Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 75 (1957)
Heft: 33

Artikel: St. Alban-Brücke über den Rhein in Basel
Autor: Oberholzer, O.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-63404

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: 21.08.2025

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

Die St. Alban-Brücke über den Rhein in Basel

Fortsetzung von S. 462

DK 624.65

Dipl. Ing. **O. Oberholzer,** Tiefbauamt des Kantons Basel-Stadt, ist Verfasser aller folgenden Kapitel III bis VI

III. Die Belastungen

a) Die ständigen Lasten

Die ständigen Lasten sind in Bild 34 schematisch dargestellt. Das Eigengewicht g = 10,61 t der Brücke umfasst die Gewichte der Hauptträger, Fahrbahn, Gehwege, Verbände, Geländer, Revisionsstege mit den Holzbelägen, Fahrbahn- und Gehwegbeläge und Entwässerungseinrichtungen. Die Rohr- und Kabelleitungen der öffentlichen Werke, mit den Aufhängungen, Holzrosten usw. wiegen zusammen 1,875 t/m Brücke = 17,7 Prozent von 10,61 t/m.

Die Stahlrohrleitungen haben über dem festen Brückenlager auf dem linken Flusspfeiler einen Fixpunkt, von welchem sie in beiden Richtungen dilatieren können. Um eine freie Bewegung der Rohre auf ihrer Unterlage zu gewährleisten, sind sie bei jeder Aufhängung auf einem Paar konischer Rollen gelagert. In den beiden Widerlagern werden die Längenänderungen der Rohre durch Expansionseinrichtungen aufgenommen. Die Kabelstege finden ihre Fortsetzung in den Widerlagern auf längsbeweglichen Bühnen, die an der Fahrbahnplatte aufgehängt sind. Der Längenausgleich der Kabel erfolgt in vertikalen Schlaufen, die vom ersten Stock der Widerlager in einen besonderen Schlaufenraum hinunterhängen.

b) Die Verkehrslasten

Zu der Zeit, da die Verkehrslasten festgelegt werden mussten, hatten noch die vom Schweiz. Bundesrat am 14. Mai 1935 genehmigten Normen des S. I. A. über die Berechnung, die Ausführung und den Unterhalt aus Stahl, Beton und Eisenbeton Gültigkeit. Die vom S. I. A. eingesetzte Kommission zur Aufstellung neuer Belastungsnormen war unter dem Vorsitz von Prof. *F. Hübner* schon intensiv an der Arbeit und hatte bereits einige Belastungsvorschläge durchbearbeitet.

Als Belastungsvorschrift zu den Mitte Januar 1953 versandten Einladungen zur Teilnahme an einer engern Submission und nachher für die Ausführung wurde der Entwurf 1951 zur S. I. A.-Norm Nr. 160 betreffend die Belastungsannahmen, Inbetriebnahme und Ueberwachung der Bauten gewählt. Angesichts der Tatsache, dass die Brücke dazu bestimmt ist, in erster Linie dem schweren Verkehr aus den Basler Rheinhäfen und dem internationalen Güterverkehr zu dienen, gleichzeitig aber auch Auto- und Trolleybusse neuester Bauart der Basler Verkehrsbetriebe aufzunehmen, erfuhren die in Art. 9 des Normenentwurfes vorgesehenen Verkehrslasten gewisse Erhöhungen. So wurden die in Bild 35 versinnbildlichten Lasten vorgeschrieben.

Die gleichmässig verteilte Grundlast ist von 250 auf 300 kg/m² und für die Berechnung der Fahrbahneinzelteile die Anzahl der 26 t-Lastengruppen, sofern dadurch ungünstigere Wirkungen erzielt werden, von 2 bis auf 4 erhöht worden. Entlastend wirkende Achsen sind nicht berücksichtigt. Bild 36 zeigt die bei der Berechnung der Hauptträger zu berücksichtigenden Lasten. Auch hier waren entlastende Achsen nicht zu berücksichtigen.

IV. Die Beläge auf der Fahrbahn und den Gehsteigen

Der Belag muss auf seiner Unterlage derart haften, dass er weder unter dem Einfluss hoher Lufttemperaturen und der direkten Sonnenbestrahlung in der Richtung der Längs- und Querneigung der Fahrbahnplatte, noch infolge horizontal wirkender Brems- und Beschleunigungskräfte schiebt. Bei niederen Temperaturen darf er nicht wegen Sprödigkeit rissig werden und sich nicht von seiner Unterlage lösen. Vom Standpunkt der Verkehrssicherheit aus muss von der Verschleissschicht grösste und im Verlaufe der Zeit und bei jeder Witterung möglichst gleichbleibende und gute Griffigkeit verlangt werden.

Bei den ersten Ausführungen von orthotropen Platten in Deutschland wurde vielfach der Fahrbahnbelag auf seiner Unterlage verankert, und zwar durch besondere Schikanen oder Stahldrahtnetze, die auf der Oberfläche des Deckbleches aufgeschweisst wurden. In neuerer Zeit kam man — auch bei grossen Objekten, wie z. B. bei der Hängebrücke Köln-Mülheim — zur Erkenntnis, durch Weglassen jeder starren Befestigung des Belages diesem für besonders durch Temperatureinwirkungen hervorgerufene Längenänderungen eine gewisse Bewegungsmöglichkeit zu geben. Auch bei der St. Alban-Brücke wurde von einer starren Fixierung des Belages abgesehen.

Bei der Wahl der Art des Belages wurde überdies nach einem möglichst dichten, wasserundurchlässigen Material getrachtet. Wenn auch der Gussasphalt nicht als absolut wasserundurchlässig angesehen werden kann, so kommt er diesem

