

# DILLIMAX

## Eigenschaften



## Eigenschaften

Hochfester DILLIMAX weist nicht nur hervorragende Werkstoff- und Verarbeitungseigenschaften auf. Seine Eigenschaften und Leistungen überzeugen ebenso unter Betriebsbedingungen im Bauteil. Die Hinweise zu den Eigenschaften von DILLIMAX sind nach bestem Wissen und der Erfahrung von Dillinger entstanden. Sie sollen den Verarbeiter bei der Entwicklung der eigenen Verarbeitungsprozedur unseres Werkstoffes unterstützen.

## Unser breites Produktportfolio auf einen Blick

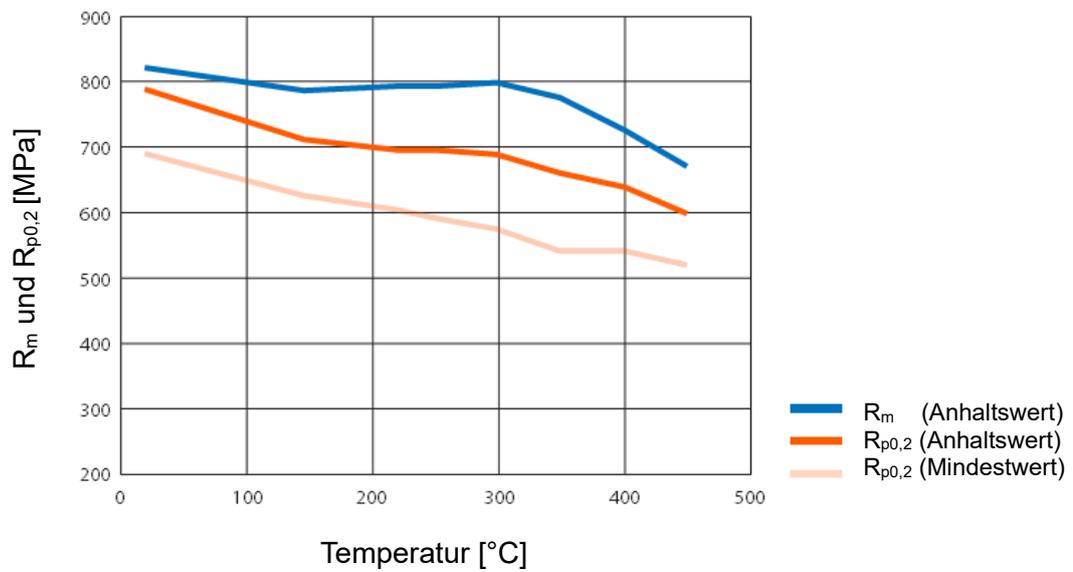
	Nominelle Mindeststreckgrenze [MPa]	Kerbschlag- zähigkeit [°C]	Blechdicke [mm]	Bezeichnung EN 10025-6
DILLIMAX 690	690	B/T/E -20/-40/-60	6 - 290 <sup>a</sup>	S690
DILLIMAX 890	890		6 - 160	S890
DILLIMAX 965	960		S960	
DILLIMAX 1 100	1100	-40	8 - 40	n.a.

<sup>a</sup> DILLIMAX 690 E: bis 200 mm

## Warmfestigkeit

Durch die gezielte Verwendung von Legierungselementen und die spezielle Vergütungsbehandlung verfügen DILLIMAX 690 und darüber über eine gute Warmfestigkeit bis 500 °C.

### Einfluss der Temperatur auf die Festigkeitseigenschaften von DILLIMAX 690 (≤50 mm Blechdicke)



Die Werte für die Warmfestigkeit von DILLIMAX 890 und DILLIMAX 965 verhalten sich ähnlich dem Kurvenverlauf im Diagramm von DILLIMAX 690 nur etwa 200 MPa für DILLIMAX 890 und ca. 350 MPa für DILLIMAX 965 höher. Mindestwerte für die Warmstreckgrenze können bei Bedarf garantiert und im Materialzeugnis ausgewiesen werden.

