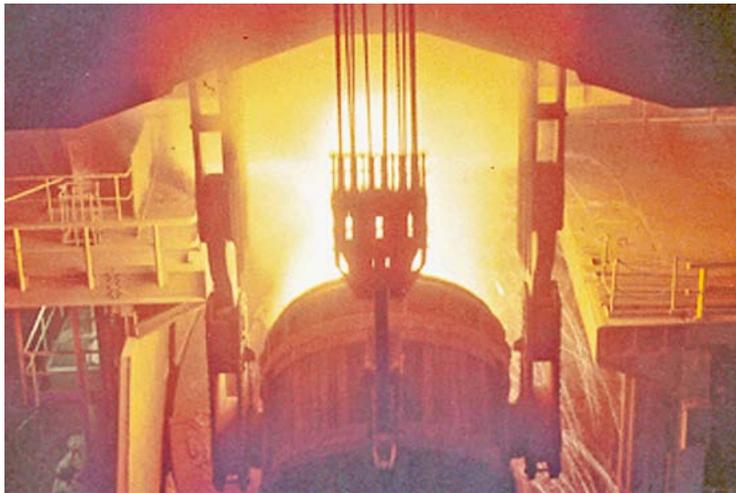


Hohe Temperaturen reduzieren die Festigkeit von Stahldrähten

Die Stahldrähte der Seile erhalten ihre hohe Bruchfestigkeit durch Kaltverformung bei der Herstellung. Durch eine Erwärmung wird dieser Vorgang rückgängig gemacht, d.h. die Bruchfestigkeit reduziert.

Abb. 1: In Giesereien oder generell bei der Metallerzeugung können die Stahlseile durch Strahlungswärme Temperaturen ausgesetzt sein, welche die Festigkeit beeinflussen. (Quelle: Thyssen)



Autoren: Gabor Oplatka und Max Schärli

1. Das Problem

Die Stahldrähte der Seile erhalten ihre hohe Bruchfestigkeit durch Kaltverformung bei der Herstellung (Ziehen oder Walzen). Dabei sinkt aber ihre «Duktilität», d.h. die Fähigkeit sich plastisch zu verformen, ohne dass ein Bruch eintritt. Eine Erwärmung macht diesen Vorgang rückgängig, d.h. die Bruchfestigkeit wird reduziert und die Duktilität erhöht. (Abb. 3)

Im Nachfolgenden soll auf die möglichen Quellen der Erwärmung und die daraus folgende Reduktion der Bruchfestigkeit der Drähte hingewiesen werden. Dabei ist zu unterscheiden, ob der Draht bei der Erwärmung unter Zug belastet oder lose ist.

2. Draht ohne Belastung durch äussere Kräfte

Eine kritische Erwärmung des durch äussere Kräfte nicht belasteten Drahtes erfolgt beim metallischen Verguss.

Für Drähte mit einer Bruchfestigkeit bis 180 kg/mm² (1770 N/mm²) wurde eine breit angelegte Untersuchung erstellt, welche den Zusammenhang der Erwärmung und der Bruchfestigkeit aufzeigt. Siehe «Einwirkung der Vergusstemperatur auf die Festigkeit der Seildrähte» [1].

Die wichtigsten Aussagen sind:

a) Die Temperatur des Metalls soll beim Vergiessen etwa 100°C über dessen Schmelzpunkt liegen und der Seilkopf entsprechend vorgewärmt sein. Dies im Interesse einer dichten Verfüllung der Zwischenräume.

b) Nach einer 20-minütigen Lagerung der Drähte in der Schmelze und nachfolgender Abkühlung ergaben sich folgende Werte: gemäss Tabelle unten.

Die Schmelztemperatur des Vergussmetalls «Tego VG3» liegt bei 242°C. Die empfohlene Vergusstemperatur beträgt für kleine Hülsen 350–360°C und für grosse Hülsen 340–350°C. Siehe

Temperatur der Schmelze in °C	330	360	520
Reduktion der Bruchfestigkeit in %	+4,5 bis -3	0 bis -7	-21 bis -30

«Anleitung für das Herstellen von Vergussköpfen» [2].

