



100 JAHRE
KUPFERNE FEUERBÜCHSEN
IN
DAMPFLOKOMOTIVEN



**100 JAHRE
KUPFERNE FEUERBÜCHSEN
IN DAMPFLOKOMOTIVEN**

von

ERNST WEESE VDI
Oberregierungsrat a. D.

Deutsches Kupfer-Institut E.V., Berlin W 9, Eichhornstraße 4

INHALTSVERZEICHNIS

A. Kupfer als Baustoff für Feuerbüchsen	5
B. Herstellung der Feuerbüchsteile und der Feuerbüchse...	9
C. Befestigung der Feuerbüchse im Kessel und Unterhaltung	15
D. Schlußfolgerung	25

A n h a n g :

1. Arbeitsanweisung der Deutschen Reichsbahn für das Schweißen von kupfernen Feuerbüchsen	26
2. Bedingungen der Deutschen Reichsbahn für die Lieferung von Kupferplatten für Feuerbüchsen.....	32
3. Normblätter.....	34
4. Schrifttum.	36

A.

KUPFER ALS BAUSTOFF FÜR FEUERBÜCHSEN

Mit der Lokomotive feiert zugleich die kupferne Feuerbüchse ihren 100. Geburtstag. Schon die erste Lokomotive der Welt — die englische „Rocket“ (Abb. 1 und 2) — hatte eine kupferne Feuerbüchse, ebenso der „Adler“, die erste in Deutschland im Jahre 1835 in Betrieb genommene Lokomotive.

Die Feuerbüchse einer Dampflokomotive ist in den hinteren Teil des Kessels, den sogenannten Stehkessel, eingebaut und dient zur Aufnahme des Rostes für das Feuer sowie zur Erhitzung des Wassers zwischen Feuerbüchse und Stehkessel (unmittelbare Heizfläche). Der an den Stehkessel sich anschließende Langkessel ist mit Rohren ausgestattet, durch welche die abziehenden Feuergase mittels des in der Rauchkammer befindlichen Blasrohres von dem Auspuffdampf gesaugt werden (mittelbare Heizfläche).

Diese Bauart der Lokomotivkessel ist bis heute unverändert beibehalten worden, desgleichen auch die Befestigung der Feuerbüchse im Stehkessel durch Stehbolzen. Im wesentlichen sind im Laufe der Zeit, entsprechend den höheren Maschinenleistungen, nur die Kesseldrücke und die Abmessungen andere geworden. Der Kesseldruck ist von 3,5 atü auf 20 atü und mehr gestiegen, der Rauminhalt der Feuerbüchse von 0,5 cbm auf 6 cbm und mehr, die Heizfläche von 13 m² auf 300 m² und mehr. Vorübergehend wölbte man die Decke der Feuerbüchse, um infolge der größeren Steifigkeit dieser Bauart Deckenanker und Deckenbarren zu sparen.

Da Kupfer seit langem zur Herstellung von großen Braupfannen und Kochkesseln, die dem Feuer ausgesetzt sind, benutzt wurde, lag die Verwendung dieses Baustoffes auch für die Feuerbüchsen der ersten Lokomotiven nahe. Man hat diesen erprobten Werkstoff auch während der folgenden hundert Jahre in europäischen Ländern allgemein beibehalten, und nur in Nordamerika wird wegen der dortigen besonderen Verhältnisse Eisen hierfür verwendet.

Ausschlaggebend für die Verwendung von Kupfer als Baustoff für Feuerbüchsen ist dessen gute Wärmeleitfähigkeit und seine große Formänderungsfähigkeit. Sie ermöglichten es, den Lokomotivbetrieb wirtschaftlich zu gestalten.

Welch hohen Beanspruchungen die kupfernen Wände einer Feuerbüchse im Betrieb ausgesetzt sind, erhellt aus nachstehenden Tatsachen: Bei neuzeitlichen Schnellzuglokomotiven, die einen Feuerbüchsraum von etwa 6 bis 7 cbm Inhalt haben, werden bei einer Temperatur von 1300° C stündlich 2000 kg Kohlen bei einem Dampfverbrauch von 13 000 kg je Stunde in der Feuerbüchse verbrannt! Also eine gewaltige Anforderung, die an die Werkstoffeigenschaften der Wände dieses „glühenden Magens“ der Lokomotive gestellt wird.

Warum ist hier Kupfer brauchbar? Zunächst weil die Wärmeleitfähigkeit des Kupfers von 320 kcal/m st° C im Vergleich zu derjenigen des Eisens mit nur 40 kcal/m st° C etwa achtmal größer ist. Infolgedessen bleibt bei der kupfernen Feuerbüchse das Wärmegefälle innerhalb

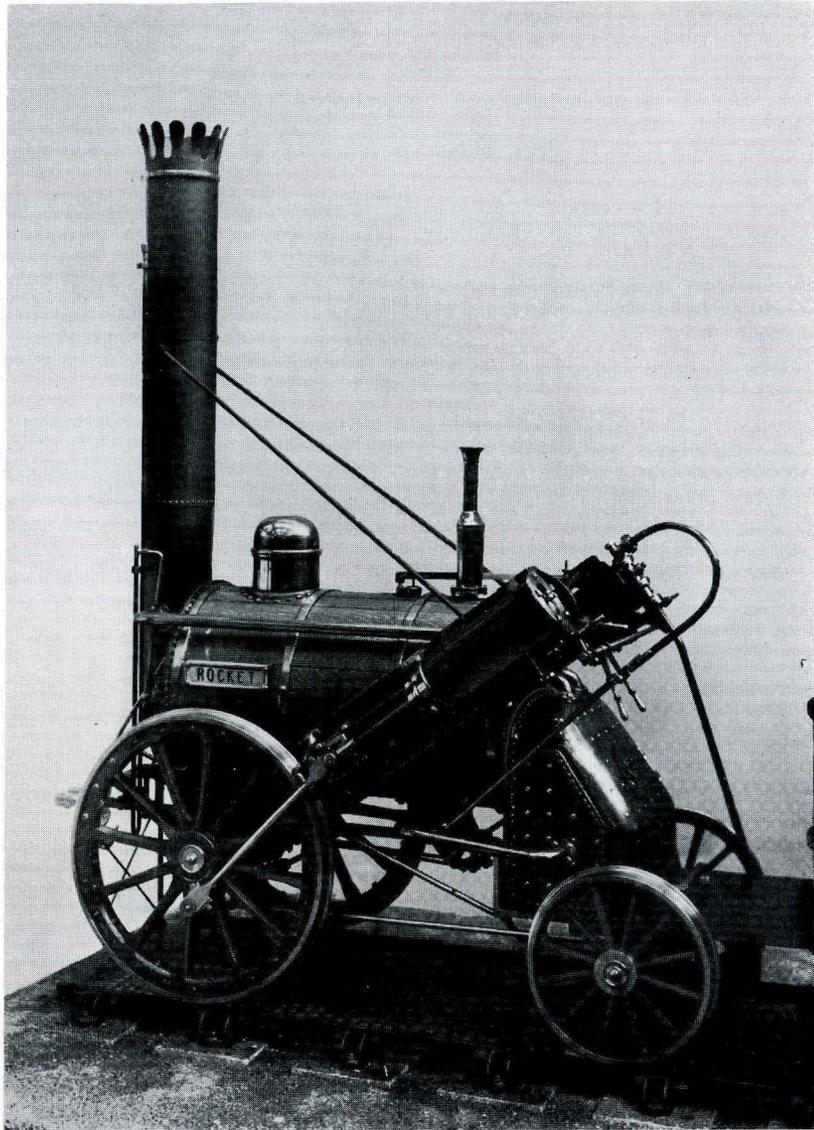
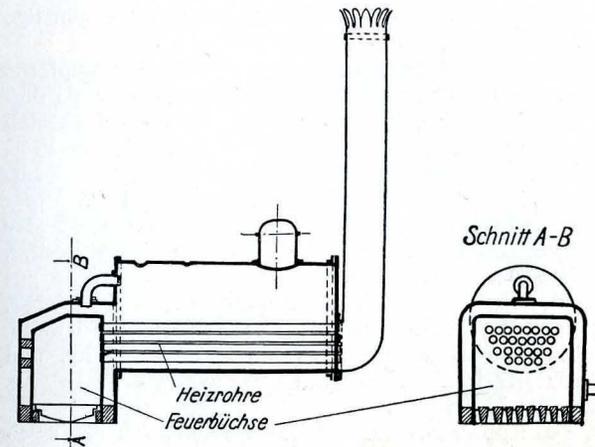


Abb. 1. Die erste Lokomotive der Welt: „Rocket“

der Kupferwand sehr klein, so daß sich die Temperaturen an der Feuerseite und an der Wasserseite der Kupferwand nur wenig (etwa 40°) voneinander unterscheiden.

Durch die hohe Wärmeleitfähigkeit wird eine sehr gute Verdampfung erreicht. Der Kohlenverbrauch ist also günstiger und die Anheizzeit kürzer als bei einer Lokomotive mit eiserner Feuerbüchse. Die praktische Folge hiervon ist die schnellere Ueberführung der Lokomotiven vom kalten in den betriebsfähigen Zustand, so daß die Ausfahrt aus dem Aufenthaltschuppen in kürzerer Zeit erfolgen kann.

Durch diese gute Leitfähigkeit ist auch die Bildung von Kesselstein von geringerer Bedeutung als bei eisernen Feuerbüchsen, bei denen besondere



$$H=12,8m^2 \quad R=0,56m^2$$

Abb. 2.
Längs- und Querschnitt
des Kessels der ersten
Lokomotive „Rocket“

Vorkehrungen getroffen werden müssen, damit nicht durch die hohe Erwärmung die Festigkeit der Bleche infolge ungenügender Wasserkühlung unzulässig herabgesetzt wird. Wenn auch durch Anwendung von Kesselsteingegenmitteln und Anlagen von Speiswasserreinigungseinrichtungen der Bildung von Kesselstein entgegengewirkt werden kann, so ist doch — selbst bei großen Geldaufwendungen hierfür — ein voller Erfolg nicht zu erreichen, weil die Lokomotiven an den verschiedensten Stellen Wasser von wechselnder Beschaffenheit und wechselnder Menge entnehmen müssen.

In diesem Zusammenhange ist auf die im Betriebe sowohl als auch beim Anheizen infolge großen und schnellen Temperaturwechsels auftretenden Wärmespannungen hinzuweisen. Diese werden durch die schon genannte große Formänderungsfähigkeit des Kupfers ausgeglichen, wodurch die Gefahr der Ribbildung vermieden wird. Dagegen sind eiserne Feuerbüchsen gegen Wärmeschwankungen sehr empfindlich, so daß bei diesen besondere Vorschriften über das Vorhalten eines Feuers an der Rohrwand während der Ruhepause der Lokomotiven und über das Nichtentfernen des Feuers beim Auswaschen der Kessel beobachtet werden müssen.

Auch ist darauf hinzuweisen, daß die Wandstärke der eisernen Feuerbüchsen nur 10—11 mm beträgt. Es ist daher beim Abreißen eines einzelnen Stehbolzens dieser sobald als möglich auszuwechseln. Die Lokomotive ist also in solchem Falle aus dem Betrieb herauszuziehen. Bei kupfernen Feuerbüchsen ist es dagegen möglich und allgemein üblich, mit der Auswechslung zu warten, bis planmäßig die Lokomotive längere Zeit im Schuppen steht. Erst wenn mehrere benachbarte Stehbolzen abgerissen sind, liegt die Notwendigkeit zum Ersatz derselben vor.

Die schon erwähnte große Formänderungsfähigkeit des Kupfers ist bei der Herstellung der Feuerbüchse von großem Vorteil, da sie die Bauteile der Feuerbüchse ohne Spannungen leicht in die gewünschte Form zu bringen gestattet.

Schließlich ist der Fortfall der Rostgefahr bei Kupfer und seine günstige Verschleißfestigkeit gegen Abbrand in Ansatz zu bringen.

