

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 127/128 (1946)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Einzelachs-Hochdruck-Lokomotive für die französische Staatsbahn  
**Autor:** Nyffenegger, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-83864>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.02.2025

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

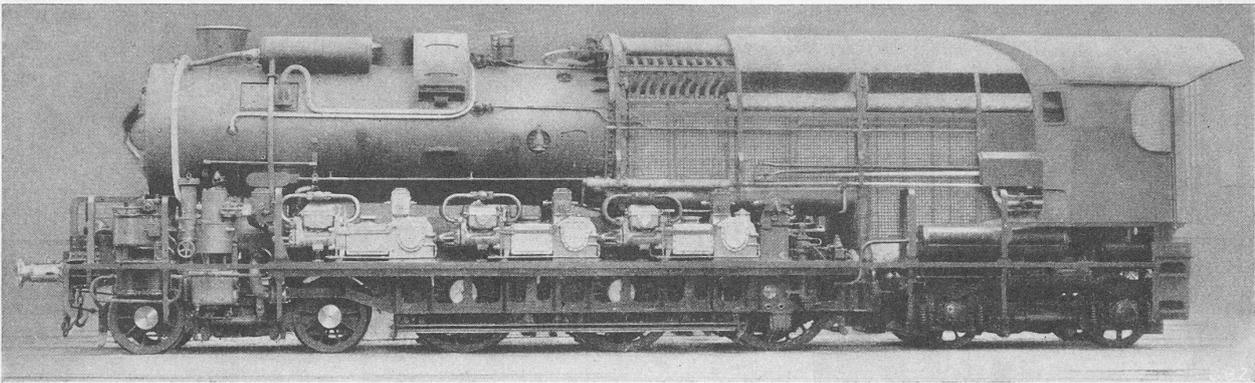


Bild 1. 2-Co-2 Einzelachs-Hochdruck-Lokomotive der SLM für die französische Staatsbahn, mit abgenommener Stromlinienverschalung

## Einzelachs-Hochdruck-Lokomotive für die französische Staatsbahn

Von H. NYFFENEGGER, Obering. der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur

### 1. Einleitung und Grundlagen des Baues

Trotz ihres unbefriedigenden thermischen Wirkungsgrades dient in kohlereichen Ländern die in ihrer Einfachheit, Betriebssicherheit und Anpassungsfähigkeit kaum zu überbietende Auspuff-Kolbendampflokomotive noch heute in grösstem Umfange als Zugförderungsmittel. Nachdem die Verbundwirkung, die Dampferhitzung und die Speisewasser-Vorwärmung — um nur die hauptsächlichsten Entwicklungsstufen der Dampflokomotive zu nennen — ganz allgemein Anwendung gefunden hatten, schien eine weitere thermische Verbesserung nur noch durch die Erweiterung des Wärmegefälles nach oben und unten möglich. Die in den 20er Jahren gebauten Versuchsausführungen von Kondensations-Turbolokomotiven und Hochdruck-Auspufflokomotiven boten wohl aussergewöhnliches technisches Interesse; sie konnten sich jedoch nicht durchsetzen und bildeten auch keine ernsthafte Konkurrenz für die übliche Dampflokomotive. Erst der zunehmende Wettbewerb mit elektrischen Lokomotiven und Dieselfahrzeugen hat zu Anfang des vorigen Jahrzehntes Anstoss zu einer neuen, unerwarteten Entwicklung der Dampflokomotive an sich ganz normaler Bauart gegeben. Die Geschwindigkeiten aerodynamisch verkleideter Dampflokomotiven wurden gesteigert, bis die 200 km-Grenze erreicht war. Aber auch ihr Leistungsgebiet, dessen enge Grenzen vielfach den Hauptgrund ihrer Verdrängung bildete, konnte stark erweitert werden. Die Leistungserhöhung, die in erster Linie französischen Fachleuten zu verdanken ist, wurde nicht etwa mit grösseren Abmessungen erreicht, sondern bemerkenswerterweise dadurch, dass die Wirkungsgrade des Kessels, der Antriebsmaschine und des feueranfahenden Blasrohres durch verhältnismässig einfache Aenderungen strömungstechnischer Natur eine grosse Steigerung erfahren haben. Wissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden, ohne die beispielsweise die Dampfturbine, der Verbrennungsmotor und das Flugzeug niemals die bekannten grossartigen Entwicklungen genommen hätten, fanden endlich auch im alten, konservativen Dampflokomotivbau Anwendung. Es ist nicht zu erwarten, dass die Entwicklung der Dampflokomotive auf dieser letzterreichten Stufe Halt machen wird, sind doch die grossen thermischen Verbesserungsmöglichkeiten, die wesentlich erweiterte Druck- und Wärmegefälle bieten — im Gegensatz zu ortsfesten modernen Dampfkraftanlagen — praktisch noch gar nicht ausgeschöpft. Aber auch in mechanischer Hinsicht steht vielleicht eine Umwälzung bevor, drängt doch die Forderung nach immer höheren Fahrgeschwindigkeiten und Leistungen zum Verlassen des mit grossen Mängeln behafteten Stangenantriebes.

Die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur (SLM) hatte bereits mit dem Bau einer Kondensations-Turbinenlokomotive<sup>1)</sup>, der gemeinsam mit der Firma Escher Wyss & Cie., Zürich, erfolgte, und mit dem einer ersten 60 atü Auspuff-Lokomotive mit Blindwellenantrieb<sup>2)</sup> tatkräftig in die Entwicklung der Dampflokomotive eingegriffen und dabei einen Schatz wertvoller Erfahrungen gesammelt. Auf Grund der unterdessen gewonnenen weiteren Erfahrungen mit den verschiedensten Antriebsformen elektrischer Lokomotiven, insbesondere aber

auch mit einer schnellaufenden, ortsfesten 100 atü-Gegendruck-Dampfmaschine von 1775 PS<sup>3)</sup> wurde die in Bild 1 dargestellte neuartige Hochdruck-Dampflokomotive für grosse Leistungen entworfen, deren drei Einzelachsenantriebe mit sechs Dreizylinder-Dampfmaschinen das hervorstechendste Merkmal bildet. Die französische Nordbahn, die sich für die seinerzeitigen Versuche mit der ersten 1000 PS Hochdruck-Blindwellenlokomotive der SLM<sup>4)</sup> lebhaft interessierte, beschloss die Anschaffung der vorgeschlagenen 2-C<sub>0</sub>-2 Einzelachs-Hochdruck-Lokomotive, mit deren Bau die aus der Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, der Cie. Five Lille und der Cie. Schneider Creusot gebildete Arbeitsgemeinschaft betraut wurde. Die drei genannten französischen Firmen hatten sich die Mitarbeit der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik gesichert, die ihrerseits die Konstruktionszeichnungen für die neue Hochdruck-Lokomotive ausarbeitete, ihre darauf Bezug habenden Patente lizenzweise zur Verfügung stellte und ferner die Lieferung des Kessels und der Antriebe übernahm. Ausgangspunkt der Konstruktion bildete die von der Bestellerin vorgeschriebene Bedingung, dass die Hochdruck-Lokomotive zum Vergleich mit der normalisierten Superpacific-Lokomotive 3.1200 (Bild 2) einen in Fläche und Neigung gleichen und in der Form möglichst ähnlichen Rost erhalten müsse und dass auch die selbe grösste stündliche Kohlenmenge von einem Heizer sollte von Hand verfeuert werden können. Auf Grund dieser Vorschriften wurde eine indizierte Dauerleistung von 3300 PS im Pflichtenheft vorgeschrieben. Vom höherwertigen Arbeitsprozess erwartete die Bestellerin also nicht eine absolute Kohlenersparnis, sondern eine entsprechende Leistungssteigerung. Mit einer normalen Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h und einer ausnahmsweisen Spitzengeschwindigkeit von 140 km/h waren keine extremen Forderungen gestellt. Im folgenden soll nun über den Aufbau dieser neuartigen Lokomotive berichtet werden.

