



## Aus dem Inhalt:

- Wer frisst Metall?
- Schweißnähte in Zeichnungen: Darstellung als Symbole – Teil 3
- Ferrit, Austenit, Duplex
- Hätten Sie's gewusst?
- Was ist das denn? (40)
- Weniger Verzug durch Pilgerschritt
- Vorwärmern
- Härteprüfgerät
- Humor in der Schweißtechnik

## Wer frisst Metall?

Dass sich Lebewesen von organischen Stoffen ernähren, ist sicher nicht der Erwähnung wert, schließlich ernähren wir Menschen selbst uns von Pflanzen oder gar anderen Lebewesen. Dass aber Lebewesen sich über Metalle hermachen, scheint uns unwahrscheinlich. Dennoch ist bekannt, dass es Mikroorganismen gibt, die Metalle für Ihre Entwicklung nutzen. Sie zerstören die vorliegenden Metallverbindungen, um die dabei frei werdende Energie für sich zu nutzen. Die verbleibenden Metallprodukte sind dann verstärkt den Korrosionsmechanismen ausgesetzt, und es können sich Rost, Beläge und Löcher bilden.

Beispiel dafür ist ein Schaden an einer Prozesswasserleitung. Für

eine Rauchgas-Entschwefelungsanlage in einem Kraftwerk kam als Prozesswasser chemisch nicht aufbereitetes Uferfiltrat aus einem Fluss zum Einsatz. Für den Durchfluss des Wassers wurden zum Vermeiden von Korrosionsschäden bzw. chemischen Angriffen austenitische Leitungen aus dem nichtrostenden Werkstoff X6CrNiMo17-12-2 (1.4571) verwendet. Das Rohrleitungssystem war knapp drei Jahre in Betrieb, als vermehrt porenaartige Undichtheiten an etwa 50 Stellen in und neben den Verbindungsschweißnähten auftraten. Vermutet wurde, dass die Nahtbereiche beim Schweißen nicht ausreichend formiert worden waren.

Bei den Untersuchungen fanden sich auf den Rohrinnenseiten örtlich rötliche und braune, pustelförmige Oxidationsprodukte an der

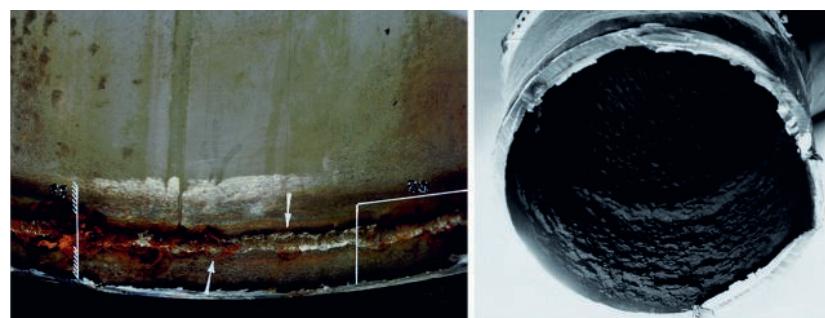


Bild 1. Prozesswasserleitung; links: Innenseite eines Rohrabschnitts mit Schweißnahtwurzel, rechts: schwarzer, pulvriger Belag in einem Rohrbogen. (Bilder: ARC AZT, München)

Schweißnahtwurzel (Bild 1). Die Verfärbungen und Beläge, die nur im Schweißnahtbereich vorlagen, ließen einen punktförmigen Korrosionsangriff vermuten (siehe Pfeile in Bild 1). Auf der gesamten Rohrinnenseite befanden sich Reste von schwarzen, pulvriegen Belägen (Bild 1 rechts), die leicht abwischbar waren, und in den Wärmeeinflusszonen geringe blaue bis gelbe Anlauffarben, die auf ungenügenden Wurzelschutz durch Formiergas beim Schweißen hinwiesen.

