

**Zeitschrift:** Die Eisenbahn = Le chemin de fer  
**Herausgeber:** A. Waldner  
**Band:** 8/9 (1878)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Fox's patentirte Feuerrohre von gewelltem Blech  
**Autor:** Schellhaas, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-6836>

### **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:** 30.01.2025

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

INHALT. — Fox's patentirte Feuerrohre von gewelltem Blech, von Ingenieur H. Schellhaas (Mit einer Tafel als Beilage). — Der Hartguss und seine zunehmende Bedeutung für die Eisenindustrie, von Ingenieur Julius von Schütz. — Kleine Mittheilungen: Entfernung des Phosphors aus dem Eisen. Die Erhaltung des Suez-Canals. — Société des anciens élèves de l'École polytechnique à Zurich. — Submissionsanzeiger. — Chronik: Eisenbahnen. — Eisenpreise in England, mitgetheilt von Herrn Ernst Arbenz in Winterthur. — Verschiedene Preise des Metallmarktes loco London. — Stellenvermittlung der Gesellschaft ehemaliger Studirender des eidgenössischen Polytechnikums in Zürich.

TECHNISCHE BEILAGE. — Fox's patentirte Feuerrohre von gewelltem Blech.

### Fox's patentirte Feuerrohre von gewelltem Blech.

von H. Schellhaas, Ingenieur.

(Mit 1 Tafel als Beilage.)

Bei Dampfkesseln mit innerer Feuerung sind bekanntlich die Feuerrohre der schwächste Theil, was zur Genüge daraus hervorgeht, dass wohl die Hälfte der Explosionen solcher Kessel eine Folge des Zusammendrückens der Feuerrohre war.

Verbesserungen in der Construction dieser Rohre sind daher von um so grösserer Wichtigkeit, als das Bestreben immer mehr dahin geht, Dampf von höherer Spannung anzuwenden, und dieses Kesselsystem zudem sehr beliebt ist. Schiffskessel zeigen ohne Ausnahme innere Feuerung.

Bezüglich Material, so lässt sich für das bis anhin benutzte Eisen- und Stahlblech wohl nichts anderes substituiren, und muss man Verbesserungen einzig in Construction und Anfertigungsart suchen.

Dünnes Blech bietet bekanntlich gegen normal gerichtetes Verbiegen wenig Widerstand dar, seine beste Beanspruchung ist directer Zug oder Druck. Denken wir uns nun ein Feuerrohr unter Dampfdruck, so wird das Blech nur dann *einzig rückwirkend* beansprucht, wenn der Querschnitt des Rohres genau kreisförmig ist. Ist dieses nicht der Fall, so wirkt der Dampf ausser auf Druck, noch *verbiegend* ein, und zwar ist diese Biegekraft um so grösser, je unrunder das Rohr ist. Dieses lässt sich sehr leicht erkennen, wenn man sich den Rohrquerschnitt zusammengesetzt denkt aus geraden, gleich langen Bogen-differentialen, die unter sich durch Charniere verbunden sind, und also nur rückwirkend Widerstand leisten können.

Ein gleichmässiger Druck von Innen oder Aussen wird das System nur dann im Gleichgewicht halten, wenn die je von zwei anstossenden Gliedern eingeschlossenen Winkel alle gleich sind, das heisst, wenn die Figur ein regelmässiges Polygon ist. Andernfalls findet Bewegung statt: bei innerem Drucke so lange, bis die Figur regelmässig geworden; bei äusserem Drucke klappt die Figur zur geraden Linie zusammen.

Für ein vollkommen cylindrisches Rohr vom

Durchmesser  $d$ ,  
Länge  $l$ ,  
Blechdicke  $\delta$

wird für innern oder äussern specifischen Druck  $p$ .

$$P = p \cdot l \cdot \frac{d}{2}; \quad S = \frac{P}{F} = \frac{p \cdot d}{2 \delta}.$$

Bei einem solchen Rohre ist das Material auf's Aeusserste ausgenutzt, ein Zerdrücken findet erst statt, wenn  $S =$  Bruchkraft geworden ist.

In der Praxis jedoch geben Feuerrohre oft schon nach, wenn der Druck erst die Hälfte der rückwirkenden Festigkeit des Bleches erreicht hat.

Aus Vorigem erhellt zur Genüge, wie wichtig es ist, die Feuerrohre möglichst kreisrund herzustellen. Darin nun aber besteht in der Praxis gerade die Schwierigkeit.

Abweichungen von der Kreisform sind bei sorgfältigster Arbeit nicht zu vermeiden, besonders wenn die Verbindung der Bleche, wie üblich, durch Nietung geschieht.