### 2. Der Hochdruck-Wasserrohrkessel

Es ist klar, dass der Hochdruckkessel für 60 atü der 1000 PS Blindwellen-Lokomotive aus dem Jahre 1927 in seiner äusseren Gestaltung für eine mehrfach gesteigerte Leistung nicht einfach nachgebildet werden konnte, wenn auch wichtige Aufbauteile, wie die gabelförmigen Verdampferelemente und die quergestellten Wasserkammerwände mit einigen konstruktiven Verbesserungen wieder Anwendung fanden. Eine Obertrommel von

<sup>3)</sup> SBZ Bd. 109, S. 123\*, 1937: H. Nyffenegger «Die 100 at-Kolbendampfmaschine der SLM Winterthur»

<sup>4)</sup> SBZ Bd. 97, S. 297\*, 1931: H. Nyffenegger «Die 60 at-Hochdrucklokomotive Winterthur»

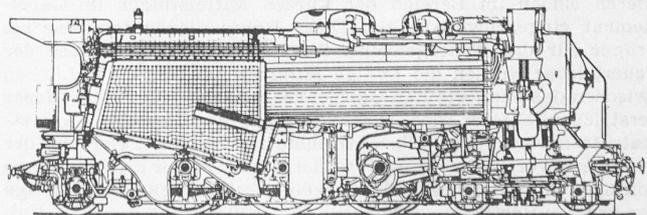


Bild 2. 2-C-1 Schnellzuglokomotive Serie 3.1200 (Superpacific) der ehemaligen französischen Nordbahn

<sup>1)</sup> Escher Wyss-Mitteilungen 1928 S. 51, 95, 163 und 1929 S. 46: H. Nyffenegger «Die Zoelly-Dampfturbinen-Lokomotive».

<sup>2)</sup> SBZ Bd. 91, Seite 265\* und 280\* 1928: J. Büchli «Hochdrucklokomotive Winterthur für 60 at-Kesseldruck».

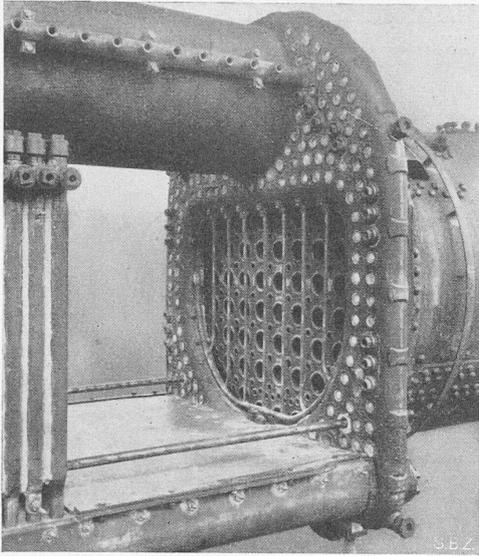


Bild 3. Russbläser für Hoch- und Niederdruck-Rauchgas-Speisewasservorwärmer

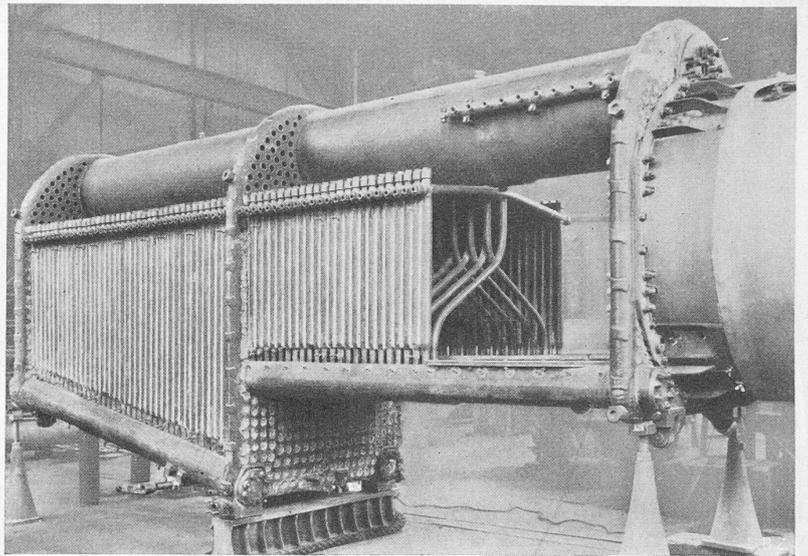


Bild 4. Kessel der 3300 PS-Hochdruck-Lokomotive. Feuerbüchse, Verbrennungskammer, Ueberhitzerraum

700 mm  $\varnothing$  bildet nach wie vor das Rückgrat des Hochdruckkessels. Anstelle von zwei waagrecht Untertrommeln sind aber deren vier getreten, und zwar zwei schrägliegende Feuerbüchstrommeln und zwei waagrechte Verbrennungskammer-Trommeln (Bild 4). Wie früher sind die Trommeln in entsprechende Ausschnitte der Wasserkammerwände eingeschoben und eingeschweisst, derart das Gerüst des Hochdruck-Verdampfers bildend. Bohrungen am Umfang der Trommeln stellen freie Verbindungen mit den drei Wasserkammerwänden her. Die Obertrommel besitzt gesondert geschmiedete und angeschweisste Böden. Ein nach innen einschwenkbarer Mannlochdeckel ermöglicht den Zutritt zur Obertrommel. Die als «Fallrohre» dienenden Wasserkammerwände bestehen aus je zwei an den Rändern gegeneinander gekümpelten und verschweissten Blechen von 14 mm Dicke, die durch eingeschraubte, leicht eingewalzte und dicht geschweisste Stehröhrchen gegeneinander verankert sind<sup>5)</sup>. Die vordere und die mittlere Wasserkammerwand besitzen je eine grosse, freie Gasdurchgangsöffnung. Die gegenüber der Erstaussführung wesentlich vergrösserten Abmessungen der Wasserkammerwände machen vergleichende Spannungsmessungen an masstäblich nachgebildeten Probekörpern notwendig. Es sei besonders darauf hingewiesen, dass die Kammerwände und die Untertrommeln in der eigentlichen Feuerzone durch Mauerwerk gegen Beheizung geschützt sind. Dadurch werden grosse zusätzliche Wärmespannungen vermieden.