Die Analyse der Beläge ergab sehr hohe Gehalte an Manganoxid sowie nennenswerte Massenanteile an Calciumoxid und Eisenoxid. Die hohen Mangangehalte der Beläge wiesen darauf hin, dass die Rohrwerkstoffe durch mikrobiologische

## Praxiswissen rund ums Schweißen!

[www.ewm-group.com/praxis](http://www.ewm-group.com/praxis)

- Schweißdatenrechner: Abkühlzeit, Schäfflerdiagramm
- Schweißlexikon, Handbuch SZW
- Videos: Praxistipps, Blick in den Lichtbogen





**Bild 2.**  
Selektiver Korrosionsangriff;  
oben: gerader Rohrabschnitt,  
unten: Rohrbogen.

Korrosion geschädigt worden sind. Hierbei besteht die Vorstellung, dass Kleinlebewesen (etwa Bakterien), die Mangan speichern bzw. für ihren Stoffwechsel benötigen, durch Redoxreaktionen den elektrochemischen Korrosionsvorgang anregen und beschleunigen.

Aus Untersuchungsstücken wurden Schlitte entnommen. Bild 2 zeigt Schweißnahtbereiche eines geraden Rohrabschnitts und eines Rohrbogens. Es liegt ein selektiver Korrosionsangriff vor. Die von der Rohrinnenseite ausgehenden dünnen Löcher erweitern sich lochfraßartig im Werkstoffinneren zu ausgedehnten, kavernenförmigen Hohlräumen. Der Angriff startet überwiegend in der Wärmeeinflusszone und erstreckt sich dann sowohl in das Schweißgut als auch in den Grundwerkstoff. An einigen Stellen startet der Angriff auch im Schweißgut.

Die vorliegenden Merkmale bestätigen, dass in diesem Fall Korrosion durch mikrobiologischen Einfluss vorliegt. Der Angriff erfolgt bei dieser Art von Korrosion in den sensibilisierten Schweißnahtbereichen (Schweißgut, Wärmeeinflusszone). Es wurde aber auch schon ein Angriff des Grund-

werkstoffs festgestellt – wenn auch nicht in diesem Fall.

Ein vollständiges Verhindern der Korrosion durch mikrobiologischen Einfluss ist schwer erreichbar, meistens kann man sie nur verringern. Eine Möglichkeit ist das regelmäßige Entfernen der entstehenden Beläge bei gleichzeitigem Aufbereiten des Wassers mit Bioziden sowie pH-Werte des Wassers über 10. Anlauffarben sind zu vermeiden (Formieren).

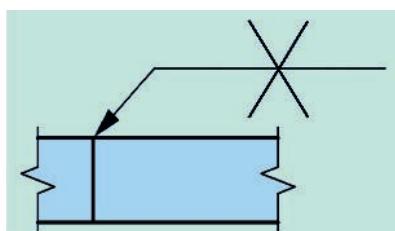
Bei der Suche im Internet nach metallschädigenden Mikroorganismen findet man weitere interessante Informationen. Diese Mikroorganismen sind aber nicht immer unerwünscht. So sind sie nützlich bei der Zersetzung von metallhaltigen Abfällen und werden auch zur Gewinnung von Metallen aus Erzen oder Abfällen genutzt.

[Nach „Der Praktiker“  
H. 1-2/2014; Ri]

## Schweißnähte in Zeichnungen: Darstellung als Symbole – Teil 3



In Zeichnungen werden Schweißungen durch ein Pfeilsymbol, bestehend aus Pfeillinie, Bezugslinie, Gabel und meist auch gestrichelter Linie, dargestellt (Bild oben). Wie in DER SCHWEISSE 1/2017 gezeigt, kann durch die gestrichelte Linie festgelegt werden, ob die



Naht von der Pfeilseite oder der Gegenseite anzubringen ist. Bei symmetrischen, von beiden Seiten anzubringenden Nähten ist die gestrichelte Linie nicht erforderlich und sollte weggelassen werden. Zur Darstellung symmetrischer beidseitiger Nähte werden kombinierte Grundsymbole wie in der rechts stehenden Tabelle verwendet. Die Grundsymbole sind einander gegenüberliegend an der Bezugslinie anzulegen.