Auch vom wirtschaftlichen Standpunkt betrachtet, bietet eine kupferne Feuerbüchse große Vorteile. Der Preis des Kupfers ist zwar höher als derjenige des gewöhnlichen Eisens. Für eiserne Feuerbüchsen muß jedoch vielfach Stahl von hoher Qualität verwendet werden, so daß sich der Preis einer eisernen Feuerbüchse von demjenigen einer kupfernen nicht wesentlich unterscheiden dürfte. Zum Vergleich der Wirtschaftlichkeit ist ferner zu berücksichtigen, daß die Einbaukosten einer eisernen Feuerbüchse höher sind, daß das alte Feuerbüchskupfer noch einen hohen Wert besitzt, und daß es insbesondere zur Herstellung neuer Feuerbüchsen sehr gut geeignet ist. Der Preis der drei Teile einer kupfernen Feuerbüchse, bestehend aus gebogenem Mantelblech gekümpelter Rohr- und Türwand, beträgt bei einer Del-Notiz von 62 RM etwa 128 RM je 100 kg, und der Altmaterialwert für tiegelrechtes Material etwa 60 RM je 100 kg, also beinahe die Hälfte des Neuwertes.

Zu beachten ist auch, daß Kupfer vor dem Weltkriege zeitweise den zwei- bis dreifachen Preis gegenüber dem jetzigen hatte. Wenn man trotzdem von der Verwendung des Kupfers nicht abgegangen ist, so ergibt sich daraus, daß die Preisfrage von untergeordneter Bedeutung ist gegenüber dem weit wichtigeren Gesichtspunkte des Verhaltens des Kupfers im Betriebe.

Während des Weltkrieges wurden wegen der Schwierigkeiten der Kupferbeschaffung bei der Deutschen Reichsbahn eiserne Feuerbüchsen eingebaut; wegen der schlechten Erfahrungen mit diesen — insbesondere wegen des Auftretens von Rissen in den Seitenwänden, namentlich bei Eintreten von Zugluft durch die geöffnete Feuertür — wurden nach dem Weltkriege alle eisernen Feuerbüchsen durch kupferne ersetzt.

Wenn neuerdings bei der Deutschen Reichsbahn wieder Versuche mit Feuerbüchsen aus Stahl angestellt werden, so ist dieses auf ähnliche Zeitverhältnisse zurückzuführen, wie sie im Weltkriege bestanden haben. Allerdings sind hierbei auch die angewandten höheren Dampfspannungen mitbestimmend, doch zeigt die Ausrüstung der beiden 2 C 2-Stromlinienlokomotiven für Beförderung eines D-Zuges von 250 t mit 175 km Stunden- geschwindigkeit — dieser neuesten Spitzenleistung deutscher Lokomotiv- bautechnik — mit kupfernen Feuerbüchsen, daß auch bei dem hohen Druck von 20 kg/cm² Kupfer als Baustoff für die Feuerbüchse sehr wohl geeignet ist.

B.

HERSTELLUNG DER FEUERBÜCHSTEILE UND DER FEUERBÜCHSE

Eine Feuerbüchse besteht aus einem Mantel, einer Rohrwand und einer Türwand.

Als Baustoff wird in Deutschland im allgemeinen Hüttenkupfer A nach DIN 1708 und 1787 verwendet mit einem Reinheitsgrad von mindestens 99 %. Im fehlenden Prozent dürfen Arsen und Nickel vorhanden sein, wovon auf As höchstens 0,5 % entfallen darf. Im übrigen dürfen an Wismut und Schwefel nur Spuren, an Antimon höchstens 0,08 %, an Alu-

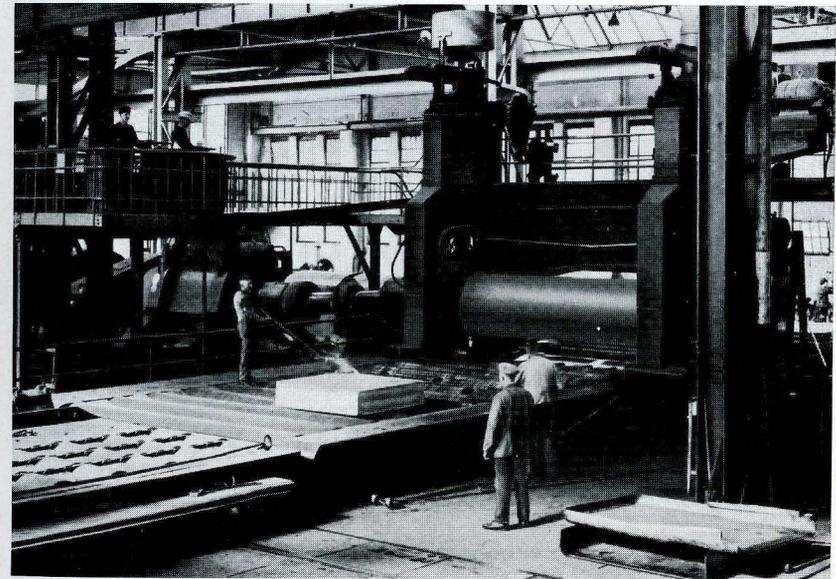


Abb. 3. Umkehrwalzwerk mit elektrischem Antrieb
zum Walzen von kupfernen Feuerbüchsplatten von über 4000 mm Breite

minium nur 0,01 % und an Sauerstoff höchstens 0,1 % vorhanden sein. Die Zerreißfestigkeit beträgt mindestens 22 kg/mm², die Dehnung mindestens 38 % bei proportionaler Meßlänge.

Die Herstellung der Platten erfolgt meist auf einem Umkehrwalzwerk nach Abb. 3. Ein Block von etwa 5 t Gewicht wird zunächst zu einer etwa 35 mm starken Platte vorgewalzt. Diese Platte wird nach dem Anwärmen durch weiteres Walzen auf die gewünschte Stärke heruntergewalzt. Die Dicke des Mantels und der Türwand hängt von der Feuerbüchsegröße und der Höhe des Kesseldruckes ab und schwankt zwischen 10 und 20 mm.

Die Rohrwand hat im Spiegel zur sicheren Befestigung der Rauch- und Siederohre eine größere Blechdicke (von 25 bis 30 mm) als im unteren Teil, der auf dem Umkehrwalzwerk abgesetzt wird. Sofern ein Duo-Walzwerk Verwendung findet, läßt sich dasselbe Ziel durch Stahlbeilagen verschiedener Stärke erreichen. Die fertiggewalzten Platten werden formgerecht beschnitten und nochmals gegläht.

Zur Herstellung des Mantels werden die Platten durch eine Richtmaschine in ebene Form gebracht und alsdann gebogen. Die Rohrwand erhält



Abb. 4. Fräsmaschine in Sonderbauart. Vorn eine gefräste Rohrwand mit sich verjüngenden Rändern

durch Warm Schmieden oder durch Fräsen — z. B. auf einer Fräsmaschine nach Abb. 4 — die gewünschte, am Rande sich verjüngende Form und wird ebenso wie die Türwand auf großen hydraulischen Kumpelpressen nach vorherigem Anwärmen gepreßt (siehe Abb. 5). Abb. 6 zeigt ein Nachrichten dieser gekümpelten Platten von Hand.

An jedem Mantel, jeder Rohrwand und Türwand werden zwecks Güteprüfung Probestreifen belassen, die durch Sägen abgetrennt werden.

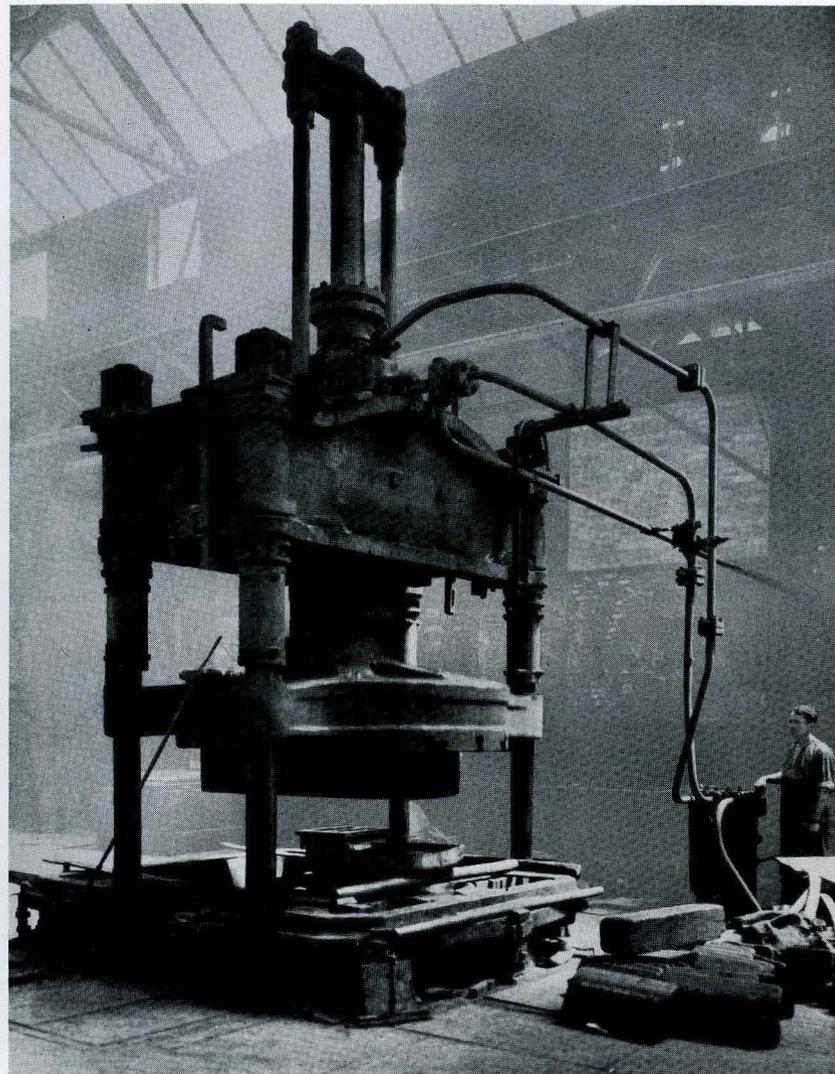


Abb. 5. Große hydraulische Presse zum Kümpeln der Rohr- und Türwände



Abb. 6. Nachrichten einer gekümpelten Rohrwand

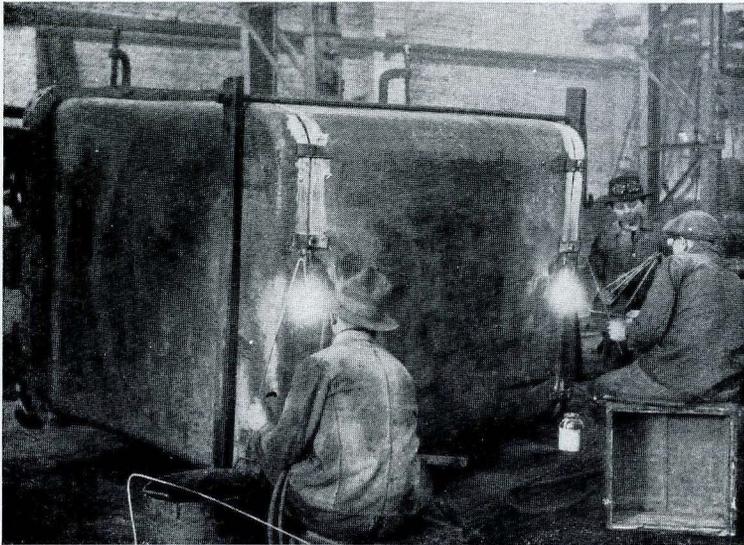
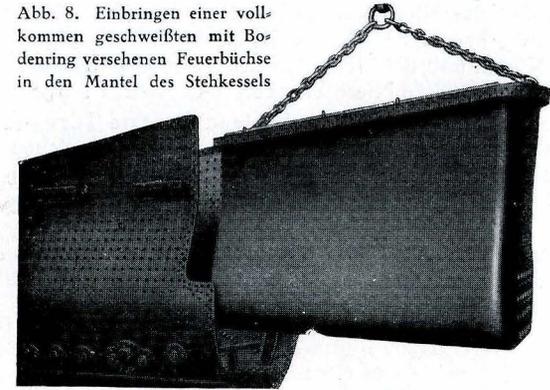


Abb. 7. Autogenes Schweißen der X-Nähte einer kupfernen Feuerbüchse

Abb. 8. Einbringen einer vollkommen geschweißten mit Bodenring versehenen Feuerbüchse in den Mantel des Stehkessels



Die Verbindung der Rohrwand und der Türwand mit dem Mantel erfolgte früher stets durch überlappte Nietung, neuerdings fast ausschließlich durch Schweißung. Abb. 7 zeigt eine solche Feuerbüchse während der Schweißung und Abb. 8 im fertigen Zustande beim Einbringen in den Mantel des Stehkessels.