Weitere Gründe für eine Erwärmung können z.B. sein: Feuer, Strahlungswärme, Blitzschlag, Lötstellen, Schweissarbeiten, Überwärmung bei Verzinnung, Böswilligkeit usw.

3. Draht unter Zugbeanspruchung (Warmzugfestigkeit)

An der EMPA wurden Zerreiassversuche durchgeführt mit auf bestimmte Temperatur erwärmten und gehaltenen Drähten bzw. mit einem Seil; «Warmzugfestigkeit von unlegiertem Stahldraht» [3]. Die Resultate sind in Abb. 2 dargestellt. Daraus geht hervor, dass ab 200°C mit einem steilen Abfall der Bruchfestigkeit zu rechnen ist. Bei 350°C ist noch die Hälfte und bei 450°C noch ein Viertel der Bruchfestigkeit vorhanden.

Solche Erwärmungen können auftreten z.B. infolge von Bränden, Reibungen, Wärmestrahlung (Abb. 1), Blitzschlag (Abb. 4), Stromdurchgang, Schweissarbeiten, Böswilligkeit usw.

Ein Beispiel aus der Praxis

Berichtet wurde über den Bruch eines Förderseiles in der Talstation. Die Bahn war für die Nacht abgestellt. Als Grund stellte sich eine Überhitzung des Seiles bei einem der Erdungsrippel der gefütterten Scheibe heraus. Der Querschnitt des Kontaktes zwischen dem Seil und diesem Nippel muss sehr klein und der bei den anderen Nippeln ganz

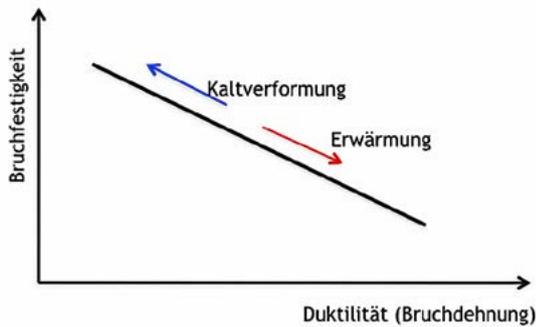


Abb. 3: Einfluss der Kaltverformung und der Erwärmung auf Festigkeit und Dehnung der Stahldrähte (ohne Massstab).

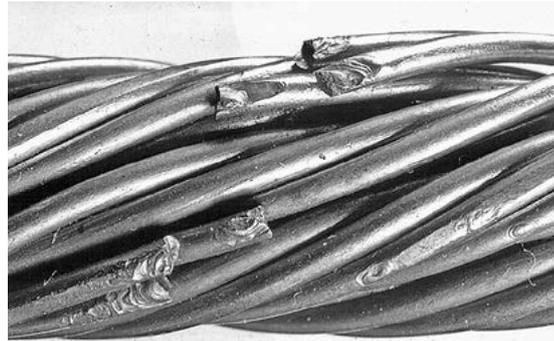


Abb. 4: Drei Drähte des Seiles erlitten durch die Erwärmung vom Blitz eine so starke Reduktion ihrer Festigkeit, dass sie rissen.

unterbrochen gewesen sein. Der Erdungsstrom stammte von den entlang der Strecke betriebenen Schnee-Erzeugern.

In [4] sind weitere Vorkommnisse aufgeführt, geordnet nach Unfällen, Böswilligkeit und für Forschungen.

4. Empfehlungen für Einsatztemperaturen von Seilendverbindungen

Im Schriftstück «Seilendverbindungen» [5] befinden sich u. a. die folgenden Angaben:

- Spleiss-Endverbindungen an Drahtseilen mit Fasereinlage dürfen bei Temperaturen zwischen -60 bis $+100^{\circ}\text{C}$ eingesetzt werden.