Falls eine Warmformgebung bei mehr als 560 °C vorgenommen wird, kann der ursprüngliche Vergütungszustand ebenso wie die mechanischen Eigenschaften beeinträchtigt werden. In diesem Fall ist eine Neuvergütung erforderlich. Generell gilt hier die Faustregel ca. 40 °C unterhalb der tatsächlichen Anlasstemperatur zu bleiben. Um dem entgegenzuwirken, kann vor Bestellung eine höhere Temperatur vereinbart werden und/oder die Anlasstemperatur im Zeugnis angegeben werden. Bitte beachten sie hierzu auch unsere Verarbeitungshinweise „Formen“.

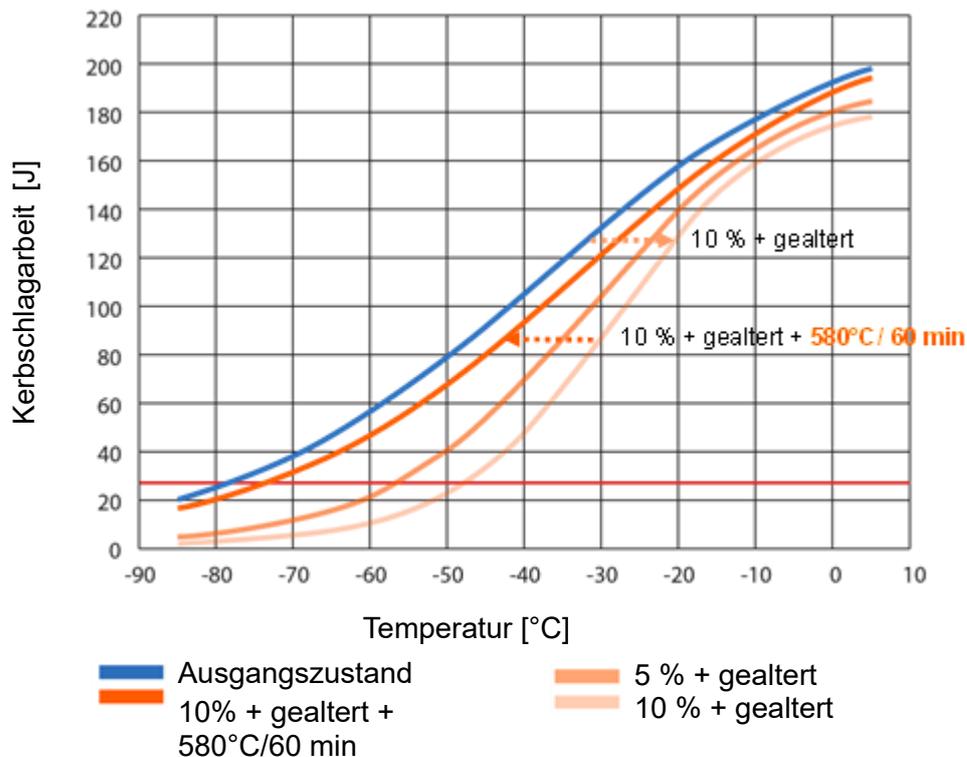
## Alterung

Kaltverformte Stähle unterliegen im Laufe der Zeit einer Versprödungserscheinung, der so-geannten Alterung. Während dieser Vorgang bei Raumtemperatur Jahre dauern kann, läuft er bei erhöhten Temperaturen wesentlich schneller ab.

Auch beim Schweißen in kaltverformten Bereichen kann die Alterung beschleunigt werden. Der Nachweis der Alterungsbeständigkeit kann auf Wunsch bei Bestellung nachgewiesen werden.

Entscheidend für die Sprödbrechtsicherheit eines kaltverformten Stahls sind die Zähigkeitsreserven, die er im Ausgangszustand aufweist, Grad der Kaltverformung sowie tiefste Einsatztemperatur des Bauteils. Ein nach dem Umformen fachgerecht durchgeführtes Spannungsarmglühen reduziert die versprödenden Wirkungen.

**Einfluss von Kaltumformung, Alterung und Spannungsarmglühen auf die Kerbschlagarbeit-Temperatur-Kurve eines DILLIMAX 690 T (Blechdicke 30 mm)**



**Flammrichten**

Das Flammrichten von Blechen ist ein in der Praxis des Stahlbaus häufig angewandtes Verfahren zur Formgebung komplexer Bauteile und zur Erzielung ebener Querschnitte. Alle DILLIMAX-Stähle bis DILLIMAX 965 können flammgerichtet werden. Wie bei der Verarbeitung konventioneller Stähle müssen jedoch auch hier bestimmte Randbedingungen eingehalten werden. Dabei ist zwischen dem Flammrichten mit Wärmebahnen, dem Flammrichten mit Wärmepunkten und Wärmekeilen zu unterscheiden. Das Flammrichten des DILLIMAX 1100 ist nicht zulässig.