Die gabelförmigen, in die Trommeln eingewalzten Verdampferelemente (Bild 4 und 5) bestehen aus einem nahezu waagrecht und aus je zwei senkrechten Wasserrohren von 62/70 mm  $\varnothing$ , die unter Verzicht auf die früher verwendeten geschmiedeten Eckstücke miteinander verschweisst sind. Ein kurzer, auf das Horizontalrohr aufgeschweisster Stutzen leitet den erzeugten Dampf und das mitgerissene Wasser in die Obertrommel ab, sodass einerseits ein guter natürlicher Wasserumlauf gesichert ist und andererseits sich das Element ungehindert dehnen kann. Die Ecken der Gabelemente sind durch zwei Gewindekappen verschlossen, sodass die Rohre leicht mechanisch gereinigt werden können. Die eng aneinander gestellten Verdampferelemente bilden in ihrer Gesamtheit die Feuerbüchseitenwände und die, die Obertrommel vor Beheizung schützende Feuerbüchdecke. In den vorderen Partien der Feuerbüchse sind zwei zusätzliche Reihen von s-förmig gebogenen Verdampferrohren eingebaut, deren untere Enden ebenfalls in die Untertrommeln eingewalzt, während ihre oberen Enden im Bereich der kurzen Mittelstutzen im Gabelement eingeschweisst sind. Diese Rohre dienen teilweise als Träger für das Feuergewölbe. Zum luftdichten Abschluss der Feuerbüchse werden die wenige Millimeter betragenden Lücken zwischen den enggestellten Gabelementen mit feuerfester Masse verstrichen. Unter der Blechverschalung aufgelegte Asbestmatratzen verhindern Wärmeverluste nach aussen. Der von der Bestellerin vorgeschriebene Rost bietet trotz seiner grossen Länge von 3 m der Handbeschickung keine Schwierigkeiten; zufolge der grossen Rostneigung rutschen die in der Nähe der Feuertüre

<sup>5)</sup> Die Stehröhrchen der Wasserkammerwände sind in Bild 8 nicht eingezeichnet.

aufgeworfenen Kohlen auf der Fahrt von selbst nach vorn. Ein am untern Rostende angeordneter Kipprost erleichtert die Feuerreinigung. Der geräumige, aus zwei Taschen bestehende und mit zwei nach vorn gerichteten Luftklappen versehene Aschenkasten ermöglicht eine gleichmässige Verteilung der Verbrennungsluft. Zwei Bodenklappen dienen zur Entleerung des Aschenkastens vom Führerstand aus.

Der nach vorn an die Feuerbüchse anschliessende Raum zwischen mittlerer und vorderer Wasserkammerwand ist nicht gross genug, um, wie früher, gleichzeitig Ueberhitzer und Rauchgas-Speisewasser-Vorwärmer aufzunehmen, und so dient denn der hintere Teil dieses Raumes als Verbrennungskammer, der vordere hingegen als Ueberhitzerkammer. Die Verbrennungskammer ist, wie die Feuerbüchse, von Verdampferelementen umschlossen; sie weist im Innern die selbe Rohrbesetzung auf wie der vordere Teil der Feuerbüchse (Bild 4). Die in der Verbrennungskammer herrschende geringe Gasgeschwindigkeit erleichtert den Ausbrand mitgeführter feiner Kohleteilchen, ermöglicht aber auch die Ablagerung unverbrennlicher Lösche vor dem Eintritt in den Ueberhitzer. Der durch feuerfestes Mauerwerk abgeschirmte Boden der Verbrennungskammer ist mit zwei nebeneinanderliegenden Löschetrichtern versehen, deren Entleerungskappen mit Druckluft vom Führerstand aus betätigt werden können.

Als Kesselbaustoff wurden warmfeste Stähle verwendet, und zwar sind die Trommeln aus Chrom-Molybdän-Stahl, die Wasserkammerwände und die Verdampferrohre aus Kupfer-Molybdän-Stählen hergestellt.

Der Hauptmaschinen Dampf wird der Obertrommel durch ein geschlitztes Rohr entnommen und einem am vorderen Trommelboden aussen angeflanschten Kolbenventil-Regulator zugeführt (Bild 10). Ein kleines Vorhub-Ventil entlastet das Kolbenventil beim Oeffnen des Regulators. Auf dem Regulatorgehäuse, das getrennte Abströmungen für die linke und rechte Lokomotivseite besitzt, sind zwei Hochdruck-Sicherheitsventile, System Ackermann, aufgesetzt. Der Wasserstand in der Obertrommel wird an zwei Klinger-Apparaten mit Reflexions-Gläsern abgelesen. An den tiefstliegenden Stellen der mittleren Wasserkammerwand, in unmittelbarer Nähe der Wasserdurchgangsöffnungen der Untertrommeln sind zwei Schlammablasshähne eingebaut, die bei abgesehenem Kesseldruck betätigt werden.

### 3. Der Hochdruck-Ueberhitzer

Dieser Apparat bestand bei der kleinen 1-C-1-Lokomotive aus einem fest zusammengebauten Schlangenrohrbündel und war nur schwer zugänglich. Nun ist er aus Elementen zusammengesetzt, die einzeln von beiden Seiten her leicht im Raume hinter der vorderen Wasserkammerwand ein- und ausgebaut werden können. Das Ueberhitzerelement als solches besteht aus zwei geraden Vertikalrohren und zwei leicht nach oben gebogenen Horizontalrohren, die zusammen einen Rahmen bilden (Bild 6, Schnitt d-d). Die innerhalb des Rahmens eingeschweissten, ebenfalls leicht nach oben gebogenen Horizontalrohre haben etwas kleineren Durchmesser und werden mitsamt den grossen Hori-