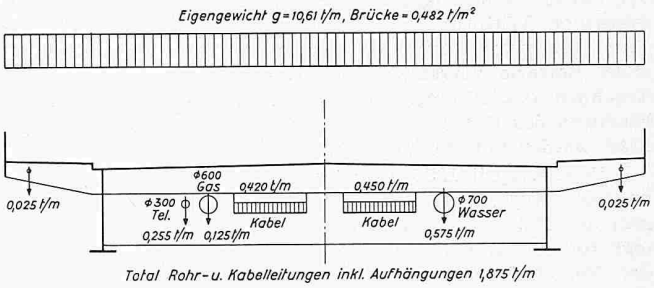

Bild 34. Ständige Lasten

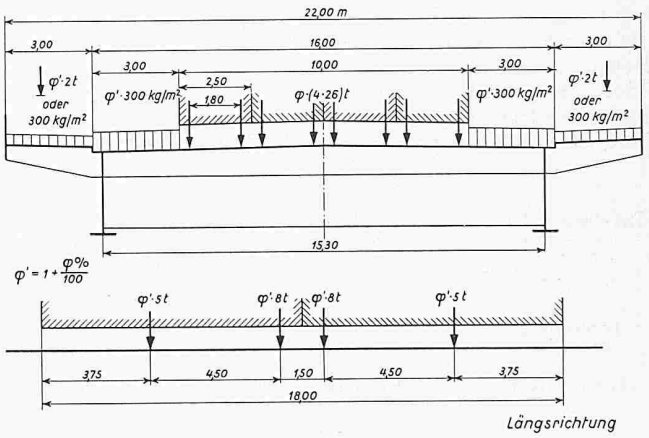

Bild 35. Verkehrslasten für die Fahrbahn

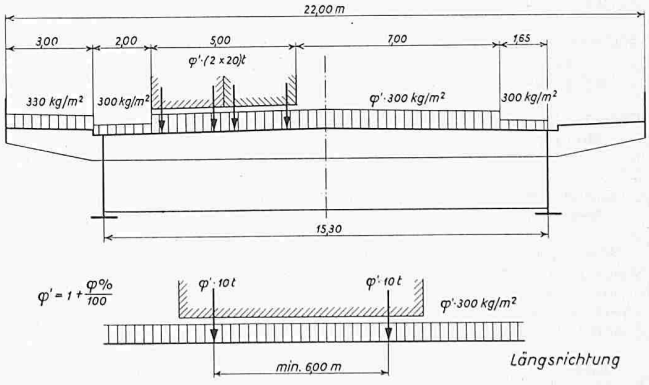

Bild 36. Verkehrslasten für die Hauptträger

Ziele unter den Belägen doch am nächsten. Gussasphalt ist deshalb in Deutschland bei allen Brücken mit orthotropen Platten als Belagsmaterial gewählt worden.

Die Oberfläche des Deckbleches erfuhr auf ihrem grösseren Teil eine Reinigung und Entrostung mit Sandstrahlgebläsen. Auf dem Rest der Oberfläche wurde diese Arbeit versuchsweise durch eine besonders für diesen Zweck angefertigte Fräse besorgt (Bilder 37 und 38). Die blanke Stahloberfläche wurde mit einem zweischichtigen, raschtrocknenden, kunstharzhaltigen und hitzebeständigen Rostschutzanstrich versehen. Ein in kaltem Zustand mit ca. 250 g/m² aufgestrichenes, latexhaltiges Bitumen 180/200 dient als Klebeschicht für die 2 mm starken, imprägnierten, stumpfgestossenen Filzbahnen. Diese Filzlage bildet die rauhe, schiebesichere Unterlage der 39 mm dicken Gussasphalt-Binderschicht. Diese hat einen Bitumengehalt von ca. 7,6 Gewichts-Prozent und setzt sich aus 55 % Mastix und 45 % Splitt von 3 bis 12 mm Korngrösse zusammen. Der Gussasphalt wurde in 215 Maschinenkochungen hergestellt. Jede Kochung wurde in einem auf der Baustelle von der Lieferfirma installierten Laboratorium untersucht. Man stellte eine durchschnittliche Härtezahl 9 bei 25° C fest.

Bei den beiden Trottoirs wurde bis und mit der Filzlage der gleiche Aufbau beibehalten. Der einschichtige Gussasphalt ist 21 mm stark, hat 8 % Bitumen und ist aus 58 % Mastix und 42 % Splitt zusammengesetzt.

Der Rostschutz und der Einbau des Gussasphaltes mussten von Mitte Januar bis Mitte März 1955 unter denkbar ungünstigen Witterungsverhältnissen ausgeführt werden. Die Fernhaltung von Regen und Schnee erforderte die Aufstellung einer Batterie verschiebbarer Dächer, unter welchen zum Trocknen des Bitumen-Latex-Anstriches und während des Einbaues des Gussasphaltes mit Oelöfen Tag und Nacht geheizt werden musste (Bild 39).

Vom 2. April 1955, dem Tage der Verkehrsübergabe an, über die Mustermesse bis in den Monat Mai hinein wickelte sich der Fahrverkehr auf der Binderschicht ab, bis im Mai und Juni die klimatischen Bedingungen für das Aufbringen der Verschleisschichten auf der Fahrbahn und den beiden Radstreifen gegeben waren. Die beiden 2,0 m breiten Radstreifen erhielten als Oberschicht eine 25 mm starke Gussasphaltlage. Für die dazwischenliegende 12,0 m breite Fahrbahn wurde ein für die Schweiz neuartiger, in England und Dänemark unter schwerstem Verkehr seit Jahren bewährter Belag gewählt. Dieser ist unter dem Namen «Natrabelag» im Jahre 1954 erstmals in der Schweiz auf der Betonfahrbahnplatte des Pont du Lancy in Genf eingebaut worden. In England ist er unter dem Namen «Rock-Non-Skid» bekannt.

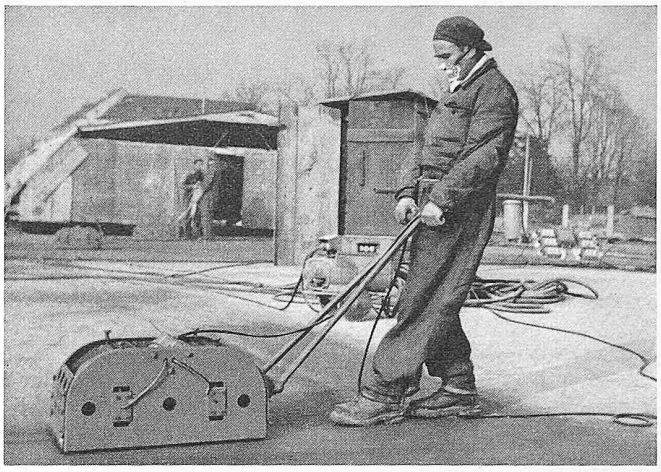

Bild 38. Reinigung des Deckbleches mit der Schleifmaschine System von Arx, Sissach (Bilder 37 bis 39 phot. A. Lehmann, Basel)

Nach gründlicher Reinigung der Oberfläche der Binderschicht wurde diese mit einem Anstrich aus 50 % Bitumen der Penetration 80/100 und ebensoviel Lösungsmittel versehen. Eine darauf gestreute und gleichmässig verteilte Schicht von 10 mm Asphaltpulver ergab das Bett für das eigentliche Belagsmaterial. Dieses setzt sich aus 46,45 Gewichts-Prozent Splitter 18/25 mm aus englischem Basalt, ebensoviel Splitter 15/18 mm aus weicherem Gestein, 2,1 % Bitumen 280/320 und 5 % Asphaltpulver zusammen. Der Splitter wurde per Rheinschiff nach Basel transportiert und hier von der verarbeitenden Unternehmung mit dem auf 140 ° C erwärmten Bitumen umhüllt. Das Belagsgut wurde mit einer Temperatur von 90÷100 ° C maschinell eingebracht, verteilt und in noch warmem Zustand mit einer 6÷8 t-Walze eingewalzt (Bilder 40 und 41). Längs den Schrammborden, den Dilatationen und um die Rahmen der Strassenwassersammler sind 10 mm breite Fugen angeordnet, die mit einer heissen Vergussmasse ausgegossen sind.

