

Bild: Saint-Gobain

Beim einem Brand sollte das Bauwerk durch die hitzebedingte Ausdehnung von Rohren nicht zusätzlich gefährdet werden

diese Fragen findet man rechnerisch: Die maximale Druckkraft errechnet sich für den Idealfall unter der Annahme, dass die gesamte Rohrquerschnittsfläche mit maximaler Kraft gegen die Wand wirkt. Die Querschnittsfläche  $A$  kann jeder selbst ermitteln (Berechnung eines Kreises) oder in einem Tabellenbuch für Rohrleitungen nachschauen. Als Spannung setzen wir in die Berechnung die Streckgrenze des Rohrwerkstoffes ein (für Baustahl S235JR gilt beispielsweise  $235 \text{ N/mm}^2$ ), denn ab diesem Moment käme es im Rohr durch Pressung zu bleibender Verformung. Wenn die Wand standhält, könnte dieser Fall tatsächlich eintreten – oder die Wand gibt nach ... vielleicht

### Brandschutz in der Haustechnik – Teil 3 und Schluss

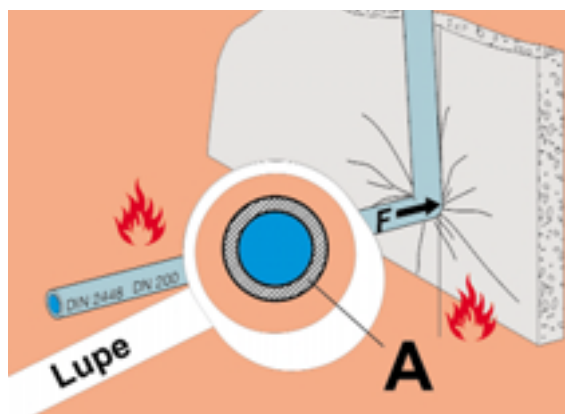
## Eine heiße Sache

Von einer Lastenkette, die bei den Rohrleitungsbefestigungen auch im Brandfall stimmen muss und von kleinen Gewindestangen, die rechnerisch für den Brandschutz zu Monstern werden müssen, war im zweiten Teil dieses Beitrages die Rede. Wenn es brennt muss aber nicht nur die Rohrbefestigung halten. Es muss auch einkalkuliert sein, dass sich eine Rohrleitung im Brandfall hitzebedingt ausdehnt. Dehnungsmöglichkeiten mit ausreichendem Spielraum müssen errechnet und eingeplant werden.

### Mit der Lok vor die Wand?

Was würde passieren, wenn sich ein Rohr im Brandfall ausdehnt und dabei gegen eine Wand

drückt? Welche maximale Druckkraft könnte eine Rohrleitung DN 200 erzeugen? Besteht die Möglichkeit, dass die Ausdehnung eines Rohres eine Wand zum Einsturz bringt? Die Antworten auf



Bilder: Sikla

Welche Kräfte können auf eine Wand einwirken, auf die im Brandfall ein Stahlrohr drückt?

ist sie ja klüger als das Rohr? Mit folgender Formel kommt man der Sache auf die Spur:

$$F = A \cdot R_e$$

In der Formel bedeuten:

- F = Kraft
- A = Querschnittsfläche  
(Für Siederrohr DN 200 nach DIN 2448 errechnet sich diese:  
 $d_a = 219,1 \text{ mm}$  und Wanddicke  $e = 5,9 \text{ mm}$  ergibt  $A = 3984 \text{ mm}^2$ )
- $R_e$  = Streckgrenze  
(Für Baustahl =  $235 \text{ N/mm}^2$ )

Man rechnet folglich:

$$\begin{aligned}
 F &= A \cdot R_e \\
 &= 3984 \text{ mm}^2 \cdot 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \\
 &= 936\,240 \text{ N} = 936 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Die Druckkraft, die das Rohr entwickelt, beträgt also fast 1 MN (Meganewton). Das ist mehr als das Gewicht einer Diesellokomotive. Und was passieren würde, wenn eine Lok vor eine halbsteinerne Wand rollt, muss ja nicht weiter ausgeführt werden.

