

Bild 186 Kraftverlängerungs-Diagramm für Stahl

Belastungsgewicht. Jenseits einer gewissen Belastungsgrenze geht die Dehnung dann wesentlich schneller vor sich, als die Belastung wächst, bis es schließlich zum Bruch des Stabes kommt (Belastung an der Bruchgrenze). Beim ersten Teil des Belastungsversuchs spricht man von der elastischen Formänderung (Bild 186). Innerhalb dieses Bereichs geht die Dehnung des Stabes praktisch wieder auf 0 zurück, sobald der Stab entlastet wird. Der Baustoff nimmt also wieder seine ursprüngliche Form an, wenn er nicht mehr durch ein Gewicht belastet wird. Sobald die Dehnung des Stabes schneller vor sich geht, als die Belastung wächst, befinden wir uns im Gebiet der bleibenden Formänderung, der Werkstoff ist ins Fließen geraten und nimmt nach der Entlastung nicht mehr seine ursprüngliche Form an, sondern bleibt nach einer Zugbeanspruchung länger, nach einer Druckbeanspruchung kürzer als vor dem Versuch. Die bleibende Formänderung setzt oberhalb der Fließgrenze ein. Bei Zugbeanspruchung bezeichnet man die Fließgrenze auch als Streckgrenze, bei Druckbeanspruchung als Quetschgrenze. Im allgemeinen werden die zulässigen Belastungen so festgelegt, daß es im Betrieb nicht zur bleibenden Formänderung kommt.

Baustoff-
festigkeit
bei hohen
Temperaturen

Mit zunehmender Erwärmung sinkt die Belastungsfähigkeit der Baustoffe mehr oder weniger ab. Für alle Bauteile, die hohen Temperaturen ausgesetzt sind, bevorzugt man daher sogenannte warmfeste Werkstoffe, deren Festigkeit auch im höheren Temperaturbereich nicht allzusehr vermindert wird.

Als Kesselbaustoffe werden für die Feuerbüchse bei älteren Lokomotiven Kupfer und Kuprodur, bei den Einheitslokomotiven ein alterungsbeständiger Stahl mit hoher Kerbschlagzähigkeit verwendet, der auch im gealterten Zustand gut schweißbar ist (Zahlentafel). Für Stehkessel und Langkesselwände kommt heute nur noch H I A in Frage, ein Stahl mittlerer Festigkeit und hoher Dehnung, der sich sehr gut schweißen läßt. Zur Verringerung des Kesselgewichts hatte man im Kriege den Stahl St 47 K eingeführt, der sich bei genieteten Kesseln ohne Schwierigkeiten verarbeiten ließ, der aber alterungsempfindlich und vor allem sehr schweißempfindlich ist. Von diesem Baustoff ist man daher wieder abgegangen.

Kessel-
baustoffe

Marken- bezeichnung	Zugfestigkeit kg/mm ²	Bruchdehnung (mindestens) am Langstab %	Zusammensetzung (Höchstgehalt) %						Kerbschlag- zähigkeit	
			C	Si	Mn	P	S	Cu	normal geglüht mkg/ cm ²	gealtert mkg/ cm ²
1 St 34	34—42	25	0,15	0,30	0,8	0,05	0,05	0,25	8	—
2 IZ II	40—50	26	0,20	0,35	0,8	0,045	0,045	0,35	8	6
3 H I A	35—45	25	0,16	0,35	0,4	0,05	0,05	—	—	7

Baustoffe für Lokomotivkessel der DB (nur SM-Stahl zugelassen)

Für die Kesselarmaturen wird neuerdings Stahlguß verwendet. Die Belastungsgrenzen für die meist verwendeten Kesselbaustoffe Kupfer, Kuprodur, Feuerbüchsenblech IZ II und Kesselblech St 34 bei steigenden Temperaturen sind in Bild 187 einander gegenübergestellt. Die voll ausgezogenen Linien geben die Grenzbelastung an, die im Betrieb nicht überschritten werden sollte, die gestrichelten Linien der Zugfestigkeit geben die Belastung in kg/mm² an, bei denen der Baustoff zerstört wird (Bruchgrenze). Man erkennt, daß sich die einzelnen Werkstoffe der Erwärmung gegenüber sehr verschieden verhalten und auch hinsichtlich der Beanspruchungsmöglichkeit große Unterschiede zeigen.