V. Der Rostschutz

Normalerweise werden Stahlkonstruktionen gereinigt und mit dem ersten Grundanstrich versehen auf die Baustelle angeliefert. Obwaltende Umstände zwangen die Bauleitung, von diesem Modus Abstand zu nehmen. Es blieb ihr deshalb nichts anderes übrig, als sich zur Vornahme der Reinigungsarbeiten auf der Baustelle selbst zu entschliessen. Den beiden damit verbundenen Nachteilen — Belästigung der Umgebung durch die Staubentwicklung, grösserer Aufwand an Zeit und Kosten — stehen bedeutende Vorteile gegenüber. Die unerlässlich strenge

Tabelle 3. Anstriche in den Musterfeldern

Grundanstrich 1.	*Grundanstrich* 2.	*Deckanstrich* 1.	*Deckanstrich* 2.	*Fläche in m²*
Bleimennige in Leinöl	Bleimennige in Leinöl	Eisenglimmerfarbe in Leinöl	Eisenglimmerfarbe in Leinöl	75
Kaltverzinkung I 250 gr/m²	Kaltverzinkung I 250 gr/m²	Sperrschicht 150 gr/m²	Eisenglimmerfarbe in Leinöl	75
Kaltverzinkung I 250 gr/m²	Kaltverzinkung I 250 gr/m²		Eisenglimmerfarbe in Leinöl	90,5
Kaltverzinkung II 200 gr/m²	Kaltverzinkung II 200 gr/m²		Eisenglimmerfarbe in Leinöl	181
Chlorkautschuk-Mennige	Nepron, schwarz, zweikomponentig	Nepron, schwarz, zweikomponentig	Eisenglimmerfarbe in Leinöl	90,5
Kunstharz-Mennige	Kunstharz-Mennige	Eisenglimmerfarbe in Leinöl	Eisenglimmerfarbe in Leinöl	271,5
Kunstharz-Mennige, bleifrei mit Chromverbindungen und Polyvan	Kunstharz-Mennige, etwas fetter, bleifrei polyvanhaltig	Kunstharz-Vorlack	Kunstharz-Deckfarbe	90,5
Blei- und kunstharzhaltige Mennige	Hochdisperse Kunstharz-Bleimennige	Kunstharz-Vorlack	Kunstharz-Deckfarbe	90,5

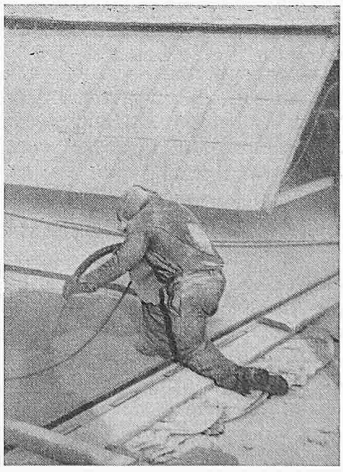

Bild 37. Reinigung des Deckbleches mit dem Sandstrahlgebläse

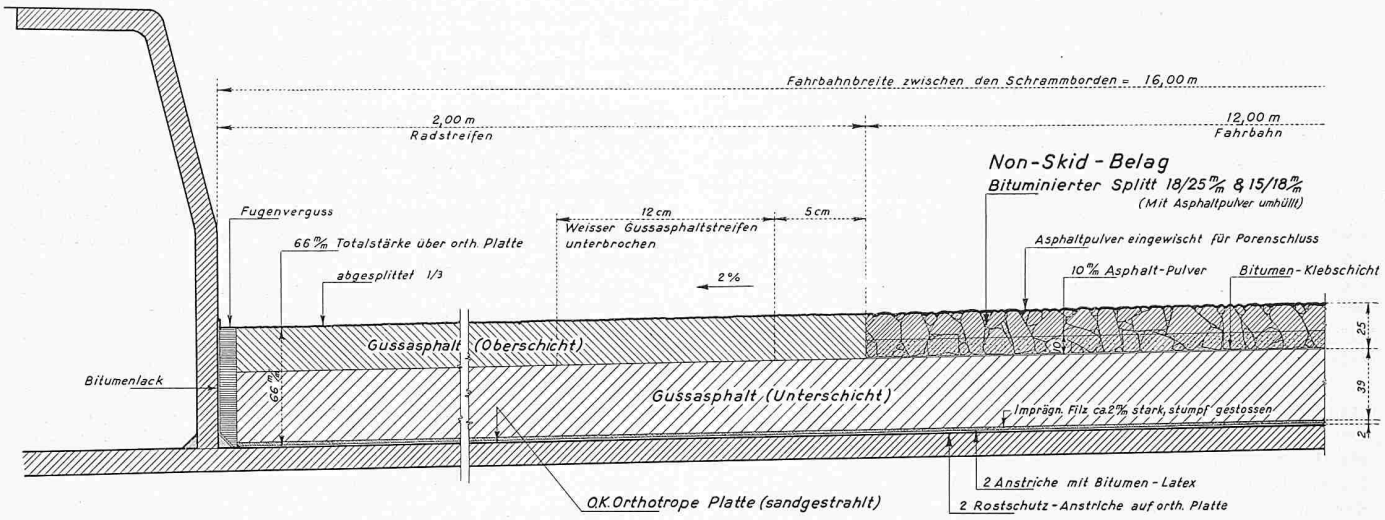

Bild 41. St. Alban-Brücke in Basel. Aufbau des Fahrbahn-Belages auf der orthotropen Platte, Masstab 1:4

Kontrolle der Reinigungs- und Anstricharbeiten konzentriert sich allein auf die Baustelle und kann besser und rationeller durchgeführt werden. Ausserdem fallen die Beschädigungen des ersten Grundanstriches durch den Transport, die Montage, das Nieten und Schweissen und die damit zusammenhängenden Ausbesserungsarbeiten dahin.

a) Die Reinigung und Entrostung

Bei der Wahl der Art der Reinigung und Entrostung war die grundsätzliche Erkenntnis wegleitend, dass diese für die Dauerhaftigkeit des Rostschutzes von ebenso grosser Bedeutung ist wie der Anstrich.