**In der Praxis weniger schlimm**

Gerade deshalb ist es so wichtig, Rohrleitungen mit etwas Abstand vor einer Wand in ihrer Richtung umzulenken, damit durch diese thermische Längenänderung die Standsicherheit des Bauwerkes nicht gefährdet wird. Erreicht das Rohr durch Ausdehnung die

Werkstoff	Streckgrenze $R_e$ [N/mm <sup>2</sup> ] bei							
	50 °C	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C
S235JR (St 37)	235	185	165	140	-	-	-	-
1.4301	177	127	118	110	104	98	95	92
1.4401	196	147	137	127	120	115	112	110
1.4571	202	167	157	145	140	135	131	129

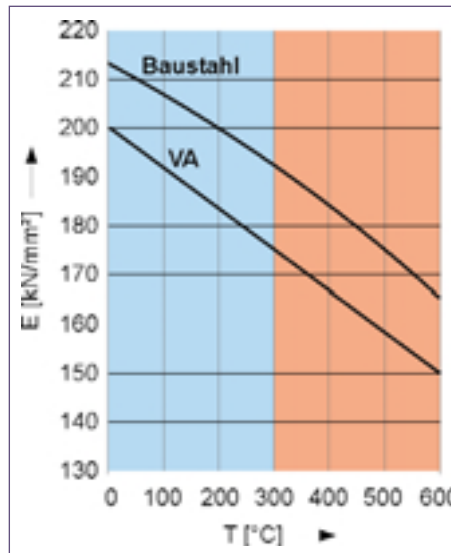
Je wärmer ein Werkstoff wird, desto mehr verringert sich seine Streckgrenze

Wand, entstehen fast unglaubliche Kräfte. Um den Wänden etwas die Angst zu nehmen sei aber bemerkt, dass sich eine Wärmedämmung natürlich zusammendrücken würde. Und da die Rohrleitungen mit der Außenschicht der Dämmung nicht die Wände berühren, ergibt sich so ein für die Wand möglicherweise rettender Platz. Leitungen ohne weiche Dämmungen – wie z. B. Gasleitungen – bieten solche „Knautschzonen“ nicht. In der Praxis ist das alles nun nicht ganz so schlimm, denn eine Rohrleitung nutzt natürlich auch ihre Freiheitsgrade, um sich zunächst „nur“ zu verbiegen. Die Kraft, die entsteht, wirkt also nicht vollständig auf die Wand. Außerdem müssen auch die Parameter der Formel aus Sicht des Temperaturanstiegs näher unter die Lupe genommen werden: Während die Querschnittsfläche A erhalten bleibt, wird mit zunehmender Erwärmung die Streckgrenze  $R_e$  in jedem Fall abnehmen. Man könnte

auch sagen, die Rohrleitung wird mit steigender Temperatur immer weicher.

**Über 300 °C das Aus für Baustahl**

Wie die Tabelle mit der Zuordnung von Werkstofftemperatur und Streckgrenze eindrucksvoll zeigt, vermindert sich die Festigkeit von Stahl unter Einwirkung hoher Temperaturen rasch. Für den Werkstoff S235JR fehlen über 300 °C die Werte gänzlich. Nicht etwa, weil man das nicht ermitteln könnte, sondern weil Baustahl unter diesen Bedingungen nicht mehr eingesetzt werden sollte. Die Tabelle zeigt aber auch LÖ-



Wie die Streckgrenze vermindert sich in geringerem Maße auch der E-Modul

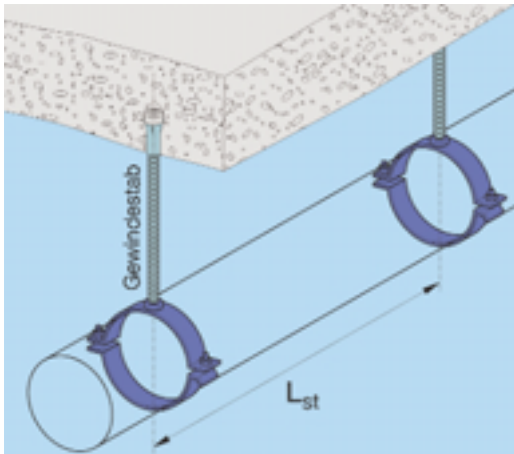
sungen für höhere Temperaturen: Man muss auf den viel teureren rostfreien Stahl (VA) ausweichen. Auch dieser erreicht je nach Legierung bei etwa 500 °C seine Grenze und nur sehr wenige Stahlsorten (sogenannte hochwarme Stähle) sind noch höher belastbar [1] [2]. Das Ergebnis der Kraftermittlung würde bei einer Berechnung mit verringerter Streckgrenze dann natürlich auch weniger schlimm ausfallen. Wie