Die bis anhin angewendeten Constructionen der Feuerrohre sind aus den Figuren 4—11 zu ersehen.

Oft noch werden die Schüsse nach Figur 4 und 5 angeordnet und zudem die Bleche längsweise über einander geplattet. Sorgfältige Fabriken aber, werden die Bleche in Länge und Quere stumpf aneinanderstossen und Laschen anwenden.

Als *Fairbairn* durch seine Versuche bewies, dass die Widerstandsfähigkeit eines von aussen gepressten Rohres, dessen Enden festgehalten, umgekehrt proportional sei der Länge und Durchmesser, suchte man die Rohre dadurch stärker zu machen, dass man sie in Abständen von  $1-1,5 \text{ m}$  durch L-, 1-, 2-Eisen- und Flanschenringe versteifte, wie Fig. 6—11 angeben.

Um ein Rohr für höheren Dampfdruck stark genug zu erhalten, liessen sich also nebst Anwendung dickerer Bleche, diese Versteifungsringe nahe genug aneinander rücken. Beide Mittel würden das Gewicht bedeutend vergrössern, was besonders bei Schiffskesseln von Bedeutung ist.

Gegen starke Bleche spricht noch der Umstand, dass dann das Feuerrohr zu wenig Elasticität besässe, und in Folge seiner ungleichen Ausdehnung, besonders beim Anheizen die Stirnseiten des Kessels zu sehr beanspruchte.

In neuerer Zeit werden vielfach die Feuerrohre der Länge nach geschweisst, anstatt genietet.

Schon vor 25 Jahren tauchte in England die Idee auf, die Feuerrohre aus gewelltem Blech herzustellen (siehe Figur 1), und wurden daraufhin eine Menge Patente genommen. Sämmtliche Versuche scheiterten jedoch an der Unmöglichkeit, solide, zuverlässige Arbeit zu erhalten. Die Rohre zeigten immer unganze, schwache Stellen, und machte besonders das Zusammenschweissen der Bleche längsweise grosse Schwierigkeiten.

Mr. *Samson Fox*, Director der Leeds Forge Comp. Limited in Leeds, scheint es endlich gelungen zu sein, nach seinem patentirten Verfahren, Feuerrohre von gewelltem Bleche herzustellen, welche neben Solidität eine bedeutend grössere Widerstandsfähigkeit gegenüber flachen Rohren gleicher Blechstärke zeigen.

Nach diesem Verfahren werden zuerst glatte Rohre von circa  $2 \text{ m}$  Länge hergestellt, mit geschweissten Längs- und Quernäthen.

Das „Wellen“ geschieht dann in der Weise, dass das Rohr unter einen Dampfhammer gebracht wird, wobei Matrize und Hammerkopf circa  $30 \text{ cm}$  lang auf  $45 \text{ cm}$  breit, entsprechend geformte Oberflächen haben. Die Leeds Forge Comp. beachtigt jedoch, bei genügenden Bestellungen ein speciell hiez konstruirtes Walzwerk aufzustellen, wobei das Schweissen sowohl wie das „Wellen“ durch Walzen geschieht, dadurch also solidere und genauere Arbeit erzielt wird.

Es ist wohl einleuchtend, dass für solche starke Formveränderungen die Bleche von ausgezeichneter Qualität sein müssen. Dieses erreicht die Leeds Forge durch sorgfältiges Sortiren der Luppenstäbe, wiederholtes Ausschmieden und kreuzweises Zusammenschweissen.

Die Leeds Forge Comp. hat in Paris Proben solcher Rohre ausgestellt, und zwar drei Rohre, die zudem mit den Stirnseiten zusammengeschweisst sind, und die dem äussern Ansehen nach Nichts zu wünschen übrig lassen.

Ueber die Festigkeit von Rohren gegen äussern Druck sind leider nur wenige Versuche bekannt. Sämmtliche Formeln hierüber geben daher äusserst ungenaue Werthe. Die bedeutendsten Experimente dieser Art sind diejenigen von Sir W. Fairbairn, angestellt im Jahre 1858 in Manchester.

Fairbairn prüfte die Rohre mittelst Wasserdruck und bediente sich hiez eines starken gusseisernen Cylinders (Fig. 3), von  $710 \text{ mm}$  Durchmesser und  $2,40 \text{ m}$  Länge.