Die Handentrostung mit Hammer, Kratzeisen und Drahtbürste wurde nur für die Kontaktflächen zugelassen. Da jedoch eine Entfernung der Walzhaut mit den bei der Handentrostung zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln nicht möglich ist und bei schwer zugänglichen Stellen mit den Drähten der Bürste Rostrückstände mit Sicherheit zu erwarten sind, kam für die Schaffung eines idealen Anstrichuntergrundes ausser bei den Kontaktflächen die Handentrostung nicht in Frage. Von Anfang an stand die Sandstrahlreinigung im Vordergrund. Doch wurden Versuche mit mechanischen Reinigungsmitteln und mit einem Flammstrahlapparat durchgeführt. Ein Teil der ebenen Oberfläche des Deckbleches wurde mit fahrbaren Fräsen (vergl. Bild 38) behandelt, in welchen schnell rotierende quadratische Stahlplättchen die Reinigung besorgen. Um die Leistungsfähigkeit des Sandstrahlens zu erreichen, musste eine verhältnismässig grosse Zahl solcher Maschinen eingesetzt werden, die aber in ihrer Gesamtheit einen Lärm erzeugten, der für die Umgebung unerträglich war. Ein Versuch mit einer Druckluftpistole zeigte, dass mit diesem Verfahren die Leistung des Sandstrahlgebläses nie erreicht werden konnte. Auch ist mit der Pistole die Reinigung schwerzugänglicher Konstruktionsteile sehr fraglich, wenn nicht unmöglich.

Um die Staubentwicklung des Sandstrahlens zu vermeiden, hätte man gerne zum Flammstrahlen gegriffen. Diese Reinigungsmethode hat den einen grossen Vorteil, dass der erste Grundanstrich auf eine absolut trockene und noch etwas warme Unterlage aufgebracht werden kann. Der Verlauf des Versuches zeigte aber, dass verschiedene Fragen noch nicht restlos abgeklärt waren. Die Anwendung des Flammstrahlens scheint besonders einfach zu sein bei grossen ebenen Flächen wie den Stegblechen der Hauptträger. Eine genaue Kontrolle der Temperatur ist jedoch unerlässlich, wenn nicht Ausbeulungen infolge Temperaturstauungen riskiert werden sollen. Weitere ähnliche offene Fragen hielten die Bauleitung davon ab, sich für dieses Verfahren zu entscheiden.

Nachdem man auch von den vielen angepriesenen chemischen Entrostungs- und Rostumwandlungsverfahren aus verschiedenen Gründen Abstand genommen hatte, entschied man sich endgültig für das Sandstrahlen. Drei Arbeitsgruppen strahlten Quarzsand vom frühen Morgen bis in den frühen Nachmittag hinein. Es folgte eine strenge Kontrolle der gereinigten Flächen, ein Nachstrahlen der beanstandeten Flächenteile, und dann wurde die gesamte gestrahlte Fläche in der Grössenordnung von 150—250 m² Tagesleistung mit dem Grundanstrich versehen.

b) Die Rost- und Korrosionsschutzanstriche

Von allem Anfang an hatte sich die Bauleitung darauf festgelegt, ausser bei der Fahrbahnplatte unter dem Fahrbahnbelag, zwei Grundanstriche und je einen Zwischen- und Deckanstrich aufzubringen.

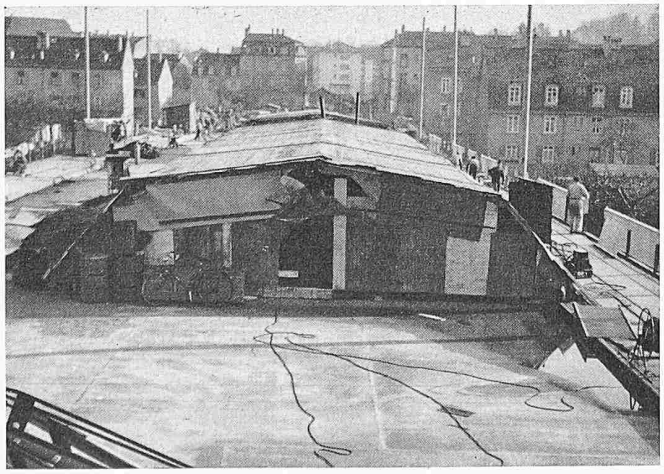

Bild 39. Fahrbares Schutzdach auf dem Fahrbahn-Deckblech

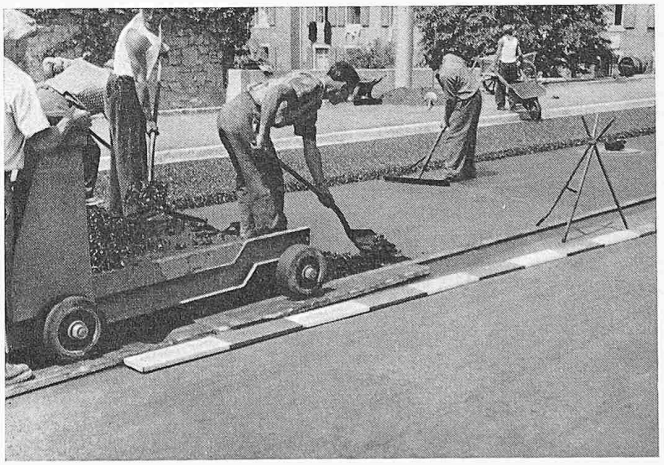

Bild 40. Einbau des Non-Skid-Belages auf der Grossbasler Zufahrtsrampe

Bei Objekten, die nur mit der normalen Atmosphäre in Berührung kommen, wie z. B. die Stahlkonstruktionen von Brücken, hat sich bis heute nach den langjährigen Erfahrungen und unvoreingenommenen Urteilen von Malermeistern, Farbfabrikanten, Chemikern und Verwaltungen kein Rostschutzgrundanstrich-Material besser bewährt als die Bleimennige mit Leinölfirnis als Bindemittel. Die verhältnismässig lange Trocknungszeit der Oelmennige verunmöglichte leider die Verwendung dieses altbewährten Rostschutzmittels und zwang zur Wahl einer schneller trocknenden Grundfarbe. Weder auf noch unter der Fahrbahn hätten frisch grundierte Flächen so dicht abgeschirmt werden können, dass von den benachbarten Bauteilen, wo mit dem Sandstrahlgebläse gearbeitet wurde, nicht Flugstaub zugeflogen und sich auf den frischen Farbanstrich abgesetzt hätte.