Der große Vorteil der geschweißten Ausführung besteht zunächst in dem Fortfall der Ueberlappung und der Querschnittsschwächung durch die Nietlöcher sowie der Einsparung der Nietung selbst. Darüber hinaus werden bei den genieteten Feuerbüchsen die Nietköpfe auf der Wasserseite

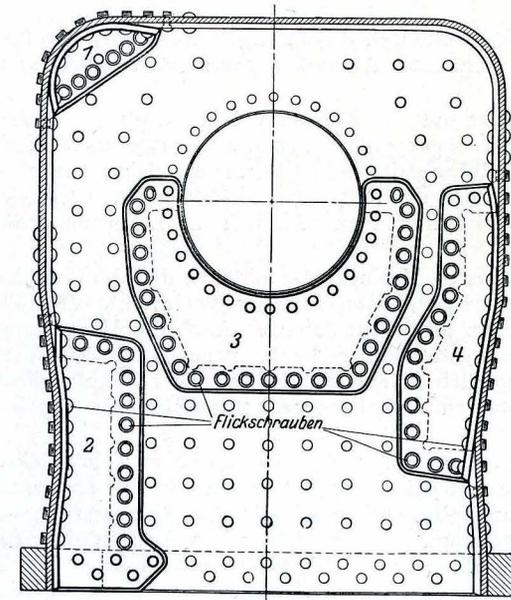


Abb. 9. Türwand mit aufgenieteten Flickern (frühere heute verlassene Arbeitsweise)

abgekehrt, so daß die Niete lose und undicht werden. Die Stemmkannten der Ueberlappung brennen leicht ab. Es ist daher ein gelegentliches Nachstemmen der Nieten und der Stemmkannten erforderlich gewesen, und bei zu starker Abnutzung mußten Niete erneuert und Flicker aufgenietet werden. Wie z. B. eine in dieser Weise früher instand gesetzte Türwand ausgesehen hat, veranschaulicht Abb. 9. Daß trotz dieser umfangreichen und teuren Ausbesserungsarbeiten Kupfer als Baustoff für Feuerbüchsen beibehalten wurde, beweist, daß man die großen Vorzüge des Kupfers sehr wohl erkannt hat.

Infolge Fortfalls der Nietnaht ist es gemäß Abb. 10 möglich, den Umbug der Rohrwand und der Türwand mit größerem Halbmesser als bisher auszuführen. Durch den größeren Umbug wird die Gefahr der

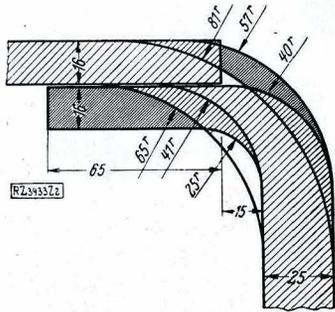


Abb. 10.
Umbiegungen der Feuerbüchse.
Für Nietung: Umbughalbmesser innen $r = 25$ mm, außen $r = 40$ mm;
für Schweißung: Umbughalbmesser innen $r = 41$ mm, außen $r = 57$ mm oder innen $r = 65$ mm, außen $r = 81$ mm.
Die groß gewählten Umbughalbmesser sind in bezug auf Werkstoffbeanspruchung am günstigsten

Rißbildung stark vermindert, die durch die Bewegung der Feuerbüchse im Betrieb (das sogenannte Atmen) hervorgerufen wird, wie später beschrieben.

Die Rohrnetzfläche auf der Rohrwand kann trotz des größeren Umbugs ebenso groß oder sogar größer gehalten werden als bisher. Eine Vergrößerung der Rohrnetzfläche gestattet entweder, mehr Rohre unterzubringen und damit die mittelbare Heizfläche zu vergrößern, oder die Lochstege stärker zu halten und dadurch die Lebensdauer der Rohrwand zu verlängern.

Schon nach den ersten Versuchen ergab sich, daß die Unterhaltungskosten und die Lokomotivstillstandstage bei der geschweißten Ausführung wesentlich geringer waren als bei genieteter. Auch die Herstellungskosten sind niedriger. Man rüstet daher heute neue Lokomotiven nur mit geschweißten Feuerbüchsen aus und ersetzt die genieteten Feuerbüchsen in älteren Lokomotiven bei Erneuerungsbedürftigkeit durch geschweißte Feuerbüchsen.

Die Herstellung einer vollkommen geschweißten Feuerbüchse wurde erst möglich, nachdem ausreichende Erfahrungen in der Kupferschweißung im Großapparatebau, insbesondere aber in der Ausbesserung von kupfernen Feuerbüchsen gesammelt waren. Die schon 1913 in den Ausbesserungswerkstätten gemachten ersten Schweißversuche führten erst durch die bedeutsame Erfindung des Canzler-Drahtes — eines phosphorhaltigen, mit

Silber legierten Kupferdrahtes — zu einwandfreien Ergebnissen. Das Verfahren beruht im wesentlichen darauf, daß durch Anwendung dieses Schweißdrahtes und geeigneter Paste der Eintritt von Sauerstoff aus der Luft oder der Schweißflamme in das Kupfer verhindert und ein angemessener Fluß der Schweißung erhalten wird. Andererseits muß das Schweißen so schnell ausgeführt werden, daß die Ableitung der Wärme infolge der hohen Leitfähigkeit des Kupfers eingeschränkt wird. Dies wird durch Verwendung großer Brenner und gleichzeitiges doppelseitiges Schweißen erreicht. Nach dem Schweißen muß die Schweißstelle in rotwarmem Zustande gehämmert werden.

Erst nachdem eine genügende Übung erreicht und hinreichende Erfahrungen bei den Ausbesserungsarbeiten gewonnen worden waren, konnten im Jahre 1923 die ersten vollständig geschweißten Feuerbüchsen in den Reichsbahnausbesserungswerken Magdeburg-Buckau und München-Freimann sowie von der Firma Samesreuther & Co., Butzbach, hergestellt werden. Heute ist dieses Verfahren bei der gesamten Reichsbahn allgemein eingeführt.

C. BEFESTIGUNG DER FEUERBÜCHSE IM KESSEL UND UNTERHALTUNG

Die Verbindung der Feuerbüchse mit dem eisernen Stehkessel erfolgt an den Seiten durch kupferne Stehbolzen und an der Decke durch eiserne Deckenanker. Abb. 11 zeigt eine in den Kessel eingebaute Feuerbüchse, Abb. 12 Teile einer solchen Verbindung. Im unteren Teil sind Feuerbüchse und Stehkessel unter Zwischenschaltung eines 55 bis 90 mm breiten und 70 bis 100 mm hohen Bodenringes in zweireihig versetzter Nietnaht miteinander verbunden, um einen genügend weiten Wasserraum zu er-

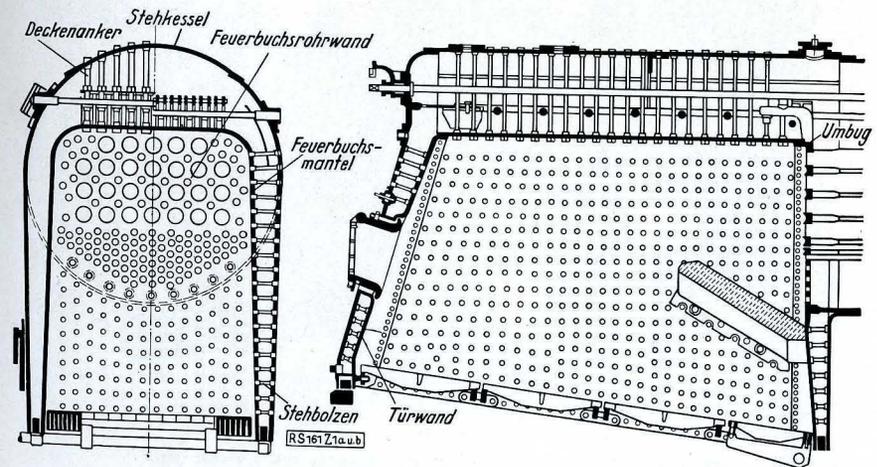


Abb. 11. Kupferne Feuerbüchse im Zusammenbau mit dem Stehkessel

halten. Die Rückwand ist unter Zwischenschaltung des Feuerlochrings an den Stehkessel in einreihiger Naht angenietet. Abweichend werden auch nach Bauart Webb die beiden um das Feuerloch entsprechend gebogenen Rückwände unmittelbar ohne Zwischenschaltung eines Ringes zusammengefügt. Die Feuerbüchsenrohrwand ist durch Heizrohre und Rauchrohre mit der Rauchkammerrohrwand sowie durch Bodenanker mit dem Langkessel verbunden. Der Zusammenbau der Rohre und der Rohrwand der Feuerbüchse erfolgt durch Einwalzen und Bördeln, wodurch eine starre Verbindung entsteht. Bei der Erwärmung können sich die Rohre nur nach der Kupferrohrwand zu ausdehnen und versuchen sich hindurchzuschieben. Es ist verständlich, daß vor allem bei kürzeren Lokomotiven infolge der größeren Steifigkeit der Rohre zuweilen Undichtigkeit in der Kupferrohrwand eintritt, die man mit Erfolg durch Auflöten von aus-

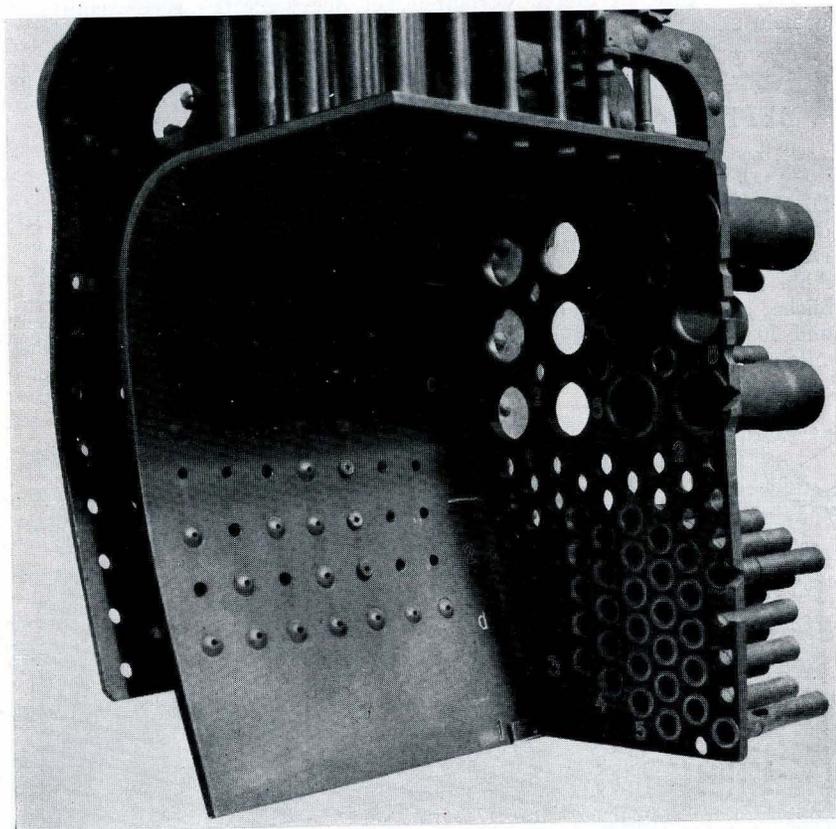


Abb. 12. Ausschnitt einer eingebauten Feuerbüchse mit Deckenankern, Stehbolzen, Heiz- und Rauchrohren

geglühten Kupferlingen vermieden hat. Abb. 13 zeigt die Befestigungsart vor und nach dem Umbördeln.