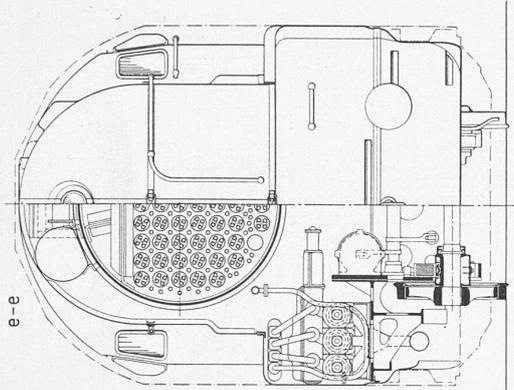


Bild 7. Querschnitte e-e und Ansicht von vorn

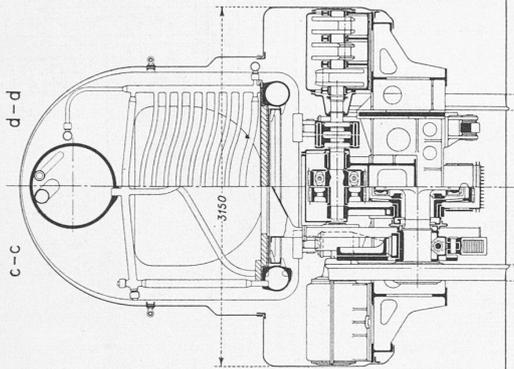


Bild 6. Querschnitte c-c und d-d

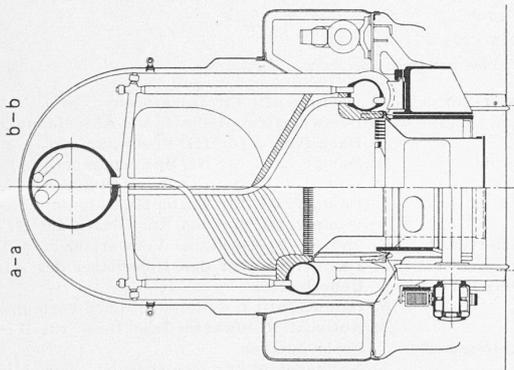


Bild 5. Querschnitte a-a und b-b

zontalröhren nacheinander von oben im Zickzack durchströmt, wobei die senkrechten Rahmenrohre mit den eingesetzten Trennböden als Umkehrkammern dienen. Die enggestellten, den Rauchgaskanal umgrenzenden Ueberhitzer-elemente sind abwechselungsweise mit dem linken oder rechten obern Nassdampfsammler und mit dem zugehörigen untern Heissdampfsammler verbunden. Bei geschlossenem Regulator, aber geöffnetem Hilfsbläser wird der Ueberhitzer selbsttätig durch einen gedrosselten Teilstrom des Bläserdampfes wirksam gekühlt. Ein mit dem Bläserventil gekoppeltes Abström-Ventil lässt den Kühldampf aus dem Ueberhitzer selbsttätig abströmen und sorgt dafür, dass der Druck vor den Dampf-motoren nicht ungewollt ansteigen kann. Zwei horizontale Russbläserrohre, die in den untern Längskanten des Ueberhitzers untergebracht sind (Bild 3), ermöglichen dessen Reinigung bei vollarbeitender Lokomotive. Da der ganze HD-Ueberhitzer in einer Zone hoher Rauchgastemperaturen angeordnet ist, benötigt er nur eine kleine Heizfläche und beeinflusst deshalb auch den Kesselwirkungsgrad nicht in ungünstiger Richtung, wie das beim üblichen Rauchröhren-überhitzer der Fall ist.

4. Rauchgas-Speisewasser-Vorwärmer

Der Speisewasser-Vorwärmer ist in einen Niederdruck- und in einen Hochdruck-Vorwärmer unterteilt. Der erste ist ein einfacher Rauchröhrenkessel, in dessen eingewalzten und an der hintern Rohrwand dichtgeschweissten Rohren die einzeln nach vorn ausziehbaren Elemente des Hochdruckvor-

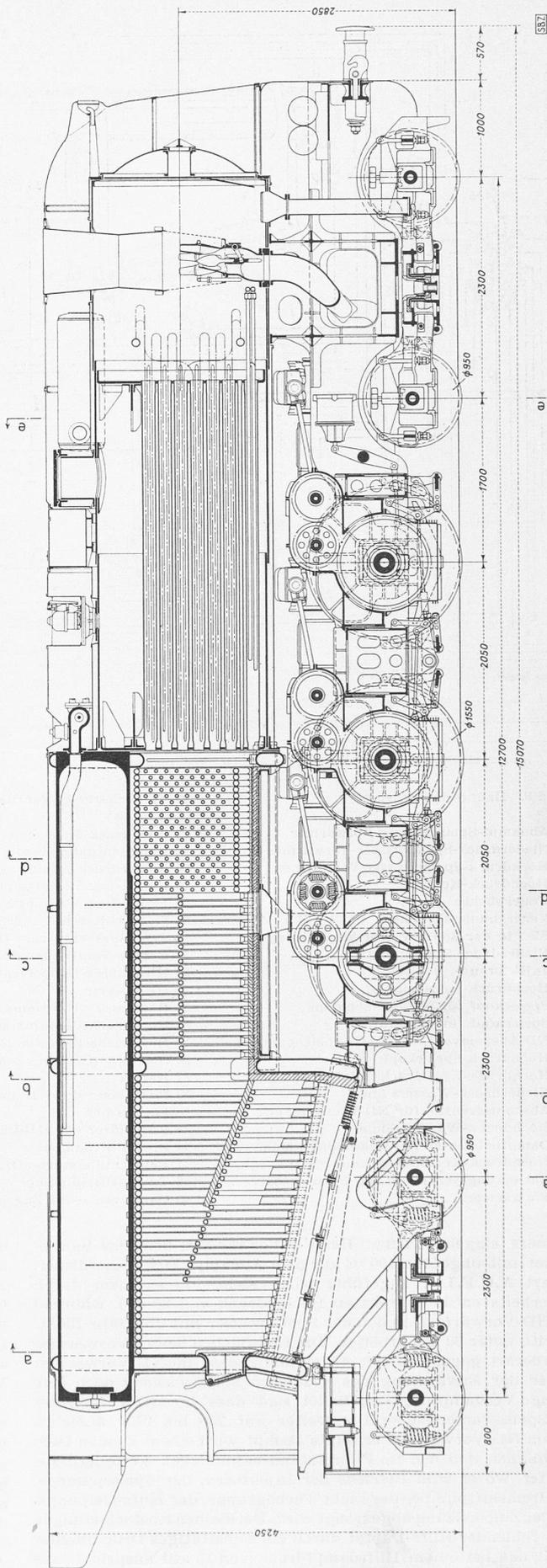


Bild 8. Längsschnitt durch die 2-Co-2 Einzelachs-Hochdruck-Lokomotive der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur für die französische Staatsbahn. Massstab 1:60