Für das ganze Objekt ist eine kunstharzhaltige Rostschutzfarbe auf Bleimennigebasis gewählt und in drei den besonderen Anforderungen angepassten Modifikationen angewendet worden. Das Material für den ersten Grundanstrich war in bezug auf seinen Kunstharzgehalt so eingestellt, dass der bis 18 Uhr aufgebrachte Anstrich am nächsten Morgen um 6 Uhr staubtrocken war. So konnte um diese Zeit in nächster Nähe des am Vorabend aufgebrachten Anstriches mit dem Sandstrahlen begonnen werden, ohne dass sich das Absetzen von feinem Staub und Sand auf diesen nachteilig auswirkte. Die beiden Anstriche auf dem Deckblech hatten ausserdem der Hitze des nachher aufzubringenden Gussasphaltes standzuhalten. Ein Versuch hat gezeigt, dass eine Erwärmung des Anstriches auf 250 ° C ausser einer schwachen Dunkelung keine nachteilige Veränderung desselben erkennen liess. Leider war eine starke mechanische Inanspruchnahme des Anstriches während den Gussasphaltarbeiten nicht ganz zu vermeiden. Regelmässige Messungen des Farbfabrikanten auf Porengehalt zeigten, dass der Anstrich dieser Belastung erstaunlich gut standgehalten hat. Trotzdem erhielten derart beanspruchte Teile des Deckbleches vorsichtshalber einen dritten Grundanstrich.

Da der Anstrich der Deckblechoberfläche mitten in den Winter fiel, zog man anfänglich die Verwendung von Taufeuchtmennigen in Erwägung. Für diese Arbeiten war jedoch ein äusserst gedrängtes Zeitprogramm vorgeschrieben, so dass die zwei bis drei Tage dauernde Trocknungszeit nicht gewährt werden konnte.

Für den ersten Grundanstrich der übrigen Flächen, wie Fahrbahnuntersicht, Hauptträger, Querverbände usw., wurde die Farbe etwas fettreicher gehalten als bei den Anstrichen auf dem Deckblech. Der Anstrich trocknet sehr rasch an und besitzt bereits nach einigen Stunden ausgezeichnete Beständigkeit gegen Feuchtigkeitseinflüsse aus der Luft oder durch Kondenswasser. Von grösster Bedeutung ist ausserdem seine grosse Haftfestigkeit. Der zweite Grundanstrich geschah, ausser auf dem Deckblech, mit fetter Bleimennige, bei welcher der Kunstharzzusatz auf ein Minimum reduziert wurde und lediglich der Beschleunigung des Trocknungsprozesses zu dienen hatte.

Von Anfang an stand für die beiden Deckanstriche die Verwendung von Eisenglimmerfarbe mit Leinölfirnis als Bindemittel fest. Als Lösungsmittel durfte nur reines Terpentin, also kein Terpentinersatz, verwendet werden. Die Anwendung von Sikkativ war nicht zugelassen.

Der erste Deckanstrich ist silbergrau; der zweite Deck-, d. h. Fertiganstrich, ist durch starken Aluminiumzusatz möglichst hellsilbergrau gehalten. Bei der Farbtonbestimmung war die Vermeidung einer Blendwirkung auf die Führer der Rheinschiffe von grosser Bedeutung.

Es wurde die Gelegenheit wahrgenommen, an der Unterseite von elf Feldern der Fahrbahnplatte Anstrichmuster mit einer ganzen Anzahl anderer, zum Teil ganz neuer, zum Teil altbewährter Farbmaterialien aufzutragen. Die Grösse der Musterflächen wurde so gehalten, dass in bezug auf das Verhalten der Anstriche einwandfreie Schlüsse gezogen werden können, beim allfälligen Versagen des einen oder andern Anstriches jedoch kein zu grosser Schaden entstehen kann. Als Vergleichsbasis dient ein Feld mit zwei Grundanstrichen aus hochdisperser Oelbleimennige und zwei Deckanstrichen mit der normalen Eisenglimmer-Oelrostschutzfarbe. Tab. 3 (S. 516) gibt einen Ueberblick über den Aufbau der Anstriche in den Musterfeldern. Bei den Farben der beiden letzten Musterfelder handelt es sich ausschliesslich um Anstrichmittel, welche aus fetten Kunstharzen hergestellt sind und keine besonderen Oelzusätze mehr enthalten.

Die *Brückengeländer* sind einer ausserordentlich grossen natürlichen und von Mutwilligkeit herrührenden mechanischen Abnützung unterworfen. Die Erfahrung zeigt, dass der Anstrich der Geländer in viel kürzern Zeitintervallen erneuert werden muss als derjenige der übrigen Brückenteile. Ganz besonders am Handlauf weist der Anstrich gewöhnlich nach kurzer Zeit schon Verletzungen auf, die zu örtlichen Anrostungen führen. Aber auch die untern Teile der Pfosten und Geländerfüllungen sind vielfältigen Abnützungen unterworfen. Diesen Umständen ist beim Geländer der St. Alban-Brücke in verschiedener Weise Rechnung getragen worden. Das einfache, durchsichtig wirkende Stabgeländer hat einen anodisch oxydierten Antikorodalhandlauf erhalten, der durch eingelegte Kunststoffstreifen gegen den eisernen Geländerholm isoliert ist. Das Stabgeländer selbst ist feuerverzinkt, mit einem doppelten Anstrich mit zweiteiligem Reaktions-Primer grundiert. Der Deckanstrich besteht aus einer aluminiumhaltigen Kunstharzfarbe, die sich bis jetzt als sehr haft- und schlagfest, hitze- und urinbeständig erwiesen hat.

