

DIPL.-ING. THEODOR POSEWITZ

# DIE SCHÄDEN DES LOKOMOTIVKESSELS



BIBL. d. g. TECHNIK 285

N  
895

N 895

klein





075-  
410-0

# Die Schäden des Lokomotivkessels

deren Ursachen, Folgen,  
Verhütung und Ausbesserung

Praktisches Handbuch  
für Betrieb und Reparatur der Lokomotiven

Aus der Praxis

bearbeitet von

**Dipl.-Ing. Theodor Posewitz**

Oberingenieur a. D. der Kaschau-Oderberger Eisenbahn  
Betriebsleiter der A. G. für Maschinen- und Brückenbau  
in Adamstal (Mähren)

Mit 37 Abbildungen



Leipzig

Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung

1922, 916.



*Inv. 22206.*

Alle Rechte vorbehalten.

Altenburg  
Pierersche Hofbuchdruckerei  
Stephan Geibel & Co.

## Vorwort.

„Aus der Praxis — für die Praxis“, so entstand dieses Büchlein, in welchem 25 jährige Erfahrungen im Betriebe und beim Werkstädtendienst zusammengesammelt wurden.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß einen Kessel zu konstruieren und zu bauen einfacher ist, als aufgetretene Beschädigungen *r a s c h , g u t* und *b i l l i g* herzustellen. Bei ortsfesten Kesseln kommen solche Beschädigungen seltener vor als beim Lokomotivkessel mit seinem forcierten Betrieb, und diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß diesem Zweige der Betriebswissenschaft bisher nicht genügende Aufmerksamkeit gewidmet wurde.

Es ist natürlich, daß bei den Lokomobilkesseln dieselben Beschädigungen auftreten können, doch treten dieselben dort seltener auf, weil der Betrieb nicht so forciert ist als bei Lokomotiven, deren Kessel vom konstruktiven Standpunkt keine günstige Gestalt aufweist.

Der Leser erwarte also keine wissenschaftlichen Abhandlungen, doch wurden deshalb auch die neuesten Ergebnisse aus dem Forschungsgebiete mitgeteilt. Der angehende Betriebsingenieur soll auf diesem Sondergebiete ein Handbuch erhalten, aber auch der erfahrene Betriebsingenieur dürfte auf seine Rechnung kommen und einige Anregungen finden.

Das Büchlein hat natürlich keinen Anspruch auf Vollkommenheit, sondern ist der erste Versuch, die im Betriebe auftretenden verschiedenen Beanspruchungen sowie deren Folgeerscheinung systematisch darzustellen.

R u t t e k , im September 1921.

**Der Verfasser.**

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung . . . . .	1
Der Lokomotivkessel . . . . .	1
Erster Teil. . . . .	2
1. Beanspruchung und Abnützung des Kessels. . . . .	2
2. Durch Druck erzeugte Formänderungen. . . . .	3
3. Durch Kesseldruck entstehende Schäden . . . . .	5
4. Wärmedehnung . . . . .	6
5. Schleifenbildung . . . . .	8
6. Folgeerscheinungen des Wärmeschubes beim Stehkessel . . . . .	10
7. Rohrbündelschub. . . . .	11
8. Örtliche Überhitzung . . . . .	13
9. Wärmestauung bei der Feuertür . . . . .	14
10. Ausglühen der Feuerbüchse . . . . .	15
11. Innere Abzehrungen . . . . .	16
12. Äußere Abzehrungen . . . . .	18
13. Abzehrungen beim Kupfer . . . . .	19
Zweiter Teil. . . . .	20
1. Die Untersuchung des Lokomotivkessels und die am häufigsten auftretenden Beschädigungen . . . . .	20
2. Untersuchung der Feuerbüchse . . . . .	21
3. Untersuchung der Feuerbüchsrückwand . . . . .	23
4. An der Decke und an den Seitenwänden auftretende Beschädigungen . . . . .	24
5. Schäden an den Feuerrohren . . . . .	26
6. Innere Untersuchung des Langkessels. . . . .	29
7. Äußere Untersuchung des Langkessels . . . . .	30
8. Innere Untersuchung des Stehkessels . . . . .	33
9. Nieten und Nietnähte . . . . .	34
10. Untersuchung der Rauchkammer . . . . .	36
Dritter Teil . . . . .	37
1. Herstellung der Kesselschäden . . . . .	37
2. Kleine Reparaturen der Feuerbüchse . . . . .	37
3. Allgemeines über Kesselflicken . . . . .	39
4. Flicken der Feuerbüchse . . . . .	42
5. Reparaturen des Stehkessels . . . . .	45
6. Reparaturen des Langkessels . . . . .	46
7. Einziehen der Stehholzen und Deckenschrauben . . . . .	48
8. Herstellung der Feuerrohre . . . . .	50
9. Eiserne Feuerkiste . . . . .	50
10. Der Brotankessel. . . . .	52
Anhang . . . . .	54

# Einleitung.

## Der Lokomotivkessel.

Der Lokomotivkessel besteht aus drei Teilen:

1. Die Feuerbüchse,
2. Der Stehkessel,
3. Der Langkessel.

Die Bestandteile der Feuerbüchse sind: hinten die Feuerbüchrückwand *a*, daneben die zwei (rechte und linke) Seitenwände *b*, vorn die Feuerbüchrohrwand *c* und oben die Feuerbüchdecke *d*, Abb. 1.

Die Feuerbüchse umhüllt der Stehkessel. Die Bestandteile des Stehkessels sind: hinten die Stehkesselrückwand *e*, an den Seiten die Stehkesselseitenwände *f*, vorne die Krebswand *g*, (Stiefelknechtplatte), oben die Stehkesseldecke *h*.

Die Feuerbüchse und der Stehkessel sind unten durch einen schmiedeeisernen Ring — Stehkesselkranz oder Grundring *i* — dampfdicht miteinander verbunden. An der Rückwand ist die Feuertür ausgebildet, und zwar entweder mittelst des Feuertürkranzes, oder sind die Bleche entsprechend gebördelt (Webbsche Feuertür *k*). Zur Versteifung der ebenen Platten dienen die Stehbolzen. Die Feuerbüchdecke wird entweder mittelst Deckenbolzen mit der Stehkesseldecke verankert, oder aber werden zur Versteifung der Feuerbüchdecke Deckenbarren verwendet. Dieselben werden gewöhnlich in der Längsrichtung angebracht; falls die Feuerkiste so lang ist, daß die Deckenbarren zu lang und zu schwer werden, so werden dieselben in der Querriichtung verwendet. Zur Versteifung der durch Steh- und Deckenbolzen nicht verankerten Teile des Stehkessels werden teils Queranker verwendet, teils verschiedene aus Winkeleisen und Blechen bestehende Versteifungen *l* angebracht.

An den Stehkessel schließt sich der zylindrische Langkessel an. Derselbe besteht aus ein oder mehreren Schüssen. Vorne wird der Langkessel durch die Rauchkammerrohrwand *m* geschlossen. Die Versteifung der beiden Rohrwände besorgen die Siede- und Rauchrohre. Bei großen Kesseln sind oft zwischen den Siederohren eigene Längsanker angebracht. Zur Versteifung der durch die Siederohre nicht verankerten Teile der Rauchkammerrohrwand dienen eigene aus Winkeleisen und Blechen be-

stehende Verankerungen. Die Feuerbüchsenwand wird mit Hilfe besonderer „Anker“ *n*, mit dem Langkessel verbunden.

Auf dem Langkessel befindet sich der Dampfdom.

Nicht zum Kessel gehörend, jedoch sich an denselben anschließend befindet sich der Rauchkasten.

## Erster Teil.

### 1. Beanspruchung und Abnutzung des Kessels.

Der Kessel ist im Betriebe verschiedenen Beanspruchungen unterworfen, die natürlicherweise Abnutzungen hervorrufen. Diese Abnutzungen verursachen Betriebsstörungen und Herstellungskosten. Das Streben eines jeden Betriebsingenieurs ist, die Betriebsstörungen sowie die Herstellungskosten auf ein Minimum zu verringern. Um dies planmäßig durchsetzen zu können, muß der Ingenieur über die verschiedenen Beanspruchungen und die dadurch entstehenden Abnutzungen im Klaren sein.

Wenn man die Ursachen der Kesselabnutzungen untersucht, so sind dieselben folgende:

1. **Formänderungen:** hervorgerufen durch den Kesseldruck, wobei einzelne Teile des Kessels elastische Formänderungen erleiden; es können jedoch dabei auch verschiedene Risse entstehen.

2. **Beanspruchungen:** hervorgerufen durch die Wärmedehnung, da das Kupfer und Eisen sich nicht in gleichem Maße dehnt. Die im Betriebe auftretenden Temperaturschwankungen beim Anbrennen der Lokomotive, die veränderliche Dampfspannung im Betriebe, welche nach beendigter Fahrt der Lokomotive herabgesetzt wird, die Abkühlungen bei jedem Beschicken des Rostes sowie beim Auswaschen des Kessels verursachen ein ständiges Ausdehnen und Zusammenschrumpfen der einzelnen Kesselteile, welche mit der Zeit zu Anrissen und Brüchen führen. Diese Erscheinungen können in verstärktem Maße auftreten, wenn infolge gewisser Umstände örtliche Überhitzungen entstehen, z. B. bei Überanstrengung des Kessels, wenn der Lokomotivführer zwecks der erreichbaren größten Dampfentwicklung mit kleinster Ausströmungsklappe fährt und mehr Kohle verfeuert als beim normalen Betriebe. Bei jedem Beschicken des Rostes strömt kalte Luft in die Feuerbüchse, nach Schließung der Feuertür steigt wieder die Temperatur, das öftere Kesselspeisen, das Feuerputzen und -richten, die öftere Benützung des Blasrohres, verursacht ständig Temperaturschwankungen.

Plötzliche Temperaturschwankungen können auch die Folge unrichtiger Behandlung des Kessels sein, z. B. plötzliches Abkühlen, Auswaschen des Kessels bevor derselbe genügend abgekühlt ist, unrichtiges Beschicken des Rostes, unvorsichtiges Feuerputzen usw.; weiters können örtliche Überhitzungen vorkommen, falls der Kessel oder dessen einzelne Teile infolge unrichtiger Reinigung mit Kesselstein verlegt sind. Das Ausglühen (Verbrennen) der Feuerbüchse ist auch nur eine örtliche Überhitzung, wenn die Feuerkiste nicht mit Wasser gekühlt ist.

3. Chemische, mechanische Abnützung: Erstere äußern sich als äußere und innere Abzehrungen, Abbrennungen. Die Größe derselben hängt von dem Speisewasser und der Kohle, sowie von der Güte des Kesselmaterials ab. Die durch Undichtheiten hervorgerufenen Abzehrungen sind auch chemische Abnützungen.

Als mechanische Abnutzung durch die Reibung der durchströmenden Rauchgase ist das Abzehren der Feuerrohre und deren Börtel, der Stehbolzenköpfe, der Feuerbüchswandungen zu betrachten, bei welcher zwar auch chemische Abnützungen auftreten können, je nach Güte und Zusammensetzung der Kohle. Hierher gehören ferner die infolge des Schüttelns bei der Fahrt auftretenden Beschädigungen, endlich die Abscheuerung einzelner Kesselteile infolge Benützung der Feuerungswerkzeuge, z. B. beim Feuerputzen.

4. Material und Anarbeitungsfehler: Diese Beschädigungen sind Formveränderungen, Undichtheiten, äußere und innere Abnützungen, Furchen, Anbrüche und Risse.

Die Schäden treten in erster Linie in der Feuerkiste auf, und deswegen benötigt dieser Teil des Kessels die größte Sorgfalt, sowohl im Betriebe, als auch bei der Herstellung; die beim Dampfdruck und wegen der Wärme- dehnung entstehenden Spannungen werden zuerst hier Spannungen, Dehnungen, Formveränderungen, Anrisse entstehen lassen, und die wegen schlechtem Materiale oder schlechter Anarbeitung auftretenden Mängel werden sich hier zuerst zeigen.

Im folgenden sollen die Beanspruchungen des Kessels und die dadurch entstehenden Mängel besprochen werden.

## 2. Durch Druck erzeugte Formänderungen.

Betrachtet man den Querschnitt durch den Stehkessel, so fällt dem Beschauer sofort die Ähnlichkeit mit einem Bourdon-Manometerrohr auf, das die Bestrebung hat unter Druck eine runde Gestalt anzunehmen. Der

untere Stehkesselring ist zwar so stark, daß eine meßbare Formänderung nicht bemerkbar ist, doch haben alle vier Seitenwände des Stehkessels die Bestrebung, eine runde Form anzunehmen (Ausbauchung), weswegen auch die Krebswand nach vorne gedrückt wird; ebenso auch die Wände der Feuerkiste; dieser Formveränderung wirken die Stehbolzen entgegen. Die Decke der Feuerkiste hat das Bestreben sich einzudrücken; die runde Decke des Stehkessels wird flacher. Der durch Feuerrohre nicht versteifte obere Teil der Rauchkastenrohrwand will sich ausbauchen, welche Bestrebung die Verankerung aufnehmen muß.

Um ein anschauliches Bild zu haben, welches Maß diese elastische Formveränderung annehmen kann, möge der Meßwert eines Versuches mitgeteilt werden.

Bei einem neugebautem Kessel wurden die Formveränderungen bei dem Stehkesselquerprofil in der Mitte der Feuerbüchse und bei der Feuerbüchse in der Mitte der Decke gemessen. Die größte Formänderung tritt natürlich bei dem Probedruck auf; nach Abstellen des Druckes dürfen keine zu große bleibende Formänderungen zurückbleiben; auch dürfen unter größtem Druck keine zu große Formänderungen auftreten, falls die Versteifungen und die Verankerungen richtig bemessen sind. Nachdem der Kessel noch nicht unter Druck war, dürfen nach Aufhören des Druckes nur zulässige Formänderungen (Deformationen) zurückbleiben; falls dieselben die zulässigen Grenzen überschreiten sollten, so würde ein Konstruktionsfehler (ungenügende Verankerung) oder ein Anarbeitungsfehler vorliegen.

Das Beobachten der Formänderung wurde in der Weise ausgeführt, daß der Stehkessel mit einem Rahmen umgeben war, an welchem an den bezeichneten Stellen leicht bewegliche kleine Schieber angebracht waren, deren Verschiebung leicht zu beobachten war.

Das Resultat der Messungen bei einem Betriebsdruck von 13 Atm. und bei einem Probedruck von  $20\frac{1}{2}$  Atm. (laut alten Vorschriften

$p + \frac{p}{2} + 1$ ) war folgendes (s. Abb. 2):

Druck	Meßstelle							
	1	2	3	4	5	6	7	8
13 Atm. . .	0	0	+1	0	$+2\frac{1}{2} + 1\frac{1}{2}$	-0,75	1,5	
$20\frac{1}{2}$ „ . .	0	-1	+1	0	$+3\frac{1}{2} + 2\frac{1}{2}$	-1,5	2	
0 „ . . .	-0,25	0	0	0	+1	+0,05	-0,05	0



flachen Wände ausbauchen; die ganze Dampfbelastung überträgt sich also auf den Umbug der Stehkesselrückwand und Krebswand, weshalb bei den Umbügen an der Wasserseite infolge der hohen Beanspruchung Abzehrungsfurchen und Rillen, später Risse entstehen. Anarbeitungsfehler können das Auftreten dieser Schäden beschleunigen.

Bei dem Beobachten der elastischen Formänderung des Stehkessels unter Druck wurde beobachtet, daß sich die Stehkesseldecke eindrückt und das Bestreben hat, flacher zu werden. Nachdem die Stehkesseldecke oft durch quergehende Winkeleisen versteift ist, so kommt es vor, daß die Versteifungswinkel Risse erleiden, die sich naturgemäß an dem Orte der größten Beanspruchung, also oben auftreten (Abb. 3). Ähnliche Risse



Abb. 3.



Abb. 4.

können auch mangelhaftes Material sowie Schweißfehler bei der Anarbeitung zum Grunde haben.

Jeder Riß bei Versteifungen ist gefährlich und sofort zu beseitigen. Es ist zweckmäßig, statt T-Eisen doppelte Winkeleisen zu verwenden (Abb. 4).

#### 4. Wärmedehnung.

Um die durch die Wärmedehnung hervorgerufenen Beanspruchungen behandeln zu können, muß vorher untersucht werden, welche Zahlenwerte die Dehnung erreichen kann.

Die erste Frage lautet: welche Temperatur hat das Blech der Feuerbüchse? Kommen überhaupt Temperaturen über  $300^{\circ}$  C. vor, bei denen die Festigkeit des Kupfers eine bedeutend geringere ist?

Wenn der Kessel pro Quadratmeter Heizfläche stündlich durchschnittlich 60 kg Dampf erzeugt, dann wird die ganze Feuerbüchse durchschnittlich mit 300 kg/qm beteiligt sein. Durch 1 qm Feuerbüchsheizfläche müssen also mindestens 180 000 WE/St. durchgehen.

Damit diese Wärmemenge in das Wasser übergehen soll, muß im Bleche unbedingt ein Temperaturgefälle stattfinden. An der feuerberührten Seite des Kupferbleches muß also unbedingt eine höhere Temperatur sein als an der wasserberührten Seite, und dieser Unterschied ist umso größer, je größer der Widerstand des Wärmedurchganges ist.

Diesbezügliche Forschungen haben ergeben, daß beim Übergang der Wärme vom Bleche in das Wasser ein Temperatursprung eintritt, daß also die Wasserseite des Bleches eine höhere Temperatur besitzt als das

Wasser; ferner wurde nachgewiesen, daß dieser Temperatursprung bei ruhendem, nicht siedendem Wasser am größten ist, mit zunehmender Bewegung des Wassers abnimmt und ungefähr  $10^{\circ}$  beträgt.

Nach Untersuchungen von Ernst ist der Wärmeübergang bei einer Platte von 1 mm Dicke, 1 qm Fläche und  $1^{\circ}$  Temperaturgefälle etwa:

bei Kesselstein . . . . .	2 000 WE/Stunden	
„ Ölschicht . . . . .	100	„
„ Flugaschenbelag . . . . .	65	„ (Siederohre reinigen!)
„ Eisenplatte . . . . .	50—60 000	„
„ Kupferplatte über . . . . .	300 000	„

Wenn bei dem Kessel stündlich nur 150 000 WE durch 1 qm Feuerbüchsefläche an das Wasser übertragen werden sollen und bei 12 Atm. Überdruck das Wasser eine Temperatur von  $190,6^{\circ}$  hat, wenn endlich der Übergangswiderstand zwischen Blech und Wasser  $9,4^{\circ}$  beträgt: dann ist die Temperatur des Feuerbüchsebleches an der Wasserseite  $200^{\circ}$ ; nachdem ferner nur  $1^{\circ}$  Temperaturgefälle nötig ist, um durch 1 mm starkes Kupferblech 300 000 WE zu leiten, so beträgt bei 16 mm Blechstärke der Temperaturunterschied  $8^{\circ}$ ; das kupferne Feuerbüchseblech hat also an der feuerberührten Seite  $208^{\circ}$ .