Nahtart	Zeichnung	Symbol
Doppel-V-Naht (DV-Naht)		
Doppel-HV-Naht (DHV-Naht)		
Doppel-U-Naht (DU-Naht)		
Doppel-HY-Naht mit Kehlnaht (DHY-Naht mit Kehlnaht)		

ordnen. Das Bild links unten zeigt als Beispiel ein Pfeilsymbol für eine Doppel-V-Naht am Stumpfstoß. [Ri]

# Ferrit, Austenit, Duplex

In vereinfachten Werkstoffmodellen stellt man sich Atome als Kugeln vor, die sich über Bindungsarme zu Molekülen oder Kristallen zusammenschließen. Kristalle gibt es in unterschiedlichen Geometrien, Bild 1. Die Atome sitzen bei dieser Vorstellung an den Ecken der Kristallzellen. Metallen schreibt man im festen Zustand eine kristalline Struktur zu. Eisen und die durch Beimischungen anderer Elemente entstehenden Stähle können je nach Temperatur und Legierungselement unterschiedliche Gitterstrukturen bilden. Als Basis geht man von einem würfelförmigen Gitter aus, Bild 2 (Hexaeder vom Griechischen: hexaedron – Sechsflächner; Kubus vom Altgriechischen: kybos – Würfel, lateinisch: cubus). Sitzt im inneren eines Würfels ein weiteres Atom, spricht man vom kubisch-raumzentrierten Gitter, sitzt auf jeder der sechs Flächen ein Atom, vom kubisch-flächenzentrierten Gitter.

## Ferrit

Bei Raumtemperatur liegt reines Eisen in einer kubisch-raumzentrierten Kristallstruktur vor, dem Ferrit oder  $\alpha$ -Eisen, das unterhalb

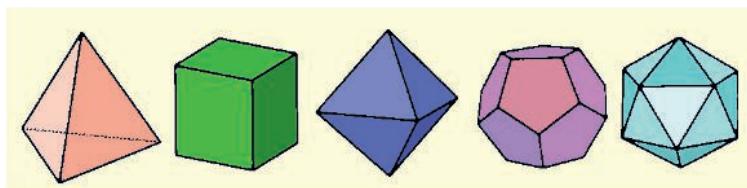


Bild 1. Beispiele unterschiedlicher Kristallgeometrien (von links nach rechts): Tetraeder, Hexaeder, Dodekaeder, Icosaeder.

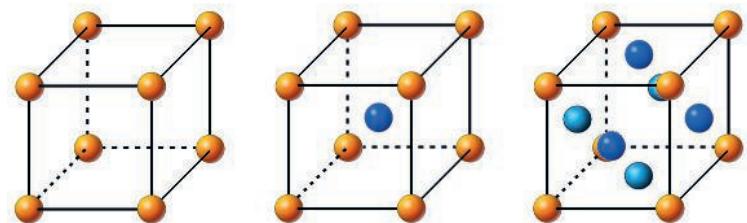


Bild 2. Würfelförmige Kristallgitter (Hexaeder): kubisches Gitter, kubisch-raumzentriertes Gitter (Mitte) und kubisch flächenzentriertes Gitter (rechts).

von 910°C stabil ist. Ferritische Stähle sind magnetisch, besitzen eine gute Zugfestigkeit und bei der sogenannten Übergangstemperatur zu tieferen Temperaturen hin einen steilen Abfall der Zähigkeit.

## Austenit

Oberhalb von 910°C wandelt sich die Kristallstruktur von Eisen in die  $\gamma$ -Modifikation, Austenit genannt, um. Diese Kristallform besitzt eine kubisch-flächenzentrierte Struktur. Austenitische Stähle sind nicht magnetisch und verfügen über eine hohe Zähigkeit, die sanfter ohne den scharfen Übergang zu niedrigen Temperaturen hin abfällt.