### „Vorbeugender Brandschutz“ aus dem Jahre 1701:

Übrigens fand man es schon in früheren Jahrhunderten wichtig, etwas für vorbeugenden Brandschutz zu tun; die Maßnahmen muten aus heutiger Sicht jedoch ziemlich mystisch an:

„Zur Brandbekämpfung ist eine Mischung aus Hirschbrunst ... im

Feuer mit Teilen eines Schwalbennestes und Wachs zu verschmelzen, das Ganze mit einem schwarzen Huhn, das man geköpft ... hat sowie einem am Gründonnerstag gelegtem Ei und ... zu vermischen und in einem Holzbehälter unter der Hauschwelle zu vergraben.“ [5]



Für die Dimensionierung brandschutzgerechter Rohrbefestigungen ist es notwendig, den Stützabstand und den Gewindestab richtig festzulegen

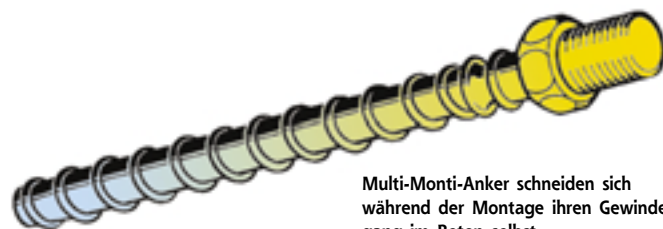
die Streckgrenze vermindert sich in geringerem Maße auch der E-Modul (Elastizitätsmodul) als weitere Werkstoffkenngröße. Für die Dimensionierung brandschutzgerechter Rohrbefestigungen ist es notwendig, neben der Auswahl geeigneter Rohrschellen auch

- die richtige Ankerwahl (in der Regel mit Brandschutzgutachten) zu treffen
- die Größe des erforderlichen Gewindestabes korrekt zu ermitteln und
- den zulässigen Stützabstand richtig festzulegen.

### Gewindestäbe sind beispielgebend

Während für den Eignungsnachweis eines Ankers üblicherweise ein Brandschutzgutachten dient, wird ein vergleichbares Gutachten

für Gewindestäbe nicht gefordert, denn Gewindestäbe sind genormt. Ist ein Produkt normgerecht, kann man sich auf seine genormten Parameter (Geometrie und/oder Werkstoffkennwerte) auch verlassen. Was wäre sonst auch eine solche Normung wert? Wenn man nun aus Versuchen ein geeignetes Modell zur Berechnung dieser Situationen ableiten konnte, kann man sich künftige Versuche sparen: Das Rechnen wird dann zur vernünftigeren und auch zur günstigeren Methode. Für Gewindestäbe basiert die Ermittlung zulässiger Spannungswerte bereits auf Experimenten der 70er Jahre. Aus diesen Versuchen wurde für Schrauben der Güteklasse 4.6 eine zulässige Scherspannung von 15 N/mm<sup>2</sup> (für F 30 und F 60) bzw. 10 N/mm<sup>2</sup> (für F 90 und F 120) ermittelt. Diese Werte bilden bei-



Multi-Monti-Anker schneiden sich während der Montage ihren Gewindegang im Beton selbst

Gewinde	As	zulässige Zugbelastung bei				
		20°C	F 30	F 60	F 90	F 120
[4.6]	[mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
M 8	36.5	5.8	0.3	0.3	0.2	0.2
M10	58.0	9.3	0.5	0.5	0.3	0.3
M12	84.3	13.5	0.8	0.8	0.5	0.5
M16	157.0	25.1	1.4	1.4	0.9	0.9