Die Stehbolzen fertigt man in der Regel aus kupfernen Hohlstangen mit 5 mm Lochdurchmesser. Die Stangen werden warm gewalzt oder auf Strangpressen gepreßt und nach Abb. 14 und 15 auf Ziehbanken fertiggestellt. Für den Werkstoff gelten die gleichen Vorschriften wie für Bleche, jedoch muß die Zerreißfestigkeit mindestens 23 kg/mm² bei einer Bruchdehnung von mindestens 38% betragen. Die Rohlinge werden meist auf Schmiedemaschinen mit stärkeren Kopfenden versehen, auf denen durch Strahlen oder Walzen das Gewinde angebracht wird. Die Befestigung der Stehbolzen in den Kesselwänden geschieht neuerdings vorwiegend durch Aufdornen. Hierbei dürfen

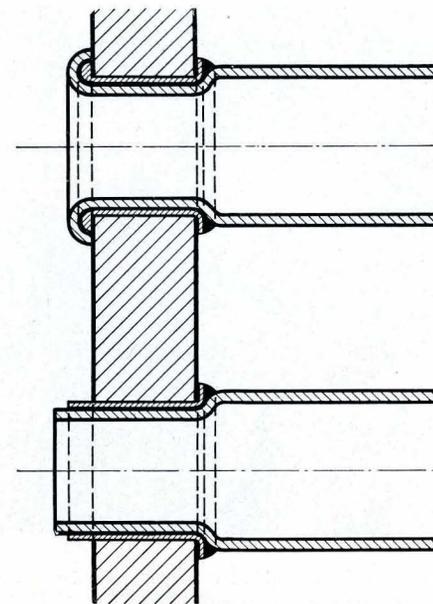


Abb. 13. Befestigung der Rohre in der Feuerbüchsenwand mittels aufgelöteter Kupferlinge

Kegeldorne nicht verwendet werden, da sie einen zu großen Achsialschub haben und außerdem die an der Wasserseite liegenden Gewindgänge nicht zum vollen Anliegen bringen. Besser sind Dorne von parabolischer Form oder von Doppelkegelform. Nach dem Aufdornen werden die Stehbolzen stehkesselseitig verschlossen und auf der Feuerseite unter Anwendung eines Döppers mit Kopf versehen. Soweit nicht hohle Stehbolzen verwendet werden, erhalten sie eine Längsbohrung, welche mindestens über die Wand der Feuerbüchse einerseits und des Stehkessels andererseits hinausgehen muß, um abgerissene Stehbolzen am Ausblasen von Dampf oder Wasser erkennen zu können.

Diese Befestigungsart der Stehbolzen wurde auch beibehalten zu einer Zeit, als sich aus der langsam fahrenden ersten Maschine bereits eine zeitgemäße hochleistungsfähige Schnellzugslokomotive mit einem Kesseldruck von 15 kg/cm² und mehr entwickelt hatte. Hierdurch wird verständlich, daß die frühere Befestigung zu manchen Ausbesserungsarbeiten Anlaß gab, die durch Bruch und Undichtwerden der Stehbolzen oder durch Grubenbildung um die Stehbolzenköpfe herum verursacht waren. Zurückzuführen sind diese Erscheinungen auf Wärmespannungen. Diese treten in den Feuerbüchsenwänden am stärksten beim Anheizen auf und werden insbesondere bei stark beschleunigtem Anheizen der kalten Lokomotive wirksam. Auf der Feuerseite herrscht die Verbrennungstemperatur von über 1000 bis 1300° C, auf der Wasserseite jedoch zunächst nur eine solche von höchstens 20° C, wenn der Kessel mit kaltem Wasser, und



Abb. 14. Herstellen der Stehbolzen-Stangen durch Kaltziehen

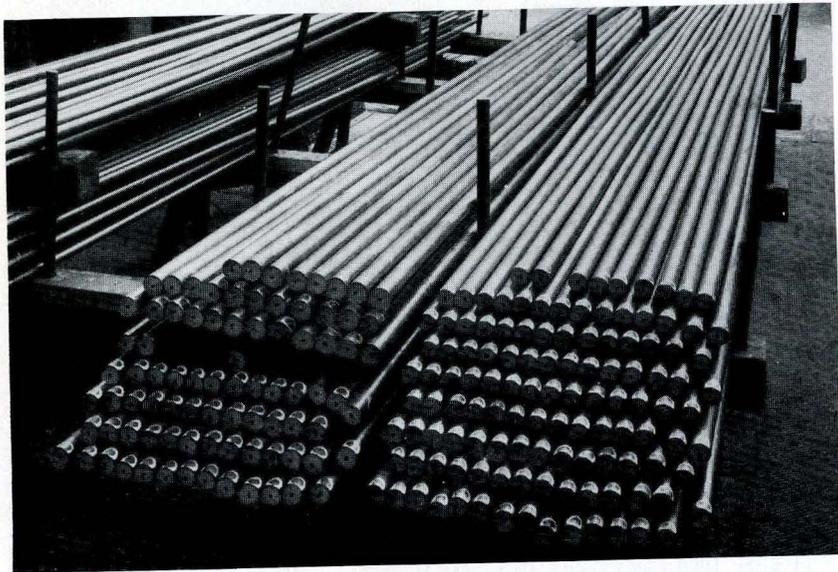


Abb. 15. Fertige Stehbolzen-Stangen mit Loch

von höchstens 90°C , wenn er mit warmem Wasser gefüllt wird. Später, im Betriebe, steigt die Wassertemperatur bis auf etwa 200°C . Die Kupferwand dehnt sich infolge der Erwärmung aus. Weil nun ihre Ausdehnung nach unten durch den starren Bodenring und nach hinten infolge der Verbindung mit der Stehkesselrückwand nicht möglich ist, zieht sie die Stehbolzen nach oben und nach vorn. Durch ihre starre Befestigung in der Stahlwand des Stehkessels werden daher die Stehbolzen um ihre Befestigungsstelle in der Kupferwand gebogen und auf Lockerung beansprucht. Ein Undichtwerden wird durch die guten Formänderungseigenschaften des Kupfers sowohl der Feuerbüchswände als auch der Stehbolzen weitgehend verzögert.

Die insbesondere in der Feuerzone auftretenden Abzehrungen der Wände rings um die Stehbolzen — die bei unsachgemäßer Behandlung bis zu zwei Drittel der Wandstärke betragen können — sind verursacht durch undichte Stehbolzen, wobei das austretende Wasser oder der entströmende Dampf infolge der Stichflammentemperaturen in seine Bestandteile zerlegt wird, die das Kupfer stark angreifen, sowie durch zu starke Kaltverformung der Wand und der Stehbolzenköpfe. Denn beim Döppen der Stehbolzenköpfe bei der Feuerbüchsenherstellung und Ausbesserung wird das unter dem Schellhammer liegende Kupfer manchmal unvorsichtigerweise zu stark kalt verformt und dadurch seine Warmfestigkeit gemindert. Siehe Abb. 16.

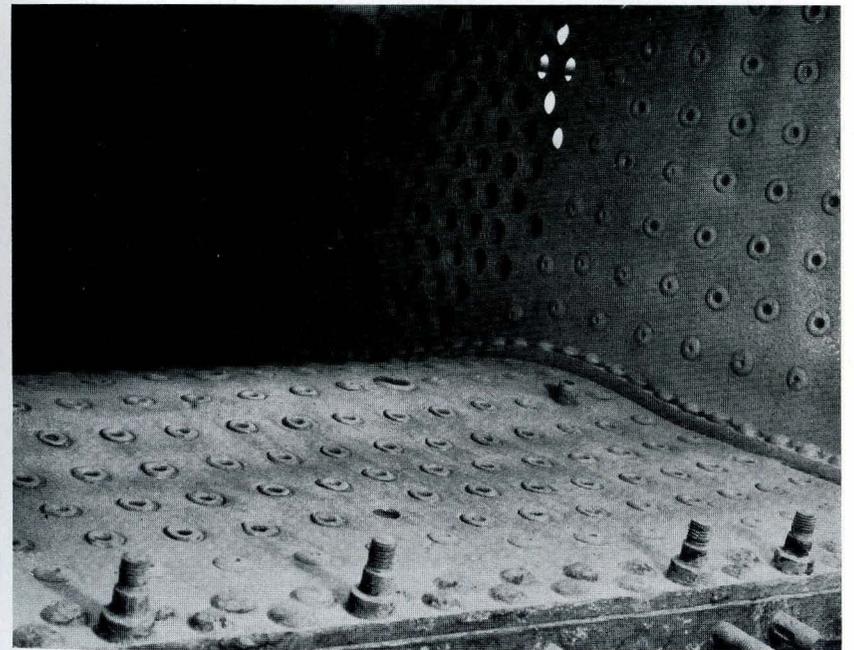


Abb. 16. Inneres einer genieteteten Feuerbüchse mit abgezehrten Stehbolzenköpfen, Auszehrungen im Blech um die Köpfe herum und abgezehrten Stemmkannten

Diese Abzehrungen haben dann zum Einsetzen von Flicken geführt über die ganze untere Seitenwand (Vorschuhen) hinweg, die früher nur mittels Schraubennieten oder vom Wasserraum aus eingebrachter Nieten befestigt werden konnten. Diese viel Sorgfalt erheischende, zeitraubende Arbeit entsprach nicht immer den gehegten Erwartungen und erforderte im Betriebe häufiges Nachstemmen der Nietnaht und Dichten der Stehbolzen besonders dann, wenn die Flicker in oder nahe der Feuerzone lagen. Es bedeutete daher einen großen technischen Fortschritt, als es gelang, solche Flicker nicht mehr anzunieten, sondern einzuschweißen. Durch dieses moderne Verfahren wurden alle bisherigen Mängel beseitigt. Abb. 17 zeigt eine solche Feuerbüchse, bei der außerdem die bisher genietete Rohrwand durch eine geschweißte ersetzt worden ist.

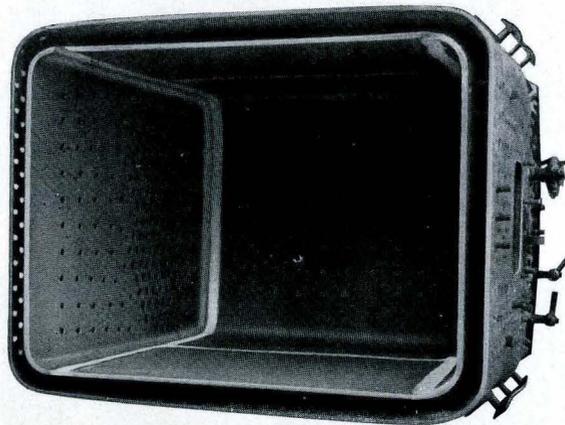


Abb. 17.
Kupferne Feuerbüchse
mit angeschweißter
Rohrwand und
eingeschweißten
Seitenwandvorschuhen

Wegen der guten Erfahrungen mit dem Schweißen ist man seit Jahren dazu übergegangen, schon bei beschädigten Stemmkannten an der Rohrwand und Türwand die Nietung innerhalb der Feuerzone zu entfernen und die Seitenwände an diesen Stellen mit der Rohrwand und Türwand zu verschweißen. (Siehe Abb. 18.)

Zur Behebung der Undichtigkeiten und damit zusammenhängenden Abzehrungen um die Stehbolzenköpfe herum sind in neuerer Zeit zwei Wege beschritten worden, die technisch und wirtschaftlich von Bedeutung sind:

- die Anwendung warmfester Kupferlegierungen (Kuprodur) und
- das Einschweißen der Stehbolzen in die kupfernen Feuerbüchswände.