Die Versuchsrohre waren von Eisenblech, der Länge nach genietet und verlöthet, an beiden Enden waren gusseiserne Scheiben eingienietet und ebenfalls verlöthet. Diese Rohre wurden in den Presscylinder gestellt, und von unten durch eine Stange gehalten. Das Innere der Rohre stand mit der äussern Atmosphäre durch ein circa  $50 \text{ mm}$  weites Rohr in Verbindung, das durch Dichtungsringe des Cylinderdeckels ging. Die Versuchsrohre waren also so ziemlich in gleicher Weise beansprucht wie Feuerrohre in Dampfkesseln.

Die Versuche, 28 an der Zahl, lassen sich kurz zusammenfassen:

Durchmesser der Rohre	Länge	Blechstärke
		26 Versuche mit 1,09 $\frac{m}{m}$
102 $\frac{m}{m}$ bis 476 $\frac{m}{m}$	380 $\frac{m}{m}$ bis 1550 $\frac{m}{m}$	1 " " 3,56 "
		" " " 6,85 "

Zu bemerken ist, dass keines der Rohre nur angenähert die Dimensionen eines Feuerrohres hatte.

Die Ergebnisse dieser Versuche drückt Fairbairn durch folgende Formel aus:

$$A = 53753 \frac{\delta^{2,19}}{l \cdot d} \text{ englisches Mass.}$$

$$A = 348,86 \frac{\delta^{2,19}}{l \cdot d} \text{ Meter-Mass.}$$

wobei

$A$  = Druck in Atmosphären, bei dem *Zusammendrücken* stattfindet.

$\delta$  = Blechstärke in Zollen respective  $\frac{m}{m}$ .

$l$  = Länge des Rohres in Fuss resp.  $\frac{m}{m}$ .

$d$  = Durchmesser des Rohres in Zollen resp.  $\frac{m}{m}$ .

Obleich diese Formel nur innerhalb den Grenzen der Versuche richtige Werthe geben kann, wird sie in Ermanglung einer Besseren zur Berechnung von Feuerröhren doch viel (in England allgemein) angewandt.

In Folge Unzuverlässigkeit der Fairbairn'schen Formel, sah sich die Leeds Forge Comp. veranlasst, zur richtigen Vergleichung ihrer patentirten Feuerrohre gegenüber glatten, geschweissten Rohren, mit beiden Arten directe Wasserdruckproben vorzunehmen und sind diese Versuche daher von ganz besonderem Interesse.

Die erste Probe wurde in der Greenock Foundry Greenock im December 1877, die zweite in der Leeds Forge letzten März angestellt.

Fig. 12—15 stellen die vier Rohre vor und nach dem Zerdrücken dar.

Als Apparat diente ein schmiedeiserner Presscylinder, Fig. 14, von 29  $\frac{m}{m}$  Wandstärke, verstärkt durch fünf schmiedeiserne Ringe, 127  $\frac{m}{m} \times 50 \frac{m}{m}$ , warm aufgezogen. Ueber die Enden desselben sind schwere gusseiserne Flanschenringe gesteckt, die durch Gummiringe abgedichtet und mittelst Schrauben gegeneinander gezogen werden. Diese Ringe sind inwendig ausgedreht und mit Nuthen zur Aufnahme von Lederstulpen versehen.

Die Rohre waren von gewöhnlicher Weite, 940  $\frac{m}{m}$  inwendig, 9  $\frac{1}{2}$   $\frac{m}{m}$  Wandstärke und 2134  $\frac{m}{m}$  Länge. An die Enden waren noch Verstärkungsringe von circa 180  $\frac{m}{m} \times 19 \frac{m}{m}$  geschweisst, die dann auswendig genau auf den innern Durchmesser der Flanschenringe abgedreht wurden.

Der Druck war hervorgebracht durch Einpumpen von Wasser in den Raum zwischen Rohr und Presscylinder.

Bei der Probe verfuhr man wie folgt:

Der Druck wurde jeweilen um 25 Pfd. per 1  $\square''$  englisch, oder  $1 \frac{2}{3}$  Atmosphären gesteigert und jedesmal wieder ganz abgenommen. In dem Rohre hatte man ferner zwei Querschnitte gewählt und notirte jedesmal deren Durchmesser horizontal und vertical, wenn das Rohr unter Druck war und nachher, so dass sich daraus die permanente Einsenkung ergab.

Das *glatte Rohr* Fig. 14, das der Länge und Quere nach geschweisst war, zeigte bei 12 Atmosphären Druck noch keine Schwäche; vertical betrug die Einsenkung nur 1,2  $\frac{m}{m}$  und verschwand wieder mit dem Drucke.

Bei  $13 \frac{1}{3}$  Atmosphären jedoch gab das Rohr plötzlich nach, und zwar in der Nähe einer Schweisstelle; es bildete sich eine Ausbauchung von circa 100  $\frac{m}{m}$  Durchmesser, die sich langsam vergrößerte bis der Druck auf drei Atmosphären gesunken war, dann aber rasch zunahm.