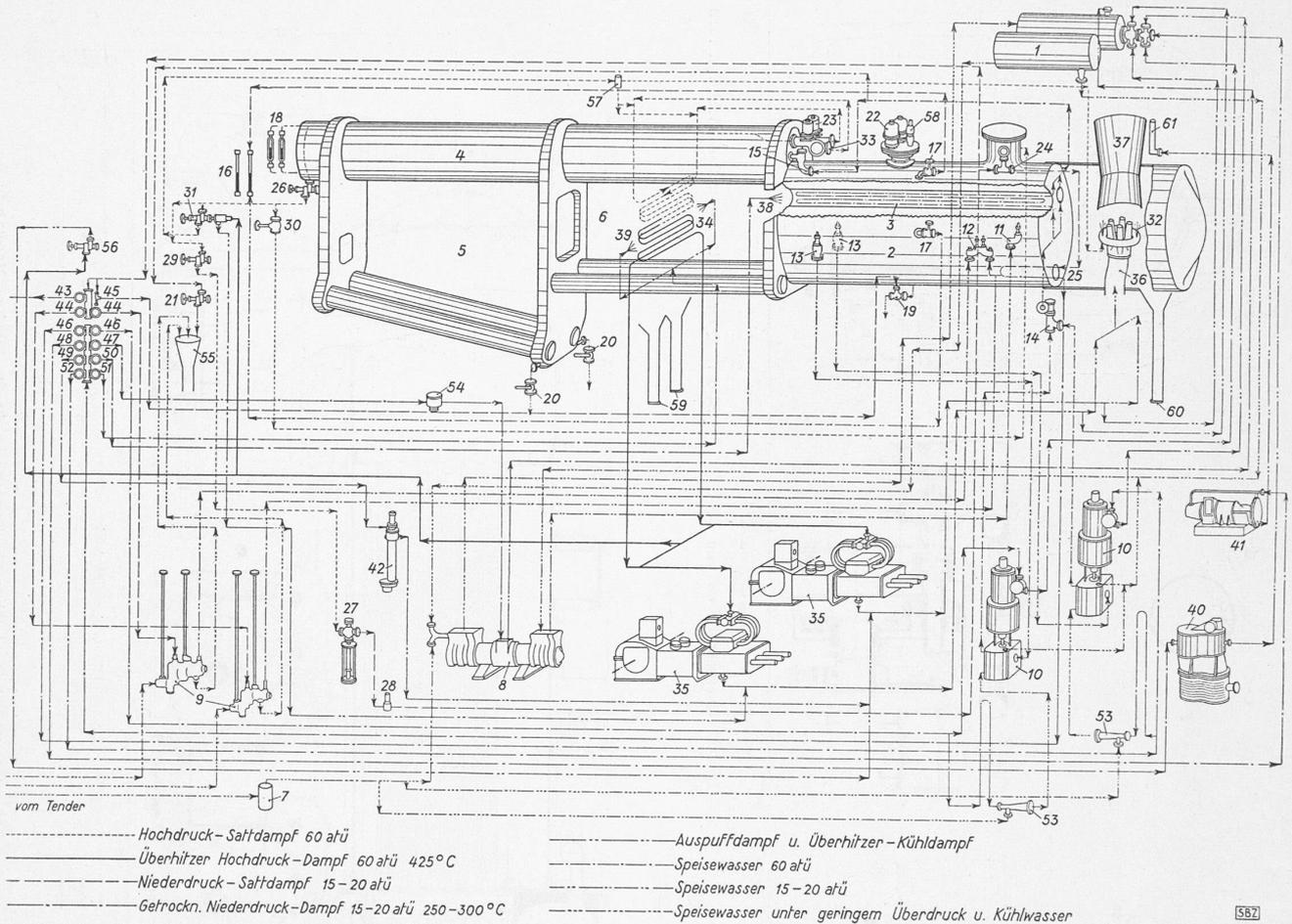


Bild 9. Hauptschalt-schema.

- 1 Abdampf-Speisewasser-Vorwärmer
- 2 Niederdruck-Speisewasser-Vorwärmer
- 3 Hochdruck-Speisewasser-Vorwärmer
- 4 Hochdruck-Kessel
- 5 Feuerbüchse
- 6 Verbrennungskammer
- 7 Sieb in der Speisewasser-Saugleitung
- 8 Niederdruck-Speisepumpe
- 9 Injektoren
- 10 Hochdruck-Speisepumpe
- 11 Speisekopf für ND-Speisepumpe
- 12 Speisekopf für Injektoren
- 13 ND-Absperrventile für HD-Speisepumpen
- 14 Hochdruck-Speisekopf
- 15 Hochdruck-Kesselrückschlagventil
- 16 Niederdruck-Wasserstände
- 17 Abschlussventile für ND-Wasserstände
- 18 Hochdruck-Wasserstände
- 19 Dampfbetätigtes ND-Kesselabschlammventil
- 20 Hochdruck-Kesselabschlammventil
- 21 Entleerungsventil des HD-Speisewasser-Vorwärmers

- 22 ND-Sicherheits-Ventile (Speisewasser-Vorwärmer)
- 23 Hochdruck-Sicherheitsventile
- 24 Dampfnahmeventil für ND-Dampf
- 25 Niederdruck-Dampftrockner
- 26 Hochdruck-Hilfsdampfnahme-Ventil
- 27 Druck-Reduzierventil 69/15 atü
- 28 Sicherheitsventil zum Druck-Reduzierventil
- 29 Abschlussventil zum Druck-Reduzierventil
- 30 Bypass-Ventil zum Druck-Reduzierventil
- 31 Hilfsbläser-Doppelventil
- 32 Hilfsbläser
- 33 Regulator (HD-Dampf-Hauptabschliessung)
- 34 Hochdruck-Ueberhitzer
- 35 Einzelachs-Dampfmotoren
- 36 Blasrohr (System «Lemaître»)
- 37 Kamin
- 38 Russbläser der HD- und ND-Speisewasser-Vorwärmer
- 39 Russbläser des HD-Ueberhitzers
- 40 Bremsluftpumpe
- 41 Beleuchtungsturbo-Gruppe
- 42 Turbo-Hilfsölpumpe
- 43 Dampfventil für Zugsheizung

- 44 Dampfventil für Injektoren
- 45 Dreiweg-Dampfhahn f. ND-Abschlammventil
- 46 Dampfventil für HD-Speisepumpen
- 47 Dampfventil für ND-Speisepumpen
- 48 Dampfventil für Bremsluftpumpe
- 49 Dampfventil für Turbo-Hilfsölpumpe
- 50 Dampfventil für den Russbläser der HD- und ND-Speisewasser-Vorwärmer
- 51 Dampfventil für den Russbläser des HD-Ueberhitzers
- 52 Dampfventil f. d. Beleuchtung-Turbogruppe
- 53 Automat. Kühlwasser-Injektoren für HD-Speisepumpen
- 54 Kondenstopf für Niederdruck-Speisepumpen
- 55 Ueberlauf für Injektoren
- 56 Entleerungsventil für HD-Ueberhitzer
- 57 Blende mit Rückschlagventil für automat. Hochdruck-Ueberhitzerkühlung
- 58 Dampffeiße
- 59 Entleerungsklappe für die Lösche der Verbrennungskammer
- 60 Entleerungskammer für die Rauchkammerlösche
- 61 Hilfskamin

wärmers eingebaut sind. Der ND-Vorwärmer, dem das Speisewasser mit ungefähr 100°C aus dem Abdampf-Mischvorwärmer, Bauart A.C.F.I.<sup>6)</sup>, zugeführt wird, steht unter einem durch Sicherheitsventile begrenzten Höchstdruck von 20 atü, während der HD-Vorwärmer, in den das Speisewasser mit ungefähr 200°C eintritt, unter 60 atü arbeitet. Die Heizflächen beider Vorwärmer sind derart gegeneinander abgestimmt, dass im ND-Vorwärmer ausser der Erwärmung des gesamten Speisewassers noch eine geringe Verdampfung stattfindet und dass im HD-Vorwärmer die Speisewassertemperatur weiter auf 250 bis 275° ansteigt. Der im ND-Vorwärmer erzeugte Dampf wird einem kleinen Dom entnommen und den im Führerstand befindlichen Verteilern zugeleitet, wo er zum Betriebe der Injektoren, der Speisepumpen, der Bremsluftpumpe, der Licht-Turbogruppe, der Hilfs-Oelpumpe und der Zugsheizung abgezweigt wird. Bei kleinen Rostbelastungen wird fehlender Hilfs-Dampf durch ein selbsttätiges Druckminderventil, das bei einem Hilfsdampfdruck von 15 atü anspricht, aus