- Spleiss-Endverbindungen an Drahtseilen mit Stahleinlage dürfen bei Temperaturen zwischen $+60$ und $+400^{\circ}\text{C}$ eingesetzt werden.

- Bei Temperaturen zwischen 250 und $+400^{\circ}\text{C}$ ist die Tragfähigkeit der Drahtseile auf 75% zu verringern.

- Aluminium-Pressverbindungen mit Drahtseilen mit Fasereinlage dürfen bei Temperaturen zwischen -60 und $+100^{\circ}\text{C}$ eingesetzt werden.

- Aluminium-Pressverbindungen mit Drahtseilen mit Stahleinlage dürfen bei Temperaturen zwischen -60 und $+150^{\circ}\text{C}$ eingesetzt werden.

- Seilendverbindungen mit «Flämischen Augen» dürfen bei Temperaturen von -60 und

$+400^{\circ}\text{C}$ eingesetzt werden.

- Bei Temperaturen zwischen $+250$ und $+400^{\circ}\text{C}$ ist die Tragfähigkeit der Drahtseile auf 75% zu verringern.

- Der Hersteller von Wirelock® empfiehlt Einsatztemperaturen unterhalb 115°C .

5. Schlussbemerkungen

- Schädigungen der Seile treten schon bei niedrigeren Temperaturen ein, nämlich bei den Schmiermitteln und Fasereinlagen.

- Ob eine Einbusse der Festigkeit infolge Überhitzung eingetreten ist, kann am Seil durch Messung der Härte der Drähte festgestellt werden.

- Eine wegen Überhitzung entstandene Einbusse der Festigkeit

kann nicht behoben werden.

6. Literatur

[1] R. Westhäuser: Zur Frage der Einwirkung der Vergusstemperatur auf die Festigkeit der Seildrähte. Technische Überwachung. Juli 1957

[2] SBS: Anleitung für das Herstellen von Vergussköpfen. Hä 2012

[3] EMPA Dübendorf: Warmzugfestigkeit von unlegiertem Stahldraht. Undatiert

[4] G. Oplatka: Brand von Seilbahnen. Int. Seilbahnrundschau 1/2001

[5] R. Verreet: Seilendverbindungen. CASAR Broschüre, 2003

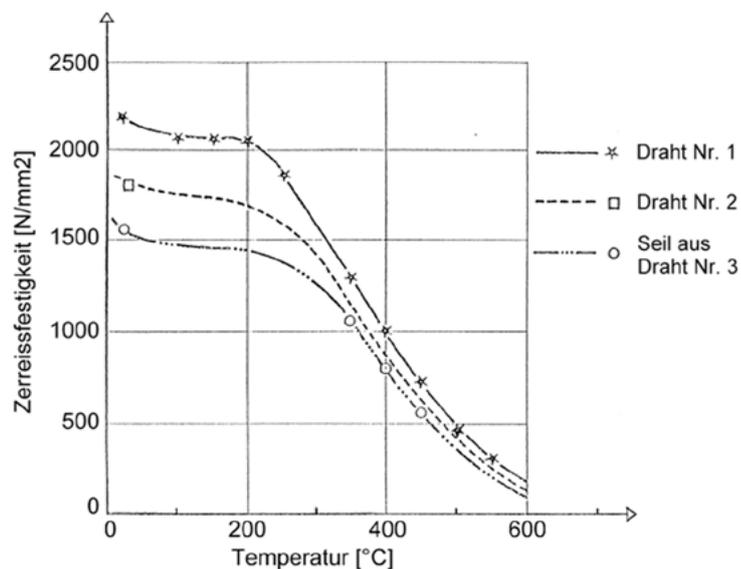


Abb. 2: Ab 200°C ist mit einem steilen Abfall der Bruchfestigkeit zu rechnen. Bei 350°C ist noch die Hälfte und bei 450°C ein Viertel der Bruchfestigkeit vorhanden. (Quelle: EMPA)