Nach Fairbairn's Formel hätte das Rohr erst bei 24,3 Atmosphären nachgeben sollen.

Nimmt man die Zerdrückungsfestigkeit des Bleches zu

$$K_1 = 21 \frac{1}{2} \text{ per } 1 \frac{m}{m}^2$$

an, so wäre für ein *vollkommen cylindrisches* Rohr erst bei 40,53 Atmosph. Bruch erfolgt. In Folge Unrundsein und schwacher Schweisstelle gingen also  $\frac{2}{3}$  der Festigkeit verloren. Uebrigens zeigte das Rohr einen Grad von Rundheit wie er in der Praxis wohl nicht grösser erreicht wird. Bei dem einen der angenommenen Querschnitte war die Rohrweite vertical um 14  $\frac{m}{m}$ , beim andern um 3,8  $\frac{m}{m}$  grösser als horizontal.

Das „*gewellte*“ Rohr, Fig. 15, wurde hierauf eingesetzt. Den Druck steigerte man je um  $3 \frac{1}{3}$  Atmosphären und notirte ihn von 13 Atmosphären an. Es waren wieder zwei Querschnitte zur Beobachtung gewählt, und ergaben sich die Durchmesser zu Anfang des Versuches zu:

Querschnitt 1: Vertical um 10,70  $\frac{m}{m}$  grösser als horizontal  
 " 2: " " 1,52 " kleiner " "

Bei  $26 \frac{2}{3}$  Atmosphären war die Einbiegung des Querschnittes 2:

Horizontal 0,51  $\frac{m}{m}$   
 Vertical 2,54  $\frac{m}{m}$

Nach Entfernung des Druckes zeigte sich horizontal eine *permanente* Durchbiegung von 1,016  $\frac{m}{m}$ , im Uebrigen aber keine Anzeichen von Schwäche. Als der Druck jedoch sich 30 Atmosphären näherte, gab das Rohr plötzlich nach, der Durchmesser vertical nahm ab und zwar erstreckte sich die Deformation auf eine ziemliche Länge des Rohres.

Bei nachheriger Untersuchung fand man, dass die Schweissung längsweise unvollkommen ausgeführt war, und dass das Blech an dieser Stelle nicht die normale Dicke hatte, woraus sich das frühe Nachgeben genügend erklärte.

Das „*gewellte*“ Rohr ergab sich also  $2 \frac{1}{4}$ mal stärker als das glatte Rohr, ein Resultat, das freilich der Erwartung nicht entspricht, indem durch das „Wellen“ das Trägheitsmoment des Querschnittes circa 25mal vergrößert wurde. Immerhin ist der Gewinn an Festigkeit bedeutend genug.

Bei den Versuchen in Greenock deformirte sich das gewellte Rohr erst bei 68 Atmosphären Druck, war also 4,533mal stärker als das glatte Rohr.

Durch weitere Erfahrung und vervollkommnete Herstellung hofft die Leeds Forge Comp. bald dazu zu gelangen, bedeutend bessere Resultate zu erzielen.

Diese gewellten Rohre fanden schon ziemliche Verwendung in England besonders für Schiffskessel, ob sie sich in allen Beziehungen bewähren werden, kann nur längerer Betrieb zeigen. —

\* \* \*

## Der Hartguss und seine zunehmende Bedeutung für die Eisenindustrie,

von

Julius von Schütz, Ingenieur.

### I. Fabrication des Hartgusses.

Infolge der geringen Schwierigkeiten, welche die Verarbeitung des Gusseisens bietet, gingen schon seit verschiedenen Jahrzehnten die Bestrebungen, namentlich amerikanischer Ingenieure dahin, die verhältnissmässig engen Grenzen, welche die unvollkommenen Eigenschaften dieses Materials seiner Anwendung im Maschinenbau ziehen, durch Vervollkommnung derselben zu erweitern. Besonders ist es bekanntlich die geringe absolute Festigkeit des gewöhnlichen Gusseisens, welche seine Verwendung zu einer grossen Zahl von Maschinenteilen entweder vollständig ausschliesst oder mit anderweitigen Nachtheilen verknüpft, indem sie unverhältnissmässig schwere Constructionen bedingt, und man bemühte sich daher, diesem Mangel des im Uebrigen so vortrefflichen Materials durch die verschiedenartigsten Gussverfahren, namentlich durch sorgfältige Auswahl und Mischung der besseren Roheisensorten abzuhefen. Hierdurch entstand eine grosse Zahl von Modificationen mit zum