Die *Entwässerungseinrichtungen* der Fahrbahn bestehen aus Rinnen, Abfallrohren und Kästen aus 2 bis 2½ mm starkem Alumanblech. Die Innen- und Aussenseiten sind nach dem Entfetten mit Hilfe eines Phosphatiermittels mit einem Zweikomponenten-Reaktions- oder Washprimer als Haftgrund vorbehandelt. Dieser Anstrich ist infolge seines Gehaltes an Phosphorsäure und Zinkchromatpigmenten in Verbindung mit speziellen Kunstharzbindemitteln ein zwar sehr dünner, aber ausserordentlich fest haftender Film, der einen guten Untergrund für die nachfolgenden Anstriche ergibt. Die mit dem im Winter salzhaltigen Oberflächenwasser in Berührung kommenden Innenflächen der Rinnen und Kästen erhielten je einen bituminösen Spezialgrund-, Zwischen- und Deckanstrich, die gegen Nässe und Feuchtigkeit und chemische Angriffe sehr resistent sind und gleichzeitig auch hohe Wetterfestigkeit besitzen. Die Aussenflächen sind mit einem zweimaligen Anstrich aus Eisenglimmer-Oelfarbe dem Farbton der Stahlkonstruktion angepasst. Die mit den Alumanrinnen in Berührung kommenden Stützwinkeleisen sind feuerverzinkt, mit Washprimer nachbehandelt und mit Eisenglimmerfarbe nachgestrichen. Die mit den Kästen unterhalb der Strassensammler in Kontakt gelangenden Aussenflächenteile der Hauptträger-Stegbleche sind mit dreimaligem Kaltverzinkungsanstrich isoliert. Ebenso hat die Rückwand der Sammelkästen in den Widerlagern, die an die Betonwand zu liegen kommt, einen besondern Schutzanstrich erhalten. Die Schrauben, die der Befestigung der Holzroste der drei Revisions- und Kontrollstege an die Längsträger dienen, sind durch Promatisierung ebenfalls gegen Verrostung geschützt.

Im Interesse der Erzielung eines genügend dicken und porenfreien, gleichmässig verteilten Farbfilmes wurde das gesamte Farbmaterial mit dem Pinsel aufgebracht und verarbeitet.

Mit der ständigen Kontrolle und Ueberwachung der Reinigungs- und Anstricharbeiten ist von der Bauleitung ein besonders im Farbmaterial und dessen Verarbeitung gut bewanderter Malermeister betraut worden. Dessen Tätigkeit erstreckte sich auch auf die Vorbereitung der Farben für den Anstrich. Ein besonderes Augenmerk erfordert die Tendenz der Maler, die Farbe zur Erzielung einer besseren Streichbarkeit zu verdünnen. Die wirkungsvollste, sicherste Kontrolle kann ausgeübt werden, wenn der Bauherr die Farben selbst vom Fabrikanten bezieht und diese mit samt dem Verdünner entsprechend dem Verbrauch dem Maler abgibt.

Auf der Baustelle wurden rund 24 500 m² mit den Sandstrahlgeblä-

Tabelle 4. Uebersicht der im ganzen durchgeführten Proben

	Chem. Analysen	*Zerreissproben gewöhnliche Qual.*	*Zerreissproben umfassende*	*Faltbiegeproben*	*Kerbschlagproben Anlieferungszustand +20° C*	*Kerbschlagproben Anlieferungszustand —20° C*	*Kerbschlagproben gealtert +20° C*
in den Werken	133	412	—	359	835	836	676
an der EMPA	11	94	23	30	34	61	76

sen gereinigt und rund 32 000 m² Stahloberfläche mit Rostschutzanstrichen versehen.

VI. Das Kontroll- und Materialprüfungswesen

a) *Betonkontrolle.* Aller Beton, sowohl für die Pfeiler als für die Widerlager, wurde auf der Baustelle hergestellt. Für den Eisenbeton des linken Widerlagers geschah der Antransport von Kies und Sand getrennt nach den beiden Komponenten 3÷8 und 8÷30 mm. Der mit der Erstellung der beiden Strompfeiler und des rechten Widerlagers beauftragte Unternehmer bezog das Kies-Sandmaterial mit Einwilligung der Bauleitung gemischt aus einer mit moderner automatischer Dosierungsanlage ausgerüsteten Grube. Für die Prüfung der Betonwürfel stand die Materialprüfstelle des nahen Kraftwerks Birsfelden zur Verfügung.

b) Mit der *Ueberprüfung der statischen Berechnung und der Konstruktionspläne* des Ueberbaues in Stahl betraute das Baudepartement Dr.-Ing. *Rudolf Mayer,* Prüfingenieur für Baustatik in Neckarsteinach. Der Experte war seinerzeit mit der Prüfung der Berechnungen und Pläne der Kurpfalzbrücke in Mannheim für das dortige städtische Tiefbauamt beauftragt und wurde durch seine enge Kontaktnahme mit dem Förderer der statischen Berechnung von orthotropen Platten, Dr. *Cornelius,* mit dem Wesen der orthotropen Platten ganz besonders vertraut.

c) Prüfung des Konstruktions- und Nietstahls sowie der Elektroden.

Diese erfolgte auf Grund der besondern Abnahmevorschriften durch den Abnahmeingenieur der Firma *Buss AG.* Die Abnahmebedingungen für St. 37 und St. 52 wurden von der projektierenden Firma entworfen und dem Tiefbauamt vorgelegt, welche diese zuerst seinem Experten, Dipl. Ing. *O. Wichser,* dem damaligen Oberingenieur der SBB und heutigen Generaldirektor vorlegte. Sie nahmen ihre definitive Form an anlässlich einer Beratung zwischen den Vertretern des Tiefbauamtes und seinem Experten und der Firma Buss AG. mit ihrem Berater, Prof. Dr. *F. Stüssi,* mit den Professoren *E. Amstutz* und Dr. *Th. Wyss* sowie Dr. *J. Friedli* von der EMPA.

Für den Umfang der Abnahmeversuche waren folgende Vorschriften massgebend:

Für Konstruktionsstahl der Qualität	Q_1	Q_2	Q_3
1 Satz pro 10 t, längs und quer, am Kopf entnommen, mindestens 1 Satz pro Charge und Dicke:			
Zugproben	1	1	1
Faltbiegeproben	1	1	1
Kerbschlagproben	3	2	—

Auf je 10 Sätze wurde ein, mindestens aber ein zusätzlicher Satz der EMPA zur Nachkontrolle übergeben. Bei den Qualitäten Q_1 und Q_2 wurden pro fünf Chargen bei der EMPA je eine Kontrollanalyse durchgeführt. Zusätzlich entnahm man jedem einzelnen der 306 Fahrbahnbleche aus Q_1 eine Kerbschlagprobe quer.

Für Nietstahl St. 44: Eine volle Serie (Zug-, Faltbiege- und Stauchversuch) pro Charge und 3 t, mindestens aber zwei Serien pro Charge und Durchmesser.

Für Elektroden: 2 Zug-, 2 Ermüdungs- und $3 \times 2 = 6$ Kerbschlagproben pro Charge und Elektrodendurchmesser.