Wesentlich verschieden sind die Verhältnisse bei Kesselsteinbelag. Um durch eine 1 mm starke Kesselsteinschicht pro Quadratmeter 150 000 WE/St. zu schicken, ist ein Temperaturgefälle von  $\frac{150\,000}{2000} =$

$75^{\circ}$  erforderlich. Es ergeben sich also folgende Temperaturen:

Bei 13 Atm. abs. Dampfdruck und bei einem Kesselsteinbelag von

	1	2	3 mm ist die
Temperatur an der Wasserseite	$200^{\circ}$	$200^{\circ}$	$200^{\circ}$
„ „ „ Blechseite	$275^{\circ}$	$350^{\circ}$	$425^{\circ}$ und die Blech-
„ „ „ Feuerseite	$283^{\circ}$	$358^{\circ}$	$433^{\circ}$ .

Aus diesen Betrachtungen ist ohne weiteres zu ersehen, welche eine Temperatursteigerung der Kupferwände der Kesselsteinbelag hervorrufen kann.

Die nächste Frage ist, welche Größe kann die Dehnung erreichen?

Vorausgesetzt, daß die Länge der Feuerbüchse 2 m ist, und daß die Temperatur des Kupferbleches  $250^{\circ}$  ist, so beträgt die Dehnung ungefähr 8 mm; falls die Länge des Stehkessels 2,5 m ist, und wir die Temperatur des Eisenbleches auf  $175^{\circ}$  annehmen, dann beträgt die Ausdehnung ungefähr 5 mm, Die relative Ausdehnung der Feuerbüchse beträgt also 3 mm,

die aber bei forciertem Betriebe sowie bei Kesselsteinbelag bedeutend größer werden kann. Die relative Ausdehnung der kupfernen Rückwand beträgt ungefähr 1–2 mm, auf jede Seite entfällt also eine Ausdehnung von 1 mm, welche die Umbüge aufnehmen müssen; wo der Krümmungshalbmesser der Umbüge zu gering ist, müssen natürlich Anbrüche und Risse entstehen. Die Ausdehnung der Seitenwände nimmt die Nietung in Anspruch, so daß die verschiedenen Saum- und Nietlochrisse der Wärmedehnung zuzuschreiben sind.

In folgenden sollen die an den Feuerbüchsen auftretenden Mängel behandelt werden, deren Ursache die Wärmedehnung ist.

### 5. Schleifenbildung.

Die gleichzeitige Ausdehnung der Seitenwände, der Rückwand und der Rohrwand beansprucht, wie erwähnt, die Umbüge der Kupferplatten, welche sich schleifenförmig ausbiegen und wird Schleifenbildung genannt.

Es entstehen Anbrüche und Risse an der Umbördelung (I Abb. 5) sowohl bei der Rohrwand als auch bei der Rückwand. Da an der

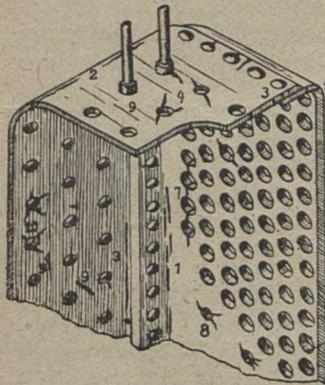


Abb. 5.

inneren Bördelung schon durch die Anarbeitung leichte Hautfalten entstehen, bilden sich an diesen gestauchten Stellen beim Zurückgehen der Schleife Anbrüche und Risse, und da sich auch die Grundringecken deformieren, können auch an diesen und an den angepaßten Ecken der Feuerbüchsplatten Risse entstehen. Diese Risse sind als nicht gefährlich anzusehen, da der Dampfdruck die Neigung hat, dieselben zu schließen; die Folgeerscheinungen sind Undichtigkeiten. Ein Verstemmen genügt nur provisorisch; als Abhilfe sind Eckflecke anzubringen, dieselben sollen möglichst weit nach

unten reichen, womöglich bis zum Grundring, nachdem die untere Stemmkante des Fleckes mit der Zeit sich abzehrt (abbrennt) und der Fleck dann wieder erneuert werden muß.

Die Wärmedehnung in senkrechter Richtung erzeugt auch bei den Umbiegungen der Feuerbüchdecke, der Rohr- und Rückwand Schleifen-

bildung. Es entstehen Risse (2) an den seitlichen Deckenabbug bei kaltgebogenen Plattenteilen. Bei Deckenbarren entstehen diese Risse an der Wasserseite, bei Deckenschrauben an der Feuerseite. Der Riß ist als gefährlich zu betrachten, weil er schwer zu entdecken ist. Zur Verhütung soll der Umbughalbmesser nicht zu klein gewählt werden.

Die senkrechte Ausdehnung der Rohrwand, das Rohrwandstrecken, erzeugt überbogene Eckabbügel (Abb. 7), ferner Anbrüche und Risse.

Wie erwähnt, müssen die Schleifenbildung in erster Reihe die Umbügel aufnehmen, in zweiter Linie beanspruchen sie die Nietnähte.



Abb. 7.

Infolge der Schleifenbildung reißen die überlappten Teile am Querschnittübergang bei der Stemmnaht hauptsächlich oberhalb der Rohrwand. Es entstehen Stemmnaht und Plattenrisse (3 Abb. 5). Dieses Reißen wird durch scharfes, unvorsichtiges Verstemmen befördert, wodurch das Blech verletzt wird. Diese Risse sind nur bei langem Abbug (wegen ungünstiger Versteifung) und größerer Länge gefährlich. Zur Verhütung sind die Stehbolzen von der Stemmnaht zurückzusetzen; Ausbesserung geschieht durch Flecke.

Auf der Wasserseite an den Deckenschraubenlöchern auftretende Lochrisse (4 Abb. 5 und 6) entstehen durch den Druck der Deckenschrauben infolge der Rohrwanddehnung. Folgeerscheinung ist Undichtheit, als Verhütung sei auf bewegliche Deckenschrauben hingewiesen.

An den Nietnähten der Seitenplatten entstandene Nietlochrisse (5 Abb. 6) verdanken ihren Ursprung auch der Wärmewirkung und Schleifenbildung. Durch die Wärme werden nämlich die Seitenplatten ausgedehnt und bleiben verlängert; infolge der bei der Abkühlung erfolgten Verkürzung und infolge Schleifenbildung, sowie die verschiedene Materialstärke der Seitenplatte und des Rohrwandumbuges bewirken namentlich bei größerer Dicke des Rohrwandabbuges ein Einreißen der Seitenplatte. Diese Risse sind gefährlich, nachdem sie schwer zu entdecken sind. Zur Verhütung sind große Umbügelhalbmesser, nicht zu dicke Umbügel sowie nicht zu nahe aneinander befindliche Niete anzuwenden.

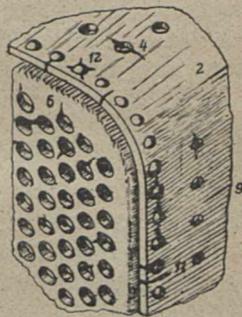


Abb. 6.

Die infolge der Wärmedehnung gestreckte Rohrwand erleidet bei vielen und zu starkem Rohraufwalzen eine bleibende Streckung, Höhenausdehnung, die wieder viele Erscheinungen hervorrufen kann.

Bei Anwendung von Deckenschrauben entstehen ovale Rohrlöcher und Stegrisse. Die Rohrlöcher ziehen sich in der Richtung der Schräglinien *a b* länglich (Abb. 8) wegen der bleibenden Ausdehnung der Rohrwand; außerdem können Stegrisse (6 Abb. 6) entstehen, deren Ursache in der Überanstrengung des Materials zu suchen ist. Beim Wärmedehnen wird nämlich das Material im Scheitel der Rohrfläche gestaucht, beim Zurückgehen gezogen. Diese Stegrisse entstehen bei kupfernen Rohrwänden an der Wasserseite, der eisernen hingegen an der Feuerseite.

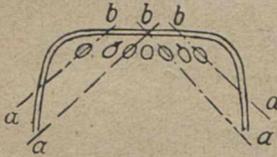


Abb. 8.

Die Folgeerscheinung der ovalen Rohrlöcher sind Rohrrinnen, Steganrisse und Stegbrüche. Diese Beschädigungen sind nur durch geringe Beanspruchung zu verhüten. Die ovalen Rohrlöcher müssen nachgebohrt (reguliert) werden; nach dem Regulieren der Rohrlöcher darf jedoch die Stärke des Rohrsteiges nicht weniger als 80 % seines ursprünglichen Betrages sein; im entgegengesetzten Falle sind Rohrlochbüchsen anzuwenden. Die Rohre sollen dem Rande nicht zu nahe gesetzt werden. Die geringste Entfernung beträgt 65 mm.

## 6. Folgeerscheinungen des Wärmeschubes beim Stehkessel.

Wie schon erwähnt, kann die relative Dehnung der Feuerbüchse auf den Stehkessel bezogen auch 3 mm und bei Kesselsteinbelag bedeutend mehr ausmachen. Diese Schubkraft müssen die Stehbolzen und Deckenbolzen übertragen; es ist also ohne weiteres ersichtlich, daß dieselben nicht nur auf Zug, sondern auch auf Biegung beansprucht sind. Die Kraftübertragung der Steh- und Deckenbolzen ist um so größer, je näher diese den Ecken stehen; am ehesten reißen also die Eckstehbolzen in der obersten Reihe der Seitenwände, sowie die Eckdeckenschrauben nächst der Feuerbüchsenrohrwand.

Diese Kraftübertragung der Stehbolzen hat zur Folge, daß beim Stehkessel an den Umfangslinien der Stehbolzenteilung, sowohl bei den Seitenwänden als auch an der Rück- und Krebswand, Furchen entstehen; diese Schäden sind gewöhnlich mit Rissen in der kupfernen Feuerbüchse ver-

bunden. Zur Verhütung dieses Schadens möge bei neuen Kesseln der Eckhalbmesser der Feuerbüchsplatten möglichst groß gewählt und die Stehbolzen genügend weit von den Eckabbüßen gesetzt werden; diese Entfernung darf jedoch auch nicht zu groß sein, da sonst Ausbauchungen in der Feuerkiste entstehen. Als Abhilfe sei auf bewegliche (Dilatation) Stehbolzen verwiesen.

Die Kraftübertragung des Feuerbüchswärmeschubès auf die Stehkesseldecke bei steifen Deckenschrauben, die nicht genügend elastisch biegsam sind, können am Stehkesseldeckenblech aus den Deckenschraubenlöchern ausgehende Risse verursachen. Zur Abhilfe gilt dasselbe wie bei den Stehbolzen erwähnte, also zwecks Verminderung der Schubkraft Zurücksetzen der Deckenschrauben oder aber Anbringung von beweglichen (Dilatation) Deckenbolzen. Ein Nachteil letzterer ist, daß sich dieselben im Betriebe mit Kesselstein festlegen und dann nicht mehr beweglich sind. Bei langen Feuerbüchsen neuerer Konstruktion werden sehr oft kurze Barren angebracht, auf welche der Wärmeschub keinen Einfluß hat, aber die Feuerbüchdecke dennoch versteifen. Die Ausbesserung geschieht durch Flecke.

### 7. Rohrbündelschub.

Infolge der Wärmewirkung dehnen sich auch die Feuer- und Rauchrohre: es entsteht der Rohrbündelschub. Eine Folgeerscheinung ist die Deformation der Rohrwände, sowohl der Feuerbüchrohrwand als auch der Rauchkammerrohrwand. Die Rohrwände können sich ausbauchen und eindrücken. Zur Verhütung dieser Erscheinung werden bei großen Kesseln eigene Ankerschrauben angewendet, welche die zwei Rohrwände versteifen.

Ursache dieser Deformationen ist, daß die Rohre wegen der wechselnden Erhitzung und Abkühlung sich ständig veränderlich dehnen, besonders bei dünnwandigen Feuerrohren; bei Auftreten von Rohrrinnen sind nun die Rohre nicht genug widerstandsfähig und können auch Ausbauchungen verursachen, deren Folge ist, daß beim Rohrwechseln nicht gleichlange Rohre einzuziehen sind. Die Wandstärke der Rohre soll nicht mehr als  $2\frac{1}{2}$  mm betragen.

Der Rohrbündelschub verursacht außerdem an den Rohrstegen der Feuerbüchrohrwand Anbrüche sowie auch Stegrisse (7 Abb.5), als Folgeerscheinung stellt sich Rohrrinnen ein.

Endlich entstehen als Folge des Rohrbündelschubes Anbrüche (8)

an der Feuerbüchsenrohrwand bei den Ankerschraubenlöchern. Der Rohrbündelschub bewirkt ein Ausbröckeln der Rohrwand parallel zur Umfangslinie des Rohrwandbündels an der Stelle der widerstehenden Ankerschrauben. Diese Risse sind gefährlich. Zur Ausbesserung sind Flecke anzubringen oder noch besser ist es, die Rohrwand zu tauschen.

Der Rohrbündelschub macht sich auch bei der Rauchkammerrohrwand bemerkbar. Er verursacht, insbesondere bei eisernen Rohrwänden, bevorzugt durch Erhitzen und Abkühlen, Dehnungen und Schrumpfungen und bei eventuellem Kesselsteinbelag Abzehrungen und Furchen entlang des Rohrwandumfangs, besonders am unteren Umbug, an den äußersten Rohrreihen, in den Rohrsteigen, wo auch Stegrisse auftreten können, endlich um die Flansche des Reglerrohres, dessen eine Ende im Dampfdome steif befestigt ist und dessen Wärmedehnung die Rohrwand aufnehmen muß. Der Wärmeschub erzeugt an den genannten Stellen Biegungslinien, später Abzehrungen und Furchen. Diese können bedenklich werden und zur Auswechslung der Rohrwand führen; zwecks Verhütung von Stegrissen soll die Stegstärke nicht geringer als 13 mm sein, sonst sind Büchsen anzuwenden. Nachdem bei langen Kesseln auch der Rohrschub größer wird, ist es zweckmäßig, in diesem Falle kupferne Rohrwände zu verwenden.

Der Wärmeschub, verstärkt durch den Rohrbündelschub, kann auch bei Versteifungswinkleisen Schäden herbeiführen. Als Beispiel sei die gebräuchliche Verankerung der Rauchkammerrohrwand erwähnt, bei welcher die an dem Kesselschuß befindlichen Nieten sowie die an der Rohrwand angebrachten Winkleisen zu reißen pflegen. Unsymmetrische Anordnung sowie zu starre Verbindung können Spannungen hervorrufen, welche die Entstehung der Schäden fördern. Die Rohrschubkraft und durch Dampfdruck erzeugte Kraft  $P$  (Abb. 9) kann in die Komponenten  $P_1$  und  $Q$  zerlegt werden. Komponente  $P_1$  verursacht das Reißen der Nieten NN; dieselbe ist umso größer, je größer der Winkel  $\alpha$  ist, desto größer ist also auch die Beanspruchung der Nieten. Das obere Winkleisen darf jedoch nicht hinter dem ersten Kesselschuß liegen. Das Reißen

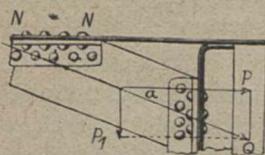


Abb. 9.

des an der Rohrwand anliegenden Winkleisens sowie das manchmal auftretende Verbiegen des Versteifungsbleches hat als Grund den ständig auftretenden Temperaturwechsel. Jede an Versteifungen auftretende Beschädigung ist gefährlich und sofort zu beheben.

## 8. Örtliche Überhitzung.

Örtliche Überhitzung oder Wärmestauung entsteht, wenn an einem Kesselteile die Wärmezufuhr größer ist, als die Wärmeabgabe. In welchem Maßstabe der Kesselstein eine Wärmestauung hervorrufen kann, haben wir schon gesehen (siehe Seite 7). Wenn wir noch in Betracht ziehen, daß die Festigkeit des Kupfers bei

0° 100° 150° 200° 240° 300° 360° 440° 530°  
23,1 21,9 21,0 18,5 17,5 15,3 12,0 8 3 kg pro  
Quadratmillimeter beträgt, dann kann der schädliche Einfluß des Kesselsteines voll bewertet werden.

Eine weitere Frage ist: Wie kann die Entstehung des Kesselsteines verhindert oder wenigstens vermindert werden?

Es ist womöglich weiches Speisewasser zu verwenden, die Kessel-  
auswaschungen und Kesselreinigungen sind gewissenhaft vorzunehmen;  
bei hartem Speisewasser sind Wasserreiniger zu verwenden, endlich ist  
die Beanspruchung des Kessels durch Überhitzung des Dampfes und Vor-  
wärmen des Speisewassers zu vermindern.

Die Kesselstein bildenden Bestandteile des Wassers sind: kohlen-  
saurer, schwefelsaurer, phosphorsaurer Kalk, kohlensaure Magnesia, Eisen-  
oxyd und Kieselerde. Dieselben können sowohl durch Chemikalien ausge-  
geschieden werden, jedoch kann dies auch ohne Chemikalien geschehen,  
wenn man die Bedingungen, unter welcher die Ausscheidung stattfindet,  
eingehend untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in  
nachstehender Zusammenfassung niedergelegt.

Mineral	Löslichkeit in			Unlöslichkeit in Wasser von
	kohlensaurem kaltem Wasser	reinem bei 0°	Wasser bei 100°	
Doppelkohlenaurer Kalk . . . . .	160	65	65	150° C.
Doppelkohlenaurer Magnesia . . . . .	160	5,8	9,8	—
Phosphorsaurer Kalk	1,4	—	—	100° C.
Schwefelsaurer Kalk	—	530	485	150° C.
Eisenoxyd . . . . .	—	—	—	100° C.
Kieselerde . . . . .	—	—	—	100° C.

Hieraus ist ersichtbar, daß als Vorbedingung zuerst die Entfernung der Luft und der Kohlensäure aus dem Wasser gefordert werden muß, damit die kohlen-sauren Verbindungen möglichst unlöslich werden. Um dies zu erreichen, muß das Wasser ziemlich hoch erwärmt und in wallender Bewegung gehalten werden. Wird nun das Wasser weiter erwärmt, so tritt bei 150° C (4,6 Atm.) eine automatische Ausscheidung sämtlicher mineralischen Bestandteile ein.

Auf Grund dieser Betrachtungen sind die Peczischen Wasserreiniger bei den ungarischen Staatsbahnen entstanden, welche sich im Betriebe vorzüglich bewährt haben.

Um ein Beispiel anzuführen, wieviel Kesselstein sich abscheiden kann, möge erwähnt sein, daß eine Eilzuglokomotive, welche jährlich 100 000 km durchläuft und pro eingelaufenen Kilometer 90 Liter Wasser verdampft, bei mittelmäßigem Speisewasser, welches 0,20 g feste Bestandteile enthält, in einem Jahre 9000 cbm Wasser verdampft, aus welchem 1800 kg Kesselstein ausgeschieden wird, welcher durch Reinigung aus dem Kessel zu entfernen ist.