Versuche haben gezeigt, dass ein lokales Absinken der Festigkeitseigenschaften und der Kerbschlageigenschaften von DILLIMAX 690 beim linienförmigen Flammrichten bis 800 °C nur an den Wärmebahnen eintritt. Dies ist jedoch für das gesamte Blech, je nach Anwendung, vernachlässigbar. Können bei der Anwendung diese Bereiche nicht toleriert werden oder wird über den gesamten Querschnitt erwärmt, muss die maximale Richttemperatur auf 40 °C unterhalb der Anlasstemperatur begrenzt bleiben. Dies gilt ebenso für das Warmrichten mit Wärmepunkten und mit Wärmekeilen. Generell ist zu beachten, dass bei hoher Wärmezufuhr mit einem Absinken der Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften von DILLIMAX-Stählen zu rechnen ist.

## Kohlenstoffäquivalent (Anhaltswerte)

Folgende Kohlenstoffäquivalente <sup>a,b</sup> stellen Anhaltswerte dar. Sie beziehen sich auf Erfahrungswerte und Durchschnittswerte. Sie weichen im Einzelfall ab. Bindend sind die im Auftrag vereinbarten

DILLIMAX 690			DILLIMAX 890		DILLIMAX 965		DILLIMAX 1 100	
Blechdicke	CEV Anhaltswert	CEV EN 10025-6						
10	0,45	0,65	0,57	0,72	0,57	0,82	0,57	-
25	0,45	0,65	0,50	0,72	0,50	0,82	0,77	-
50	0,51	0,65	0,54	0,72	0,54	0,82	-	-
100	0,59	0,77	0,66	0,82	0,66	0,85	-	-
175	0,71	0,83	-	-	-	-	-	-

Blechdicke	DILLIMAX 690 CET Anhaltswert	DILLIMAX 890 CET Anhaltswert	DILLIMAX 965 CET Anhaltswert	DILLIMAX 1 100 CET Anhaltswert
10	0,34	0,35	0,35	0,35
25	0,34	0,34	0,34	0,37
50	0,34	0,35	0,35	-
100	0,36	0,39	0,39	-
175	0,41	-	-	-

<sup>a</sup> CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15

<sup>b</sup> CET = C + (Mn+Mo)/10 + (Cr+Cu)/20 + Ni/40

## Verzinken

Hochfeste Stähle neigen beim Beizen oder Verzinken zur Rissbildung. Die Rissicherheit beim Feuerverzinken hängt jedoch nicht nur von der Werkstoffwahl, sondern auch von der Konstruktion, den Eigenspannungen, der Zusammensetzung des Zinkbades und der Prozessführung beim Verzinken ab. Die Anwendung von höherfesten vergüteten Stählen in feuerverzinkten Konstruktionen ist deshalb mit besonderer Vorsicht zu behandeln. Ist ein Beizen oder Verzinken vorgesehen, sollte dies bereits im Anfragestadium mitgeteilt werden.

In jedem Fall sollte im Vorfeld Rücksprache mit dem Stahlhersteller und dem Feuerverzinker genommen werden.

## Korrosionsbeständigkeit

In seinem korrosionsverhalten unterscheidet sich DILLIMAX nicht von konventionellen Stahlsorten. Sie sind daher durch ein dem Umgebungsmedium angepasstes Beschichtungssystem - im Normalfall mit einer mehrschichtigen Lackierung - zu schützen.

## Bauteileigenschaften

Im Vordergrund stehen die Ermüdungseigenschaften.

Schweißbare Feinkornbaustähle aus dem oberen Festigkeitsbereich wie DILLIMAX 690 bis DILLIMAX 1 100 werden bevorzugt für Komponenten eingesetzt, deren Gewicht auf ein Minimum reduziert werden muss (beispielsweise für Konstruktionen der Förder- und Hebetchnik).