## Wieder ferritisch

Es gibt noch eine dritte Strukturänderung von Eisen, sie erfolgt bei 1390°C. Oberhalb dieser Temperatur bis hin zum Schmelzpunkt von Eisen bei 1535°C ist der sogenannte  $\delta$ -Ferrit mit seinem kubisch-raumzentrierten Gitter stabil.

## Duplex-Stahl

Durch Legierungselemente kann man die Gitterstruktur beeinflussen. Bei Stählen begünstigen beispielsweise Chrom, Molybdän, Vanadium und Silicium die Bildung von Ferrit. Nickel, Cobalt und Mangan begünstigen das Entstehen von Austenit. Der nichtrostende

## Hätten Sie's gewusst?

### 1) Wonach wird die Drahtförderrolle ausgewählt?

- a) Drahtelektrodendurchmesser
- b) Durchmesser der Schweißstromleitung
- c) Höhe des Schweißstroms
- d) Höhe der Schweißspannung

### 2) Welche Parameter werden vom Schweißer an der Schweißstromquelle eingestellt?

- a) Beim Lichtbogenhandschweißen wird nur der Drahtvorschub eingestellt.

### b) Beim Metall-Aktivgasschweißen wird die Spannung eingestellt, die Stromstärke wird über den Drahtvorschub geregelt.

- c) Die Spannung ist immer konstant, die Stromstärke ändert sich mit der Lichtbogenlänge.
- d) Beim Wolfram-Inertgasschweißen bleiben Spannung und Stromstärke immer konstant.

### 3) Wann kann noch ein Schweißbrand durch Funkenflug entstehen?

- a) nach mehreren Stunden

- b) zeitlich unbegrenzt

- c) nicht möglich

- d) nur nach wenigen Minuten

### 4) Mit welchem Verfahren kann die Aufhärtung einer Schweißverbindung festgestellt werden?

- a) Farbeindringprüfung
- b) Biegeprüfung
- c) Härteprüfung
- d) Zugversuch



(Auflösung auf der letzten Seite)

Stahl X5CrNi18-10 (Werkstoffnummer 1.4301) ist ein weit verbreiteter Vertreter austenitischer hochlegierter Stähle. Ein ferritischer, nichtrostender hochlegierter Stahl mit einem Chromgehalt zwischen 10,5 und 12,5% ist der X2CrNi12 (1.4003). Wenn man bei der Stahlherstellung eine geeignete Zusammensetzung und die dazu passende Wärmeführung wählt, dann lässt sich ein Werkstoff erzeugen, dessen Gefüge sowohl aus Ferrit als auch aus Austenit besteht (Duplex), Bild 3. Angestrebgt ist dabei meistens eine Aufteilung von etwa 50% Ferrit und 50% Austenit. Es entsteht ein Werkstoff, der die Eigenschaften beider Gefüge vereint: Er ist leicht magnetisch, besitzt ausgezeichnete Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften und ist korrosionsbeständig. Typische Vertreter dieser Werkstoffe sind der Duplex-Stahl X2CrNiMoN22-5-3 (1.4301) oder der noch korro-



**Bild 3.** Farbgeätzter Schliff des Duplexstahls 1.4462 – die durch Walzen länglichen Austenitausscheidungen sind hell gefärbt, das Ferritgefüge ist blau.

sionsbeständigere Superduplex-Stahl X2CrNiMoN25-7-4 (1.4410).