Der an der direkten Heizfläche (Feuerkiste) anhaftende Kesselstein hat auch unangenehme Folgeerscheinungen. Nachdem im Kupferbleche Wärmestauung eintritt, also die Festigkeit des Kupfers geringer wird, erzeugt der Dampfdruck Ausbauchungen (Pölster) zwischen den Steh- und Deckenbolzen; außerdem können in dem von 4 Steh- oder Deckenbolzen gebildeten Vierecke Risse entstehen (9 Abb. 5 und 6), welche sämtlich gefährlich sind. Wegen der schwachen Wasserkühlung zehren die mit Kesselstein belegten Feuerbüchsebleche schneller ab.

Kesselsteinbelag an und zwischen den Feuerrohren verursacht Rohrrinnen und stärkeres Abzehren der Rohrstutzen. Als Abhilfe sind die abgebrannten Rohre zu tauschen und der Kessel ist gründlich zu reinigen.

Es ist selbstverständlich, daß ein jeder Kesselsteinbelag an der Heizfläche die Dampferzeugung wesentlich vermindert.

## 9. Wärmestauung bei der Feuertüre.

Wie erwähnt, ist bei älteren Kesselkonstruktionen die Feuertüre so ausgebildet, daß zwischen dem Stehkessel und der Feuerbüchsrückwand ein schmiedeeiserner Ring eingezogen ist, dessen Höhe gleich der Entfernung der zwei Platten ist. Nachdem in diesem Falle die Wasserkühlung wegen der großen Materialmasse nicht genügend ist, pflegen die Niet-

köpfe sowie die Kupferbleche abzubrennen; wegen den auftretenden Wärmespannungen entstehen Nietlochrisse.

Diese Anstände führten zur Webbschen Konstruktion (siehe Abb. 10), bei welcher der Feuerring gänzlich entfällt und wo durch entsprechende Biegung der beiden Rückwände die Feuerungstür gebildet wird. Diese Konstruktion läßt aber im Betriebe, besonders bei schlechterem Speisewasser, viel zu wünschen übrig. Die Nietköpfe brennen ab, an den Biegungsstellen entstehen Risse, sowohl im Kupfer- als auch im Eisenbleche, bei dem Feuerrichten tritt unten mechanische Abscheuerung des Kupferbleches auf.

Es scheint am zweckmäßigsten, einen flachen Feuerkranzring zu verwenden (Abb. 11), bei welchem — wie bei der Webbschen Ausführung — keine großen Massen konzentriert sind, die das Abbrennen der Niete und Bleche beschleunigen. Hier treten jedoch an der Wasserseite des Kupferbleches Risse auf, deren Grund das Ausbröckeln des Materiales ist, wegen Stauchung und Wiederausdehnung des Kupfers. Das Abbrennen der Niete sowie die mechanische Abscheuerung des Bleches kann durch Anbringen entsprechend geformter Brandschutzringe vermieden werden.

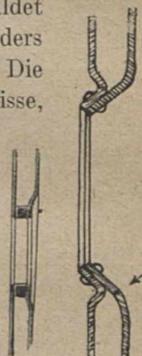


Abb. 11. Abb. 10.

## 10. Ausglühen der Feuerbüchse.

Das Ausglühen (Verbrennen) der Feuerkiste ist auch eine örtliche Überhitzung, hervorgerufen dadurch, daß infolge straflicher Nachlässigkeit der Lokomotivbedienungsmannschaft der Wasserstand im Kessel derart sinkt, daß die Feuerbüchsendecke nicht mit Wasser gekühlt ist. Die Folgeerscheinungen des Ausglühens sind folgende: Wegen der mangelhaften Wasserkühlung gewinnt das Kupferblech eine höhere Temperatur, natürlich auch eine größere Wärmedehnung. Infolgedessen werden die Deckenschrauben lose und beginnen zu rinnen, die Nietverbindungen bei der Rohrwand und Rückwand werden undicht, die Bleche klaffen auseinander (Abb. 12), wegen der größeren Schleifenbildung können in den Umbügen der Rohr- und Rückwand sowie der Seitenwände Risse entstehen; es können Stegrisse auftreten, Risse in der Feuerbüchsendecke entstehen und auch Kesselexplosion ist nicht ausgeschlossen. Bei einer Ausglühung der Feuerkiste springt der Rußbelag der Decke sowie eine



Abb. 12.

etwaige Kesselsteinschichte der Decke wegen der großen Wärmedehnung ab, und an der Feuerseite treten charakteristische kupferrote Flecken auf, welche einen schlagenden Beweis liefern, daß der Kessel\* ausgeglüht war.

Es ist der Fall vorgekommen, daß ein raffinierter Lokomotivführer, um seine Schuld abzuleugnen und den Betriebsbeamten zu täuschen, die charakteristischen roten Flecke verschwinden ließ, indem er mit einer qualmenden Harzfackel den Rußbelag der Feuerkiste künstlich hervorrief; in diesem Falle ist die Decke von der Wasserseite aus zu untersuchen. Zeigen sich in der Kesselsteinschicht Risse oder Abbröckelungen, dann ist das Ausglühen erwiesen.

Die Vorschriften der Lokomotivmannschaft schreiben die weiteren Pflichten des Personales — im Falle der Wasserstand nicht mehr feststellbar ist — pünktlich und genau vor, deren Wiederholung den Rahmen dieser Zeilen überschreitet.

## 11. Innere Abzehrungen.

Die chemischen Abnützungen der Kesselbleche sind dreierlei:

1. innere Abzehrungen am Eisenblech (Korrosionen);
2. äußere Abzehrungen am Kesselblech;
3. Abzehrungen am Kupferblech.

Die inneren Abzehrungen sind nur eine besondere Art des Rostens. Die Anwesenheit eines rostfähigen Materials — wie Eisen — mit Wasser, Luft und Kohlensäure genügt, um Abrostungen hervorzurufen. Beschleunigt wird der Vorgang des Rostens, wenn die Blechoberfläche (die Oxydhaut) verletzt ist, wenn das Speisewasser freie Säuren enthält; auch die bei der Fäulnis auftretenden Stickstoffverbindungen sind schädlich, falls die Zeit der Einwirkung, also die Zeit der Ruhe des Kessels eine größere ist, wenn das Wasser sich wiederholt mit Luft und Kohlensäure sättigen kann; dieser Fall kommt bei erkaltenden Kesseln vor durch Einsaugen von Luft an den undichten Stellen sowie bei entleerten, doch nicht vollständig ausgetrockneten Kesseln. — Das Rosten wird ferner gefördert bei schlammigen Ablagerungen und endlich, wenn durch örtliche Erschütterungen oder wiederholt auftretende Biegungen örtliche Materialbeanspruchungen und Verletzung der Materialoberfläche entstehen.

Das Entstehen der Abzehrungen fördert:

1. wenn die Oxydhaut (Oberfläche) des Bleches aus irgendeinem

Grunde verletzt ist (mechanische Verletzung beim Anarbeiten, Verstemmen oder infolge Ausdehnung und Abkühlung erfolgte Schrumpfung);

2. wenn ein Material vorhanden ist, welches die Rostbildung fördert, z. B. Mangan, Schlackenstellen im Bleche usw.;

3. wenn das Wasser freie Säuren enthält, z. B. Chlorverbindungen als  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ , Schwefelwasserstoff oder freie Kieselsäure. Bei Fäulnis entstehende Stickstoffverbindungen sowie Luft und kohlen-saures Wasser fördern auch das Rosten.

Diese Abzehrungen entstehen: bei Ringstemmafugen, bei den Nietköpfen der Längsnietnähte und im allgemeinen an solchen Stellen, wo bei entleertem Kessel das Wasser nicht abfließen kann, z. B. unter der Rauchkammerrohrwand, bei dem Feuerkranze und Grundringe. Diese Abzehrungen sind gewöhnlich muschel- oder furchenförmig.

Nachdem diese Abzehrungen sich gewöhnlich auf größere Flächen erstrecken, können dieselben gefährlich werden. Da an undichten Stellen auch äußere Abzehrungen auftreten, sind diese Stellen doppelt gefährdet. Abgerostete Nietköpfe sind auch gefährlich, da die Niete die Bleche nicht mehr mit der ursprünglichen Kraft zusammendrückt und die Nietnaht leicht aufklaffen kann.

Die Abzehrungen selbst sind entweder muschelförmig oder grubchenförmig oder aber rillen(furchen)artig. Der Grund des letzteren ist in der Konstruktion des Kessels zu suchen; einzelne Teile werden infolge der Wärmedehnung hin und her gezogen, andere Teile wieder können wegen der Verankerung keine Bewegung machen. Wird nun durch die Hin- und Herbewegung die Oxydhaut des Bleches verletzt, so tritt an solchen Stellen Wasser zum Eisen, es beginnt der Oxydationsprozeß.

Am häufigsten kommen innere Abzehrungen an folgenden Stellen vor:

1. bei Lang- und Quervernietungen des Langkessels neben den Stemmkanten, sowohl außen als innen;
2. am Bauchbleche den Kesselpratzen entlang;
3. an der ersten Bauchtafel unter der Rauchkastenrohrwand; diese Abzehrungen nehmen rasch zu;
4. an Nietköpfen (kommt selten vor);
5. bei Auswaschdeckeln den Dichtungsflächen entlang;
6. bei den Auflagflächen der Kesselträger.

Die Ursachen sind folgende: Feuchtbleiben der Bleche bei entleertem Kessel, Ablagerung von Schlamm, Undichtheit der Nietnaht oder mangelhafte Verstemmung fördern die Abzehrungen. Infolge Wasser-

rückstand bei leeren Kesseln treten Abzehrungen beim Stehkessel dem Grundringe entlang auf. Die Folgen dieser Abzehrungen können gefährlich werden, besonders bei Langnietungen, da hierdurch der wirkliche Querschnitt des Kesselbleches stark geschwächt wird, falls die Abzehrungen in einer wagerechten Linie in größerer Anzahl auftreten.

Zur Verhütung dient: Trockenhalten des leeren Kessels, eventuell Anarbeiten einer Rinne im Grundringe zwecks leichteren Ablaufs des Wassers (Abb. 24, links), oder Anbringen eines Kupferbleches oder eines im Miniumkitt gebetteten Winkeleisens (Abb. 24, rechts); ferner Vermeidung scharfer Übergangskanten des Grundringes und Behebung jeder Undichtheit.

## 12. Außere Abzehrungen.

Gleichmäßige Abzehrungen in größerer Ausdehnung treten auf der äußeren Fläche des Lang- und Stehkessels auf. Diese Abzehrungen schälen sich meistens mit der alten Anstrichfarbe zusammen in Blättern ab. — Der Grund ist folgender: An der Oberfläche der Blechplatten setzt sich namentlich im Winter in düstigen feuchten Räumen Wasserdunst an, welcher bei mangelhaftem Anstrich, besonders wenn derselbe nicht auf die gutgereinigte Blechoberfläche aufgetragen wurde, die Farbe abhebt, worauf zwischen Farbe und Blech Staub und Rußablagerungen entstehen, welche das Eisen zum Rosten bringen.

In beschränkter Ausdehnung treten diese Abzehrungen an undichten Stellen, hauptsächlich bei Stehbolzen, Schlammdeckeln, Stiftschrauben und undichten Nietnahten auf; ferner unter Ablagerungen anderer Art, z. B. unter Aschennestern bei Stehbolzenköpfen und Deckenschraubmuttern. An diesen undichten Stellen lagert sich Kesselstein ab, welcher immer hygroskopisch ist und das Blech zum Verrosten bringt. Die Art und Fortgeschrittenheit der Abzehrung bestimmen verschiedene Art und Zeitdauer der Einwirkung, verschiedene Beschaffenheit der Ablagerungen und des Bleches.

Folgeerscheinung ist die allmähliche Schwächung der Blechstärken, insbesondere bei den Stehkesselwänden und der Rückwand, welche, da sie unauffällig sind, leicht übersehen werden und deshalb gefährlich werden können. Besonders bei den Auswaschöffnungen der Stehkesselrückwand treten auch an der Wasserseite sehr oft Abzehrungen auf, so daß bei aufgefundener Beschädigung auch die innere, bezwecklich die andere Seite genau zu untersuchen ist.

Zur Verhütung dient gutes Anstreichen der Kesselwandungen; der Kessel ist mittelst Stahlbürsten vorerst gründlich zu reinigen und im warmen, angeheiztem Zustande zu streichen; zum Anstrich hat sich am besten Minium (Bleimennige) bewährt.

Undichte Stellen müssen durch Verstemmen, womöglich außen und innen, gedichtet werden. Sind Bleche schlecht zusammengenietet, so müssen die Nieten entfernt und die Bleche passend angerichtet werden. Angeschraubte Teile, unter denen sich Feuchtigkeit und Staub ablagern kann, sollen in einem dicken Miniumpolster eingebettet werden, so daß beim Anziehen der Schrauben die Zwischenräume gänzlich mit Minium ausgefüllt sind.

Die hämmernde Wirkung der Kesselträger verursacht eine Rostschichtbildung, dieselbe bricht auf, und es bildet sich eine neue Rostschicht. Infolge der hämmernden Wirkung können an diesen Stellen sowohl in der Lang- als auch in der Querrichtung Kesselblechrisse auftreten.

### 13. Abzehrungen beim Kupfer.

Im Betriebe der Lokomotive sind an den Seitenwänden, besonders an den der Stichflamme ausgesetzten Stellen, Abzehrungen zu beobachten, deren Ursache teilweise chemischer Natur ist.

Unter der Rußschicht der Feuerkiste schlägt sich im kalten Zustande die Feuchtigkeit nieder, verursacht durch das Schwitzen der Wände. Diese Feuchtigkeit saugt die schwefelsauren Gase auf und verwandelt sie bei gelinder Wärme und bei Vorhandensein von Eisenrost und Asche in Schwefelsäure. Sowohl diese als auch die Verbrennung von schwefelhaltiger Kohle fördert die Abzehrung der Kupferplatten. Auch die Undichtheit der Stehbolzen kann Abzehrungen verursachen. Die Undichtheit der Stehbolzen ist nicht nur in deren unfachmännischem Einziehen, sondern auch in der durch Wärmedehnung hervorgerufenen Bewegung zu suchen, welche Lockerung im Gewinde hervorrufen kann.

## Zweiter Teil.

### 1. Die Untersuchung des Lokomotivkessels und die am häufigsten auftretenden Beschädigungen.

Nachdem bis jetzt diejenigen Beschädigungen behandelt wurden, die infolge der verschiedenen Beanspruchungen auftreten, soll in folgendem eine kurze Anleitung gegeben werden, welche Kesselteile eine besonders sorgfältige Untersuchung seitens des Betriebsbeamten erfordern und an welchen Stellen Schäden vorzukommen pflegen. Die aufzuzählenden Fälle haben natürlich keinen Anspruch auf Vollkommenheit und sollen nur solche Beschädigungen behandelt werden, welche gewöhnlich aufzutreten pflegen. Eine jede Kesseltype hat ihre besondere Achillesferse, und bei jeder Type werden besondere Erscheinungen auftreten.

Diejenigen Schäden, deren Grund in schlechter Anarbeitung liegt, sollen auch behandelt werden, damit der Betriebsbeamte in der Lage sei, die richtige Ausführung der Herstellungsarbeiten zu überwachen.

Die Untersuchung möge in folgender Reihenfolge geschehen:

1. Zu allererst möge der am meisten in Anspruch genommene Teil des Kessels, also die Feuerbüchse von der Feuerseite untersucht werden. Zu diesem Zwecke muß die Feuerbüchse besonders in den Eckabbüßen der Rohr- und Rückwand vorerst von Ruß und Flugasche gründlich gereinigt werden.

2. In zweiter Reihe wird der Lang- und Stehkessel in allen zugänglichen Teilen untersucht. Um dies durchführen zu können, müssen natürlich die Feuerrohre entfernt und der Kessel vom Kesselstein ausgeputzt werden; bei dieser Gelegenheit wird auch die Feuerbüchse, besonders die Rohrwand von der Wasserseite einer gründlichen Besichtigung unterzogen.

3. Hierauf wird der ganze Kessel von außen gründlich untersucht. Kesselsteinnester sind vorher zu entfernen; besondere Aufmerksamkeit ist den Nietnähten, den Auswaschlucken und der Rauchkammerrohrwand zu widmen.

4. Falls die Feuerbüchse aus dem Stehkessel herausgezogen wird, ist sowohl deren wasserberührte Seite als auch das Innere des Stehkessels zu untersuchen.

Im allgemeinen möge erwähnt sein, daß Risse im Kupferbleche hauptsächlich an der Wasserseite auftreten, deren allgemeine Ursachen sind: Formänderung und Beanspruchung, sprödes unreines Material, fehlerhaftes Anarbeiten.

## 2. Untersuchung der Feuerbüchse.

Wie aus dem Vorhergesagten ersichtlich, ist die Feuerbüchsenrohrwand derjenige Teil des Kessels, welcher den größten Beanspruchungen und deshalb auch dem größten Verschleiß ausgesetzt ist.

Zuerst ist die Nietnaht und die Umbiegung zu untersuchen. Es treten auf:

1. Anbrüche, Anrisse und Risse an den Eckabbügen, sowohl an den Seiten als auch oben;

2. Nietlöch- und Randrisse. Ursache des Entstehens der Saum- und Nietlochrisse ist die Wärmedehnung. Es muß in Betracht gezogen werden, daß bei Nietreihen doppelte Blechdicken sind, folglich ist auch die Kühlung geringer;

3. abgebrannte Nietköpfe und Fleckschraubenköpfe; auch kann die Stemmkannte so weit abgenützt sein, daß ein weiteres Verstemmen unmöglich ist. Gewöhnlich treten an solchen Stellen auch Saumrisse zur Stemmkannte auf (II Abb. 6);

4. oben überbogene Eckabbüge, abstehende Stemmkannten, welche gewöhnlich ein Ausglühen der Feuerkiste verursacht, obzwar dies auch eine Folge der Wärmedehnung (Schleifenbildung) sein kann. Bei einreihiger Nietung kann das übertriebene Aufwalzen der Rohre auch überbogene Eckabbüge verursachen;

5. Ausbiegung der oberen Rohrwandnaht und Durchbiegung der Deckenbarren. Deren Ursache ist: örtliche Erhitzung (Kesselsteinbelag), schwache oder schlecht montierte Deckenbarren; die Folgerscheinung ist Undichtheit an der Naht und an den Deckenschrauben. Beim Einziehen der Deckenbarren ist darauf zu achten, daß dieselben auf den Eckabbügen gut aufliegen;

6. Formänderung (Einbiegen oder Ausbauchen) der oberen Rohrwandnaht ist in der bleibenden Dehnung des Kupfers zu suchen, hervorgerufen durch die wiederholten Wärmeeinwirkungen und Abkühlungen.

Hierauf wird die ebene Fläche der Rohrwand auf Formänderung (Ausbauchung) gegen die Wasserseite oder gegen die Feuerseite untersucht, deren Ursache in dem Rohrbündelschub zu suchen ist. Große

Kraftanwendung beim Herausziehen der Siederohre, örtliche Erhitzung, Kesselsteinbelag, häufiges Rohrrinnen, weshalb die Rohre nicht genug widerstandsfähig sind, können auch diese Formänderungen entstehen lassen. Bei den mit Stehbolzen und Ankerschrauben versteiften Teilen können auch Ausbauchungen auftreten, deren Grund in örtlicher Überhitzung (Kesselstein) oder in ungenügender Versteifung zu suchen ist (gerissene Stehbolzen und Ankerschrauben).