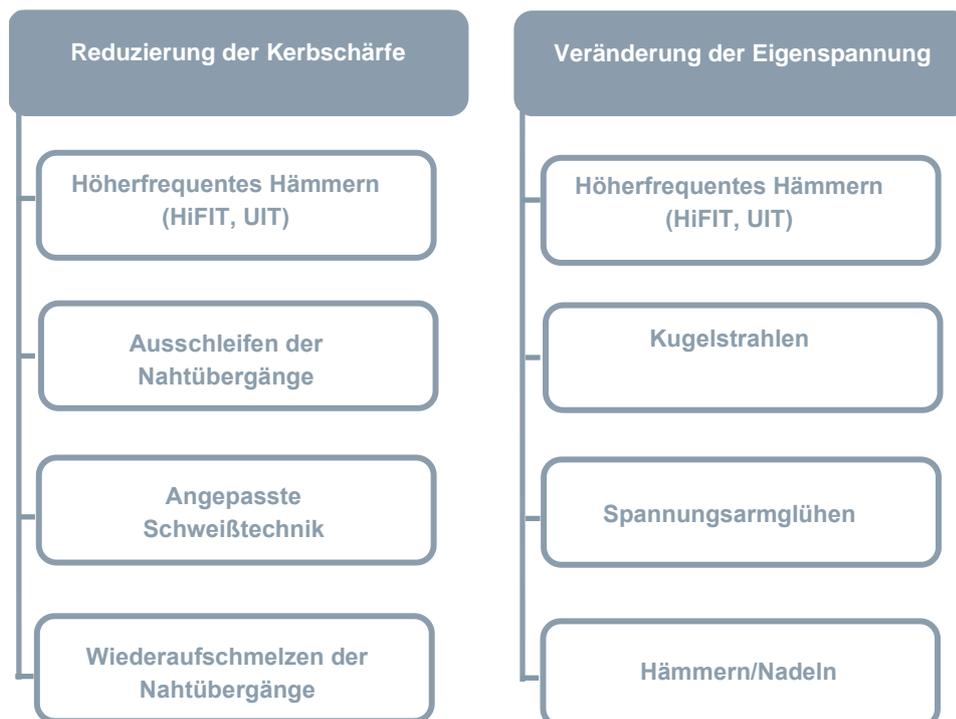
Die hohe Festigkeit der DILLIMAX-Stähle ist besonders vorteilhaft bei Konstruktionen, die aufgrund der geringen Lastspielzahl quasistatisch ausgelegt werden (z.B. Mobilkräne). Bei Bauteilen, die zyklischen Belastungen in der Anwendung unterworfen sind, können diese für die Auslegung ausschlaggebend sein. DILLIMAX-Stähle weisen eine gute Festigkeit bei zyklischer Belastung auf.

Viel stärker aber als der Grundwerkstoff unterliegen die Schweißnähte einer Ermüdung, was zum Versagen des Bauteils führen kann.

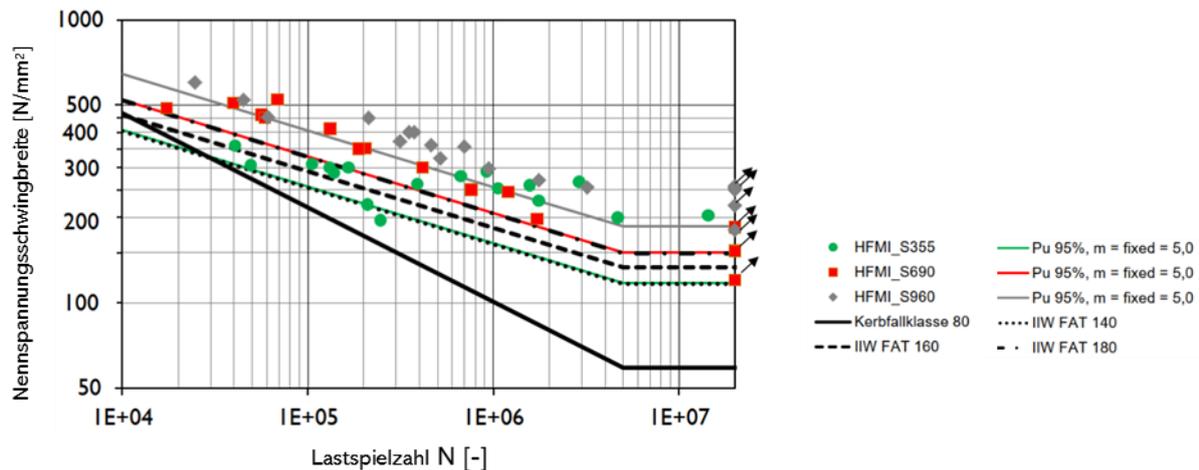
Bei einer Nachweisführung nach z.B. Eurocode 1993-1-9 ist die Ermüdungsfestigkeit für geschweißte Bauteile unabhängig von der Streckgrenze des Grundmaterials und allein durch die Ermüdungsfestigkeit des vorliegenden Kerbdetails gegeben. Ein wirtschaftlicher Einsatz von hochfesten Stählen ist daher in geschweißten Tragstrukturen, bei denen der Ermüdungsnachweis maßgeblich ist, zumindest auf Basis gegenwärtiger Regelungen oftmals nicht möglich. In solchen Fällen kann der Konstrukteur nicht in vollem Maße von der möglichen höheren statischen Festigkeit profitieren. Um hochfeste Stähle in ermüdungsbeanspruchten Bauteilen wirtschaftlich einzusetzen, ist daher vor allen Dingen auf ein ermüdungsgerechtes Konstruieren zu achten. Dies kann durch Maßnahmen zur Reduzierung der Kerbschärfe des Schweißdetails, aber auch durch Veränderung ermüdungskritischer Eigenspannungen erreicht werden. Hierdurch kann die Ermüdungsfestigkeit hochfester Stähle erheblich gesteigert werden.