Tabelle 5. Prüfungsergebnisse der verwendeten Stähle

Belgisches Werk, Bleche, St. 52, Q_1 und Q_2

		C %	Mn %	P %	S %	P+S %	Si %	σ_s kg/mm²	β_z kg/mm²	λ_5 %	Kerbschlagzähigkeit K in mkg/cm²	$K_{+20°}$	$K_{-20°}$	$K_{A+20°}$
Werk	Min.	0,170	1,00	0,013	0,016	0,029	0,450	33,6	52,0	22,3	längs	10,2	8,1	8,7
											quer	6,8	5,0	4,7
	Max.	0,195	1,38	0,027	0,024	0,056	0,610	48,5	62,2	35,8	längs	25,4	24,2	18,4
											quer	12,2	11,7	10,2
EMPA	Min.	0,170		0,011	0,022	0,041		33,3	53,5	25,0	längs	20,5	20,4	13,2
											quer	9,5	5,5	5,6
	Max.	0,190		0,020	0,030	0,042		41,6	58,8	32,6	längs	26,6	26,3	25,1
											quer	10,8	10,4	10,0

Oesterreichisches Werk, Deckblechlängsrippen 200.12-14 m/m, St. 52, Q_1

Werk	Min.	0,160	1,22	0,015	0,026	0,049	0,033	32,6	51,6	28,3	längs	13,7	10,4	5,4
	Max.	0,180	1,50	0,027	0,030	0,062	0,048	43,5	60,0	34,4	längs	23,3	23,3	16,3
Vorschrift	Max.	0,180		0,040	0,040	0,070		Min. 36	52-62	22	Mittel	8	Min. 3	Mittel 5

Deutsches Werk, Hauptträger-Gurtlamellen 900.20, St. 52, Q_3

Werk	Min.	0,170	1,15	0,013	0,022	0,045	0,380	34,6	53,2	26	längs	12,2	7,8
	Max.	0,200	1,40	0,040	0,035	0,071	0,500	41,1	59,8	31	längs	18,6	15,1
EMPA	Min.	0,160	1,29				0,530	36,6	55,5	29,7			
	Max.	0,210	1,41				0,570	36,9	55,6	30,5			
Vorschrift	Max.	0,200		0,060	0,060	0,100		Min. 35	52-62	22			

Nietstahl St. 44

		C %	Mn %	P %	S %	P+S %	Si %	σ_s kg/mm²	β_z kg/mm²	λ_5 %	c_5 kg/mm²	$K_{+20°}$ mkg/cm²	$K_{-20°}$ mkg/cm²
Werk	Min.	0,170	0,48	0,015	0,016	0,033	0,280	31,1	45,5	29,0	14,1	12,4	7,5
	Max.	0,210	0,59	0,025	0,022	0,044	0,360	42,6	53,0	34,0	16,0	20,9	16,2
	Mittel	0,186	0,53	0,020	0,019	0,038	0,295	36,7	49,9	30,9	15,4	16,3	11,0
Vorschrift	Max.	0,18	1,00	0,06	0,06	0,10	0,60	Min 31	44-52	27			

Die Mehrzahl der Stauchproben liessen sich auf ⅓ ihrer ursprünglichen Länge stauchen, ohne Anrisse zu zeigen.

Elektroden. Ein Teil der verwendeten Elektroden stammte aus Restbeständen von den Schützen des Kraftwerkes Birsfelden, die seiner Zeit in den betreffenden Werken nach den gleichen Bedingungen abgenommen worden sind. Zusätzliche Proben zeigten u. a. folgende Resultate:

EHV-Elektroden ϕ 5 und ϕ 6 mm, Probestäbe aus reinem Schweissgut

	σ_s kg/mm²	β_z kg/mm²	λ_5 %	c_5 kg/mm²	$K_{+20°}$ mkg/cm²	$K_{-20°}$ mkg/cm²	$K_{A+20°}$ mkg/cm²	σ_u kg/mm²
Min.	40,1	52,2	22,0	12,0	10,6	7,35	6,7	37,1
Max.	45,8	54,4	30,5	16,5	12,4	9,7	10,4	41,0
Mittel	43,4	53,7	27,3	14,7	11,4	8,1	9,5	39,0

Elektroden für Wurzel- und Fülläufe, Schweissung von Hand in Wannenlage, vertikal und Ueberkopf

Min.	40,8	50,9	22,0	11,5	11,2	10,9	10,1	40,0
Max.	63,8	70,6	32,3	17,9	21,3	16,0	15,3	51,5
Mittel	46,4	56,7	28,4	16,0	17,3	13,7	12,8	43,6
Vorschrift Min.	36,0	52,0	20,0	12,5	12,0	10,0	8,0	28,0

Die Abnahme des Konstruktionsstahles erstreckte sich auf 4206 Stücke mit einem Gesamtgewicht von 1855 t in acht ausländischen und einem schweizerischen Stahlwerk. Ausser der Feststellung der physikalischen Eigenschaften und chemischen Zusammensetzung des Stahls war jedes Stück auf seine Oberflächenbeschaffenheit und Abmessungen zu überprüfen, wobei in bezug auf die zulässigen Toleranzen die einschlägigen DIN-Normen Nr. 1612 für Form-, Stab- und Breitflachstahl und Nr. 1543 für Bleche wegleitend waren.

Das belgische Walzwerk z. B. walzte für die St. Alban-Brücke 533 Bleche und schied davon auf Grund eigener Prüfung 43 Bleche aus, so dass dem Abnahmebeamten noch 490 Bleche vorgelegt werden konnten. Wegen Mängeln, die dieser anlässlich der Besichtigung feststellte, schied er weitere 23 Bleche oder 4,7 % aus. 467 Bleche wurden angenommen und, nachdem das Resultat der Kontrollproben der EMPA die im Werk festgestellten Materialqualitäten bestätigte, zum Abtransport freigegeben.

Auf Grund der Qualitätsuntersuchungen wurden im ganzen von 150 Chargen 17,5 zurückgewiesen und 132,5 angenommen.

Zur Feststellung und Kontrolle der Materialeigenschaften wurden die in Tabelle 4 verzeichneten Proben durchgeführt. Ausserdem veranlasste die Bauleitung die Durchführung von fünf Zug-Ermüdungsversuchen im Pulsator zur Feststellung der Ursprungsfestigkeit.

Die Schlagbiegeversuche an eingekerbten Stäben erfolgten

a) im Anlieferungszustand bei Raumtemperatur ($K + 20°$)
b) im Anlieferungszustand bei —20° C ($K - 20°$)
c) gealtert, d. h. 5 % gereckt und während 30 Minuten bei 250° C angelassen ($K_A + 20°$)

Die Schweissbarkeit des Stahles wurde bei der Bestimmung und Auswahl der Stähle mit Hilfe eines vollständigen *Schnadt*-Programmes beurteilt und in den Werken durch die Kerbschlagproben kontrolliert.