Endlich werden die Rohrlöcher gründlich untersucht. Hier kommen dreierlei Beschädigungen vor, und zwar: 1. Formänderung der Rohrlöcher, 2. Anbrüche und Risse von den Rohrlöchern ausgehend und 3. Abzehrungen der Rohrwand.

Die Deformation der Rohrlöcher ist wieder dreierlei:

1. zu große oder konische Rohrlöcher;
2. ovale Rohrlöcher, welche in wagerechter Richtung zusammengedrückt erscheinen, und
3. ovale Rohrlöcher, bei denen die Formänderung in schräger Richtung erfolgt ist.

Zu 1. **Konische** oder zu große Rohrlöcher sind die Folge des übermäßigen oder unfachmännischen Aufwalzens der Rohre, letzteres, wenn die Walzen der Aufwalzmaschine schief stehen, also Anarbeitungsfehler.

Zu 2. **Ovale Rohrlöcher mit wagerechter Formänderung** (Abb. 13) kommen nur bei Deckenbarrenversteifung vor.

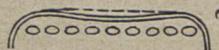


Abb. 13.

Die Ursache ist, daß durch den Druck der Deckenbarren die Rohrwand eine Knickung erleidet; die Deckenbarren stauchen das Material und rufen — besonders in den oberen Ecken — Stegrisse hervor. Folgeerscheinung ist, daß die obere Umbiegung der Rohr- und Rückwand sich einbiegt (s. Abb. 7), und daß die ganze Decke sich einbeult. Es ist auf die richtige Montierung der Deckenbarren große Sorgfalt zu verwenden.

Zu 3. **Ovale Löcher bei Deckenschrauben** wurde auf Seite 10 ausführlich behandelt.

Zur Behebung sind die Löcher auszureiben, eventuell sind Büchsen einzuziehen, falls die Rohrstege durch das Ausreiben zu stark geschwächt werden. Die Stege zwischen den Löchern dürfen höchstens um 20 % des ursprünglichen Maßes verringert werden.

Die bei den Rohrlöchern auftretenden Anrisse, welche sich mit der

Zeit zu Stegbrüchen entwickeln können, wurden bei Deckenschraubenversteifung auf Seite 10, bei Deckenbarrenversteifung hingegen unter zu 2. ausführlich behandelt. Der Grund des Entstehens der Stegrisse ist im allgemeinen durch große Massen hervorgerufene Materialspannungen; Kesselstein (verlegte Rohre), sprödes Material, plötzliche Erhitzung und Abkühlung (kaltes Waschen ohne vorherige genügende Abkühlung) können diese Spannungen hervorrufen.

Zur Verhütung möge folgendes dienen: Genügender Abstand der äußersten Rohrreihen von den Eckabbüßen, ein Einziehen von seitlich durchgebogenen Rohren vermindert die Wahrscheinlichkeit des Entstehens. Bei hohen Rohrwänden sind diese Schäden schwer zu verhüten, bei Deckenbarren achte man darauf, daß dieselben gut aufsitzen; schlechtes Speisewasser fördert das Entstehen der Stegrisse, besonders wenn die Rohre von Kesselstein ummauert sind.

Die Risse entstehen bei kupfernen Feuerbüchsen meist auf der Wasserseite, bei eisernen Feuerbüchsen hingegen auf der Feuerseite.

Die Ausbesserung geschieht durch Flecke.

Abgekehrte und aufgeriebene Rohrstege ist die Folge von häufigen Rohrrinnen oder von häufigen Rohrwalzen. Bedarf keiner Ausbesserung. Als Folgeerscheinung tritt Verschwächung der Rohrwand auf.

### 3. Untersuchung der Feuerbüchsrückwand.

Die bei der Umbördelung auftretenden Schäden sind dieselben wie bei der Rohrwand; nachdem jedoch die Rückwand der Stichflamme nicht in diesem Maße ausgesetzt ist wie die Rohrwand, treten diese Erscheinungen erst viel später auf.

Es entstehen also:

1. Saumrisse bei der Nietung;
2. Anbrüche und Risse in der Umbiegung;
3. abstehende Stemmkannten (Ausglühen);
4. Knickung des oberen Abbuges (bei Deckenbarren) usw.

Als besondere Erscheinung treten hier Anrisse bei der Heiztür auf. Diese entstehen an der Wasserseite und sind nur dann bemerkbar, wenn der Riß durch das ganze Blech hindurchgeht.

Bei dicken Feuerkränzen, wo das Kupferblech gerade ist, sowie bei der Webbschen Feuertür treten Nietlochrisse auf, bei letzterer sowie bei dünnen Feuerkranztüren treten an den Umbiegungsstellen gewöhnlich

oben (wegen Kesselsteinansammlung) und unten Risse auf, welche, wie erwähnt, gewöhnlich an der Wasserseite beginnen. Die Biegung des Kupfers, falls dasselbe nicht genügend erwärmt ist, kann schon im Material Spannungen hervorrufen, welche bei der Wärmedehnung schnell zu Anbrüchen führen (Anarbeitungsfehler siehe auch Seite 15).

Als mechanische Abnutzung tritt hier Abscheuern des Kupferbleches auf wegen der Benützung der Schlackenschaufel und des Rostspießes seitens der Bedienungsmannschaft.

Als Schutz wird zweckmäßig ein Brandring angebracht (bei Webbschen Türen), um das Abkühlen der Nieten und Bleche beim Beschicken der Lokomotive zu vermindern.

#### **4. An der Decke und an den Seitenwänden auftretende Beschädigungen.**

Wie schon erwähnt, werden die zwei Seitenwände und die Decke gewöhnlich aus einem Bleche erzeugt, und zwar durch kalte Biegung. Wegen der Biegung im kalten Zustande treten an den Biegungsstellen, also an der Übergangsstelle von der Seitenwand zur Decke (Deckenabbug) wagerechte Risse auf (2 Abb. 5 und 6), deren Ursache die Wärmedehnung und Schleifenbildung ist. Bei Deckenbarren entstehen diese Risse an der Wasserseite, welche immer gefährlich, da schwer zu entdecken sind; bei Deckenbolzen jedoch auf der feuerberührten Seite. Zur Verhütung dieser Risse ist der Umbughalbmesser nicht zu klein zu nehmen.

An den ebenen Platten entstehen im allgemeinen zweierlei Beschädigungen: **A u s b a u c h u n g e n** (Polster) und **R i s s e** oder **A n b r ü c h e**.

Die Ausbauchungen entstehen folgendermaßen: Wie schon auf Seite 14 erwähnt, treten bei den Kupferplatten Abzehrungen auf, welche bei den der Stichflamme ausgesetzten Teilen am größten sind. Falls die Abzehrungen des Bleches so weit fortgeschritten sind, daß dasselbe zu dünn wird, so entsteht eine Ausbauchung der Wand. Eine Ausbauchung der Wände ist immer eine Mahnung, daß das Material dem Dampfdruck nicht widerstehen kann und eine ständige Deformation erleidet, dessen Gründe zu beseitigen sind. Es können hier mehrere Ursachen sein und zwar: 1. schlechte Konstruktion des Kessels, ungenügende Versteifung (Konstruktionsfehler); 2. ungenügende Versteifung als Folge gerissener Stehbolzen oder Deckenschrauben; 3. örtliche Überhitzung des Bleches, hervorgerufen durch Kesselsteinbelag und abnehmende Festigkeit des

Kupfers; 4. wegen fortgeschrittener Abzehrung wurde das Blech zu schwach.

Um das Abzehren der Kupferbleche zu vermindern, sind alle Umstände zu vermeiden, durch welche sich Feuchtigkeit an den Wänden ansetzen kann, also Behebung aller Undichtheiten, möglichst schwefelfreies Brennmaterial, niederes Feuer. Bis zu 10—12 Atm. Dampfdruck kann das abgezehrte Blech belassen werden, falls es zwischen den Stehbolzen gemessen eine Wandstärke von mindestens 10 mm besitzt; bei höherem Dampfdruck ist die minimale Blechstärke, welche im Betriebe belassen werden kann, 12—13 mm. Diesen Abmessungen entsprechend ist eine entsprechende Dimensionierung der Seitenwandplatten notwendig (bis zu höchstens 16 mm).

Die Herstellung geschieht in folgender Weise: Falls die Blechstärke genügend ist, kann das Kupfer ausgeglüht und nachher ausgerichtet werden, ist das Blech zu schwach, so ist ein Fleck anzubringen. Ausbauchungen sind immer ein Wink für den Betriebsingenieur, daß das Kesselblech zu schwach ist und Herstellung benötigt. Wegen dem Abbrennen erhalten die Stehbolzen an der Feuerseite stärkere Köpfe als auf der anderen Seite; es ist auch auf das richtige Einziehen der Stehbolzen zu achten.

Eine Folge der Ausbauchungen ist, daß an der Wasserseite aus den Stehbolzenlöchern strahlenförmig ausgehende Risse entstehen ((s. 10, Abb. 5). Dieselben entstehen, wenn die Stehbolzenteilung zu groß ist, bei Kesselsteinablagerung, nachdem das Blech nicht genügend gekühlt wird, weshalb dessen Festigkeit geringer wird, endlich bei starken Abzehrungen. Die aus den Stehbolzenlöchern strahlenförmig ausgehenden Risse können, falls dieselben nicht zu groß und das Blech genügende Wandstärke hat, durch Ausbohren und Ausbüchsen ausgebessert werden.

Bei großer Stehbolzenteilung, Kesselsteinbelag oder verstärkter Feuerung entstehen an der Feuerseite zwischen je vier Stehbolzen, oft aber auch aus dem Stehbolzenloch an der Wasserseite strahlenförmig ausgehende Risse, welche alle gefährlich sind (10, s. Abb. 5 und 6). Letztere Risse treten bei Kupferplatten auch an der Feuerseite auf, und zwar bei Ausbauchung der Stehbolzenfelder, bei eisernen Feuerkistenblechen infolge Schrumpfung. Diese Risse sind immer gefährlich, da die Möglichkeit eines in größerem Maße auftretenden Weiterreißen besteht.

Risse im vollen Bleche (Stemmnahtrisse) kommen an den überlappten Stellen (bei den Nietnahten) vor. Die Schleifenbildung be-

wirkt ein Brechen der überlappten Plattenteile beim Querschnittübergang neben der Stemmkannte, und wird die Wirkung durch scharfes Verstemmen, wodurch auch das untere Blech verletzt werden kann, gefördert. Diese Stemmnahttrisse sind nur bei langem Abbug und großer Länge gefährlich. Zwecks Verhütung sind die Stehbolzen von der Stemmnaht zurückzusetzen.

Diese Stemmnahttrisse entstehen meistens an der Decke, und ist damit gewöhnlich ein Senken des Deckenbleches und Einknicken der Rohrwandumbiegung verbunden (s. 1, Abb. 5).

Bei Deckenschrauben treten oft Lochrisse an der Wasserseite auf (s. 4, Abb. 5). Dieselben entstehen durch den Druck der Deckenstehbolzen infolge Wärmeausdehnung der Rohrwand nach oben. Zur Verhütung werden bewegliche Deckenschrauben verwendet.

Endlich kommen noch Nietlochrisse (5, Abb. 6) an den Nietnähten der Seitenplatten vor, deren Ursache die Wärmedehnung ist. Die Seitenwände werden durch die Wärme ausgedehnt. Infolge Verkürzung derselben bei Abkühlung, ferner infolge Schleifenbildung sowie die verschiedene Materialstärke der Seitenplatte und des Rohrwandumbuges bewirken, namentlich bei größerer Dicke des Umbuges, ein Einreißen der Seitenplatten. Diese Risse sind sämtlich gefährlich, da schwer zu entdecken. Zwecks Verhütung sind große Umbughalbmesser, nicht zu nahe beieinander liegende Niete und nicht zu dicke Umbüge zu verwenden.

## 5. Schäden an den Feuerrohren.

Bevor das Innere des Langkessels untersucht wird, sollen einige bei den Feuerrohren auftretende Beschädigungen näher besprochen werden. Es treten Formänderungen, Abzehrungen, Risse, im Betriebe Rohrrinnen auf.

Durchbogene Rohre kommen vor, wenn das Ein- oder Ausziehen der Rohre nicht mit genügender Vorsicht geschieht, oder wenn der Türausschnitt der Rauchkammer zu klein ist. Es ist dies ausschließlich ein Anarbeitungsfehler, der zu vermeiden ist, da sich die Rohre leicht berühren und leicht Kesselsteinester entstehen können.

Eingedrückte Rohre sind das Zeichen, daß die Wandstärke der Rohre dem Dampfdruck nicht mehr widerstehen kann. Die ausgezogenen Rohre werden bekanntlich vom Kesselsteine abgeputzt, an der Rauchkammerseite angeschuht, damit das Rohr die entsprechende

Länge habe, und an der Rohrwandseite mit einem neuen Kupferstutzen versehen. Durch die Abzehrungen wird die Wandstärke immer geringer, und deshalb schreiben die Eisenbahnverwaltungen eine maximale Gewichtsverminderung der innen und außen abgeputzten Rohre vor, um ein Einknicken der Rohre, welches gewöhnlich mit einem Platzen des Rohres verbunden ist, zu verhüten. Abgenützte, dem Gewichte nach zu leichte Rohre sind rechtzeitig zu verwerfen.

Abstehende Rohrbörtel (Abb. 14) sind ein Beweis, daß sich der Rohrstutzen im Rohrloche verschoben hat; dies kommt hauptsächlich bei eisernen Rohrstutzen und schlechtem Speisewasser vor, da sich die kupferne Rohrwand und der eiserne Stutzen sehr ungleich dehnen. Zur Verhütung ist gutes Speisewasser zu verwenden; sollte dasselbe hart sein, so sollen möglichst Kupferstutzen verwendet werden. Abstehende Börtel dürfen nicht geduldet werden, da dieselben wegen mangelnder Abkühlung schnell abbrennen und wieder rinnen. Falls die kupfernen Stutzen schon zu spröde sind, um gebördelt werden zu können, so ist es zweckmäßiger, das Rohr zu tauschen.

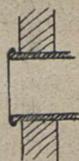


Abb. 14.

Abbrennen der Rohrbörtel. Bei verschärfter Feuerung werden die Börtel oft glühend und zehren dann rasch ab. Schwefelhaltige und scharfe Flugasche erzeugende Kohle fördert den Verschleiß. In ausgebüchste Rohrlöcher eingezogene Rohrstutzen brennen leicht ab, weil wegen der vermehrten Dichtungsfläche die Kühlung geringer ist. Folgeerscheinung ist Rohrrinnen. Wenn bei vielen Rohren die Börtel abgebrannt sind, so tritt ein starkes Rohrrinnen auf, wobei die Versteifung der Rohrwände geringer wird und Ein- und Ausbauchungen der beiden Rohrwände vorkommen.

Beim Einziehen der Rohre sind große Börtel anzuarbeiten. Die über die Rohrwand vorstehende Länge des umzubörtelnden Rohres soll zirka 8 mm betragen. Bei eisernen Stutzen ist das Rohr vorerst gut aufzuwalzen und nur nachher zu börteln.

Risse an den Rohrbörteln entstehen bei eisernen Rohrstutzen durch Materialveränderung, da das Material wegen dem Erhitzen und Abkühlen mit der Zeit hart und spröde wird, die Börtel springen ab. Als Verhütung sei auf kupferne Stutzen hingewiesen. Bei eisernen Stutzen sind die Börtel durch Anstauchen zu erzeugen. Um eine Überanstrengung des Rohrmaterials zu vermeiden, sind die einzuziehenden Rohre an der Rauchkammerseite in warmen Zustände aufzutreiben, da die Rohr-

löcher der Rauchkammerrohrwand zirka 2 mm größer sind als bei der Feuerbüchrohrwand. Dessen Grund liegt darin, damit die mit Kesselstein belegten Rohre aus dem Kessel leichter herausziehbar seien.

Falls ein Rohr in der Nähe der Aufwalzungsfläche reißen sollte, so ist dies nur auf unfachmännische Behandlung (Arbeitsfehler) zurückzuführen.

Risse an Rohrlötungen (Anschuhungsstellen) sind immer Folgen von Anarbeitungsfehlern oder mangelhaftem Material. Falls diese Risse massenhaft auftreten, können sie gefährlich werden, da die Rohre als Versteifung der Rohrwände wirken. Nachdem die Anschuhung bei einer größeren Partie Rohre auf einmal erfolgt, kann sich dieser Anarbeitungsfehler sehr oft wiederholen. Die Rohre sind unbedingt stehend zu lüten.

Ausbrennen der Kupferstutzen an der Lötungsstelle, Abzehren der Rohre im Innern, an der vom Feuer berührten Innenfläche. In diesem Falle können folgende Ursachen sein: schwefelhaltige Kohle, verstärktes Feuern, vernachlässigte Reinigung der Rohre. Das unmittelbare Abbrennen ist die Folge von den durch den Zug mitgerissenen Kohlteilen und mechanische Abscheuerung anstoßender harter Aschenteile (Sandstrahlwirkung).

Folgerscheinung dieser Beschädigungen sind Undichtwerden der Rohre sowie Einknickung derselben. Bei Herstellung (Anschuhung) der Rohre ist stufenförmige Verengung zu vermeiden, also das in das Rohr oder in den Stutzen gesteckte Ende des Rohres soll zugeschärft sein.

Bei Reparatur der Siederohre, auf deren Einzelheiten hier nicht näher eingegangen werden soll, möge als Richtschnur dienen, daß eine jede Anschuhungsstelle ein wunder Punkt ist, der leicht Betriebsstörungen zur Folge haben kann, eben deshalb sind diese Anschuhungsstellen auf das geringste Maß zu verringern.

Das Rohrrinnen ist immer ein Zeichen, daß die Rohre nicht dicht halten, und kann viele Ursachen haben, und zwar: unrichtige Anarbeitung (ovale Rohrlöcher oder ungenügendes Aufwalzen), abgezehrte Rohrbörtel oder unrichtige Behandlung (unrichtige Feuermanipulation, wobei die Rohrwand abgekühlt wird), örtliche Überhitzung (wenn die Rohre mit Kesselstein verlegt oder sogar eingemauert sind). Der Ursache entsprechend ist die Reparatur vorzunehmen. Es möge noch bemerkt werden, daß bei abgezehrten Rohrbörteln eine momentane nicht zu lange dauernde Abhilfe geschaffen werden kann, wenn man einen kupfernen

Ring von entsprechenden Abmessungen in das abgezehrte Rohr hineinlegt und aufwalzt; dieser Ring muß dann auch gebörtelt werden.

Das Rohrrinnen ist immer ein Schrecken der Lokomotivmannschaft, nachdem meistens ihre unfachmäßige Behandlung dasselbe verursacht und zu Betriebsstörungen Anlaß geben kann.

## 6. Innere Untersuchung des Langkessels.

Die innere Untersuchung erstreckt sich auf die zugänglichen Teile des ganzen Kessels, und werden Abzehrungen, Risse und Formänderungen gesucht.