Kuprodur ist eine durch Ausscheidungshärtung vergütbare Kupferlegierung von höherer Warmfestigkeit als gewöhnliches Feuerbüchskupfer. Dieser Werkstoff wird für die am meisten beanspruchten unteren Teile der Seitenwände, die in der Feuerungszone liegen, verwendet. Das Anschweißen solcher „Vorschuhe“ an gewöhnliche Feuerbüchskupferbleche bietet bei Verwendung geeigneter Schweißstäbe und Schweißpasten keine Schwierigkeit. Da Kuproductor empfindlicher gegen Kaltverformung ist, sind bei allen Anpassungsarbeiten und Verformungen stark wirkende Schläge zu vermeiden. Die in die Feuerbüchse ragenden Enden der Stehbolzen können

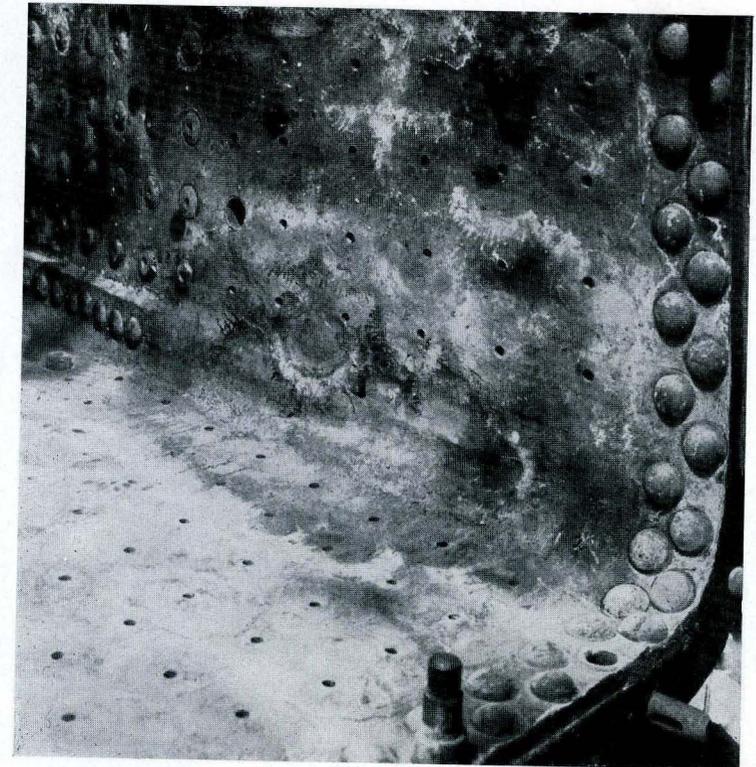


Abb. 18. Stehbolzen in Vorder- und Seitenwand verschweißt, ferner im unteren Teil frühere Nietnaht durch Schweißnaht ersetzt

stehen bleiben und brauchen nicht mit einem Kopf versehen zu werden. Es ist noch hervorzuheben, daß auch die Abzehrungen auf der gesamten Fläche der unteren Feuerbüchse seitenteile aus Kuproductor geringer werden. Siehe Abb. 19.

Den Abzehrungen an den Stehbolzenköpfen kann auch durch Einschweißen der Stehbolzen in die Kupferwand sehr vorteilhaft begegnet werden. Hierdurch wird eine dauernd und völlig dichte homogene Verbindung mit der Feuerbüchswand ermöglicht, so daß die Innenfläche einer nahtgeschweißten Feuerbüchse dann ein vollkommen glattes Aussehen zeigt. Mehrere Verfahren sind entwickelt worden. Die Abb. 20 veranschaulicht ein solches autogenes Schweißverfahren (Cottbus). Zur bequemen Ausführung der Schweißarbeit wird der Kessel auf die Seite gelegt. Wegen der während des Schweißens auftretenden Wärmespannungen werden die Nähte des Seitenwandflickens mit der Türwand und Rohrwand später verschweißt.

Nach einem anderen, zum Einschweißen einzelner und auch Gruppen abgezehrter oder undicht gewordener Stehbolzen geeigneten Verfahren kann,

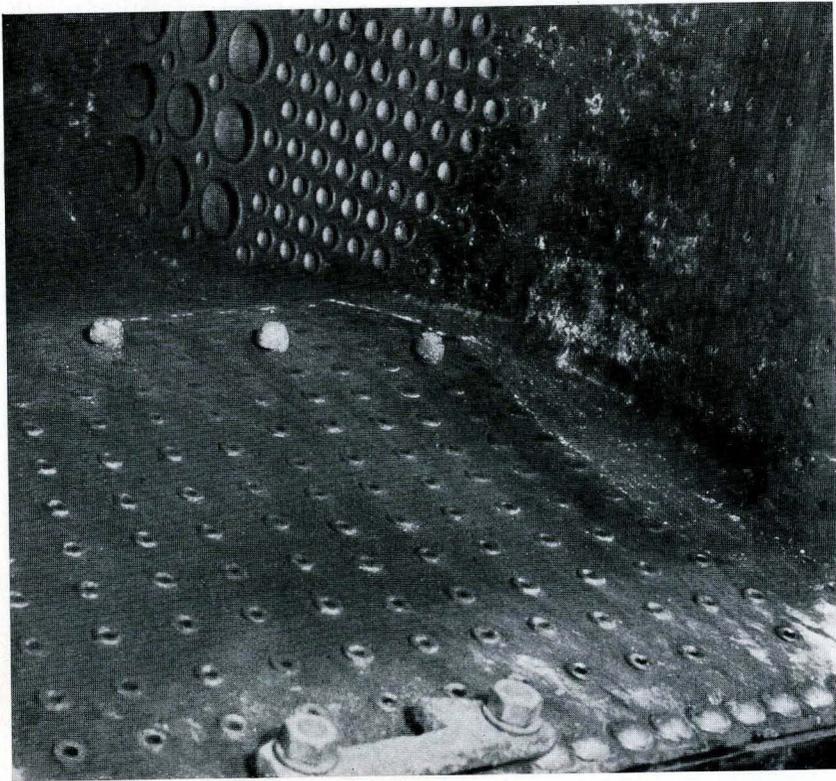


Abb 19. Inneres einer kupfernen, vollständig geschweißten Feuerbüchse. Seitenwand aus Kuproduer. Die kupfernen Stehbolzen in der Rohrwand sind autogen eingeschweißt (Sebaldsbrück)

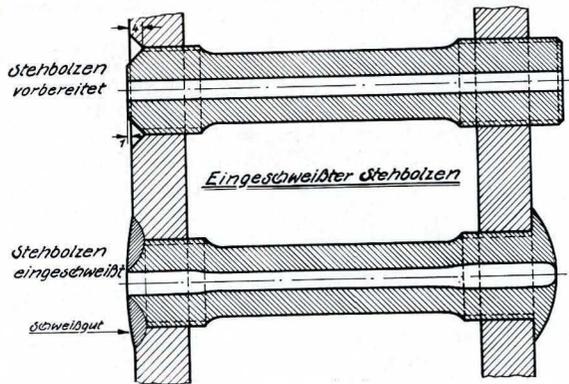


Abb. 20. In die Feuerbüchswand autogen eingeschweißte Stehbolzen (Reichsbahn- ausbesserungswerk Cottbus)

ohne die seitlichen Nähte der Vorschuhe offen zu lassen, geschweißt werden. (Sebaldsbrück.) Auf den Abbildungen 18 und 19 sind derartig eingeschweißte Stehbolzen erkennbar.

Bei Anwendung dieser Arbeitsmethode können zugleich mit dem Verschweißen der abgenutzten Stehbolzenköpfe die auf Abbildung 16 sichtbaren Rillen durch Auftragschweißung beseitigt werden. In solchen Fällen erübrigt sich das sonst erforderliche Einsetzen von Vorschuh.

In allerneuester Zeit ist es gelungen, die gerade für Kupfer erwünschte elektrische Lichtbogenschweißung auszuführen, indem durch Anwendung einer geeigneten Umhüllung des Schweißstabes der Lichtbogen bei hoher Spannung auf die gewünschte Stelle gerichtet wird. Den Aufbau

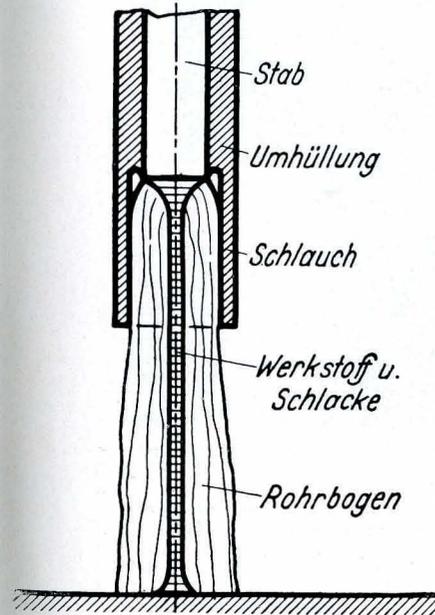


Abb. 21. Wirkungsweise der Firinit-Schlauelektrode bei der Lichtbogenschweißung (Lessel-Verfahren)

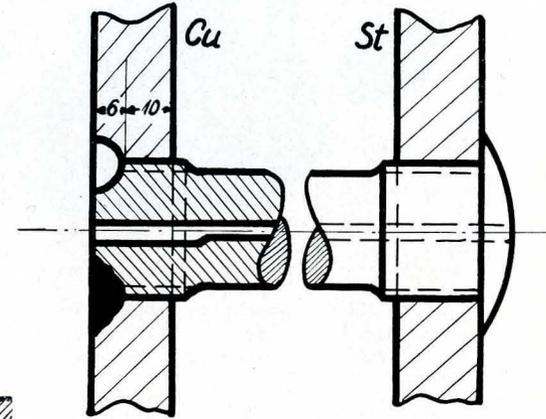


Abb. 22. Durch Lichtbogen mit der Schlauelektrode geschweißter Stehbolzen (oben vorbereitet, unten fertig geschweißt und aufgedornt)

und die Wirkungsweise des neuen Verfahrens veranschaulicht Abb. 21. Bei starr eingespannten Werkstücken nach Art einer eingebauten Feuerbüchse besitzt die elektrische Schweißung den grundsätzlichen Vorteil, daß die Erwärmung fast nur auf die Schweißstelle beschränkt wird, wodurch auftretende Schrumpfspannungen so gering bleiben, daß sie unschädlich sind. Dieses in schnellem Arbeitstempo und einfach durchführbare Verfahren ist ebenfalls bereits für das Einschweißen der kupfernen Stehbolzen nach Abb. 22 zu praktischer Anwendung gekommen. Die Schweißung in senkrechter Lage ist ohne weiteres möglich. Es ist damit zu rechnen, daß die Lichtbogenschweißung auch für die sonstigen Schweißarbeiten an kupfernen Feuerbüchsen Eingang finden wird.

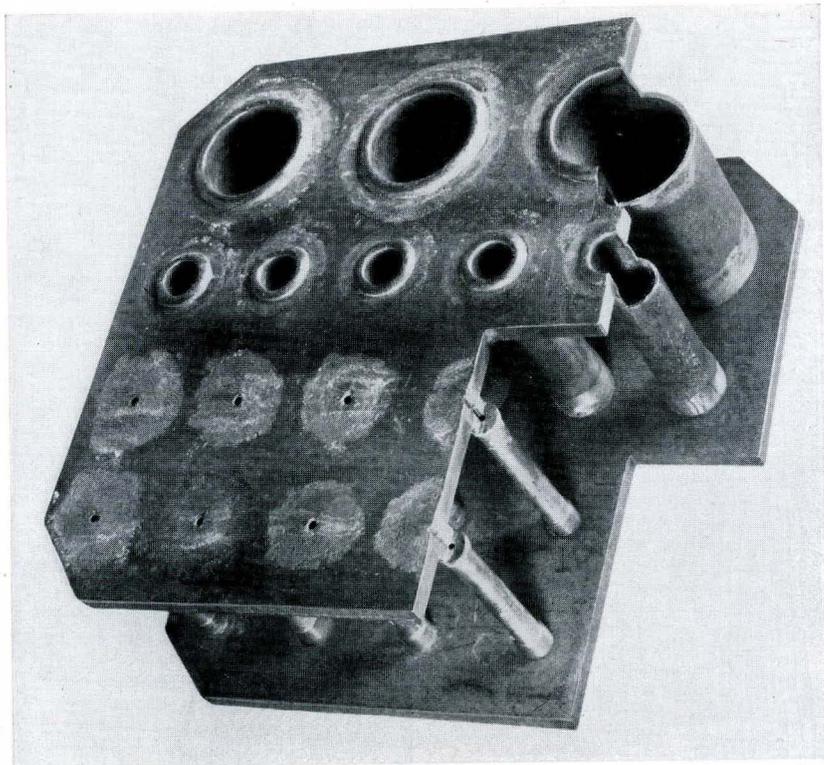


Abb. 23. Mit der Schlauchelektrode durch Lichtbogenschweißung in die kupferne Feuerbüchse wand eingeschweißte Stehbolzen. Das Verfahren ist versuchsweise auch bei Heiz- und Rauchrohren angewendet worden. Die Schweißung erfolgte in senkrechter Lage.

Die früheren Bedenken gegen die Schweißung der kupfernen Feuerbüchsen hat man allgemein aufgegeben, nachdem einerseits durch entsprechende Ausbildung der Schweißer für ordnungsmäßige Schweißung Sorge getragen wird und darüber hinaus eine sichere, zerstörungsfreie Nachprüfung der Schweißung durch Röntgenapparate möglich ist.