#### Schweißen von Duplex-Stahl

Die Schwierigkeit beim Schweißen von Duplex liegt darin, dass dieser Werkstoff aus der Schmelze heraus zunächst vollständig ferritisch erstarrt und erst bei der Abkühlung zwischen 1200 und 800°C Austenit ausscheidet und dafür eine gewisse Zeit braucht ( $T_{12/8}$ -Zeit). Daher ist Duplex – anders als austenitischer Edelstahl –

nicht mit hoher Abkühlgeschwindigkeit zu schweißen, sonst kann ein Gefüge mit zu hohem Ferritannteil erzeugt werden, das eine nicht ausreichende Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit besitzt. Dagegen ist bei viel zu geringen Abkühlgeschwindigkeiten mit Phasenausscheidungen und Versprödung zu rechnen. Deshalb ist auch ein zu breites Pendeln zu vermeiden.

Spezielle Zusatzwerkstoffe für Duplex besitzen einen erhöhten Anteil an Austenitbildnern (meist mehr Ni), um die  $T_{12/8}$ -Zeit kurz zu halten. Günstig sind 8 bis 10 s. Die Streckenenergie sollte etwa 5 bis 25 kJ/cm (Superduplex 2 bis 15 kJ/cm) betragen. Auch sollte die Zwischenlagertemperatur 250°C (Superduplex 150°C) nicht überschreiten. Ab 12 mm Bauteildicke empfiehlt sich Vorwärmung auf 100 bis 150°C

[Ri]

## Was ist das denn? (40)



Wissen Sie, was auf dem Bild oben wiedergegeben ist? Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Gezeigten und der Schweißtechnik? Schicken Sie Ihre Antwort mit Angabe Ihrer Postanschrift unter dem Kennwort „Was ist das denn? (40)“ bis zum 11. August 2017 entweder als E-Mail an [frauke.stork@dvs-hg.de](mailto:frauke.stork@dvs-hg.de) oder als Telefax (0211/1591-350) oder per Briefpost an die Redaktion von

„Der Schweißer“. Aus den richtigen Einsendungen werden die Gewinner des Quiz ausgelost (der Rechtsweg ist ausgeschlossen). Zu gewinnen gibt es die dargestellten Preise.

[Ri]

Der **erste Preis** besteht aus dem tragbaren Gleichstromschweißgerät „Buddy Arc 145“ zum Lichtbogenhandschweißen und dem Automatischeschweißerschutzhelm „Warrior-Tech“ von ESAB (Bild unten). Die 4,5 kg wiegende Stromquelle hat ein Gehäuse der Schutzklasse IP 23S für den Einsatz im Freien. Der leichte Helm hat einen großen Sichtbereich, 4 Sensoren für schnelle Reaktion, Schutzstufen 9 bis 13, Ansprechempfindlichkeitseinstellung und Aufhelligverzögerung.



**Zweiter Preis** ist die Gehörschutz-Radio-Kombination „Peltor XP“ von 3M, die zuverlässigen Gehörschutz mit Radiogenuss in Stereoqualität kombiniert. Das CE-zertifizierte Modell HRXP7A01 mit Anschluss für MP3-Player oder Funkgerät wiegt nur 340 g und hat einen Dämmwert von 32 dB. Die elektronische, niveauabhängige Funktion des Geräts dämpft schädlichen Lärm ab 82 dB und verstärkt gleichzeitig Umgebungsgeräusche für eine optimale Verständigung mit Kollegen und eine Signalerkennung.



