

## Bestimmung der Vorwärmtemperatur gem. EN 1011-2, Methode B

Zur Vermeidung von Kaltrissen beim Schweißen von unlegierten Stählen, Feinkornbaustählen und niedriglegierten Stählen gibt das aktuelle Regelwerk einige Empfehlungen. Interessant und für den Praktiker einfach anwendbar ist die EN 1011-2. (Schweißen- Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe- Teil 2: Lichtbogenschweißen von ferritischen Stählen).

Hier besonders die Methode B im informativen Anhang C zur Vermeidung von Wasserstoffrissen.

Die Methode gilt für das Lichtbogenschweißen von Stählen der Gruppe 1 bis 4 nach CR ISO 15608, insbesondere aber für die häufiger angewendeten Gruppen der Baustähle und Feinkornstähle 1.1 bis 3.1.

Gruppe 1.1/1.2:	Unlegierte Baustähle bis $Re \leq 355$ MPa
Gruppe 1.3:	Normalisierte FK-Stähle mit $Re > 360$ MPa
Gruppe 2.1:	TM-Stähle mit $360 < Re \leq 460$ MPa
Gruppe 2.2:	TM-Stähle mit $Re > 460$ MPa
Gruppe 3.1:	Vergütete FK-Stähle mit $360 < Re \leq 690$ MPa

[IWeSBO.com](http://IWeSBO.com) / Reinhard Smolin

Es empfiehlt sich, die Berechnung vor der Schweißung einer Verfahrensprüfung durchzuführen und die ermittelten Werte in die WPS zu übernehmen.

Diese Methode B gilt für Stähle mit folgender chemischer Zusammensetzung.

C: 0,05—0,32%    Si: max. 0,8%    Mn: 0,5—1,9%  
 Cr: max. 1,5%    Cu: max. 0,7%    Mo: max. 0,75%  
 Nb: max. 0,06%    Ni: max. 2,5%    Ti: max. 0,12%  
 V: max. 0,18%    B: max. 0,005%

Ziel dieser Methode ist es, die Bildung von Kaltrissen zu vermeiden. Es geht hierbei um eine gezielte, auf den Grundwerkstoff, die Blechdicke, den Schweisszusatz und die Wärmeeinbringung bezogene Vorwärmung des Schweissnahtbereiches.

Das Endergebnis der Bestimmung ist ein Gesamtwert  $T_p$ , der sich aus 4 Werten zusammensetzt.

$$T_p = T_{pCET} + T_{pd} + T_{pHD} + T_{pQ} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Dieser Summenwert  $T_p$  ist dann die entsprechende Vorwärmtemperatur für das zu schweisende Bauteil.

Nachfolgend werden die einzelnen Berechnungsschritte (Schritt 1 bis 5) an einem Beispiel (in den Diagrammen in Rot dargestellt) durchgeführt.

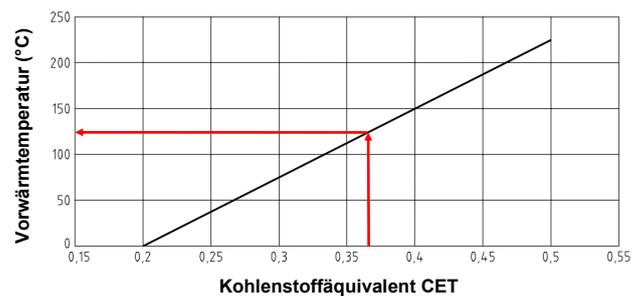
**Anwendungsbeispiel:** Unlegierter Baustahl mit einem CET von 0,37; Blechdicke 50mm; Schweißprozess 135 (MAG mit Schutzgas M21); mittlere Streckenenergie 1,5kJ/mm.

**Schritt 1:** Berechnung des Kohlenstoffäquivalentes CET für den Grundwerkstoff gem. folgender Formel:

$$CET = C + \frac{Mn + Mo}{10} + \frac{Cr + Cu}{20} + \frac{Ni}{40} \text{ in \%}$$

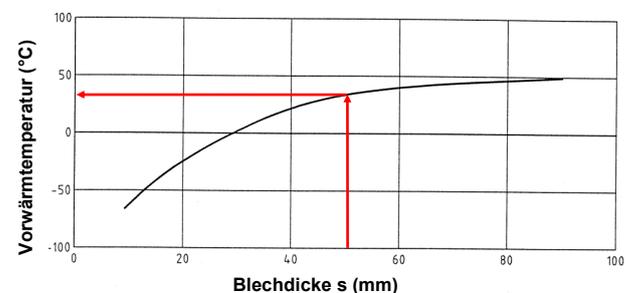
**Ergebnis 1:** Die Berechnung des Kohlenstoffäquivalentes CET für den Beispielwerkstoff ergab den Wert 0,37%.

**Schritt 2:** Bestimmung des Anteils der Vorwärmtemperatur resultierend aus der chem. Zusammensetzung (CET) des Stahles.