Die Deutsche Reichsbahn hat zum Zwecke der beschleunigten und sachgemäßen Durchführung dieser Ausbesserungsarbeiten eine Anweisung herausgegeben, welche am Schlusse dieser Schrift wiedergegeben ist. Die DIN-Normblätter LON 2031 und 2061, von denen Auszüge beigegeben sind, dienen dem gleichen Ziele der Vereinheitlichung bei der Herstellung und wurden auf Grund jahrzehntelanger Erfahrungen geschaffen. Ihre Anwendung kann daher ebenso empfohlen werden wie die der beigegebenen Bedingungen der Deutschen Reichsbahn für die Lieferung von Kupferplatten für Feuerbüchsen.

D. SCHLUSSFOLGERUNG

Zusammenfassend kann folgendes gesagt werden:

Schon die erste Dampflokomotive der Welt war mit einer kupfernen Feuerbüchse ausgerüstet. Die Beibehaltung dieses Werkstoffes bei fast allen Eisenbahnbetrieben durch ein ganzes Jahrhundert ist die Folge der guten chemischen und physikalischen Eigenschaften des Kupfers, die sowohl bei der Anfertigung der Feuerbüchse als auch beim Anheizen und im Zugbetriebe voll wirksam werden.

Durch die Einführung und immer weitere Verbesserung des Schweißverfahrens sowie die Verwendung geeigneter Kupferlegierungen für die hochbeanspruchten Seitenwandteile ist es gelungen, die Abnutzung der kupfernen Feuerbüchsen hintanzuhalten und etwa auftretende Schäden in kurzer Zeit dauerhaft zu beseitigen, so daß die Lokomotive kürzere Zeit dem Betriebe entzogen und die Lebensdauer der Feuerbüchse ganz bedeutend verlängert werden konnte.

Hierdurch ist z. B. bei der Deutschen Reichsbahn die Grundlage dafür geschaffen worden, daß im letzten Jahrzehnt die kilometrischen Leistungen der Lokomotiven zwischen je zwei planmäßigen Untersuchungen in starkem Maße gestiegen sind. Zu einem zahlenmäßigen Vergleich kann der im Jahre 1924 vom Verfasser aufgestellte Leistungsmaßstab für Lokomotivausbesserungswerke herangezogen werden. Heute sind die damals von der Fachwelt als sehr hoch bezeichneten erstrebenswerten Soll-Leistungen nicht nur erreicht, sondern trotz der bedeutend höheren Beanspruchung der Feuerbüchse infolge der gesteigerten Zuggeschwindigkeiten ganz wesentlich überschritten worden, wie aus Zahlentafel I ersichtlich:

Gattung	Hauptpersonenzuglokomotive P 8	Hauptgüterzuglokomotive G 10
Ideale Soll-Leistungen 1924	110 000 km	90 000 km
Erreichte durchschnittliche Leistungen 1936	150 000 km	95 000 km
Leistungen einzelner Lokomotiven 1936	265 000 km	160 000 km

Die gestiegenen Betriebsleistungen der Lokomotiven ermöglichen es, mit einer geringeren Anzahl auszukommen, so daß durch die beachtliche Verringerung der Kosten für Amortisation und Verzinsung des Lokomotivparkes große wirtschaftliche Ersparnisse erreicht werden.

Die neuesten Errungenschaften auf dem Gebiete der Schweißtechnik lassen eine weitere günstige Entwicklung in der Verwendung kupferner Lokomotivfeuerbüchsen erwarten.

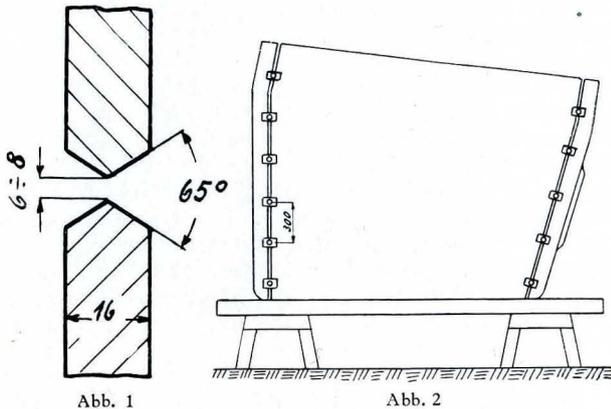
ANHANG

1. Arbeitsanweisung der Deutschen Reichsbahn für das Schweißen von kupfernen Feuerbüchsen

I. Das Schweißen neuer Feuerbüchsen

1. Zurichten der Teile für das Schweißen

Die Stoßkanten sind für das Schweißen an allen Teilen X-förmig mit einem beiderseitigen Einschweißwinkel von etwa 65° vorzubereiten (Abb. 1). Die Teile der Feuerbüchse sind wie folgt zusammzusetzen: Der Mantel, gegebenenfalls mit den vorher angeschweißten Kuproduer-Vorschühen, wird mit der Deckenseite nach unten auf eine Richtplatte gelegt. Dann wird



die Rohrwand vor den Mantel gesetzt und durch Laschen derart befestigt, daß zwischen den Stoßkanten gleichmäßig ein Abstand von etwa 6 bis 8 mm verbleibt (Abb. 2). An den Durchgangsstellen der Schrauben sind die Stoßkanten auszurunden. Die Laschen von 80 bis 100 mm Seitenlänge sind aus etwa 10 mm starkem Stahlblech gefertigt. Sie sind in der Mitte für einen Durchgang von Schrauben M 10 durchbohrt. Die Rückwand wird in der gleichen Weise wie die Rohrwand an den Mantel herangesetzt und befestigt. Das genaue Längenmaß der Feuerbüchse ist durch Bearbeiten des Mantels am Rückwandende herzustellen. Der nach oben liegende, untere Rand der Feuerbüchse wird entweder durch eine Spannvorrichtung (Abb. 3) oder durch den Bodenring oder einen genau nach Maß gefertigten Lehrbodenring aus etwa 10 mm starkem Flachstahl so festgehalten, daß infolge des Schweißvorganges sich die vorgeschriebenen Abmessungen nicht wesentlich ändern können.

2. Schweißgeräte und Stoffe

Zum gleichzeitigen Schweißen von beiden Seiten (X-Naht) sind Schweißbrenner der Größe 14 bis 20 mm zu verwenden. Zweckmäßig wird die

Hand des Schweißers gegen die von der Schweißung ausstrahlende Wärme durch ein am Brenner angeschraubtes, mit Asbest ausgekleidetes Schutzblech geschützt. Die Saugfähigkeit der Brenner und der Azetylendruck in der Leitung müssen so groß sein, daß selbst bei größter Erhitzung des Brennendstückes die Einhaltung der neutralen Flamme gewährleistet ist. Für das Hämmern der Schweißnähte sind Preßluftschlämmer mittlerer

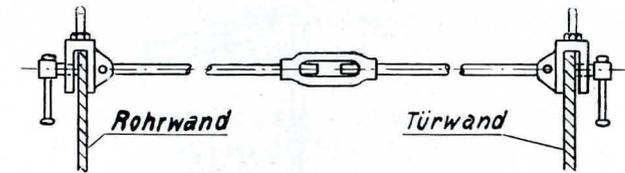


Abb. 3

Leistung und mit hoher Schlagzahl, d. h. von mindestens 2000 Schläge/Minute, sowie Stemmer nach Werkzeugkatalogblatt 868.13 zu benutzen. Um dem in der Feuerbüchse arbeitenden Schweißer den Aufenthalt erträglich zu machen, ist die heiße Luft abzusaugen. Ein Lüfter von 0,7 kW hat sich als zweckmäßig erwiesen.

Als Zusatzwerkstoff ist Kupferschweißdraht nach den Lieferungsbedingungen von 8 mm Dicke zu verwenden.

3. Ausführung der Schweißung Anschweißung von Kuproduer-Seitenvorschühen

Kuproduer ist zur Zeit wie Kupfer mit der Azetylen-Sauerstoffflamme zu schweißen. Brennergröße, Flammeneinstellung und Brennerführung sind grundsätzlich die gleichen wie für die Kupferschweißung. Der Schmelzpunkt des Kuproduers liegt etwas niedriger als der des Kupfers. Es ist zu berücksichtigen, daß das Kuproduer beim Flüssigwerden stärker zur Oxidbildung neigt als Kupfer, und zwar um so mehr, je höher das Kuproduer erwärmt wird. Für Schweißverbindungen zwischen Kupfer-Kuproduer ist ein besonderes Flußmittel zu verwenden.

Zum Schweißen wird der Mantel so hingestellt, daß die Schweißnähte in senkrechter Lage jeweils von unten nach oben hergestellt werden können. Jeder Vorschuh wird in derselben Weise wie die Rohrwand und Rückwand mit Laschen befestigt, jedoch mit dem Unterschied, daß sich der Abstand der Stoßkanten nach oben auf etwa 18 bis 25 mm je Naht erweitert (Abb. 4). Um ein Ausweichen des Vorschuhes aus der Mantelebene zu verhindern, können am Mantel zwei Führungsschienen mit Schraubzwingen befestigt werden. Die Schweißung beginnt an der unteren Kante. Zunächst wird die Schweißnaht in Abschnitten von 50 mm von beiden Seiten kräftig gehämmert. Nach einer Schweißnahtlänge von etwa 500 mm werden die zu hämmern den Schweißabschnitte auf 100 mm vergrößert. Die Schläge sollen sich beim Hämmern möglichst gegenüberliegen. Die Schrumpfung der Schweißnaht kann durch eine unter dem Vorschuh angebrachte kleine Stockwindel so beeinflußt werden, daß sich der Spalt mit dem Fortschreiten der Schweißung allmählich schließt. Das vorzeitige oder zu späte Schließen des Spaltes muß unter allen Umständen verhütet werden. Bei zu starker Schrumpfung ist eine Gegenwirkung durch Steigerung der Schweiß-

geschwindigkeit möglich, während bei zu geringer Schrumpfung sich das Einlegen von Erhaltungspausen empfiehlt. Beim Bearbeiten von Kuprodukt muß berücksichtigt werden, daß jede Kaltverformung die Güteeigenschaften des Kuprodukt vermindert und

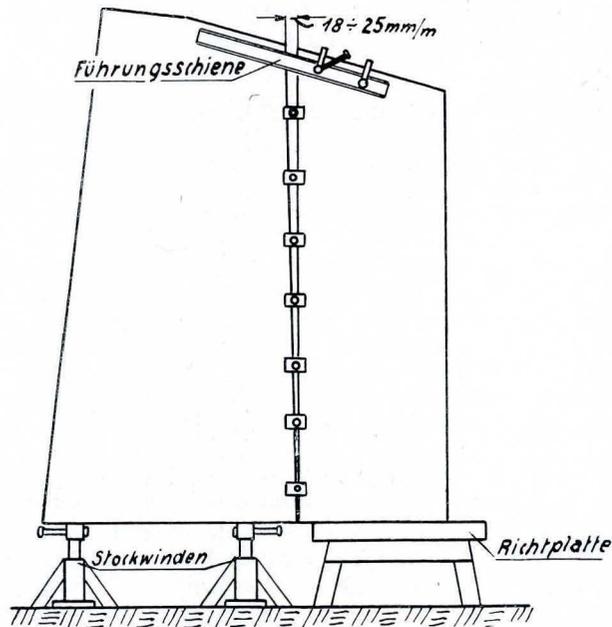


Abb. 4

Anbrüche verursachen kann. Verwirft sich während des Schweißens die Kuproduktplatte an der Schweißkante aus der Plattenebene, so muß die verworfene Stelle vor dem Richten auf mindestens 600° erwärmt werden. Durch eine Erwärmung über 450° wird aber Kuprodukt ebenfalls entgütet. Es ist daher zweckmäßig, jedes nicht unbedingt erforderliche Kaltverformen oder Erwärmen zu vermeiden.