Überblick über die zulässige Belastbarkeit von Gewindestäben auf Zug

spielsweise die Randbedingungen zur Dimensionierung von Kabeltragsystemen. Für zugbelastete Gewindestäbe wurden im Kommentar zur MLAR [3] folgerichtig ebenfalls maximal zulässige Spannungswerte  $\sigma_{zul}$  definiert. Multipliziert man diese mit dem Spannungsquerschnitt  $A_s$  (diese Fläche entsteht quasi beim Zersägen) eines Gewindestabes, ergibt sich dessen zulässige Zugbelastung  $F_{zul}$ :

$$F_{zul} = A_s \cdot \sigma_{zul}$$

Da die letzten Monate gezeigt haben, dass konkrete Werte der zulässigen Belastbarkeit von Gewindestäben sowohl unter Normalbedingungen (20 °C) als auch unter Brandschutzbedingungen (F 30 bis F 120) von allge-

meinem Interesse sind, wurden diese Ergebnisse in der Tabelle zusammengestellt.

### Selbstschneidender Anker

Wie auch bei Anker dürfen die Belastungswerte für den Brandfall auch hier auf gleichartige Produkte aus VA übertragen werden. Beispielfhaft für diese Aussage sei das Gutachten für Multi-Monti-Anker [4] genannt, die sich zeitsparend bei relativ kleinem Bohrloch während der Montage ihren Gewindegang im Beton selbst schneiden. Begründet ist dies durch eine langsamere Verminderung der Streckgrenze von VA im Vergleich zum Baustahl, wie aus der anfangs dargestellten Tabelle für temperaturabhängige Streckgrenzwerte hervorgeht.

Der Beitrag hat insbesondere gezeigt, dass bei der Auslegung von Befestigungs-Konstruktionen unter Berücksichtigung einer bestimmten Feuerwiderstandsklasse heute schon Gewindestäbe und Rohrschellen nach den vorhandenen Lastwerten vom Planer fachgerecht dimensioniert werden können. Das Ziel künftiger Untersuchungen wird nun darin bestehen, das Verhalten weiterer Komponenten und/oder

Baugruppen von Befestigungssystemen unter Brandbedingungen zu analysieren, um verallgemeinerbare Aussagen oder sogar Algorithmen (das sind Rechenvorgänge, die immer nach einem bestimmten Schema ablaufen) zur rechnergestützten Dimensionierung abzuleiten. Schließlich muss sichergestellt sein, dass eine Rohrleitung im Bereich von Flucht- oder Rettungswegen auch im Brandfall da bleibt, wo sie hingehört: nämlich an der Wand oder an der Decke ... und zwar mindestens so lange, wie der Planer für eine eventuelle Evakuierung dieses Gebäudes veranschlagt hat.

### Literaturnachweis:

- [1] Sikla-Montagetechnik, 2003-08 (kostenloser Bezug über Sikla GmbH, siehe auch elektronischer Katalog im Internet)
- [2] Stahlschlüssel, Verlag Stahlschlüssel Wegst GmbH, Marbach, 2004
- [3] Lippe, M.; Wesche, J.: Kommentar und Anwendungsempfehlung zur MLAR, 2000
- [4] Prüfung auf Brandverhalten zur Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer für HECO-Multi-Monti-Schraubenanker, Beiblatt zum Untersuchungsbericht Nr. 3815/0592, MPA Braunschweig, 2002-12
- [5] Helmhardt, Wolff Freiherr von Hohberg: Georgica Curiosa Aucta, hauswirtschaftliches Lehrbuch, 1701

### Dictionary

Beton	concrete
Elastizitätsmodul	modulus of elasticity
Gewinde	thread
Rohrgewinde	pipe thread
Rohrschelle	pipe clamp
Streckgrenze	yield strength



Autor **Dr.-Ing. Werner Ludwig** ist Referent für berufliche Bildung bei der Sikla GmbH in Villingen-Schwenningen, Internet: [www.sikla.de](http://www.sikla.de), E-Mail: [wluwig@sikla.de](mailto:wluwig@sikla.de)