Über das Wesen und den Grund der inneren Abzehrungen wurde auf Seite 16 näher eingegangen. Es ist der Zustand der Kesselbleche auf Abzehrungen zu prüfen, ferner sind alle Niete und Nietverbindungen zu untersuchen. Abzehrungen (Korrosionen) können auf allen Kesselblechen vorkommen; bevorzugte Stellen sind folgende:

1. an den Ringstemmkannten, Längsstemmkannten und Längskanten, welche bei entleertem Kessel schwer austrocknen;
2. an Nietköpfen;
3. an schwer zu reinigenden Stellen (z. B. auf der Bauchtafel unter der Rauchkammerrohrwand);
4. bei den Versteifungsankern am hinteren Langkesselschuß;
5. über den Kesselträgern (hämmernde Wirkung der Kesselträger, Bildung einer Rostschicht, Aufbrechen derselben und Neubildung von Rost).

Der größte Verschleiß der Kesselbleche tritt dort ein, wo die Druckrohre der Speisewasserleitung einmünden. An der oberen Krebswand können auch Anrisse vorkommen.

Falls im Langkessel Abzehrungen auftreten sollten, welche in größerer Anzahl vorkommen und in der Längslinie des Langkessels liegen, so ist diesen erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen, da in diesem Falle die Festigkeit des Kessels geschwächt ist (s. auch S. 18).

Hierauf ist die Rauchkammerrohrwand gründlich zu untersuchen, An derselben treten folgende Beschädigungen auf:

1. Ausbiegung der Rohrwand,
2. Risse an den Rohrstege,
3. Risse am unteren Umbug.
4. Bei der Versteifung der Rohrwand kommen auch Formänderungen und Winkeleisenrisse sowie defekte Nieten vor.

Die Deckenschrauben, Stehkesselversteifungen sind — soweit zugänglich — auch zu prüfen, ebenso die Feuerbüchsenrohrwand, nachdem, wie schon erwähnt, hier auch auf der Wasserseite entstehende Risse vorkommen.

Risse an Stehbolzen, Deckenschrauben und Stehkesselankerschrauben entstehen durch Biegebeanspruchungen, da die höhere Temperatur in der Feuerbüchse und der größere Ausdehnungskoeffizient des Kupfers gegenseitige Verschiebung hervorruft, ferner ungenügend zähes Material, Schweißfehler, plötzliche Temperaturunterschiede (z. B. kaltes Auswaschen). Folgen: Die obersten Stehbolzen beginnen zuerst zu reißen, ihnen folgen die nächsten. Eiserne Stehbolzen reißen an der Stehkesselwand, kupferne hingegen an der Feuerbüchsenwand.

### 7. Äußere Untersuchung des Kessels.

An der Stehkesselrückwand pflegen folgende Erscheinungen aufzutreten:

**Einbeulung**, verursacht durch das Anstoßen des Führerstandbleches oder des Zugkastens infolge schlechter Montierung. Äußere Kräftewirkung, z. B. bei Entgleisung oder Zusammenstoß kann sowohl bei der Rückwand als auch an anderen Stellen des Stehkessels Einbeulungen hervorrufen. Folgeerscheinung: mechanische Abnützung sowie Bruch. Das Ausrichten einer mäßigen Beule kann unterbleiben, falls keine Risse entstanden sind.

**Ausbauung** entsteht durch mangelhafte Versteifung, Konstruktionsfehler oder gerissene Versteifungswinkeleisen und Anker. Folgeerscheinung: Anrisse in der Umbörtelung der Rückwand. Diese Risse sind gefährlich, nachdem die ganze Dampfbelastung sich auf den Umbug überträgt. Die hohe Beanspruchung bewirkt ein allmähliches Abbröckeln des Materials und erzeugt Risse (s. Seite 7). Als Abhilfe sollte die mit dem Deckenbleche versteifte Rückwand auch mit den Seitenwänden entsprechend versteift werden.

Risse in eisernen Platten, bei denen der Dampfdruck ein Auftrennen bewirken kann, sind immer gefährlich, da dieselben plötzlich entstehen und sprungweise fortschreiten. Nur solche Stellen können durch Blindflecke oder Einziehen von Büchsen ausgebessert werden, wo die Wärme- dehnung und der Dampfdruck die Rißstelle aneinander preßt.

**Riß**, vom Rohrstanzenloch ausgehend, kommt nur bei

flachdeckigen Stehkesseln vor, falls die Versteifungen so angebracht sind, wie in Abb. 15 ersichtlich, und wenn die Öffnung nahe der Seitenwand angebracht ist.

In diesem Falle schiebt die Wärme-  
dehnung die äußerste Stehbolzenreihe  
nach oben und zieht den durch die Ver-  
ankerung nicht angehefteten Teil der  
Rückwand nach innen, während die  
Dampfspannung die daneben liegende  
Dreieckversteifung nach außen drückt.  
Dieses Drehmoment erzeugt Spannungen,  
die zum Risse führen. Behebung: den Riß  
abbohren und Blindfleck aufsetzen.

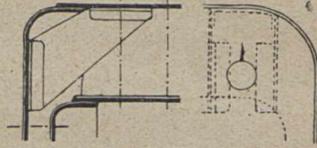


Abb. 15.

Rückwandrisse bei Verwendung  
von Deckenbarren, falls die Rückwand  
bloß mit Winkeleisen versteift ist. Diese  
Risse entstehen bei den Endnieten  
(s. Abb. 16). Bei jeder Druckschwankung

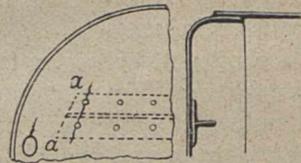


Abb. 16.

wird die ganze Fläche der Rückwand  
herausgebogen, und entsteht der  
Riß an der am meisten beanspruchten Stelle  
neben der Brechkante  $a-a$ . Die Lehre davon  
ist: Rückwand und Decke müssen ge-  
meinsam verankert werden.

An den Seitenwänden entstehen folgende Beschädigungen:

1. Risse den Stemmungen entlang (Stemmungenrisse) und an dem Stehkesseldeckenblech.

2. Anrisse und Risse bei der Krebswand kommen beim Übergang zum zylindrischen Kessel oder bei der Umbiegung (Anschluß zu den Seitenwänden) vor. Ursache ist Schädigen des Materials beim Biegen, durch Überhitzen, durch nicht genügendes Erwärmen beziehungsweise Erkalten beim Biegen sowie durch Zurückbiegen. Die Herstellung geschieht durch Anbringen eines Blindfleckes.

Risse im Stehkesseldeckenbleche, von den Löchern der Deckenschraube ausgehend, entstehen durch Schubwirkung der Feuerbüchse nach oben bei starren, seitlich nicht biegsamen Deckenstehbolzen.

Sowohl bei dem Stehkessel als auch bei dem Langkessel ist auf die Auswaschlucken besondere Sorgfalt zu verwenden. Hier pflegen wegen den Undichtheiten Abzehrungen aufzutreten. Die Dichtfläche muß immer tadellos sein. Falls sich dieselbe abnutzen sollte, was bei Bleikranz-

dichtungen vorkommt, so muß dieselbe reguliert werden. Es kann auch vorkommen, daß bei denselben ein überbogener Blechrand (s. Abb. 17) entsteht; natürlich kann in diesem Falle von einem anständigen Dichthalten keine Rede sein, es können aber als Folgeerscheinung Anrisse entstehen. Das Überbiegen der Bleche hat seinen Grund darin, daß der Bügel der Auswaschlucke zu groß ist. Falls die Dichtungskante bei Bleiringdichtungen abgenützt ist, wird zweckmäßigerweise die Aus-



Abb. 17.

waschlucke vergrößert und ein Versteifungsring — dessen Öffnung dem Schlammdeckel entspricht — angebracht, bei Abnützung des letzteren wird derselbe erneuert.

Über den Kesselträgern können sowohl in der Längs- als auch in der Querrichtung Risse entstehen, deren Ursache in schlechter Montierung zu suchen ist. Außerdem ist der Rahmen der Lokomotive gegen Erschütterungen nachgiebiger als der Kessel, und deswegen werden die Stöße beim Fahren auf den Kessel übertragen. Die Ausbesserung geschieht durch Flecke, die Auflageflächen sollen groß und gut angepaßt sein, die Winkelkanten sind abzurunden, die Kanten des Blechrandes sollen abgemeißelt sein.

Den Längsnähten entlang auftretende Risse sind die Folge schlechten Materials, oder das Blech war beim Zusammennieten wegen schlechtem Anpassen überanstrengt. Nachdem in beiden Fällen die Güte des Bleches fraglich ist, ist die Kesseltafel zu tauschen.

Risse an Kesselpratzen entstehen bei unrichtiger Konstruktion (scharfe Umbiegungen) oder Verschwächung der Stehbolzenpratze wegen Versenkung des Nietkopfes bei gegenseitiger Verschiebung der Rohrwand und der Krebswand.

Risse beim Abbuge des Domes entstehen bei mangelhafter Anarbeitung im Feuer.

Überbogene Winkeleisen beim Dampfdom. In diesem Falle ist die Entfernung der Dichtungsschrauben vom Dichtungsdraht zu groß. Die Schrauben sollen möglichst nahe dem zylindrischen Teile angebracht werden.

Infolge Materialfehler können noch unganze Schweißnähte und bei gebörtelten Blechen Brandrisse und zu schwache Blechsäume auftreten.

Ursache der Brandrisse sind zu starkes Erhitzen und zu große Breite

des Saumes; die schwachen Blechsäume entstehen durch Verschwächung, durch zu große Saumbreite sowie durch Abzundern bei der Anarbeitung durch oftmaliges und zu starkes Überhitzen.

Die Rauchkammerrohrwand ist schließlich gründlich auf Abzehrungen und Risse zu untersuchen (s. Seite 12).

Abzehrungen pflegen aufzutreten: bei der Rauchkastenrohrwand von außen und von unten, bei der Abrundung dem Umfange entlang, hauptsächlich im unteren Teile, an den äußersten Rohrreihen und in den Rohrstegen, und um die Flansche des Reglerrohres; Ursache: Rohrschub, sowie durch Wärmedehnung erzeugtem Schub und Biegungsbeanspruchung.

Risse am Heizztürkranz, von der Mitte strahlenförmig ausgehend, haben folgende Ursachen: Material und Schweißfehler, Materialveränderung durch Erhitzen bei geschlossener und Abkühlen bei geöffneter Heizztür und dadurch erzeugte Stauung und Streckung der Ringfasern. Folgeerscheinung: Undichtheit. Verhütung: entsprechende Materialauswahl, Anbringung eines Winkelringes (Brandringes) aus Blech zur Abhaltung der direkten Einwirkung der Wärme und des direkten Bepülens des Heizztüringens durch kalte Luft. Herstellung geschieht durch autogenes Schweißen.

## 8. Innere Untersuchung des Stehkessels.

Falls die Feuerbüchse ausmontiert wird, so ist sowohl dieselbe als auch der Stehkessel einer gründlichen inneren Revision zu unterziehen.

Neben dem Grundringe und dem Feuertürkranze treten Abzehrungen auf; an den Biegungsstellen der Rück- und Krebswand kommen wegen der Biegungsbeanspruchung Falten und Anbrüche vor, auf die besondere Sorgfalt zu verwenden ist, nachdem bei den Schlammdeckeln gleichzeitig auch außen eine Abzehrung stattfindet. Außerdem sind sämtliche Stehkesselversteifungen genau zu prüfen sowie auch die Löcher der Steh- und Deckenbolzen.

In der Ecke des Stehkesselgrundringes können auch Risse auftreten, deren Ursache darin zu suchen ist, daß bei scharfer Biegung das gestauchte Material überanstrengt wird; die außen und innen bestehende ungleiche Temperatur fördert das Entstehen von Materialspannungen. Folgeerscheinung ist Undichtheit; zur Verhütung dient gutes Material und verlässliche Arbeit. Der Schaden kann durch autogenes Schweißen behoben werden.

### 9. Niete und Nietnähte.

Endlich sollen noch die an Nieten und Nietnähten entstehenden Beschädigungen kurz besprochen werden. Die Risse an Nietlöchern treten in dreierlei Hauptformen auf:

1. von einem Nietloche ausgehend ein- oder mehrstrahlige Risse (12, Abb. 6);
2. Saumrisse, senkrecht auf den Blechrand, entweder vom Blechrande bis zum Nietloch oder zwischen den Nieten (kurzer Saumriß) oder über das Nietloch reichend (11, Abb. 6);
3. Risse parallel zum Blechrand; dieselben können kurz sein (zwischen zwei Nietlöchern) oder über mehrere Löcher reichen (5, Abb. 6);
4. Risse neben Längsnähten;
5. Risse dicht an den Stemmnähten und in Abzehrungsfurchen;
6. gerissene Nietschäfte;
7. gerissene Nietköpfe.

Die Ursachen dieser Risse können verschiedene sein, und zwar:

Verwendung von zu hartem Bleche oder Nietmaterial, schlecht geschweißtes, rot- oder kaltbrüchiges Eisen oder Stahlblech.

Bei den dem Feuer ausgesetzten Teilen, besonders bei eisernen Feuerbüchsen kann die durch den Temperaturwechsel hervorgerufene Streckung und Schrumpfung derartige Risse hervorrufen.

Bleibende Streckung angenieteter Teile. (Die Streckung der kupfernen Rohrwand erzeugt im Saume der Feuerbüchsdecke Nietloch und Randrisse.)

Unrichtige Anarbeitung, zu rasche Abkühlung im Walzwerk, im Feuer zu stark verschwächte Umbördelungen. Übermäßiges Erhitzen bei der Bearbeitung und im Betriebe (Ausglühen); jähe und ungleiche Abkühlung, wodurch unbeabsichtigte Spannungen entstehen (kaltes Auswaschen). Nach der Bearbeitung im Feuer Unterlassung des Ausglühens, wodurch die unbeabsichtigten Spannungen bestehen bleiben.

Hämmern beim Anrichten im blauwarmen Zustande. Überbiegen des Bleches, wobei beim Anrichten das Blech im entgegengesetzten Sinne zurückgerichtet werden muß. Lochen des Bleches ohne genügendes nachheriges Ausreiben. Gebrauch des Dornes bei übergreifenden oder für die verwendeten Nieten zu kleinen Nietlöchern.

Geringe Dimensionierung (zu enge Nietstellung, geringer Blechrand).

Bleibende Streckungen angenieteter Teile. Die Streckung der kupfernen Rohrwand erzeugt im Saume der Feuerbüchsdecke Nietloch und Randrisse.

Quetschen des Nietkopfes bei Schelleisen, welche den Nietkopf zu wenig umfassen.

Folgen sind folgende: Risse sind in auf Zug beanspruchten Teilen eines unter Druck stehenden Kessels gefährlicher als im gedrückten Teile. Feuerbüchrisse sind im allgemeinen weniger gefährlich (wegen Zusammen-drücken) als im Mantel, da Letzterer die Bestrebung hat, sich zu öffnen. Mehrere nebeneinander liegende oder in größerer Anzahl vorkommende Risse nötigen zum Austauschen der Platte.

Verhütung und Ausbesserung: Unganzes, rot- oder kaltbrüchiges Eisen ist zu vermeiden. Es soll nur zähestes Kupferblech oder Flußeisen, erste Qualität, verwendet werden. Bei zu hartem Material, welches sich im Betriebe durch Auftreten zahlreicher Nietlochrisse kennzeichnet, ist das Auswechseln der Platte jeder kleinen Ausbesserung vorzuziehen.

Anarbeitungsfehler: Durch Auswalzen wird die Festigkeitsziffer des Bleches künstlich gehoben; kalt gewalzte Bleche sehen rot aus. An der Oberfläche blau aussehende Bleche sind von der Walze warm weggegangen und daher bei gleicher Qualität weicher als rot aussehende.

Beim Lochen sind scharfe Stempel zu benutzen; die Löcher sollen gut ausgerieben werden, das ausgeriebene Loch sei im Durchmesser 15—20 % größer als das gestanzte. Die Löcher sollen unter  $45^{\circ}$  ausgesenkt werden, und zwar außen 3, innen 2 mm tief. Die Blechränder sind wegen Scherschnitt zu behobeln; eine Zugabe von 8 mm zum Abhobeln genügt. Bei nicht passenden Nietlöchern ist die Benutzung des Dornes zu vermeiden. Beim Anrichten soll ein Zurückbiegen des Bleches niemals stattfinden. Das Biegen der Bleche bei Blauwärme ist zu vermeiden; auf genaues Anrichten, Rundwalzen und Verstemmen ist große Sorgfalt zu verwenden. Die Nieten sollen genügende Schaftlänge haben, sie sollen genügend erhitzt werden; ein langes und andauerndes Hämmern des kaltgewordenen Kopfes ist zu vermeiden.

Im Betriebe vermeide man rasche Abkühlung des Kessels; die Kessel-auswaschungen sollen möglichst mit warmen Wasser geschehen.

Ein Abbohren der Risse hilft nur dann, wenn mit dem Abbohren gleichzeitig die den Riß erzeugende Ursache verschwindet; bei parallel zur Naht auftretenden Rissen ist das Abbohren unzulässig.

Schäden an Nieten: Zu enge Nietstellung, geringer Blechrand, schlechte Dimensionierung, zu hohe örtliche Beanspruchung, namentlich bei raschem Temperaturwechsel, bleibende Streckung angenieteteter Teile; die Streckung der kupfernen Rohrwand erzeugt im Saume der Feuerbüchdecke Nietloch

und Langrisse. Anrosten bewirkt das Durchreißen des Bleches besonders an schlecht verstemmten Stellen.

### 10. Untersuchung der Rauchkammer.

An die Untersuchung des Kessels möge auch die Untersuchung der Rauchkammer angeschlossen werden, da dieselbe ähnliche Beschädigungen aufweist.

Jede Rauchkammer hat eine Krebswand, mittels welcher dieselbe mit dem Langkessel verbunden ist, ferner zwei Seitenwände, eine Decke und eine Grundplatte sowie eine Vorderplatte, woraus die Rauchkammertür ausgeschnitten ist. Bei den zylindrischen Rauchkammern sind keine eigenen Seitenwände, sondern dieselben sind mit der Decke und dem Boden aus einem Bleche gebogen. Es kommt vor, daß bei zylindrischen Rauchkammern keine eigene Krebswand vorhanden ist, und ist in diesem Falle der vorderste Kesselschuß verlängert, und an diese Verlängerung ist die Rauchkammer befestigt.

Bei nichtzylindrischen Rauchkammern wird dieselbe mittelst eines an den ersten Schuß angenieteten Winkeleisens befestigt.

Allgemeine Abzehrungen kommen im Rauchkasten an den Wänden, Nietköpfen und Winkeleisen vor; der Blechrand der Löscheausputzöffnung wird oft papierdünn abgezehrt, und es entstehen häufig radiale Anrisse. Dessen Ursache ist: Die glühende Lösche lagert sich im Rauchkasten ab bei gleichzeitigem undichten Abschließen des Löschtrichterschiebers und des in die Rauchkammer gespritzten Wassers. Letzteres sättigt sich mit dem Oxygen der zutretenden Luft, entzieht den Rauchgasen Kohlensäure, welche letztere bei gelinder Wärme in Gegenwart von Rost und Asche in Schwefelsäure umgewandelt wird. Hauptsächlich die unteren Wandungen des Rauchkastens, der untere Teil der Rohrwand und der Krebswand zehren sich ab.