<sup>6)</sup> Französische Firma: Auxiliaires de Chemin de Fer et de l'Industrie.

dem Hochdruck-Kessel nachgeliefert. Durch Öffnen eines handbetätigten Ueberströmventils zwischen Hochdruck-Kessel und 20 atü-Vorwärmer lässt sich das Abblasen der Hochdruck-Sicherheitsventile leicht vermeiden. Der Wasserstand des ND-Vorwärmers, der innerhalb weiter Grenzen schwanken darf, wird mit Hilfe verlängerter, im Führerstand angebrachter Klinger-Wasserstands-Anzeiger überwacht. Ein dampfbetätigtes Abschlammventil kann auf der Fahrt vom Heizer kurzzeitig geöffnet werden.

Fast alle Rauchrohre sind mit viersträngigen Hochdruck-Vorwärmer-Elementen besetzt. Je drei der sechs übereinanderliegenden Elemente sind hintereinandergeschaltet und bilden eine besondere Gruppe; die beiden übereinanderliegenden Gruppen sind zueinander parallel geschaltet (Bild 11). Die vier Rohre eines Elementes sind so durch Rohrbogen miteinander verbunden und das Element ist als Ganzes derart übereck gestellt, dass das Speisewasser von unten gleichmässig ansteigend zum obern Austrittsammler geführt wird. Die HD-Vorwärmersammler befinden sich in der Rauchkammer, wo auch die Dampfsammler

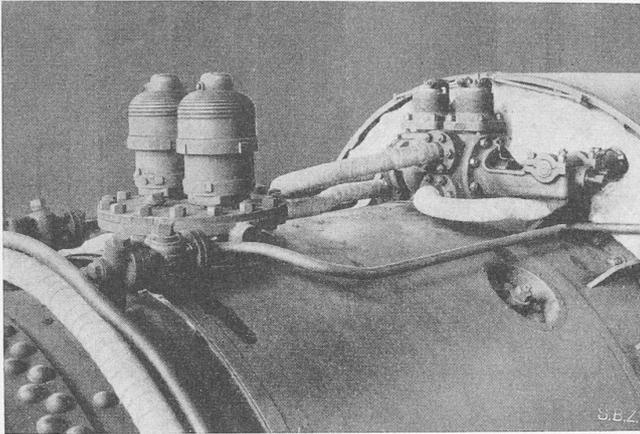


Bild 10. HD-Sicherheits-Ventile, Regulator, ND-Sicherheitsventile

eines kleinen, in die untersten Rauchrohre eingesetzten ND-Dampftrockners für den Speisepumpen- und Luftpumpendampf untergebracht sind.

Von einem Rohrgitter aus, das in der grossen Gasdurchgangsöffnung der vorderen Wasserkammerwand des Hochdruckkessels eingebaut ist, können sämtliche Rauchrohre und Vorwärmerelemente gleichzeitig mit getrocknetem ND-Dampf ausgeblasen werden (Bild 3). Auch dieser Russbläser wird vorzugsweise bei arbeitender Lokomotive in Tätigkeit gesetzt. Die Rauchgase werden mit Hilfe eines Lemaitre-Blasrohres abgesaugt (Bild 11). Der Maschinendampf entströmt dem Blaskopf in sechs Einzeldüsen, von denen fünf kleine in einem Kreis um die sechste, grössere Düse, angeordnet sind. Der Querschnitt des grossen Strahles kann vom Führer mit Hilfe einer verschiebbaren Birne im Betriebe verändert werden. Die Mischung des Abdampfes mit den Rauchgasen und die Verdichtung des Gemisches auf den Aussendruck vollziehen sich in einem in die Rauchkammer verlängerten konischen Kamin.

Da die Heizflächentemperaturen in den beiden Speisewasser-Vorwärmern im Mittel eher niedriger sind als bei Heissdampf-Lokomotivkesseln üblicher Konstruktion, ist bei gleicher Heizflächenbelastung ein eher besserer Kessel-Wirkungsgrad zu erwarten. Eine sorgfältige Bemessung der Strömungsquerschnitte für die Rauchgase erlaubt die Anwendung niedriger Blasrohrdrücke.

Der ND-Vorwärmer ist mit Hilfe eines kräftigen Winkelringes mit der vorderen Wasserkammerwand des HD-Kessels verschraubt (Bild 4, rechts). Die Schraubenbolzen sind durch verstärkte Stehrohre in der vorderen Wasserkammerwand des Hochdruckkessels hindurchgesteckt. Die so verbundenen beiden Hauptteile des Kessels können als Ganzes auf den Lokomotiv-