Kupferblech ist dem Stahlblech IZ II erheblich unterlegen. Es wurde früher durchweg für das Herstellen der Feuerbüchsen verwendet, da es ein sehr guter Wärmeleiter ist und hierin den Stahl erheblich übertrifft. Bei den früher gebauten Lokomotiven der Länderbauart lag der Dampfdruck noch erheblich niedriger als heute, so daß man mit der kupfernen Feuerbüchse auskommen konnte. Man hatte zwar im Kriege 1914—18 wegen des Kupfermangels auch schon eiserne Feuerbüchsen einbauen müssen: da damals jedoch noch keine geeigneten Stahlsorten zur Verfügung

Feuerbüchsen-
baustoffe

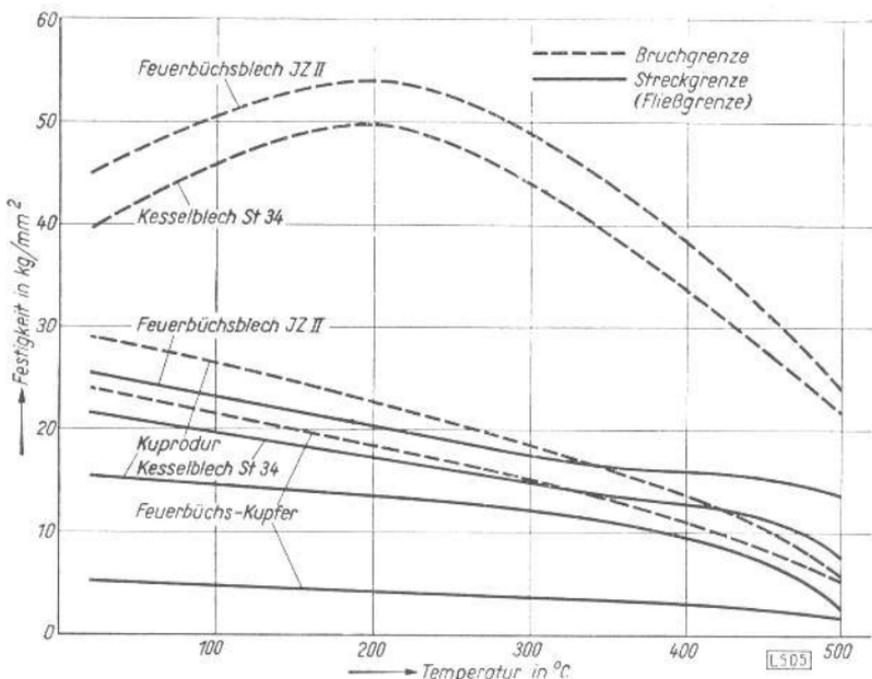


Bild 187 Festigkeit der Feuerbüchs- und Kesselbleche bei steigender Temperatur

standen und sie auch z. T. in gleicher Dicke wie bei Kupfer eingebaut wurden, waren die Feuerbüchsen wenig haltbar und wurden nach dem Kriege wieder gegen Kupferfeuerbüchsen ausgewechselt. Inzwischen ist es dann gelungen, Stahlsorten herzustellen, die den in der Feuerbüchse auftretenden Beanspruchungen selbst bei geringen Wanddicken gewachsen sind und dementsprechend auch bessere Wärmeübertragung gewährleisten. Mit Rücksicht auf den höheren Kesseldruck, die Verminderung des Kesselgewichts und die billigere Herstellung, baut man heute in die Lokomotiven der Einheitsbauart nur noch Stahlfeuerbüchsen ein.