Der Rostbelag ist braun bis schwarzbraun und haftet in dicken sich schwer lösenden Schichten dem Bleche an.

Folgeerscheinung ist Undichtheit der Rauchkammern, schlechte Dampferzeugung; bei nicht zylindrischen Rauchkammern kann auch Lockerung der Zylinder vorkommen, falls die Rauchkammer auch zur Versteifung der Längsträger dient.

Bei eisernen Rohrwänden treten diese Abzehrungen an den unteren Teilen natürlich auch auf, und wird als Abhilfe ein kupfernes Schutzblech, welches an den Aufsitzflächen in Minium eingebettet wird, angebracht.

## Dritter Teil.

### 1. Herstellung der Kesselschäden.

Bis jetzt wurden die Schäden und deren Gründe behandelt, welche bei den Kesseln auftreten; im folgenden sollen kurze Anleitungen gegeben werden, wie die Kessel zweckmäßig hergestellt werden. Es ist natürlich ausgeschlossen, alle möglichen Fälle zu behandeln, nachdem bei verschiedenen Typen verschiedene Erscheinungen auftreten, es sollen nur im allgemeinen die Hauptrichtlinien bekanntgegeben werden, auf Grund deren jeder Betriebsingenieur in der Lage sein kann, einen jeden auftretenden Fall sachgemäß zu behandeln. Im Zusammenhang damit soll auch erwähnt werden, welche die Bedingungen einer pünktlichen und fachgemäßen Arbeit sind, insbesondere das Anpassen des Bleches, das Nieten, das Verstemmen, das richtige Einziehen der Stehbolzen betreffend.

### 2. Kleine Reparaturen der Feuerkiste.

Undichtheiten der Nietnähte sind durch Nachstemmen zu beheben. Falls notwendig, wird zu diesem Zwecke die Stemmkante vor dem Verstemmen etwas abgemeißelt. Dies soll aber nur in unumgänglich notwendigen Fällen geschehen, damit das Blech nicht zu zeitig gewechselt werden muß.

Stehbolzen sollen niemals ausgewechselt werden, solange dieselben im Gewinde dicht halten, selbst dann nicht, wenn die Köpfe derselben teilweise abgebrannt sind. Undichte Stehbolzen dürfen nicht mittelst auf den Kopf gerichteten Hammerschlägen gedichtet werden ohne Vorhalten auf der anderen Seite, da dadurch dieselben in dem Gewinde überflüßigerweise gelockert und dann undicht werden. Falls in diesem Falle der Kopf unbedingt zu dichten ist, so ist dazu ein Verstemmer von za. 5 mm Durchmesser zu nehmen und mit mäßigen Schlägen der Kopf dem ganzen Umfange entlang abzudichten. Ein stärkerer Hammerschlag ist hier nicht möglich, da das Werkzeug sonst zum Durchschlag wird und den Kopf des Stehbolzens durchlöchert. Diese Arbeit muß ein geschickter Kesselschmied verrichten (s. Abb. 18).

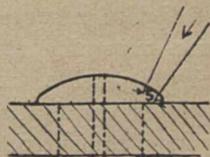


Abb. 18.

Rinnende Stehbolzen sollen nach Abnahme des Verschalungsbleches und mit Vorhalten auf der äußeren Seite so gedichtet werden, daß in die Bohrung ein konischer Dorn eingetrieben wird, wodurch das Gewinde auseinandergedreht wird; außerdem ist auch der Kopf nachzustemmen.

Wenn der Stehbolzen stärker rinnt, wenn er gerissen ist, wenn der Kopf abgebrannt ist, oder wenn sich Risse zeigen sollten: dann ist der Stehbolzen auszuwechseln. Gerissene Stehbolzen sind je eher zu tauschen, um einem Rinnen der benachbarten Stehbolzen sowie Ausbauchungen des Bleches vorzubeugen. Gerissene Stehbolzen sind dadurch erkennbar, daß durch die Bohrung Wasser rinnt, um dieses Rinnen zu beheben, werden im Betriebe die Bohrungen mit einem spitzen Eisenstück verstopft.

Um einen Stehbolzen herauszunehmen, wird derselbe an beiden Seiten angebohrt, ohne jedoch das Gewinde zu beschädigen, also mit einem dünneren Bohrer, als das Gewinde ist. Der zurückgebliebene Materialring wird mit dem Kreuzmeißel vorsichtig herausgeschlagen, um das Gewinde je weniger zu beschädigen. Nach Ausputzen des Gewindes und nach Entfernung der Stehbolzen wird mittels 1 mm größeren Gewindebohrers frisches Gewinde geschnitten; das Gewinde muß ganz rein sein, Beschädigungen dürfen nicht sichtbar sein (siehe auch unter „Stehbolzen“).

Wenn der neue Stehbolzen schon dicker wäre als 35 mm, wenn das Blech verletzt wäre oder sich Risse zeigen würden, dann ist das Loch auszubüchsen. Dies geschieht in der Weise, daß man in das Loch eine durchbohrte, etwas konische Schraube fest einzieht und in die Büchse das Gewinde schneidet. Die Büchse muß aus demselben Material hergestellt werden, in welches dieselbe eingezogen wird, damit nicht verschiedene Wärmedehnungen auftreten können.

Falls bei einer Wand (besonders beim Stehkessel) viele Büchsen einzuziehen sind, ist in Erwägung zu ziehen, ob ein Auswechseln der ganzen Platte nicht zweckentsprechender ist.

Wenn in der Feuerkiste eine Deckenschraube lose ist, so ist dieselbe auszuwechseln; wenn dieselbe nur rinnt aber nicht lose ist, dann kann mit Auswechseln der Schraubenmutter und dessen Unterscheibe geholfen werden.

Wenn ein Kupferblech ausgebaucht oder deformiert ist und sich sonst keine Risse zeigen, dann kann bei vorsichtigem Anwärmen das Blech langsam zurückgerichtet werden, es ist jedoch darauf zu achten, ob nach dem Erkalten keine Risse auftreten.

Ovale Feuerrohrlöcher werden ausgerieben, jedoch darf der Steg nicht geringer werden als 80 % seiner ursprünglichen Stärke; wenn dies eintreten sollte, dann muß das Loch ausgebüchst werden. Die Rohrbüchse hat konisches Gewinde, wird von der Wasserseite eingeschraubt und an der Feuerseite abgebořtelt.

Wenn die Rohrwand neben den Rohrbörteln abgezehr ist, so kann der entstandene Grat gestauchet werden, und ist das Rohrloch nachher zu regulieren (nachzureiben) (Abb. 19).

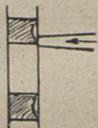


Abb. 19.

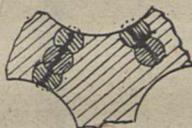


Abb. 20.

Wenn Stegrisse entstehen, so muß getrachtet werden, dieselben wenigstens provisorisch zu beheben, um den Kessel weiter im Betrieb halten zu können. Falls nur Anrisse sind, können dieselben auch ausgebüchst werden,

Vorausbedingung ist natürlich, daß der ganze Anriß ausgebohrt wird. Wenn der Stegriß von Loch zu Loch reicht, dann kann durch Verbohren der Risse provisorisch geholfen werden (Abb. 20). Die Löcher sind hernach wieder nachzureiben, eventuell können auch Rohrbüchsen eingezogen werden.

### 3. Allgemeines über Kesselflicken.

Der fehlerhafte Teil der Kessel wird gewöhnlich ausgemeißelt und dann erst der Flick aufgesetzt. Es ist dies immer nötig, wenn der geflickte Teil die feuerberührte Heizfläche bildet, da im entgegengesetzten Falle die doppelte Blechstärke Wärmestauung und ein frühzeitiges Abbrennen des Fleckes verursachen würde. An solchen Stellen des Kessels, welche mit Rauchgasen nicht in Berührung kommen, ist das Anbringen eines sogenannten Blindfleckes statthaft, hier wird also das beschädigte Blech nicht ausgemeißelt, sondern der Fleck auf das Blech angebracht.

Im allgemeinen soll die Wandstärke des Bleches niemals größer sein als die des ursprünglichen Bleches; weiter soll der Fleck aus demselben Material bestehen, wie der zu flickende Teil, damit beim Wärmedehnen wegen Dehnungsdifferenzen keine Spannungen entstehen.

Die Ecken des abgemeißelten Bleches müssen gut abgerundet werden, damit an den scharfen Ecken keine neuen Risse entstehen können.

Wenn zwischen Steh- und Deckenbolzen ein Fleck anzubringen ist, so ist mit der Ausmeißelung bei der inneren Stehbolzenreihe zu beginnen,

so daß die vier Ecken durch je ein Stehbolzenloch gebildet werden; der Fleck hat bis zur nächsten Bolzenreihe zu reichen. Der Zwischenraum zwischen den zwei Stehbolzenreihen dient dazu, um den Fleck an die Kesselwand zu befestigen. An diesen Stellen, wo wegen der Befestigung des Fleckes eine doppelte Blechstärke vorhanden ist, soll möglichst kein Steh- oder Deckenbolzen sein.

Der Fleck wird folgendermaßen hergestellt: Laut dem ausgemeißelten Teil wird der neue Fleck angezeichnet, nachdem die Ausmeißelung den Stehbolzen entlang geschah, erhalten wir so die Lage der äußersten Stehbolzenreihe, welche in dem Flecke sein wird. Wie erwähnt darf der Fleck höchstens bis zur nächsten Stehbolzenreihe reichen, so erhält man die Größe des Fleckes. Der zwischen den zwei Stehbolzenreihen befindliche Saum dient als Dichtungsfläche. In der Mitte desselben werden die Nietschrauben angebracht, deren Entfernung voneinander durchschnittlich 45 mm beträgt; dieselben werden angezeichnet und hierauf wird die Entfernung der Stemmkante bestimmt; dieselbe darf nicht zu groß sein, damit ein gutes Verstemmen möglich sei; sie darf aber auch nicht zu klein sein, damit bei abgebrannter Stemmnah ein Nachstemmen noch möglich sei.

Hierauf wird das Blech abgeschnitten, die Löcher der Stehbolzen, sowie der Nietschrauben werden ausgebohrt, die Stemmkanten werden schräg bearbeitet, worauf der Fleck angepaßt wird; dies muß gewissenhaft geschehen, damit derselbe gut abdichtet; hierauf wird der Fleck mit einigen Heftschrauben befestigt, worauf die Löcher der Nietschrauben angezeichnet und ausgebohrt werden. Nach entsprechender Herstellung derselben (s. weiter unten) wird der Fleck fest angeschraubt oder vernietet, und erst dann ist das Gewinde für die Stehbolzen zu schneiden; schließlich wird der Fleck gründlich verstemmt.

Falls ein gebogener (sogenannter Eckfleck) anzubringen ist, so muß das Kupferblech entsprechend gebogen werden. Neben dem ausgemeißelten Teile wird das Blech an beiden Seiten zugespitzt (s. Abb. 25), um eine Übergangsfläche zu erhalten; dieselbe muß mittels Feilen rein bearbeitet werden, damit sie dichten kann. Hierauf wird mittelst quadratischem Draht ein pünktliches Schablon des Fleckes hergestellt, nachher eine Gegenschablone, in welche der gebogene und bearbeitete Fleck genau passen muß. Auf den Fleck werden die Löcher der Stehbolzen und Fleckschrauben angerissen, worauf die Stemmkanten bearbeitet werden. Der Fleck wird nun an seine Stelle genau aufgepaßt, mittels Winde fest an-

gepreßt und die Löcher der Nietschrauben angezeichnet. Der übrige Arbeitsgang ist wie früher.

Flecke müssen gut angepaßt sein, um einem späteren Rinnen vorzubeugen.

Der Fleck wird — wo nur möglich — mittels Nieten befestigt. Wenn dies unmöglich ist, z. B. wenn das Vorhalten der Niete wegen Platzmangels unmöglich ist, dann finden die Nietschrauben Verwendung. Die Nietschraube ist eine mit versenktem Kopf versehene Schraube, welche am Kopfe ein Vierkant hat, um die Schraube anziehen zu können (siehe Abb. 21). Die Schraube wird so lange angezogen, bis der Vierkant beim eingekerbten Halse abbricht. Die Kerbung muß dem verwendeten Material entsprechend ausgebildet werden, damit nicht das Schraubengewinde abreißt, bevor der Kopf abreißen würde.

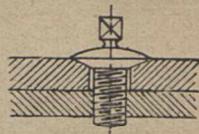


Abb. 21.

Nachdem die Nietschraube einen Niet ersetzen soll, muß dieselbe die zwei zu befestigenden Bleche fest aufeinander pressen. Es darf also nur das untere Blech Gewinde besitzen, im oberen Bleche darf überhaupt kein Gewinde sein. Nach Anpassen des Fleckes ist also das Loch mit so einem Bohrer auszubohren, welcher die Durchmesserdifferenzen der zwei Bleche sichert, oder aber ist bei dem aufgepaßten Flecke durch beide Bleche das Gewinde zu schneiden, welches nachher aus dem Flecke ausgerieben wird. Bei Nietschraubenlöchern ist insbesondere darauf zu achten, daß die Achsen der entsprechenden Bohrungen zusammenfallen. Eine richtig eingezogene Nietschraube soll ohne Verstemmung dampfdicht halten.

Bei Anbringen von Flecken in der Feuerbüchse ist auch darauf zu achten, daß die Zahl der Stemmnähte nicht unnötigerweise vermehrt wird, da jede Stemmnaht eine wunde Stelle bildet, die leicht zu Undichtigkeiten führen kann.

Wenn die Feuerbüchse eine größere Herstellung erfordert, welche ein größeres Auseinandernehmen (Demontage) erheischt, so ist ferner auch darauf zu achten, die Reparaturen in einem solchen Maße vorzunehmen, daß bis zur nächsten verschärften Revision (Druckprobe) des Kessels voraussichtlich keine größeren Kesselreparaturen notwendig sein werden.

In neuester Zeit wird zum Flickern der Feuerkiste das autogene Schweißverfahren angewendet; es werden nicht nur die Anrisse und

Risse durch Auftragung von Kupfermaterial hergestellt, sondern auch ganze Flecke werden aufgeschweißt und zwar wird die beschädigte oder abgezehrte Stelle ausgekreuzt, gleichgültig ob sich dieselbe an einer ebenen Platte oder in der Umbördelung befindet, dem ausgekreuzten Teile entsprechend wird ein neuer Fleck hergestellt und derselbe wird durch autogenes Anschweißen befestigt. Das Verfahren selbst ist derzeit schon ziemlich ausgebildet, Betriebserfahrungen stehen jedoch noch nicht zur Verfügung, nachdem die ersten nach diesem Verfahren hergestellten Lokomotiven erst za. 12 Monate in Betrieb gesetzt wurden. (Näheres s. in der Z. d. V. d. I. Seite 945 des Jahrganges 1921.)

#### 4. Flicken der Feuerkiste.

Nachdem die Feuerkiste die direkte Heizfläche des Kessels bildet, muß die Stelle des Fleckes immer ausgemeißelt werden; ein Blindfleck soll hier prinzipiell nicht angebracht werden. Die Stemmkannten des Fleckes sollen der Stichflamme möglichst wenig ausgesetzt sein, nachdem dieselben sonst schnell abbrennen und der Fleck undicht wird. Deshalb sollen die Flecke möglichst weit hinunter, also möglichst bis zum Grundring angebracht werden, und der Fleck soll so hoch sein, daß seine obere Stemmkannte nicht der Stichflamme ausgesetzt ist; bei Lokomotiven ohne Feuergewölbe soll die Höhe des Fleckes wenigstens 400 mm über dem

Roste betragen.

Wenn ein Fleck wegen schlechtem Anpassens undicht wird, dann ist es am zweckmäßigsten, denselben ganz auszuwechseln; denn beim Belassen des alten Fleckes müssen zwecks Aufpassens desselben die Nietschrauben gewechselt und die Löcher von neuem ausgerieben werden.

Es sollen nun einige charakteristische Flecke erwähnt werden. Wenn bei der Feuertür Nietlochrisse auftreten und sonst keine Beschädigung ist, so kann ein Brandring angebracht werden; derselbe kann einen halben oder einen ganzen Ring bilden (Abb. 22). Sind unter dem

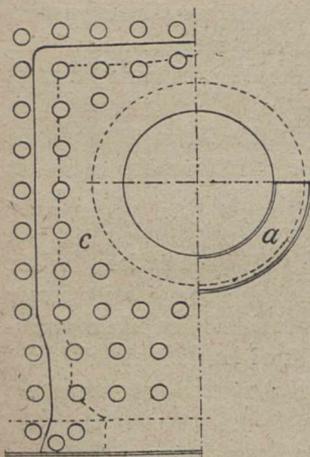


Abb. 22.

Kranze Risse, so wird Fleck *b* Abb. 23 angebracht; wenn das Blech auch unter der Feuertür schlecht ist, so wird ein Fleck bis zum Grundringe verwendet (*c* Abb. 22), wenn auch an der oberen Umbiegung Risse auftreten, dann wird die Umbiegung auch ausgemeißelt; in diesem Falle muß Form *d* Abb. 23 verwendet werden.

Wenn an den Seitenwänden neben der Rohr- oder Rückwand Risse oder Anbrüche sind, oder wenn die Seitenwand abgezehrt ist, dann ist Form *a* oder *b* Abb. 24 zu verwenden.

Die Anrisse in den Umbiegungen der Rohr- und Rückwand sind, wie schon erwähnt, nicht gefährlich und können belassen werden, solange die

Anbrüche nicht tiefer sind als die halbe Wandstärke der Platte. Oft ist bei diesen Umbügen unten ein Fleck anzubringen, und gleichzeitig sind auch Risse im Seitenbleche bei der Stemm-

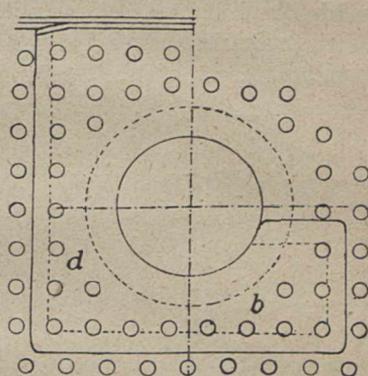


Abb. 23.

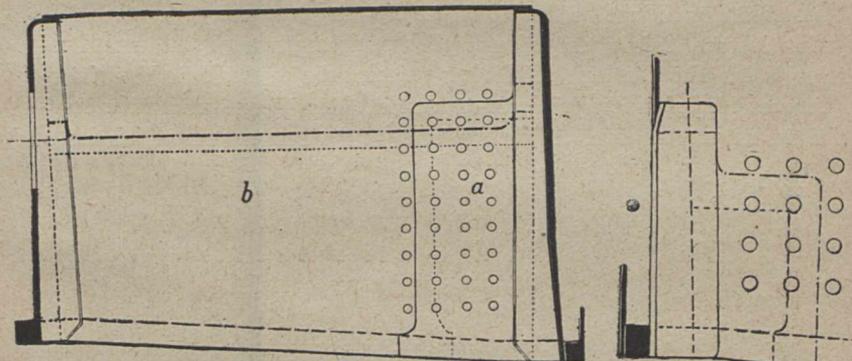


Abb. 24.