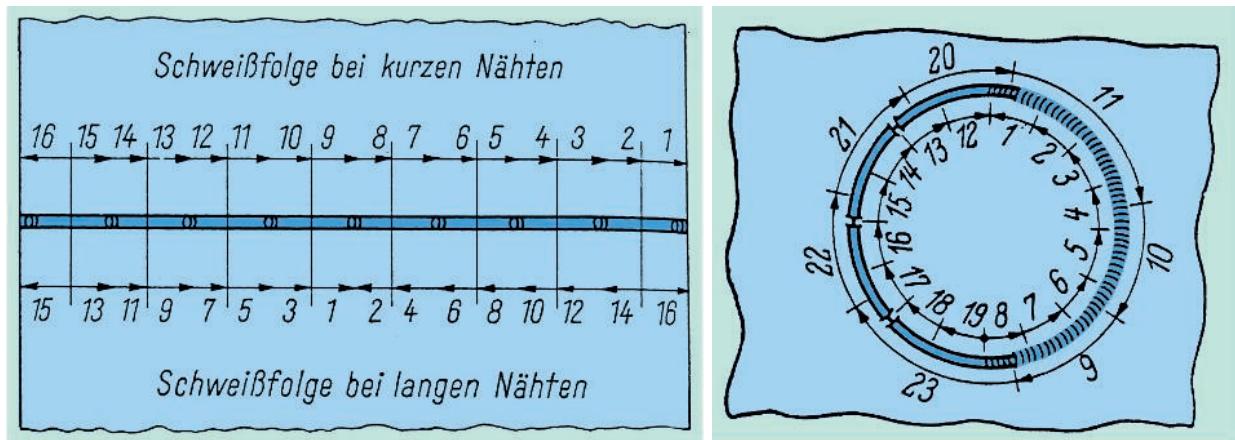
Der **dritte Preis** wird wieder von der DVS Media GmbH, Düsseldorf, zur Verfügung gestellt. Es handelt sich dabei um die beiden Bücher „Die Schweißtechnik im Wandel der Zeiten – vom Schmiedefeuer zum Laserstrahl“ von H. Behnisch und G. Aichele sowie den „Prüfungsfragenkatalog für den Schweißer“ mit Fragen aus den bei der Fachkundeprüfung abgefragten Themengebieten.

## Weniger Verzug durch Pilgerschritt

Durch die eingebrachte Wärme beim Schweißen können sich Bauteile, vor allem dünne Bleche, verziehen. Eine Maßnahme, um mit möglichst wenig Verzug zu Schweißen, ist das sogenannte Pilgerschrittverfahren. Dazu wird

beispielsweise ein Stumpfstoß an einem Blech von der Mitte nach außen geschweißt, indem man die beiden Teilstrecken in kleine Abschnitte zerlegt und im Wechsel immer zur Mitte hin schweißt (Bild links unten).

Ein einzuschweißender Flicken (Bild rechts) soll möglichst frei heranschrumpfen können. Beim Einschweißen von rechteckigen Flicken ist weiterhin darauf zu achten, dass die vier Ecken des Flickens einen ausreichend großen Radius von mindestens 50 mm haben. [Mu]



**Ich werde brillieren – Freuen Sie sich auf die nächste Generation der nahtlosen Fülldrähte – demnächst erhältlich**  
Ein neues Produkt des führenden Herstellers von Schweißzusatzwerkstoffen. Ich werde brillieren. Als nächste Generation von nahtlosen Fülldrähten werde ich die Produktion und das Design von Schweißzusatzwerkstoffen revolutionieren. Ich werde die Vorteile von gefalteten und nahtlosen Fülldrähten auf einzigartige Weise kombinieren. Ich werde Ihnen höchste Produktivität, Sicherheit vor Feuchtigkeit und ausgezeichnete Drahtförderungseigenschaften bieten. Wer ich bin? Treffen Sie mich auf der Schweißen & Schneiden 2017 in Düsseldorf und überzeugen Sie sich selbst zu was ich fähig bin.

**Herausgeber:** DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V.  
**Verlag:** DVS Media GmbH, Postfach 10 19 65, 40010 Düsseldorf, E-Mail: media@dvs-hg.de,  
Telefon: (0211) 1591-0, Telefax: (0211) 1591-150, Geschäftsführung: Dirk Sieben.  
**Redaktion:** Dipl.-Ing. Dietmar Rippegather (Ri/verantwortlich), Dipl.-Ing. Jochen Mußmann (Mu),  
Dipl.-Ing. Wolfgang Schneider (Sn), Dipl.-Ing. Holger Specht (Sp), Axel Vogelsang (Vs).  
**Anzeigen:** Iris Jansen (verantwortlich, iris.jansen@dvs-hg.de),  
Vanessa Wollstein (vanessa.wollstein@dvs-hg.de).  
**Vertrieb:** Carolin Hesse (carolin.hesse@dvs-hg.de), ISSN 16 12-34 41.  
**Bezugsbedingungen:** DER SCHWEISSEER erscheint zweimonatlich,  
Preis Jahresabonnement: Druckversion 29,50 € zuzüglich Versandkosten (derzeit 10,00 € für Inland, 15,00 € für Ausland), E-Mail-Version 24,50 €, Druck- und E-Mail-Version 35,50 €, Sammelbezug auf Anfrage.