Die unteren Teile der Feuerbüchse werden durch die Wärmewirkung besonders stark beansprucht. Für das Wiederherstellen der abgezehrten unteren Teile der Kupferfeuerbüchsen wird deshalb ein warmfester Baustoff mit höherer Belastungsgrenze als Kupfer, nämlich das Kuprodukt verwendet, eine Kupferlegierung mit Silizium und Nickelzusatz (98,8 % Kupfer, 0,7 % Nickel, 0,4 % Silizium, 0,1 % Eisen). Wegen der höheren Festigkeit des Kuprodukts baut man in die Kuprodukt-Seitenwandvorschuhe Stahlstehbolzen ein und hat damit gute Erfahrungen hinsichtlich der Dich-

A u s d e h n u n g d e s S t a b e s f r e i g e h e m m t

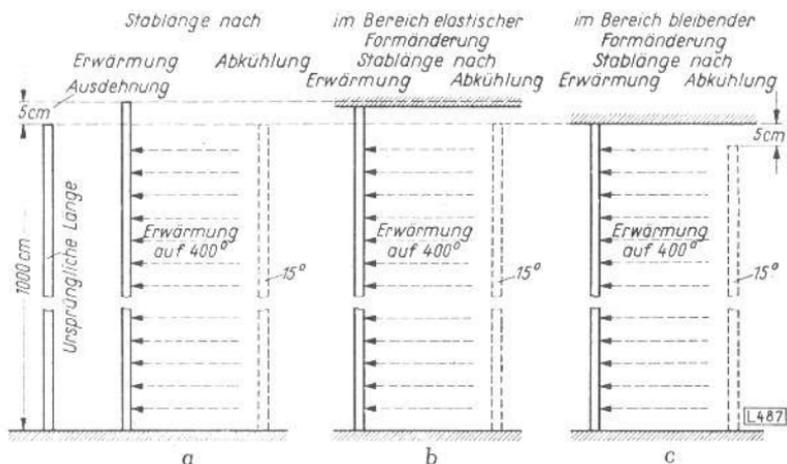


Bild 188 a-c Ausdehnung eines Eisenstabes bei Erwärmung

tigkeit des Bolzengewindes gemacht. In bezug auf Wärmeleitfähigkeit und Dehnung ist Kuprodur dem Kupfer allerdings unterlegen. Den Einfluß der Wärme hinsichtlich der Festigkeitsminderung haben wir schon kennengelernt. Außerdem verursacht die Wärme eine Ausdehnung des Baustoffes, die dann zur mechanischen Beanspruchung führt, wenn die Wärmeausdehnung nicht ungehindert vor sich gehen kann.

Erwärmt man einen Eisenstab von 10 m Länge gleichmäßig von 15° auf 400° , so dehnt er sich um etwa 5 cm aus (Bild 188 a).

Hört die Wärmezufuhr auf und kühlt sich der Stab wieder auf die ursprüngliche Temperatur von 15° ab, so zieht er sich wieder auf sein Ursprungsmaß von 10 m zusammen. Sobald der Stab jedoch auf dem Wege der gradlinigen Ausdehnung auf einen unnachgiebigen Widerstand stößt, der seine volle Ausdehnung verhindert, so entsteht in dem Stab eine Druckspannung, die um so größer ist, je geringere Ausdehnungsmöglichkeit dem Stab gelassen wird. Solange die entstehende Druckspannung noch unterhalb der Proportionalitätsgrenze, also im Bereich der elastischen Formänderung bleibt, geht der Stab nach der Abkühlung ebenfalls wieder auf seine Ursprungslänge zurück (Bild 188 b). Läßt man dem Stab jedoch überhaupt keine Ausdehnungsmöglichkeit (Bild 188 c), dann entsteht eine so hohe Druckspannung, daß sie in den Bereich der bleibenden Formänderung fällt. Der Werkstoff kommt ins

Einfluß
der Wärme