4. Zusammenschweißen der Feuerbüchse

Sind die Vorschuhe angeschweißt, so wird der Mantel mit der Rohr- und Rückwand, wie unter Abschnitt 1 angegeben, zusammengestellt. Für das Anschweißen der Rohrwand wird die Feuerbüchse auf die Seite gelegt. Die Schweißung an der Feuerbüchsdecke wird etwa in der Mitte des untenliegenden Bogens begonnen und in derselben Weise, wie beim Anschweißen des Vorschuhs bis zur Mitte des obenliegenden Bogens durchgeführt. Dann wird die Feuerbüchse auf die andere Seite gelegt und die Naht zwischen Feuerbüchsdecke und Rückwand hergestellt. Es ist zweckmäßig, so vorzugehen, daß der von innen arbeitende Schweißer sich stets links von der Schweißnaht befindet, also nicht gezwungen ist, die schwierige sogenannte Ueberhandschweißung anzuwenden. Sind die Nähte an der

Feuerbüchsdecke fertiggestellt, so wird die Feuerbüchse so gewendet, daß sie auf der Decke liegt. Dann werden von unten nach oben in der schon beschriebenen Weise die noch fehlenden Verbindungen zwischen Mantel und Rohr- bzw. Rückwand geschweißt. Die von dem Boden- oder Lehrbodenring überdeckten Enden der Schweißnähte werden nach dem Abnehmen dieser Teile geschweißt.

5. Güteprüfung

Zum Prüfen der Schweißnähte wird die Röntgenprüfung angewendet.

II. Schweißtechnische Ausbesserungsarbeiten an kupfernen Feuerbüchsen

1. Vorbereitung

Stoßkanten sind an zweiseitig zugänglichen Feuerbüchsteilen nach Abb. 1, sonst nach Abb. 5 auszuführen.

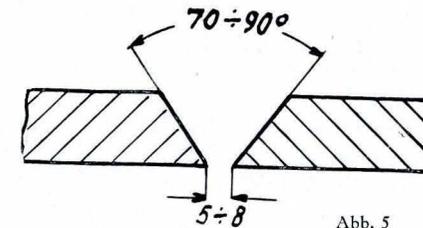


Abb. 5

Beim Schweißen längerer Nähte muß der Schweißspalt, sofern es möglich ist, keilförmig gelegt werden („auf Zug legen“, s. Abb. 6a und 6b).



Abb. 6a



Abb. 6b

2. Schweißgeräte und Stoffe

Es ist stets mit zwei Schweißbrennern zu arbeiten. Ist die Schweißstelle von beiden Seiten nach Abb. 1 zugänglich, so wird bei Baustoffdicken von 16 mm von beiden Seiten zugleich mit Brennern der Größe 14 bis 20 mm geschweißt. Muß einseitig geschweißt werden, so wird ein Brenner der Größe 20 bis 30 mm zum Schweißen benutzt. Gleichzeitig wird mit dem zweiten Brenner derselben Größe vorgewärmt.

Als Zusatzstoff ist Kupferschweißdraht von 8 mm Durchmesser bei Vorbereitung nach Abb. 1 und von 10 mm Durchmesser bei Vorbereitung nach Abb. 5 zu verwenden.

3. Ausführung der Schweißung

Einschweißen von Vorschuh und Seitenwandflicken

Es kann allgemein nur die V₂Naht angewendet werden. Der Schweißspalt muß keilförmig gelegt werden, siehe Abb. 6a und 6b. Flicken werden an den Ecken gut abgerundet. Die in der Nähe der Schweißnaht liegenden Stehbolzen, Nieten usw. werden ausgebaut, damit die Schweißnaht ungehindert schrumpfen kann.

Für das Hämmern der Schweißnaht ist eine geeignete, dicht anliegende und gut abgestützte Unterlage zu benutzen. Die Unterlage ist mit Aluminiumbronze dick zu bestreichen, um das Anhaften zu verhindern.

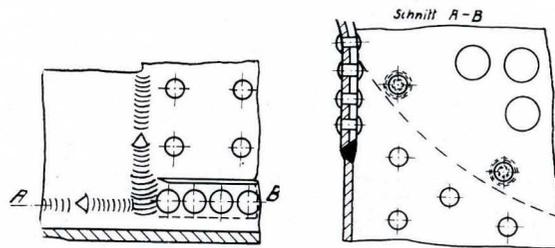


Abb. 7a

Abb. 7b

Die der Kumpelachse gleichlaufenden Schweißnähte dürfen nicht in die Kumpelung gelegt werden, damit sie nicht auf Dauerbiegung beansprucht werden.

Beim Einschweißen von Seitenwandvorschuh an genieteten Feuerbüchsen werden die Vorschuh mit der Rohr- und Rückwand verschweißt, der Teil der Rohr- und Rückwand über dem Vorschuh bleibt mit dem Mantel vernietet.

Der gleichmäßige sanfte Uebergang vom genieteten zum geschweißten Teil wird ausgeführt nach Abb. 7. Bei Erneuerung oder Anschuh der Rohr-

und Rückwände sind die neuen Teile einzuschweißen, ohne die Feuerbüchse auszubauen. Auch schadhafte Nietnähte sind zu entfernen und durch Schweißnähte zu ersetzen (Abb. 8).

Brüche in den Kumpelungen der Rohr- oder Rückwände werden bei Hauptuntersuchungen der Kessel am besten durch Einschweißen von Flickern

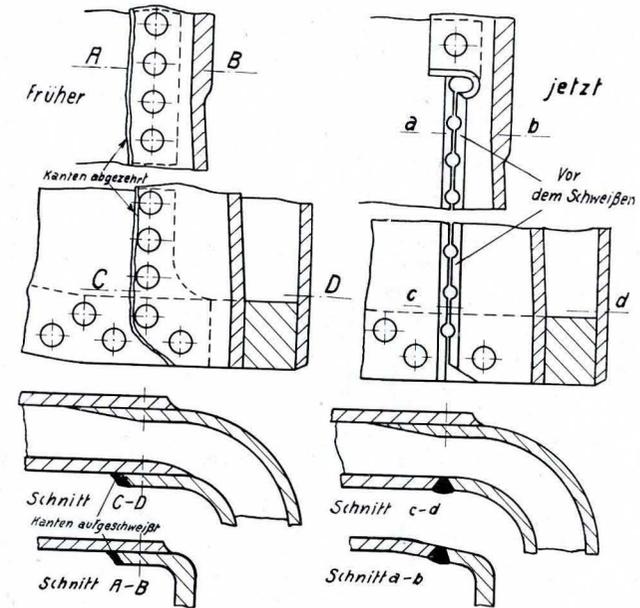


Abb. 8a

Abb. 8b

beseitigt. Hierbei sind die Längsnähte in die geraden Wandteile zu legen. Im übrigen dürfen Kumpelrisse ausgeschweißt werden, wenn Gewähr dafür vorhanden ist, daß die Schweißungen bis zur nächsten Hauptuntersuchung des Kessels halten.

Es ist in der Arbeitsanweisung, um sie nicht zu umfangreich zu gestalten, davon abgesehen worden, jede sonst noch irgend mögliche Kupferschweißung an Feuerbüchsen zu beschreiben, wie z. B. das Schweißen von Rohrstege, von Rissen im Stehbolzenfeld und von Flanschen der Nietungen. Alle diese Arbeiten werden grundsätzlich, wenn möglich mit X₂Naht, sonst in V₂Naht, in sinngemäßer Anwendung der beschriebenen Verfahren ausgeführt.

Bezüglich der Wahl von X₂ oder V₂Naht soll noch angeführt werden, daß erstere überall da anzuwenden ist, wo von beiden Seiten geschweißt werden kann. Sie ist schneller und leichter herzustellen, wird dazu billiger und bringt dieselben Güteverhältnisse.

2. Bedingungen der Deutschen Reichsbahn für die Lieferung von Kupferplatten für Feuerbuchsen

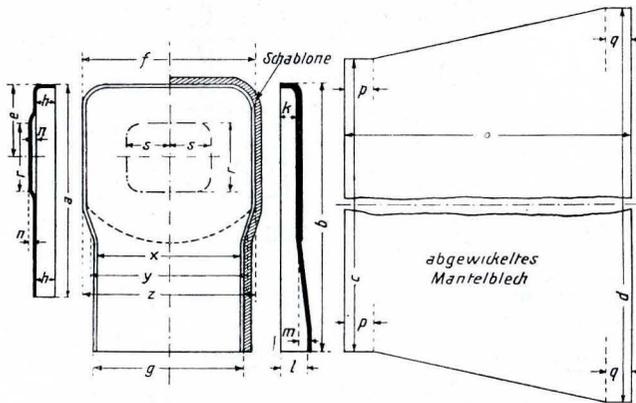
1. Beschaffenheit

Die Kupferplatten für Feuerbuchsen sind aus Hüttenkupfer (s. Lieferungsbedingungen für Kupfer) herzustellen. Sie müssen glatt gewalzt oder gehämmt, gerade gerichtet und auch an den abgesetzten Stellen glatt gearbeitet sein. Sie dürfen keine schiefriegen oder unganzen Stellen, Langrisse oder sonstige Fehler haben.

Bei jeder Bestellung gekümpelter Platten werden Zeichnungen oder Lehren für die einzuhaltenden Formen und Maße mitgegeben. Die Kümpelungen müssen glatt und fehlerfrei hergestellt sein. Die richtige Krümmung der Anlageflächen zwischen Mantel und Tür- bzw. Rohrwand wird durch eine Schablone aus hochkantgebogenem Flacheisen nachgeprüft, die bei Tür- und Rohrwand, wie unten angedeutet, außen, beim Mantel innen angelegt wird und nirgends Abweichungen von mehr als ± 2 mm ergeben darf.

Die Umbüge der Feuerbuchrohrwände müssen nach den auf den Zeichnungen angegebenen Ausrundungshalbmessern ausgefräst werden. Die Umbüge dürfen hierbei nicht wellig werden und keinesfalls die Mindestmaße unterschreiten.

Feuerbuchsteile müssen innerhalb der nachstehenden Abmaße von den Zeichnungsmaßen bleiben:



	a	b	c	d	e	f	g	h	k	l
Abmaße:	+ 10	+ 10	+ 40	+ 40	± 5	± 2	± 2	+ 5	+ 5	+ 5
	+ 20	+ 20	+ 60	+ 60				+ 10	+ 10	+ 10
	m	n	o	p	q	r	s	x	y	z
Abmaße:	± 3	+ 2	+ 30	+ 0	+ 20	± 4	± 2	± 2	± 2	± 2

A n m.: Zwei + Maße +20 heißt: Zugabe mindestens 20, höchstens 30 mm.
+30

Die Dicke der Kupferplatten darf von der vorgeschriebenen Dicke um nicht mehr als + 1 mm und - 0,5 mm, im Umbug + 1,5 und - 1 mm abweichen. Bei derselben glattgewalzten Platte wird ein Dickenunterschied von 1 mm, bei abgesetzten, geschmiedeten oder gebördelten Platten ein solcher von 1,5 mm, im Umbug bis 2,5 mm zugelassen.

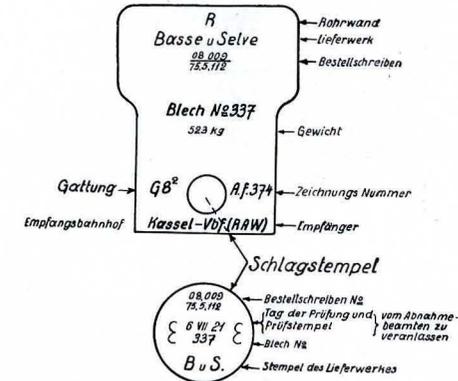
Die Feuerbuchsteile müssen durch folgende Angaben gekennzeichnet werden:

1. R bzw. T bzw. M (hierbei bedeutet: R = Rohrwand, T = Türwand, M = Mantel).
2. Lieferwerk.
3. Bestellschreiben-Nr.
4. Blechnummer.
5. Gewicht.
6. Empfangsbahnhof (Empfänger).
7. Gattung.
8. Zeichnungsnummer.

Innerhalb dieser Bezeichnung sind, eingerahmt durch einen Kreis aus schwarzer Oelfarbe, Schlagstempel mit folgenden Angaben einzuschlagen:

1. Bestellschreiben-Nr.
2. Blechnummer.
3. Stempel des Lieferwerkes.

Die Stempel bei den Tür- und Rohrwänden sind innen 200 mm von der Unterkante in der Mitte der Wand, bei den gebogenen Mänteln auf der Außen- wie auf der Innenseite 200 mm vom unteren Rande entfernt, bei den umgebogenen Mänteln an den entsprechenden Stellen einzuschlagen, und zwar auch dann, wenn dies von den Angaben der Zeichnungen abweicht. Ein Muster für die Kennzeichnung ist nachstehend wiedergegeben.