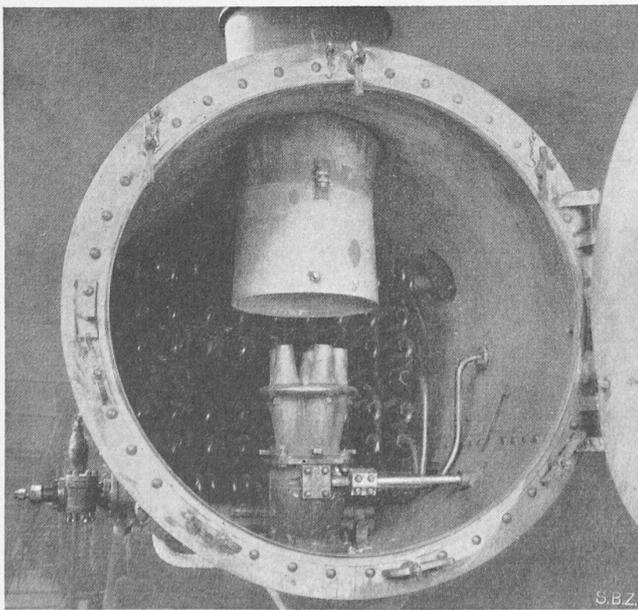


Bild 11. Rauchkammer, HD-Vorwärmer-Elemente, Blasrohr

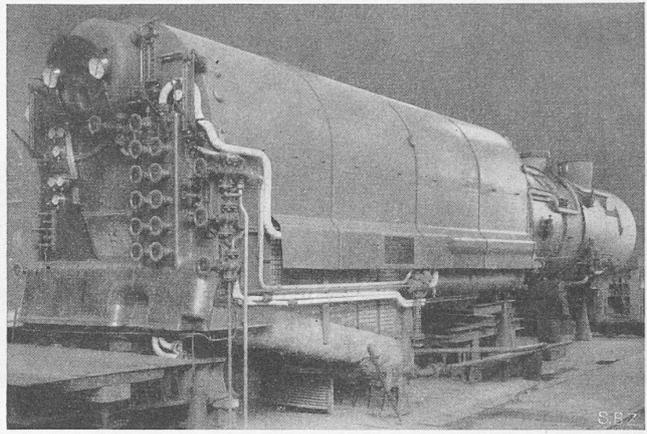


Bild 12. Kessel bereit zur Anheizprobe in der Werkstätte

rahmen gesetzt werden, wobei das Rauchkammerende in einem grossen Sattelbock unverschiebbar gelagert wird. Das vordere Ende des HD-Verdampfers stützt sich über Tragrollen und gefederte Platten seitlich auf den Lokomotivrahmen. Ebenso wird auch das hintere Ende des HD-Verdampfers abgestützt. Die Achsen der Tragrollen sind entsprechend den resultierenden Breiten- und Längendehnungen des Kessels gelagert. Um der gleichzeitigen Höhen- und Längenverschiebung der tiefliegenden Abstützungen der mittleren Wasserkammerwand Rechnung zu tragen, ruht diese Wand auf schwach nach hinten geneigten Gleitplatten. Die derartig ausgebildete Lagerung bezweckt eine möglichst ungehinderte Wärmedehnung des Kessels; gleichzeitig sollen damit aber auch die Auflagerkräfte an den einzelnen Stützpunkten innerhalb gewisser Grenzen gehalten werden. Selbstverständlich ist das hintere Kesselende auch gegen Abheben vom Rahmen und gegen Seitenverschiebungen gesichert. Bild 12 zeigt den zusammengebauten Kessel der Hochdruck-Lokomotive, bereit zur ersten Anheizprobe.

##### 5. Die Speiseeinrichtungen

Zur Speisung des Abdampf-Misch-Vorwärmers und des ND-Speisewasservorwärmers dient die in Frankreich allgemein angewandte ACFJ-Pumpe. Auf ihrer waagrecht Kolbenstange sind der treibende Dampfkolben, sowie die Kolben eines Kaltwasser- und eines Warmwasser-Zylinders aufgesetzt. Der Kaltwasserkolben saugt das Speisewasser aus dem Tender an und fördert es in das Mischgefäss des ACFJ-Vorwärmers, wo es in den entöltten Maschinen-Abdampf eingespritzt und dadurch auf rd.  $100^{\circ}\text{C}$  erwärmt wird. Das in geringem Ueberschuss eingespritzte Speisewasser fliesst hierauf in einen zweiten Behälter, in dem ein Schwimmer eingebaut ist, der das überschüssige Wasser in die Tender-Saugleitung zurückströmen lässt. Der übrige Teil wird vom Warmwasserkolben in den unter 15 bis 20 atü stehenden ND-Vorwärmer gefördert und dort auf rd.  $200^{\circ}\text{C}$  erwärmt. Die beiden zylindrischen Behälter des Mischvorwärmers sind über der Rauchkammer hinter dem Kamin angebracht, die Pumpe selbst ist auf dem hintern Ende des rechten, weiter unten beschriebenen Hilfsrahmens angeordnet. Als Not-Speiseeinrichtungen dienen zwei verschiedenen grosse, nichtsaugende Injektoren mit regelbaren Förderleistungen.

Eine vertikale Heisswasser-Verbundspeisepumpe, Bauart Knorr, fördert das Speisewasser aus dem 20 atü-Vorwärmer durch den dritten Vorwärmer in den Hochdruckkessel. Der Wasserzylinder der seitlich der Rauchkammer tiefgestellten Hochdruck-Pumpe wird zur Sicherung des Ansaugens mit Umlaufwasser gekühlt, das von einer kleinen Dampfstrahlpumpe geliefert wird. Sobald das Dampfventil der HD-Speisepumpe geöffnet wird, kommt selbsttätig auch diese Strahlpumpe in Betrieb. Das Kühlwasser läuft in die Tender-Saugleitung zurück. Eine zweite Knorr-Pumpe ist in Bereitschaft. Im Betrieb hat es sich gezeigt, dass auf die eingebauten Schwimmer-Stossdämpfer verzichtet werden kann; offenbar bilden die im angesaugten 20 atü-Heisswasser befindlichen Dampfblasen ein weiches Polster, das ein schlagloses Arbeiten der Pumpen selbst bei grosser Hubzahl ermöglicht. Sowohl die ACFJ-Pumpe, als auch die Injektoren sind mit den üblichen Speiseköpfen an den ND-Vorwärmer angeschlossen. Die Saugleitungen der beiden Hochdruckpumpen sind ebenfalls abschliessbar; ein Speisekopf trennt die Hochdruckpumpe vom Hochdruckvorwärmer. Ein Rückschlagventil verhindert das Rückströmen des Speisewassers aus dem Hochdruckkessel in

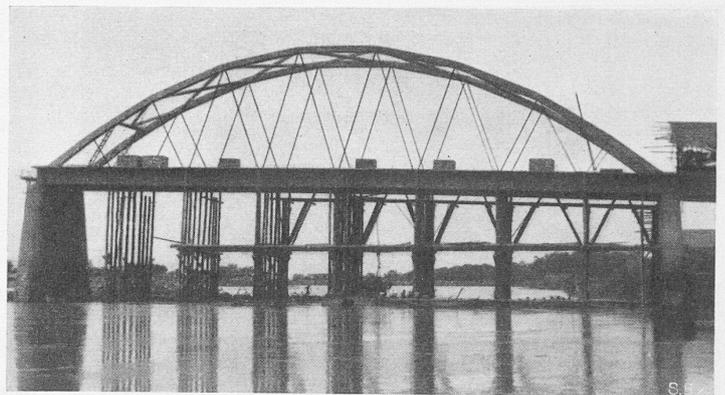


Bild 33 und 34. Erste Hauptöffnung der Brücke in Nakhon Sawan nach dem Hochpressen der Fahrbahn

den Hochdruckvorwärmer. Die Schaltung der Speiseeinrichtungen und der übrigen Apparate ist auf dem Schaltschema, Bild 9, dargestellt.

