenkig gelagerten Stab von Rechteckquerschnitt entwickelt. Die Abweichungen der erhaltenen Ergebnisse von