Tabelle 5 gibt für einige wichtige Materialkategorien die in den betreffenden Werken festgestellten Prüfungsresultate und die zugehörigen Kontrollwerte der EMPA mit der Gegenüberstellung der vorgeschriebenen Werte. *(Schluss folgt)*

Die Propellerturbinen-Entwicklung in der Sowjetunion

DK 621.438:621.431.75

Vortrag gehalten am 6. Febr. 1957 an der ETH von Dipl. Ing. **Ferdinand Brandner**, Graz-Andritz

Schluss von S. 511

2. Brennkammer

Die Brennkammer war das Herzstück der Konstruktion; wir betrachteten sie von Anfang an als Neukonstruktion und gaben sie infolgedessen erst nach langen vorbereitenden Versuchen für die Gesamtanordnung frei. Die Forderungen, die wir zur damaligen Zeit an sie stellten, wurden weder von der Einzelbrennkammer-Konstruktion, noch von der Ringbrennkammer damals bekannter Ausführung erfüllt. Sie lauteten:

1. Gleichmässige Temperaturverteilung über den ganzen Umfang des Leitschaufeleintritts;
2. Einhaltung eines bestimmten radialen Temperaturverlaufes;
3. höchster Ausbrand-Wirkungsgrad;
4. geringste Druckverluste;
5. keine örtlichen Temperaturspitzen an den Brennkammerwänden;
6. keine Deformationen.

Wir bauten die Brennkammer, wie aus den Bildern 4 und 5 ersichtlich, aus zwei streng voneinander getrennten Baulementen auf, den Primärteil, der als Einzelkopf so zu konstruieren war, dass in ihm der gesamte Brennstoff verbrannt werden sollte, und den Sekundärteil als Ringbrennkammer, in der die Kühlluft durch Taschen so geführt wurde, dass die geforderte Temperatur vor Turbine eingehalten werden konnte. Die Konstruktionsidee erwies sich als sehr glücklich, wenn sie auch ihre endgültige Form erst nach etwa 500 Versuchen an Einzel-, Doppel- und Dreifach-Kammern erlangte. Die völlig spannungsfreie Aufhängung der Kammer vermied jederlei Deformation. Zu ihrer Erprobung bauten wir zuerst einen Prüfstand, der aus einem elektrisch angetriebenen Gebläse und einer *fest* eingebauten Brennkammer bestand, bei welcher aus der Messung der Gastemperatur T_4 vor dem ersten Leitrad der Turbine der Ausbrandwirkungsgrad gerechnet werden konnte. Da die Kompressorleistung für Bodenverhältnisse nicht ausreichte, konnte nur ein Zustand entsprechend 8 km Höhe gefahren werden. Vorher wurde systematisch das Verbrennungsbild des Primärteiles hauptsächlich visuell und mit der Nase vorstudiert sowie Form und Grösse des Kraftstoffspritzwinkels und der Luftzuführungen bestimmt. Dann erst hat man den Sekundärteil angeschlossen und die Temperaturverteilung am Brennkammeraustritt gemessen. Die Temperaturfeldmessung war ausserordentlich schwierig, da die ganzen Randzonen und lokalen Ungleichförmigkeiten im Feld der Messung nur schwer zugänglich waren. Trotzdem brachte uns dieser Prüfstand ein gewaltiges Stück vorwärts. Die im Verlauf der Erprobung des ersten Gerätes einsetzenden Diskussionen über die einzelnen Wirkungsgrade bei Kompressor, Brennkammer und Turbine hatten fruchtbare Folgen und zwangen alle einzelnen verantwortlichen Abteilungsleiter zu stärkerer Eigenkritik, zur Auffindung bester Messmethoden und zu konstruktiven Verbesserungen.

Obwohl am Triebwerkprüfstand alles so genau wie nur möglich gemessen wurde, um den Luftdurchsatz, den Gesamtdruck nach Verdichter, die Gesamttemperatur nach Verdichter, die Gesamttemperatur am Schubdüsenaustritt, den Schub, die Leistung und den Kraftstoffverbrauch bestimmen zu können und diese Werte alle nach bekannten Beziehungen auf einen Normalzustand umgerechnet wurden, war es nicht möglich, eine genaue Trennung von Ausbrand- und Turbinenwirkungsgrad durchzuführen. Aus diesem Grunde entschlossen wir uns, einen neuen Brennkammerprüfstand zu bauen, welcher gestattete, sicher und genau den Ausbrandwirkungsgrad zu ermitteln. Dieser ergab sich zu 98 bis 98,5 %, und es konnte damit nachgewiesen werden, dass auf der Turbinenseite etwas noch nicht in Ordnung war.

Der von uns entwickelte Pendelschub-Messprüfstand ist in Bild 6 zu sehen. Die Einführung der Verbrennungsluft in den bewegten Teil der Anlage erfolgte zentral über ein Labyrinth mit verhältnismässig grossem Spiel, um Reibungsverluste mit Sicherheit auszuschliessen. Da die Messtrecke für die Luftmengenmessung im bewegten Teil der Anlage angeordnet ist, beeinflusst der Luftverlust im Labyrinth die Messgenauigkeit nicht. Die Anlage kann jederzeit durch Betrieb mit reiner Luft überprüft werden, wobei die aus dem gemessenen Schub berechnete Temperatur der Luft mit der durch Temperaturmessung ermittelten verglichen wird. Für die Messgenauigkeit ist die genaue Kenntnis der Abhängigkeit des Austritts-Querschnittes der Düse von der Gastemperatur nötig, was experimentell bestimmt werden muss.

Folgende Gleichungen gelten für die Ermittlung des Ausbrand-Wirkungsgrades:

1. Gasgeschwindigkeit im Düsenaustritt

$$c_{Gas} = \frac{S\,g}{G_L + G_B} \text{ m/s}$$

2. Statische und Gesamt-Gastemperatur im Düsenaustritt

$$T_{stat.\,Gas} = \frac{F\,c_{Gas}\,P}{R_{Gas}\,(G_L + G_B)} \text{ °K} \qquad \text{hierin sind:}$$

$$F\,\gamma\,c = G_L + G_G \qquad RT = \frac{P}{\gamma}$$

$$t^*_G = t_G + \frac{A\,c^2_{Gas}}{c_p\,2\,g} \text{ °C}$$

3. Energiebilanz

$$G_L\,i^*_L + \eta_B\,G_B\,H_u = G_G\,i^*_G, \quad \text{mit}$$

$$i^*_L = \left(c_{pmL}\,t_L + A\,\frac{c_L^2}{2\,g}\right)\;;\; i^*_G = \left(c_{pmG}\,t_G + A\,\frac{c_G^2}{2\,g}\right)$$