Überreicht durch:

## Vorwärmung

Vorwärmung ist eine Wärmebehandlung vor dem Schweißen, die eingesetzt wird, wenn der innere Zustand des Werkstoffs den ihm durch das Schweißen gestellten Anforderungen nicht entspricht. Dabei wird ein Bauteil oder ein Bauteilabschnitt auf eine vorgegebene Temperatur, der Vorwärmtemperatur, erwärmt. Zweck des Vorwärmens kann sein:

- Verringern der Abkühlgeschwindigkeit beim Schweißen, insbesondere in der Wärmeeinflusszone (WEZ), und somit Begrenzen der Härte der Gefüge in der WEZ auf ungefährliche bzw. geforderte Werte;
- Vermeidung von Kaltrisse;
- Verringerung der Eigenspannungen, die den Sprödbruch begünstigen, und des Verzugs des Bauteils wegen gleichmäßigerer Temperaturverteilung.

Auch wird vorgewärmt, um einer Porenanfälligkeit von Werkstoffen entgegenzuwirken oder wenn beim Schweißen von Werkstoffen mit hoher Wärmeleitfähigkeit (Aluminium, Kupfer) Schwierigkeiten auftreten, die erforderliche Temperatur im Schweißbereich zu erreichen. Vorwärmung begünstigt das Entweichen von Wasserstoff, was die Gefahr einer Schädigung durch diesen vermindert.

[Ri]

**Auflösung** von Seite 3  
Hätten Sie's gewusst?

1a, 2b, 3a, 4c



## Härteprüfgerät

Der im Bild oben gezeigte Gegenstand ist ein Schlaghärteprüfgerät „Poldi“, besser bekannt unter dem Begriff „Poldihammer“, mit der zugehörigen Messlupe. Er ist nach der Poldihütte (Stahlwerk in Kladno bei Prag) benannt, wo er um 1900 entwickelt wurde. Er dient der dynamisch-plastischen Härtemessung nach einer Abwandlung der klassischen Brinell-Methode. Im Gegensatz zu dieser kann er jedoch überall eingesetzt werden, auch bei schon montierten Bauteilen und in jeder Lage, solange das Prüfgerät senkrecht zum Bauteil aufgesetzt werden kann und Raum für den Hammerschlag ist. Durch den Hammerschlag wird eine gehärtete Stahlkugel mit einem Durchmesser von 10 mm gleichzeitig in das zu prüfende Werkstück und in einen Ver-

gleichsmaßstab definierter Härte und Zugfestigkeit eingeschlagen. Beide Kugelkalotteneindrücke werden mit der Messlupe ausgemessen und der zugehörige Härte- und Zugfestigkeitswert aus der beiliegenden Tabelle abgelesen.

Der Poldihammer ist einfach und robust. Die damit ermittelten Härtewerte stimmen wegen des kurzen Schlags zwar nicht exakt mit den auf Pressen statisch ermittelten Härtewerten überein, sind aber für die meisten Ansprüche der Industrie ausreichend. Das zu prüfende Werkstück muss in jedem Fall eine große Masse haben, da sonst über Rückfederung der Messwert verfälscht wird. [Mu]

## Humor in der Schweißtechnik



Moderne Schweißtechnik, aus dem Schatten bedient

(W. Hasenpusch, Hanau)