Kupferblech

Abb. 25.

kanten zu vermindern, wird der Eckfleck vergrößert und reicht auch auf die Seitenwand (s. Abb. 25). Bei Anbringen eines jeden Seitenfleckes ist darauf zu achten, daß die Überlappung der Bleche richtig sei.

Falls bei der Rohrwand in größerem Maßstabe Stegrisse, Nietloch-

risse oder Risse in der Rohrwandbiegung vorkommen sollten, so ist die Rohrwand zu tauschen. Nachdem das Auswechseln der Rohrwand eine behördliche Druckprobe nach sich zieht, ist es oft ratsam und zweckmäßig die Rohrwand derart zu flicken, daß die Lokomotive noch 1—2 Jahre im Betriebe verbleiben kann, d. h. daß der Rohrwandwechsel erst dann stattfindet, bis die Wasserdruckprobe fällig ist.

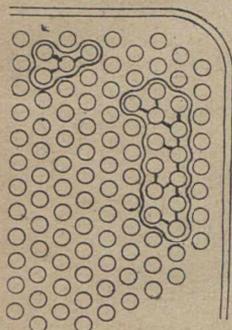


Abb. 26.

Falls an einer Stelle mehrere Stegrisse auftreten, so wird an der Wasserseite ein Fleck angebracht (Abb. 26). Die Blechstärke des Fleckes beträgt 10 mm. Der Fleck ist an der Wasserseite gut anzupassen, die Befestigung desselben geschieht mittels Rohrbüchsen (Abb. 27), welche an der Feuerseite ein wenig aufgewalzt und nachher umbörtelt werden. Nachdem die Rohrbüchse hier die Nietschraube ersetzt, muß das bei der Nietschraube Erwähnte eingehalten werden. Gewinde ist also nur in die Rohrwand zu schneiden, im Flecke selbst muß die Bohrung etwas größer sein. Um ein sicheres Befestigen zu ermöglichen, können auch an dem Umfange des Fleckes die Rohrlöcher verschraubt und in die Verschraubungen Nietschrauben eingezogen werden. Der Fleck ist nachher sorgfältig zu verstemmen, da ein späteres Nachstemmen unmöglich ist.

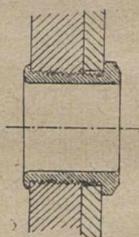


Abb. 27.

erwähnte eingehalten werden. Gewinde ist also nur in die Rohrwand zu schneiden, im Flecke selbst muß die Bohrung etwas größer sein. Um ein sicheres Befestigen zu ermöglichen, können auch an dem Umfange des Fleckes die Rohrlöcher verschraubt und in die Verschraubungen Nietschrauben eingezogen werden. Der Fleck ist nachher sorgfältig zu verstemmen, da ein späteres Nachstemmen unmöglich ist.



Abb. 28.



Abb. 29.

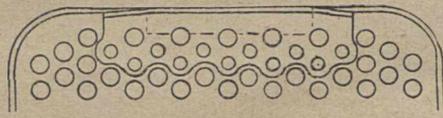


Abb. 30.

Wenn bei der obersten Rohrreihe an der Wasserseite Anbrüche entstehen, so kann als provisorische Reparatur an der Wasserseite ein dünnes (4—6 mm) Kupferblech angebracht werden, welches mit Rohrbüchsen befestigt wird (Abb. 28).

Wenn bei der oberen Rohrreihe Stegrisse auftreten, so kann bei Verschraubung der obersten Rohrlöcher auch ein dünner Fleck angebracht werden (Abb. 29). Dieser brennt jedoch ziemlich schnell ab. Oder es

kann auch ein Eckfleck angebracht werden; derselbe erfordert jedoch sehr genaue Arbeit, ist ziemlich teuer und dauert nicht lange (Abb. 30).

Wenn Nietlochrisse auftreten, können dieselben durch eine Leiste hergestellt werden; dies geschieht in der Weise, daß ein Kupferstreifen von 10—14 mm Dicke mittels Nietschrauben an den beschädigten Teil befestigt wird; diese Methode ist jedoch nur dort verwendbar, wo die Wärmewirkung geringer ist. Vom theoretischen Standpunkt ist diese Art der Reparatur nicht gerechtfertigt und sollte nur in den seltensten Fällen Verwendung finden.

### 5. Reparaturen des Stehkessels.

Kleinere Undichtheiten sind durch Verstemmen der Nietnähte, durch entsprechende Dichtung der Armaturen und Deckel zu beheben. Die äußere Rostbildung wird durch Anstreichen des Kessels verhütet.

Durch Rauchgase nicht berührte Stellen des Kessels können ohne Ausmeißeln des Bleches durch Blindflecke hergestellt werden, sowohl an der Wasserseite als auch an der Luftseite. Falls Risse auf diese Art verdeckt werden sollen, so ist darauf zu achten, daß die Enden des Risses abgebohrt werden, damit derselbe nicht weiterschreite. Kleinere Korrosionen und Risse können ausgebohrt und verschraubt werden.

Besondere Sorgfalt ist darauf zu verwenden, daß bei den Ecken des Stehkesselringes keine Undichtheiten auftreten, da die Eisenbleche sonst schnell abzehren und anzuschuhen sind. Falls die Nietenteilung zu groß wäre, so ist dem abzuhelpen.

Die Abzehrungen beim Stehkessel entstehen, wie schon auf Seite 17 erwähnt, an der Wasserseite neben dem Grundring; zur Abhilfe dessen werden Kupferbleche angebracht, oder erhält der Grundring eine Vertiefung, wo sich das zurückbleibende Wasser ansammelt (Abb. 24). Abb. 31 zeigt, wie bei den Stehkesselwänden die Flecke anzubringen sind.

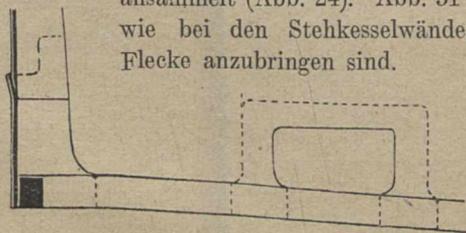


Abb. 31.

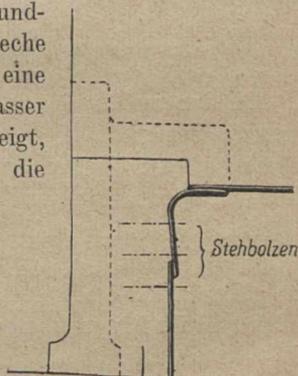


Abb. 32.

Abb. 32 und 33 zeigt, wie die Krebswand geflickt wird. Bei kleineren Rissen kann auch ein Blindfleck angebracht werden.

Wenn bei der Feuerkiste Eckflecke aufgesetzt werden, so ist der Umbug des Stehkessels zu untersuchen, und falls sich Anbrüche zeigen sollten, so ist ein Blindfleck anzubringen. Derselbe wird gewöhnlich außen angebracht; er kann auch an der Wasserseite befestigt werden; dies ist jedoch nicht angezeigt, nachdem dann die Weiterentwicklung der Anrisse nicht beobachtet werden kann; außerdem kann zwischen die zwei Bleche Wasser geraten, falls die Kanten nicht gut verstemmt sind, und dann schreitet der Oxydationsprozeß fort, ohne das man denselben beobachten kann.

Falls an dem oberen Teil der Krebswand Anrisse auftreten sollten, dann wird auch ein Blindfleck mit Kupfereinlage angebracht

(s. Abb. 33). Nachdem diese Anrisse oft wegen ungenügender Versteifung entstehen, können auch in der Längsrichtung Versteifungswinkelisen angebracht werden.

Bei Anbruch der Rückwand vom Reglerloch ausgehend, wird ein kreisrunder Fleck befestigt (s. Abb. 15).

Das Abbohren eines Risses betreffend, möge noch erwähnt werden, daß das Abbohren und das Verschrauben nur dann einen Zweck hat, wenn mit dem Abbohren auch der den Riß hervorrufende Grund beseitigt wird. Ein Abbohren bei längeren Rissen entlang der Längsnaht oder bei nacheinander folgenden Rissen entlang der Längsnaht oder bei nacheinander folgenden Rissen ist unstatthaft.

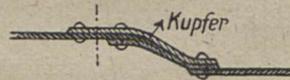


Abb. 33.

## 6. Reparaturen des Langkessels.

Die inneren Abzehrungen (Korrosionen) entstehen meistens an den tiefsten Stellen des Kessels und treten an demjenigen Schuß in größter Anzahl auf, wo das Druckrohr der Speisewasserleitung in den Kessel einmündet. Wenn die Korrosionen vereinzelt auftreten und eine solche Tiefe haben, daß dieselben nicht im Betriebe belassen werden können: dann können dieselben ausgebohrt und verschraubt werden. Wenn Korrosionen in größerem Maße auftreten, dann ist der Kessel zu flicken. Wenn in der Richtung der Längsnietungen Abzehrungen vorhanden sind, dann ist das Kesselblech auszutauschen. Welche Korrosionen im Betriebe belassen werden können, lehrt die Praxis; es möge darauf hingewiesen sein, die

Beanspruchung des Kesselbleches an den abgezehrten Stellen zu bestimmen und den Sicherheitskoeffizienten zu berechnen.

Beim Flicken des Langkessels muß darauf geachtet werden, daß Längsnietungen nicht im untersten Drittel des Langkessels liegen sollen wegen der Korrosionsgefahr bei entleerten Kesseln. Außerdem ist darauf zu achten, daß bei Flickern von dünnerem Kesselblech (bis 10 mm Wandstärke) die Längsnaht den ganzen Kesselschuß entlang reiche.

Das Auswechseln einer Kesseltafel geschieht folgendermaßen: Zuerst wird die auszuwechselnde Tafel durch Abhauen der Niete entfernt; es kann dazu auch das autogene Verfahren verwendet werden, doch ist darauf zu achten, daß beim Abkühlen Spannungen entstehen und die Niete dadurch undicht werden können. Das Anzeichnen des neuen Bleches kann nicht laut Zeichnung geschehen, da die Herstellung des Kessels nicht mit Millimetergenauigkeit laut Zeichnung erfolgen kann. Es ist also notwendig, das Anzeichnen des neuen Bleches nach dem alten Bleche vorzunehmen. Zu diesem Zwecke wird das alte Blech auf der Blechbiegemaschine ausgegradet, und danach wird das neue Blech angezeichnet. Die Nietlöcher werden ausgebohrt, jedoch  $\frac{1}{2}$ —1 mm kleiner, als sie sein sollen; die Überlappungsstellen werden ausgeschmiedet, hierauf werden die Stemmkannten behobelt oder gefräst, und endlich wird das Blech laut Schablone gebogen. Das gebogene Blech wird jetzt an den Kessel mittelst Heftsrauben befestigt, die Nähte sowie die Überlappungen gut angepaßt; letzteres geschieht gewöhnlich in warmem Zustande. Jetzt erst werden die Nietlöcher auf die gewünschte Größe ausgebohrt und ausgerieben. Es ist darauf zu achten, daß die Nietlöcher erst nach dem Anpassen der Bleche ausgerieben werden, damit zwischen die Bleche kein Metallspan gelange, welcher ein Dichthalten der Niete illusorisch machen würde.

Nach dem Vernieten sind die Stemmkannten sowohl außen als auch innen zu verstemmen. Durch die Niete werden die Bleche aufeinandergedrückt, das Verstemmen bezweckt, die Kannten des Bleches an das untere Blech darauf zu pressen, ohne aber die Oberflächenhaut des Bleches zu beschädigen. Deshalb werden zum Verstemmen abgestumpfte oder flache Stemmwerkzeuge verwendet. Nachdem das Verstemmen ein Aufeinanderpressen der Blechrände bezweckt, wäre es grundfalsch, das Verstemmen so durchzuführen, daß die Bleche gelockert werden.

## 7. Einziehen der Stehbolzen und Deckenschrauben.

Der Zweck der Stehbolzen ist die Versteifung der ebenen Wände des Stehkessels und der Feuerbüchse; dieselben sind nicht nur auf Zug, sondern auch auf Biegung beansprucht.

Die Stehbolzen werden größtenteils aus Kupfer angefertigt, doch wird auch Manganbronze, seltener weiches Flußeisen angewendet. Das Manganbronz enthält 5 % Mn; Bruchfestigkeit ist 30 kg/mm<sup>2</sup>, während das Kupfer nur 23 hat; es zehrt jedoch an der Stichflamme ausgesetzten Teilen schneller ab als Kupfer, so daß ein Einziehen von Manganstehbolzen nur in größerer Entfernung als 500 mm von den Roststäben oder der Feuermauer zu empfehlen ist. Die Manganbronzstehbolzen werden gewöhnlich in den oberen Ecken der Feuerkiste eingezogen, wo wegen dem Wärmeschub die Biegungsbeanspruchung am größten ist. Im Falle des Undichtwerdens sind dieselben schwer zu verstemmen.

Zur Herstellung der Kupferstehbolzen eignet sich Hüttenkupfer am besten; Elektrolitkupfer oder umgeschmolzenes Kupfer ist weniger zu empfehlen, nachdem bei höheren Temperaturen deren Festigkeit in größerem Maßstabe schwindet.

Einziehen der Stehbolzen. Die Stehbolzen sind so einzuziehen, daß schon das Gewinde dicht halte. Zu diesem Zwecke müssen die Durchmesser und die Gewindehöhe der Stehbolzen und deren Gewindebohrer vollständig übereinstimmen; das Einschrauben der Stehbolzen muß mit großer Sorgfalt geschehen, damit das Gewinde nicht gelockert oder beschädigt wird; bei dem Abnieten darf das Gewinde überhaupt nicht gelockert werden.

Falls der Stehbolzendurchmesser kleiner ist als der Durchmesser des Gewindebohrers, oder wenn die Gewindehöhe des Stehbolzens und des Bohrers nicht gleich ist, dann muß beim Einziehen der Stehbolzen das Gewinde beschädigt werden; es kann also von einem Dichthalten des Gewindes keine Rede sein. Solche Stehbolzen müssen im Betriebe undicht werden und verursachen Stehbolzenrinnen. Als Prinzip gelte, daß ein richtig eingezogener Stehbolzen auch ohne Abnieten des Kopfes dampfdicht halten muß.

Herstellung des Stehbolzens. Die Stehbolzen sind gewöhnlich zylindrisch und werden aus Rundkupfer hergestellt, dessen Durchmesser 1 mm größer ist als der herzustellende Stehbolzen.

Zuerst werden die Stehbolzenlöcher ausgerieben, dann wird das Gewinde geschnitten und gleichzeitig die Länge des Stehbolzens bestimmt;

der eingezogene Stehbolzen muß nämlich zwecks Kopfbildung an beiden Seiten 8—10 mm hervorstehen, und erhält derselbe an der Feuerseite einen dickeren Kopf, nachdem derselbe der Stichflamme ausgesetzt ist und größere Abzehrungen erleidet. Das Rundkupfer wird nun der Stehbolzenlänge entsprechend abgestochen und auf den gewünschten Durchmesser angedreht; dabei ist zu beobachten, ob im Material keine Risse vorhanden sind, welche Undichtheiten hervorrufen könnten; nachher wird das Gewinde geschnitten, der mittlere Teil zylindrisch abgedreht und an beiden Seiten angebohrt.

Der Durchmesser des Stehbolzens und die Gewindehöhe sind zu kontrollieren. Der Durchmesser wird am besten mit einem Mutterkaliber kontrolliert, die Ganghöhe in der Weise, daß der Stehbolzen zum Gewindebohrer gelegt wird. Falls die Gewindehöhe gleich ist, so dürfen in der Durchsicht die Umrisse der aneinandergelegten zwei Gewinde nicht sichtbar sein.

Das Einziehen der Stehbolzen muß ohne zu große Kraftentfaltung geschehen. Wenn dieselben leicht einzuschrauben sind, so ist dies ein Beweis, daß der Durchmesser unrichtig ist, ist hingegen der Widerstand zu groß, dann können sich die Gewinde beschädigen. Vor dem Einziehen werden die Gewinde eingefettet, dies geschieht am besten mit Unschlitt.

Um dem Beschädigen der Gewinde vorzubeugen, soll durch das Kupferblech möglichst dasjenige Gewinde gelangen, welches durch das Eisenblech nicht beschädigt wurde; es sollen also die Stehbolzen womöglich von der Feuerbüchseseite angefangen nach außen eingezogen werden.

Die Stehbolzen werden mit einem mit Gewinde versehenen Aufsteckschlüssel eingeschraubt; in den Aufsteckschlüssel reicht so viel hinein, wie zur Kopfbildung benötigt wird; dadurch wird erreicht, daß die Stehbolzen an beiden Seiten gleichmäßig hervorstehen. Es ist darauf zu achten, daß die Stehbolzen nach dem Einziehen keinen Stößen und Schlägen ausgesetzt werden, da sich dieselben dadurch in dem Gewinde lockern würden; deswegen darf der Stehbolzen — zwecks Einziehen — nicht mit einem Kopfe versehen sein wie die Nietschraube.

Nach dem Einziehen sind die Stehbolzen zu untersuchen, ob sie nicht locker sind. Dies geschieht in der Weise, daß man seitwärts auf den Stehbolzen kleine Hammerschläge richtet und gleichzeitig auf der entgegengesetzten Seite mit einem Finger das Blech und den Stehbolzen gemeinsam berührt. Ist der Stehbolzen fest eingezogen, dann kann man

zwischen dem Stehbolzen und dem Bleche keine relative Bewegung bemerken.

Die Kopfbildung der Stehbolzen. Obzwar der Stehbolzen schon im Gewinde dicht halten soll, wird zwecks Erhöhung des Dichthaltens an beiden Seiten ein Nietkopf gebildet; um den Stehbolzen nicht zu lockern, darf dies nur mit entsprechendem Vorhalten geschehen.

Das über die Herstellung und Einziehung des Stehbolzens Gesagte bezieht sich auch auf die Deckenschrauben.

### 8. Herstellung der Feuerrohre.

Das Ausziehen der Feuerrohre soll sorgfältig geschehen, damit die Rohre durch Einbeulen und Verbiegen nicht unbrauchbar werden, andererseits, damit die Bohrungen der Rauchkammerrohrwand nicht zu viel leiden; auf letzteres ist besonders dann zu achten, wenn an den Rohren viel Kesselstein anhaftet. In diesem Falle werden die Rohre mittels Rohranschneidern innerhalb der Rohrwand abgeschnitten und dann durch die Auswaschlucke herausgezogen.

Wenn bei herausgezogenen Rohren das Anschuheln vermieden werden soll, dann können die Rohre zweckmäßig zu kürzeren Kesseln verwendet werden.