**Ergebnis 2:** Die Berechnung des  $T_{pCET}$  ergab für den Beispielwerkstoff einen Wert von +125°C.

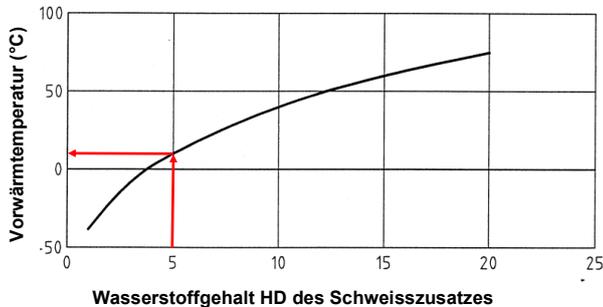
**Schritt 3:** Bestimmung der Vorwärmtemperatur an Hand des Diagramms für die Blechdicke.



**Ergebnis 3:** Die Berechnung von  $T_{pd}$  ergab für den Beispielwerkstoff bei einer Blechdicke von 50mm einen Wert von +30°C.

## Bestimmung der Vorwärmtemperatur gem. EN 1011-2, Methode B

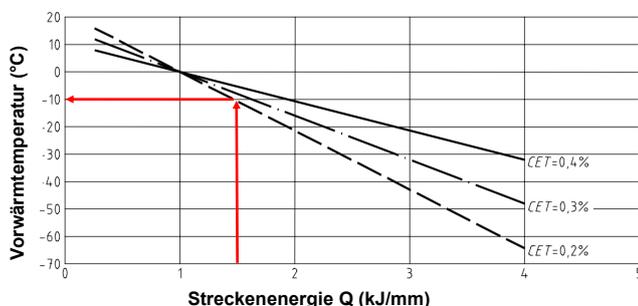
**Schritt 4:** Bestimmung der Vorwärmtemperatur an Hand des Diagramms für den Wasserstoffgehalt des Schweisszusatzes.



**Ergebnis 4:** Die Berechnung von  $T_{pHD}$  ergab für einen  $H_2$ -Gehalt von max. HD5; 5ml/100g Schweissgut, (z.B. Prozess 135) einen Wert von  $+10^\circ C$ .

**Schritt 5:** Bestimmung der Vorwärmtemperatur an Hand des Diagramms für die Wärmeeinbringung  $Q$  für den Schweissprozess 135 (MAG-Schweissen/M21).

$$Q \text{ (kJ/mm)} = 0,8 \times \frac{\text{Strom I (A)} \times \text{Spannung U (V)} \times 60}{\text{Schweissgeschwindigkeit v (mm/min)} \times 1000}$$



**Ergebnis 5:** Die Berechnung von  $T_{pQ}$  ergab für eine Streckenenergie von  $1,5 \text{ kJ/mm}$  eine Reduktion der Vorwärmtemperatur um  $-10^\circ C$ .

Aus dem CET des Grundwerkstoffes und den 4 Diagrammen wird schlussendlich die Gesamt-Vorwärmtemperatur berechnet gemäss folgender Formel:

$$T_p = T_{pCET} + T_{pd} + T_{pHD} + T_{pQ} \quad (^\circ C)$$

Für das Beispiel ergibt sich gemäss Berechnung folgende Gesamt-Vorwärmtemperatur

$$T_p = +125^\circ C + 30^\circ C + 10^\circ C - 10^\circ C = +155^\circ C$$

### Berücksichtigung des Schweisszusatzes.

Da es beim Schweißen von höherfesten Stählen vorkommen kann, dass die Schweisszusätze u. U. höher legiert sind als die Stähle selbst, sollte vor Schweissbeginn an Hand des Zeugnisses auch für den Schweisszusatz das CET berechnet werden.

Übertrifft das zuerst errechnete GW-CET (CET-Grundwerkstoff) das SZW-CET (CET-Schweisszusatz) um 0,03%, dann ist weiter mit dem Grundwerkstoff-CET zu arbeiten.

Andernfalls ist das errechnete SZW-CET um 0,03% zu erhöhen und damit nochmals die Vorwärmtemperatur  $T_{pCET}$  aus Schritt 2 zu bestimmen.

Die weitere Vorgehensweise ist analog zu den beschriebenen Schritten 2 bis 4 durchzuführen.

### Berücksichtigung weiterer Besonderheiten

Auch Heftscheidungen sollten unter Beachtung der Vorwärmung ausgeführt werden. Bei dünnen Blechen beträgt die Heftlänge  $4x$  Blechdicke.

Bei Blechdicken grösser 25mm ist darauf zu achten, dass die Heftnähte lang genug sind und wenn nötig zweilagig ausgeführt werden.

Beim Schweißen hochfester Grundwerkstoffe können die Heftnähte, so lange die konstruktive Gestaltung es zulässt, mit weichen verformungsfähigen Schweisszusätzen ausgeführt werden.

Bei Fülllagenschweißungen und mehrlagigen Kehlnähten wird keine Zwischenabkühlung durchgeführt bevor die Schweissnahtdicke nicht  $1/3$  der Blechdicke erreicht hat.

Wenn bei hochfesten Stählen zwischendurch auf Raumtemperatur abgekühlt werden muss, z.B. bei Schichtunterbrechung, dann ist zur Verminderung des Wasserstoffgehaltes aus der Schweisswärme heraus ein Soaking (=Wasserstoffarmglühung bei  $+250^\circ C/2h$ ) durchzuführen.