2. Güteprüfung

Die Platten werden auf dem Lieferwerk geprüft. An allen Feuerbuchplatten ist über die vorgeschriebene Größe hinaus sowohl gleichlaufend wie senkrecht zur Walzrichtung je ein Probestreifen zu belassen, aus dem die erforderlichen Proben und gegebenenfalls Ersatzproben entnommen werden können. Die Platten sind mit den anhängenden Versuchsstücken dem Abnahmebeamten zur Stempelung auf metallisch blank gemachten Stellen vorzulegen. Die angestempelten Versuchsstücke sind nunmehr kalt abzutrennen und kalt zu bearbeiten; sie dürfen nicht nachträglich ausgeglüht werden.

Jede Feuerbuchplatte ist sowohl gleichlaufend wie senkrecht zur Walzrichtung durch Zugversuch und Warmfaltversuch zu prüfen.

Die geringste Zugfestigkeit muß 22 kg, die geringste Dehnung bei 200 mm Meßlänge 38% betragen.

Auf 500—600° C erwärmte, im Dunkeln dunkelrot glühende Kupferstreifen mit schwach gerundeten Kanten werden mit Maschine oder Handhammer um einen Dorn, dessen Durchmesser gleich der Dicke des Kupfers ist, in S-Form, also bis zu 180°, gebogen. Hierbei dürfen keine Risse auftreten.

Wenn bei einem Versuch geringe Abweichungen von den vorgeschriebenen Bedingungen festgestellt werden und der Abnahmebeamte glaubt, daß Ausführungsfehler in dem Versuchsprobe vorliegen, so ist ihm gestattet, einen weiteren Versuch anzustellen.

Wenn sich bei der weiteren Prüfung nicht die untadelhafte Beschaffenheit der Kupferplatte herausstellt oder bei der Abnahme andere Mängel oder Fehler hervortreten, so ist die Deutsche Reichsbahn berechtigt, die betreffende Platte zurückzuweisen.

In die bedingungsgemäßen Platten ist der zweite Prüfstempel und der Tag der Prüfung einzuschlagen (s. vorstehende Zeichnung). Der Prüfstempel ist durch einen weißen Oelfarbenring augenfällig zu kennzeichnen.

3. Muster

Keine.

4. Lieferung

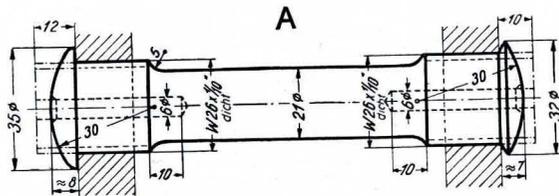
Die Platten sind frei Bahnwagen (Güterabfertigung) des Abgangsbahnhofs des Lieferwerkes anzuliefern und mit Dienstgutfrachtbrief zu versenden. Erfüllungsorte sind die im Verträge oder im Bestellschreiben angegebenen Empfangsstellen.

5. Ersatz

Der Lieferer hat bis auf ein Jahr nach Einbau, längstens jedoch auf zwei Jahre nach Prüfung der Platten auf dem Lieferwerk Gewähr zu leisten. Nicht bedingungsgemäße Platten sind innerhalb drei Wochen nach Aufforderung bedingungsgemäß zu ersetzen.

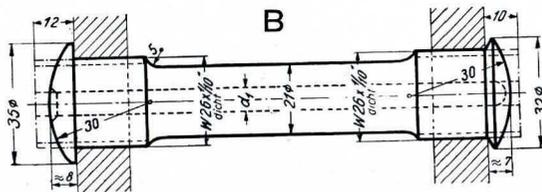
STEBBOLZEN AUS KUPFER

Maße in mm

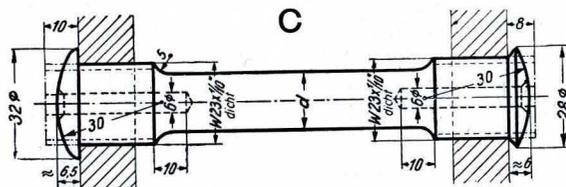


Feuerseite

Außenseite



$d_1 = 7 \text{ mm } \varnothing$ bei durchgebohrten Stehbolzen
 d_1 höchstens = 7 mm \varnothing bei hohlgewalzten Stehbolzen



$d = 17$ oder $19,5 \text{ mm } \varnothing$

Die Gewindelängen und die Gesamtlängen richten sich nach den Bauverhältnissen. — Die Bohrungen der hohlgewalzten und der ganz durchgebohrten Stehbolzen sind außen zu verschließen.

Gewinde: Steigung = $1/10''$. — Die angegebenen Gewindedurchmesser sind Nennmaße des Gewindebohrers. — Die Stehbolzen können von außen oder innen eingezogen werden. — Am Einziehende ist nach Bedarf an Länge zuzugeben. — Im Wasserraum steht das Gewinde 1 bis 2 Gang über.

Werkstoff: A—Cu DIN 1708 (Zugfestigkeit mindestens 23 kg/mm^2 , Dehnung mindestens 38%); Mangankupfer (Zugfestigkeit mindestens 30 kg/mm^2 , Dehnung mindestens 35%); St 34.13.

FEUERBÜCHSE AUS KUPFER

Blechstärken, Kumpelhalbmesser und Bordhöhen

Blechstärken

Die angegebenen Blechstärken stellen Richtlinien dar, sind also nicht bindend

mm

Kesselnennendurchmesser ³⁾	über 1200		900 bis 1200		unt.900
Nietreihen des Bodenringes	2	1	1	1	1
Nietreihen des Bodenringes bei verstärkten Ecken		2	2		
Werkstoff der Feuerbüchse	Kupfer	Kupfer	Kupfer	Kupfer	Kupfer
Feuerbüchsrückwand	15	15	13	13	12
Feuerbüchrohrwand	15	15	14	14	12
Feuerbüchsmantel	15	15	13	13	12
Verdickung der kupfernen Feuerbüchrohrwand	25	25	23	23	20

Kumpelhalbmesser und Bordhöhen

mm

Feuerbüchsrückwand	r außen	80	80	80	80	70	70	70	70	60	60
	h	145	142,5	145	142,5	130	130	130	130	125	125
Feuerbüchrohrwand	r innen ⁴⁾	30	30	30	30	20	20	20	20	15	20
	r außen	40	45	40	45	35	35	35	35	30	33
	r ₁	80	80	80	80	70	70	70	70	60	60
	h	105	110	105	110	95	95	95	95	90	93
	h ₁	145	142,5	145	142,5	130	130	130	130	125	125
Nietdurchmesser für die Feuerbüchse (Rohniet)		22	19	22	19	19	19	19	19	19	19
Nietüberlappung der Feuerbüchse		65	60	65	60	60	60	60	60	60	60

¹⁾ Für 70 mm Nietüberlappung der Feuerbüchse. — ²⁾ Für Rundstemmung. — ³⁾ Der Kesselnennendurchmesser ist der Außenmesser des hinteren Langkesselschusses, er ist in Abstufungen von 50 zu 50 mm auszuführen. Nietverbindung für Feuerbüchdecke und Rohrwand nach LON 2039. — ⁴⁾ Rohrer Kumpelhalbmesser.

4. Schrifttum

über Lokomotivfeuerbüchsen, insbesondere Kupferschweißung

1. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, 1931, S. 945: „Autogene Schweißung von kupfernen Lokomotivfeuerbüchsen in der Eisenbahnhauptwerkstatt Magdeburg-Buckau“ von Regierungs- und Baurat Weese.
2. Schmelzschweißung, 1922, S. 216: „Schweißung an kupfernen Lokomotivfeuerbüchsen“, Vortrag von Regierungs- und Baurat Weese auf der Hauptversammlung des Verbandes für autogene Metallbearbeitung in Magdeburg.
3. Techn.-wirtschaftliche Bücherei, Verlag Hackebeil, Berlin, Sonderdruck 1922: „Aus-besserungsarbeiten an kupfernen Lokomotivfeuerbüchsen“ von Regierungs- und Baurat Weese, Magdeburg-Buckau.
4. Schmelzschweißung, August 1923: „Herstellung kupferner Lokomotivfeuerbüchsen durch Schweißung“ von Obering. Fritz Ziem, Magdeburg-Buckau.
5. Verlag Julius Springer, 1923: „Das Kupferschweißverfahren, insbesondere bei Lokomotiv-feuerbüchsen“ von Reg.-Baurat Adolf Bothe (Reichsbahn-Ausbesserungswerk Berlin-Grünwald).
6. Organ für Fortschritte des Eisenbahnwesens, Heft 22, 1926: „Das autogene Schweißen von kupfernen Feuerbüchsen“ von Reichsbahnrat Prinz, München.
7. Werkstatttechnik, XVIII. Jahrgang, Heft 22: „Kupferschweißung im Lokomotivbau“ von Adolf Bothe, Berlin.
8. Dissertation 1927, Techn. Hochschule, Berlin: „Die Kupferschweißung mittels Azetylen-Sauerstoff, ihre Durchführung und ihre Eigenschaften“ von Hermann Thomas, Dipl.-Ing.
9. Verlag Julius Springer, 1928: „Die Schweißung des Kupfers und seiner Legierungen Messing und Bronze“ von Hans A. Horn, Obering., Berlin.
10. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Nr. 49, Dezember 1929: „Die Kupfer-schweißung, insbesondere an Lokomotivfeuerbüchsen“ von R. Samesreuther, Butzbach.
11. Techn. Zentralblatt, Berlin, 1929, S. 433: „Die Schweißbarkeit des Kupfers“ von Reichs-bahnrat Fritz Ziem, Braunschweig.
12. Zeitschrift für Metallkunde, Heft 1, Januar 1931: „Erfahrungen mit Stehbolzen und Feuerbüchskupfer“ von R. Kühnel, Berlin.
13. Dissertation, 1932, Techn. Hochschule, Berlin: „Die Schweißung von Kupfer mittels des elektrischen Lichtbogens und die hierbei erreichten Festigkeiten“ von Dipl.-Ing. Friedr. Neumann.
14. Glasers Analen, Heft 11, Dezember 1934: „Einschweißen von Stehbolzen in die kupfernen Feuerbüchswände des Lokomotivkessels“ von Reichsbahnrat Dr.-Ing. Cramer, Kottbus.
15. Glasers Analen, Heft 12, Dezember 1934: „Heizrohrbefestigung neuer Bauart“ von Ober-reg.-Baurat a. D. Weese, Berlin.
16. Der Bahningenieur, 1935, Sonderheft: „Erhaltungswirtschaft der Dampflokomotivkessel“ mit den Aufsätzen:
 - a) „Gesundung des Lokomotivkessels“ von Oberinsp. Saul, Reichsbahn-Direktion Altona,
 - b) „Die Spannungserscheinungen beim Einschweißen der Stehbolzen in kupferne Loko-motivfeuerbüchsen“ von Oberinsp. Kohrs, Reichsbahnausbesserungswerk Oels,
 - c) „Das Anschuhen kupferner Feuerbüchseitenwände ohne Ausbau der Feuerkiste“ von Oberinspektor Kohrs,
 - d) „Die Röntgentechnik zur Prüfung von Kesseln“ von Prof. Dr.-Ing. Matting, Witten-berge-Breslau.
17. Der Bahningenieur, Heft 22, 1936: „Das Schweißen ganzer kupferner Lokomotivfeuer-büchsen“ von Oberinsp. Kohrs.
18. Der Bahningenieur, Heft 6/7, 1937: 1. „Die Dampfkesselbaustoffe für Lokomotivkessel und für ortsfeste Kesselanlagen“ von Reichsbahnrat Dr.-Ing. Cramer, Kottbus; 2. „Bau und Unterhaltung kupferner Feuerbüchsen“ von Dr.-Ing. Popp, RAW Sebaldsbrück.
19. Bedienungsanweisung für Henschel-Dampflokomotiven. Ausgabe 1936.
20. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Heft 15, 1924: „Leistungsmaßstab für Lokomotivausbesserungswerke“ von Oberreg.-Rat Weese, Magdeburg-Buckau.
21. Verkehrstechnische Woche, Heft 2, 1936: „Die Erhaltungswirtschaft der Deutschen Reichsbahn“ von Reichsbahndirektor Dr.-Ing. Kühne.