Die herausgezogenen Rohre werden äußerlich und innerlich gereinigt; dies geschieht in den Reinigungstrommeln. Nachdem durch Abzehrungen die Rohrwandstärke geringer wird und schließlich Einbeulungen erleiden kann, weil sie dem Dampfdruck nicht widerstehen kann, muß das Gewicht der abgeschnittenen Rohre kontrolliert werden. Hierauf werden die Rohre an den beschädigten Enden abgeschnitten, an der Rauchkammerseite angeschuhet, an der Feuerbüchse mit Kupferstutzen versehen und schließlich mit innerem Wasserdruck geprüft. An einem Rohre sollen je weniger Anschuhungen sein, denn jede Anschuhung ist eine wunde Stelle, die leicht Betriebsstörungen hervorrufen kann. Hierauf wird das Rohr der gewünschten Länge entsprechend abgeschnitten und an der Rauchkammerseite in warmem Zustande aufgeweitet.

### 9. Eiserne Feuerkiste.

Der im Weltkrieg herrschende Mangel an Rohstoffen, insbesondere an Kupfer, zwang die Eisenbahnverwaltungen, anstatt Kupfer Ersatz-



undicht und lassen sich nicht mehr nachdichten. Die Ursache der Undichtheiten liegt darin, daß das Gewinde des eisernen Stehbolzens vollständig aufgezehrt wird; dieser Vorgang tritt bei Dampfspannungen über 14 Atm. Überdruck ziemlich schnell auf. Diesbezüglich angestellte Forschungen ergaben, daß in den Gewindegängen neben großen Mengen Eisenoxyd und Kesselstein auch Salzsäure und schwefelsaure Salze vorhanden waren. Bei salzhaltigem Speisewasser entsteht zwischen dem metallischen Kupfer und dem metallischen Eisen ein elektrischer Strom, welcher am Eisen Sauerstoff und am Kupfer Wasserstoff abscheidet. Dieser elektrolytische Vorgang wirkt auf das Eisen des Stehbolzens stark rostend, weil im Entstehungszustande der Sauerstoff das Eisen stark angreift. Charakteristisch ist ferner, daß eiserne Stehbolzen gewöhnlich neben der Stehkesselwand reißen, während kupferne bei der kupfernen Wand reißen.

### 10. Der Brotankessel.

Der schwache Punkt des Lokomotivkessels ist die Feuerbüchse; dessen Anschaffung wegen dem Kupfer ziemlich teuer ist. Dieselbe erleidet viel Mängel und verursacht oft Betriebsstörungen. Das Instandhalten der Stehbolzen kostet ungeheure Summen; außerdem ist die Konstruktion derselben sehr gekünstelt. Alle diese Ursachen führten die Konstrukteure dazu, einen Lokomotivkessel herzustellen, welcher diese Mängel nicht aufweist, und so entstand der Brotankessel.

In der Feuerkiste des Brotankessels wird kein Kupfer verwendet, und deshalb fand derselbe während des Weltkrieges große Verbreitung, besonders bei den ungarischen Staatsbahnen, wo auch die größten Lokomotiven mit Brotankesseln versehen wurden.

Der Brotankessel besteht aus dem Langkessel, dem Stehkessel und dem Dampfsammler.

Die Feuerbüchse wird durch nebeneinander angebrachte Wasserrohre gebildet; dieselben sind unten in einer den Stehkesselkranz ersetzenden viereckigen Wasserkammer befestigt, welche letztere durch ein Verbindungsrohr mit dem Langkessel verbunden ist. Oben münden die Wasserrohre in den Dampfsammler. Die Wasserrohre sind an der Rückwand und an der Krebswand entsprechend gebogen, und der dadurch entstehende leere Raum ist mit feuerfesten Ziegeln ausgefüllt. Die Wasserrohre sind voneinander durch Kupferkeile gedichtet (s. Abb. 34).

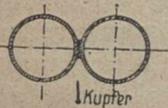


Abb. 34.

Die Vorteile des Brotankessels sind folgende: keine Stehbolzen, Deckenschrauben, Nieten, Versteifungen; infolgedessen können auch keine Mängel entstehen. Bei gleichen Kesselabmessungen ist die gesamte Heizfläche größer, nachdem in den Langkessel mehr Heizrohre eingezogen werden können; die Wasserzirkulation ist lebhafter, die Dampfentwicklung günstiger als beim gewöhnlichen Kessel; die Gefahr einer Kesselexplosion ist geringer, da bei eintretendem Wassermangel keine Kesselwandung bersten kann; der Kessel kann für hohe Dampfspannung leichter verwendet werden und gibt nicht viel Herstellungsarbeiten; die Reinigung des Kessels ist verhältnismäßig einfach.

**Beschädigungen beim Brotankessel.** Nachdem der Brotankessel einem Wasserrohrkessel ähnlich ist, ist hier dasselbe zu beachten wie bei den Wasserrohrkesseln, dieselben sind gegen Speisewasser besonders empfindlich. Wenn sich in den Wasserrohren Kesselstein ansetzt, so ist die Kühlung des Rohres nicht mehr genügend, es bildet sich an der feuerberührten Seite eine kleine Ausbauchung, welche mit der Zeit platzt und dann undicht wird. Wird ein Rohr an der geplatzen Stelle vorsichtig zerschnitten, dann kann man ein erbsengroßes Kesselsteinnest finden. Daraus ist ersichtlich, daß auf die Reinigung der Brotanrohre große Sorgfalt zu verwenden ist, ist das Rohr an einer Stelle geplatzt, so kann es autogenisch geschweißt werden; dies ist mit einer verhältnismäßig geringen Betriebsstörung verbunden. Sind schon mehrere Rohre geschweißt, dann ist es ratsam, bei einer größeren Reparatur sämtliche beschädigte Rohre auszuwechseln, nachdem durch die Schweißung der das Platzen des Rohres verursachende Grund nicht behoben wurde und die Schweißstelle immer ein wunder Punkt bleibt.

## Anhang.

Um zu beweisen, wie wichtig es ist, bei öfters auftretenden analogen Beschädigungen die Ursache zu ermitteln, mögen folgende Fälle angeführt werden:

Bei der alten Feuerbüchskonstruktion (Abb. 35, welche den wagerechten Schnitt darstellt) traten in der Umbiegung Risse auf; außerdem riß der mit *II* bezeichnete Stehbolzen sehr oft. Die Ursache des Stehbolzenreißen ist folgende: Wenn wir die Konstruktion schematisch darstellen, so erhalten wir

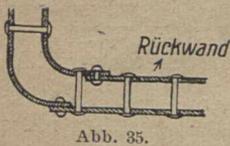


Abb. 35.

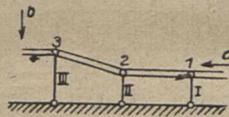


Abb. 36.

einen an drei Punkten gestützten Träger, welcher außerdem zwischen *II* und *III* wegen der Nietnaht sehr steif ist (s.

Abb. 36). Die Wärmedehnung der Feuerbüchrückwand erfolgt in Richtung „*a*“, weshalb die Punkte *I* und *3* eine Kreisbewegung machen, deren Halbmesser die Länge der Stehbolzen *I* und *III* bildet, während die Bewegung des Punktes *2* der Resultatbewegung des ganzen Systems entspricht. Stehbolzen *II* ist also auch auf Zug in Anspruch genommen.

In senkrechter Richtung auf das System wirkt der Wärmeschub der Seitenwand in der Richtung „*b*“, welche auf Stehbolzen *II* eine weitere Zugbeanspruchung ausübt. Dazu kommt noch der Kesseldruck und die Biegebungsbeanspruchung, so daß das oftmalige Reißen des Stehbolzens *II* begründet ist.

Die bei den Seitenwänden des Stehkessels eingezogenen Stehbolzen verschiedener Länge können auch oft reißen. Es wurde beobachtet, daß bei Kesselkonstruktionen laut Abb. 37 die Stehbolzen in der wagerechten vierten Reihe von oben gerechnet sehr oft reißen, dessen Ursache lange ein Rätsel war. Wenn man jedoch bedenkt,

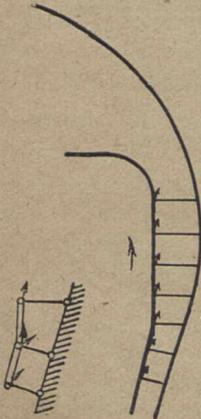


Abb. 37.

daß bei der Wärmedehnung der Seitenwand nach oben die schräg-stehenden Stehbolzen eine bedeutend größere Zug- und Biegungsbeanspruchung erleiden, welche dort am größten ist, wo der Übergang von den kurzen Stehbolzen auf die längeren Stehbolzen ist: dann ist das Reißen der Stehbolzen in der vierten Reihe erklärt.

Bei Konstruktionen ist also darauf zu achten, daß die Stehbolzenteilung derartig durchgeführt sei, daß bei der zunehmenden Wärmedehnung der Feuerbüchse nach oben die Länge der Stehbolzen oder wenigstens deren Beweglichkeit auch zunimmt; es ist unbedingt zu vermeiden, daß plötzlich Längenunterschiede der Stehbolzen auftreten, da in diesem Falle die Beanspruchung der Stehbolzen eine bedeutend größere sein muß.

Diese aus der Praxis angeführten Beispiele mögen den Betriebsingenieur anregen, bei wiederholt auftretenden Beschädigungen der Ursache nachzuforschen.

## Sachverzeichnis.

- Abbrennen der Nietköpfe 15.  
Abnütungen 3.  
Abzehrungen 3.  
— der Feuerrohre 3, 28.  
—, äußere 8.  
— bei Kupfer 19.  
— der Rauchkastenrohrwand 33.  
— der Rohrstützen 14.  
— im Rauchkasten 36.  
—, innere 16.  
Anker 2.  
Ankerschraubenlochrinne 12.  
Anrisse bei der Heiztür 23.  
Ausbauchung der Rohrwand 21.  
Ausbiegung der Rohrwandnaht 21.  
Ausglühen der Feuerbüchse 15.  
Auswaschluke 31.  
Auswechseln einer Kesseltafel 47.
- Blauwärme** 51.  
Blindfleck 39, 45.  
Brandring 42.  
Brandriß 32.  
Brotankessel 52.  
—, Beschädigungen 53.  
—, Vorteile 53.
- Dampfdom** 2.  
Dampfdomabbugriß 32.  
Dampfdom, überbogene / Winkel-  
eisen 32.  
Deckenabbugrisse 9, 24.  
Deckenbarren 1.  
Deckenbarrendurchbiegung 21.  
Deckenbolzen 1.  
Deckenschraubenlochriff 9, 26.  
Deckenschraubenrinnen 38.
- Eckabbugriß** 21.  
Eckabbugrisse, überbogene 9, 21.  
Eckflecke 40, 43.
- Festigkeit des Kupfers** 13.  
Feuerbüchsdecke 1.  
—, eiserne 50.
- Feuerbüchse flicken 42.  
Feuerbüchsreparatur, kleine 37.  
Feuerbüchsenrohrwand 1.  
Feuerbüchsenrohrwanduntersuchung  
23.  
Feuerbüchsenrückwand 1.  
— flicken 42.  
— untersuchen 23.  
Feuerbüchsenseitenwand 1.  
Feuerbüchsenuntersuchung 21.  
Feuertürkranz 1.  
Formänderung 2, 4.  
Formänderung des Kessels 4.
- Grundring** 1.
- Heiztürkranzrisse** 33.  
Herstellung des Fleckes 40.  
Herstellung des Eckfleckes 40.
- Kesselblechriß** 19.  
Kesselflicken 39.  
Kesselsteinabscheidung 14.  
Krebstwandflicken 46.  
Krebstwandriß 31.
- Langkesselflicken** 46.  
Längsanker 1, 11.
- Manganbronz** 48.
- Nietköpfe, abgebrannte** 15, 21.  
Nietlochriff 9, 15, 21, 26, 34.  
Nietschraube 41.
- Polster an Kupferplatten** 14, 24.  
Plattenrisse 24, 25.
- Queranker** 1, 5.
- Randriß** 21.  
Rauchkasten 2.  
Rauchkastenrohrwand 1.  
Rauchkastenrohrwandfurchen 10.  
Rauchrohr 1.

- Riß an Kesselpratzen 32.  
 — am Stehkesselwinkleisen 6.  
 — den Längsnähten entlang 32.  
 — über Kesselträger 32.  
 Rohrbörtelrisse 27.  
 Rohrbörtel, abstehende 27.  
 Rohrbörtelabbrennen 27.  
 Rohre, durchgebogene 29.  
 —, eingedrückte 26.  
 Rohrbündelschub 11.  
 Rohrlöcher, große 22.  
 —, konische 22.  
 —, ovale 10, 22, 39.  
 Rohrlötungsrisse 28.  
 Rohrplatten 27.  
 Rohrrinnen 11, 14.  
 Rohrstege, abgezehrte 23.  
 Rohrwandausbauchen 11.  
 Rohrwandhöhendehnung 10.  
 Rohrwandfleck an der Wasserseite  
 44.  
 Rohrwandfleck 44.  
 Rohrwandstrecken 9.  
 Rosten 16.  
 Saumriß 23, 34.  
 Schleifenbildung 8.  
 Seitenwandfleck 43.  
 Siederohr 1.  
 Siederohrherstellung 50.  
 Stegriß 10.  
 —, Grund des Entstehens 23.  
 Stehbolzen 1, 48.  
 — ausbohren 38.  
 — aus Manganbronz 48.  
 Stehbolzenbüchse 38.  
 Stehbolzen einziehen 48.  
 —, eiserne 51.  
 —, Herstellung 48.  
 Stehholzenrinnen 37, 48.  
 Stehbolzenloch-Anriß 25.  
 Stehkesseldecke 1.  
 Stehkesseldeckenblechriß 31.  
 Stehkesselkranz 1.  
 Stehkesselkrebsswand 1.  
 Stehkesselreparatur 45.  
 Stehkesselrückwand 1.  
 —, Ausbauchung 30.  
 —, Anriß 31.  
 —, Einbeulung 30.  
 —, Rohr-tangenlochriß 30.  
 Stehkesselschäden 34.  
 Stehkesselseitenwand 1.  
 Stemmfigenriß 31.  
 Stemmkante, abgenützte 21.  
 —, abstehende 21.  
 Stemmnahtriß 3, 25.  
 Temperaturschwankung 3.  
 Umbörtelungsrisse 8.  
 Undichtheit der Nietnähte 37.  
 Verhütung des Kesselsteinbildens  
 13.  
 Versteifungen 1.  
 Versteifungswinkelriß 12.  
 Verstemmen 47.  
 Wärmedehnung 6.  
 Wärmeübergang 7.  
 Webbsche Feuertür 1, 15.

**Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung, Leipzig, Hospitalstr. 10**

## **Die Lokomobile und ihr Betrieb in Landwirtschaft und Gewerbe.**

Von Ingenieur J. Charbonnier. Mit 130 Abbild. (Bibl. Technik Bd. 271.)

Noch immer entspricht die Lokomobile in bester Weise den neuzeitlichen Forderungen nach einer Kraftmaschine, die mit großer Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit bequeme Ausnutzungsmöglichkeit der Abwärme, leichte Anpassung an hoch- wie geringwertige Brennstoffe aller Art und weitgehende Dezentralisation ohne Einbuße der Wirtschaftlichkeit verbindet. Deshalb wird dieses leichtverständliche Werk über Lokomobilen dem Landwirt wie dem Techniker in gleicher Weise willkommen sein. In ihm wird zunächst die geschichtliche Entwicklung der Lokomobile besprochen und der Leser mit den wichtigsten Begriffen der elementaren Mechanik, den wichtigsten Einzelteilen der Lokomobile und den Betriebsstoffen bekannt gemacht. Darauf werden die Vorgänge im Lokomobildampfkessel und in der Lokomobildampfmaschine behandelt, eine Anleitung über Aufstellung, Inbetriebsetzung und -Wartung der Lokomobile gegeben, die besonderen Betriebsvorkommnisse, Störungen im Betrieb und deren Abhilfe besprochen und schließlich Verwendungsgebiet, Leistungen, Abwärmeverwertung, Verbrauchsziffern, Anlage und Betriebskosten behandelt. Der letzte Abschnitt ist den verschiedenen Lokomobilbauarten und ihrer Anwendung gewidmet. Zahlreiche Abbildungen erläutern den leichtverständlichen Text, und das Buch stellt einen vorzüglichen Ratgeber bei der Anschaffung und Bedienung einer Lokomobile dar und wird auch denen, die sich mit Reparaturen von Lokomobilen befassen, ein wertvoller Helfer in ihrem Berufe sein.

## **Die Schäden des Lokomotivkessels, deren Ursachen, Folgen, Verhütung und Ausbesserung.**

Praktisches Handbuch für Betrieb und Reparatur der Lokomotiven.

Aus der Praxis bearbeitet von Dipl.-Ing. Theodor Posewitz.

**Vorwort:** „Aus der Praxis — für die Praxis“, so entstand dieses Büchlein, in welchem 25jährige Erfahrungen im Betriebe und beim Werkstädtendienst zusammengesammelt wurden. — Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß einen Kessel zu konstruieren und zu bauen einfacher ist, als aufgetretene Beschädigungen rasch, gut und billig herzustellen. Bei ortsfesten Kesseln kommen solche Beschädigungen seltener vor als beim Lokomotivkessel mit seinem forcierten Betrieb, und diesem Zustande ist es zuzuschreiben, daß diesem Zweige der Betriebswissenschaft bisher nicht genügende Aufmerksamkeit gewidmet wurde. — Es ist natürlich, daß bei den Lokomotivkesseln dieselben Beschädigungen auftreten können, doch treten dieselben dort seltener auf, weil der Betrieb nicht so forciert ist als bei Lokomotiven, deren Kessel vom konstruktiven Standpunkt keine günstige Gestalt aufweist. — Der Leser erwarte also keine wissenschaftlichen Abhandlungen, doch wurden deshalb auch die neuesten Ergebnisse aus dem Forschungsgebiete mitgeteilt. Der angehende Betriebsingenieur soll auf diesem Sondergebiete ein Handbuch erhalten, aber auch der erfahrene Betriebsingenieur dürfte auf seine Rechnung kommen und einige Anregungen finden. — Das Büchlein hat natürlich keinen Anspruch auf Vollkommenheit, sondern ist der erste Versuch, die im Betriebe auftretenden verschiedenen Beanspruchungen sowie deren Folgeerscheinung systematisch darzustellen.

## **Bau der Eisenbahnwagen und ihre Unterhaltung im Betriebe.**

Von Baurat C. Guillery. Mit 79 Abbildungen.

Das Buch macht den Leser mit den Grundsätzen des Eisenbahnwagenbaues bekannt und führt ihm die wichtigsten Anwendungen derselben sowie die wesentlichen Einzelheiten der Eisenbahnwagen vor. Neben den in allen Teilen erprobten und gut durchgearbeiteten Wagen der Preussischen Staatseisenbahnverwaltung werden auch die Wagen und Einzel-einrichtungen des Auslandes besprochen, wenn sie in Bauart und Ausführung als ebenbürtig oder besonders bemerkenswert anerkannt werden können. Für Techniker, Eisenbahnbeamte usw. ist das Buch ein unentbehrliches Hilfsmittel.