Auf Grund ausgezeichneter Erfahrungen mit einem kolloidalen Kesselstein-Verhütungsmittel bei der mit unaufbereitetem, denkbar schlechtestem Wasser gespeisten ersten 60 atü Lokomotive der SLM wurde das bei der französischen Nordbahn schon längst eingeführte und auf gleicher Wirkung beruhende Williams-Verfahren auch auf der neuen Hochdruck-Lokomotive vorgesehen. Dabei dienen die eingespeisten und im Kesselwasser fein verteilten kolloidalen Schwebestoffe als Kristallisationszentren für die in der Nähe der Heizfläche übersättigte Salzlösung; sie

dienen aber auch als Verdampfungskeime im Innern der Wassermasse und werden so ebenfalls zu Zentren der Ausscheidung der Härtebildner<sup>7)</sup>. An Stelle einer festen Kesselsteinkruste entsteht also bei der Korrektivbehandlung mit Kolloiden leicht ausspülbarer Schlamm. Der 20 atü-Vorwärmer dient also auch der thermischen Aufbereitung bzw. Enthärtung des Speisewassers für den Hochdruckkessel. Auf die Schlammventile am Hochdruckkessel und am ND-Speisewasser-Vorwärmer wurde weiter oben schon hingewiesen. (Schluss folgt)

<sup>7)</sup> Siehe R. Stumper: Die physikalische Chemie der Kesselsteinbildung und ihrer Verhütung, 1933, F. Enke, Stuttgart.

### Eisenbeton-Strassenbrücke über den Mänam Pasak bei Ayuthia, Siam

Von GUSTAV E. KRUCK, Dr. sc. techn., Dipl. Bauing. E. T. H., first class expert in H. Siamese M. Waysdepartment, Bangkok, Siam  
Zweiter Teil des Aufsatzes, der in Bd. 127, Seite 139\* (23. März 1946) erschienen ist

#### B. Berechnung des Systems der Hauptöffnung der Brücke in Ayuthia

Die Berechnung des Systems der Hauptöffnung der Brücke in Ayuthia soll anhand des gleichen Systems der Brücke über den Mänam Chao Phraya in Nakhon Sawan (Bild 33 und 34) mit vier Hauptöffnungen zu 61,76 m erläutert werden, da ich für jene Brücke umfangreiche Vergleichsberechnungen durchgeführt habe. Die Brücke in Nakhon Sawan ist für hochwertigen Beton gemäss den Schweizervorschriften dimensioniert worden: Versteifungsträger 0,40/1,70 m, Stabbogen 0,56/0,60 bis 0,74 m (Bild 35 a). Die Ausführung dieser Brücke ist durch den Krieg unterbrochen worden, der Oberbau von drei Hauptöffnungen fehlt noch.

#### 1. Berechnung des definitiven Systems (Nutzlast und Temperaturänderungen)

##### a) Allgemeine Berechnung des Systems

Als Grundsystem wählen wir das Fachwerk und als überzählige Grössen die Biegemomente in den Knotenpunkten. Trotz der grossen Zahl von Unbekannten lässt sich die Berechnung relativ leicht durchführen, denn die Unbekannten beeinflussen sich untereinander wenig, weil das Grundsystem dem wirklichen Tragwerk sehr verwandt ist.

Für eine angenäherte Berechnung des Systems genügt es, bloss die Biegemomente im Versteifungsträger zu berücksichtigen und die Momente im Bogen zu vernachlässigen. Falls der Bogen korrekt als Stabbogen, d. h. so elastisch als möglich, ausgebildet wird, so genügt diese Berechnung für die Dimensionierung des Versteifungsträgers und der Diagonalen vollkommen, da die kleinen Bogenmomente einen verschwindenden Einfluss auf den Versteifungsträger ausüben. Diese Berechnung entspricht der üblichen Berechnung des Langerschen Trägers (versteifter Stabbogen mit vertikalen Hängestangen). Grundsystem und Unbekannte sind in Bild 35 b wiedergegeben,

die Momente  $M_i$  und die Kräfte  $N_i$  im Grundsystem infolge der Unbekannten  $X_i = 1$  mt sind in Bild 36 a für einen Fall aufgezeichnet. Sie erstrecken sich nur über wenige Stäbe. Die  $n$  Bestimmungsgleichungen der Unbekannten erhalten wir auf übliche Weise durch das Anschreiben der Arbeitsgleichung:

$$\delta_i = \sum_{k=1}^n X_k \delta_{ik} + \delta_{i,0} = 0, \text{ wobei } \delta_{ik} = \int M_i M_k \frac{ds}{EJ} + \int N_i N_k \frac{ds}{EF}$$

ist, mit den gewohnten Bezeichnungen. Wir erhalten so dreigliedrige Bestimmungsgleichungen für die sieben Unbekannten

Tabelle 1. Grössen in mt.  $L_i = -\delta_{i,0} E J_c$

	$X_1$	$X_2$	$X_4$	$X_6$	$X_8$	$X_{10}$	$X_{12}$	$X_{14}$	$X_{16}$	$X_{17}$	
1	+ 23,76	+ 11,06	+ 1,85	- 0,14	- 0,03	- 0,03	- 0,01	0,00	0,00	0,00	= $L_1$
2	+ 11,06	+ 83,00	+ 13,62	+ 1,67	- 0,25	- 0,12	- 0,07	- 0,02	- 0,04	0,0	= $L_2$
4	+ 1,85	+ 13,62	+ 112,35	+ 21,82	+ 1,72	- 0,38	- 0,16	- 0,05	- 0,02	0,0	= $L_4$
6	- 0,14	+ 1,67	+ 21,82	+ 135,73	+ 23,05	+ 1,76	- 0,42	- 0,16	- 0,07	- 0,01	= $L_6$
8	- 0,03	- 0,25	+ 1,72	+ 23,05	+ 141,17	+ 23,49	+ 1,76	- 0,38	- 0,12	- 0,03	= $L_8$

Tabelle 2. Grössen in mt.

	$L_1$	$L_2$	$L_4$	$L_6$	$L_8$	$L_{10}$	$L_{12}$	$L_{14}$	$L_{16}$	$L_{17}$
$X_1 =$	+ 0,0449	- 0,0060	- 0,0001	+ 0,0001	0	0	0	0	0	0
$X_2 =$	- 0,0060	+ 0,0131	- 0,0015	+ 0,0001	0	0	0	0	0	0
$X_4 =$	- 0,0001	- 0,0015	+ 0,0094	- 0,0015	+ 0,0001	0	0	0	0	0
$X_6 =$	+ 0,0001	+ 0,0001	- 0,0015	+ 0,0078	- 0,0013	+ 0,0001	0	0	0	0
$X_8 =$	0	0	+ 0,0001	- 0,0013	+ 0,0075	- 0,0013	+ 0,0001	0	0	0

Tabelle 3.

	$L_1$	$L_2$	$L_4$	$L_6$	$L_8$	$L_{10}$	$L_{12}$
$X_1 =$	+ 0,0448	- 0,0060	0	0	0	0	0
$X_2 =$	- 0,0061	+ 0,0132	- 0,0016	0	0	0	0
$X_4 =$	0	- 0,0015	+ 0,0094	- 0,0015	0	0	0
$X_6 =$	0	0	- 0,0015	+ 0,0078	- 0,0013	0	0
$X_8 =$	0	0	0	- 0,0013	+ 0,0075	- 0,0013	0