Geeignete Schweißnahtnachbehandlungsmethoden zur Steigerung der Ermüdungsfestigkeit sind höherfrequente Hämmerverfahren (z.B. HiFIT oder UIT). Dies lässt sich darin begründen, dass diese Verfahren sowohl zu einem verbesserten Eigenspannungszustand durch die Einprägung von Druckspannungen als auch zu ermüdungsunkritischeren Schweißnahtübergängen führen.

## Möglichkeiten zur Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit von Schweißdetails



Der Erfolg solcher Schweißnahtnachbehandlungsverfahren konnte bereits in verschiedenen Forschungsvorhaben (z.B. REFRESH) nachgewiesen werden. Entsprechend validieren bzw. übertreffen die in folgender Grafik<sup>1</sup> dargestellten Versuchsergebnisse (Auswertung laut Nennspannungskonzept) die von IIW und DAST vorgeschlagenen FAT-Klassen für die HFMI-nachbehandelte Verbindung. Die Ergebnisse der Proben aus S690 und S960 liegen deutlich höher als die jeweils vorgeschlagene FAT 160 (für S690 )und FAT 180 (für S960).<sup>1</sup>



**Hinweise, zu diesen Verfahren und weitere nützliche Literatur:**

DIN EN 1993-1-9, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung. Norm, 2010  
 FKM Forschungskuratorium Maschinenbau e.V.: FKM-Richtlinie; Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile aus Stahl, Eisenguss und Aluminiumwerkstoffen - 7. Auflage, 2020  
 DAST Deutsche Ausschuss für Stahlbau: DAST - Richtlinie 026 -Ermüdungsbemessung bei Anwendung höherfrequenter Hämmerverfahren, 2019  
 Marquis, G.B., Barsoum, Z. : IIW Recommendations on High Frequency Mechanical Impact (HFMI) Treatment for Improving the Fatigue Strength of Welded Joints, Singapore: Springer, 2016  
 D. Schäfer, V. Rinaldi, D. Beg, P. Može, R. Lacalle, J. Portilla, D. Ferreño, J. A. Álvarez, R. Willms, J. Schütz; European Commission EUR 25120 - Optimisation and improvement of the flame straightening process (Optistraight), 2012

**Allgemeiner Hinweis (Haftung):**

Angaben über die Beschaffenheit oder Verwendbarkeit von Materialien bzw. Erzeugnissen sind lediglich Beschreibungen. Zusicherungen bezüglich des Vorhandenseins von Eigenschaften oder der Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck bedürfen stets besonderer schriftlicher Vereinbarungen.

Diese Verarbeitungshinweise unterliegen Aktualisierungen. Maßgebend ist die jeweils aktuelle Fassung, die auf Anforderung versandt wird oder unter [www.dillinger.de](http://www.dillinger.de) abgerufen werden kann.

**Kontakt**

AG der Dillinger Hüttenwerke

Telefon: 06831 47 3452

E-Mail: [info@dillinger.biz](mailto:info@dillinger.biz)

Werkstraße 1

66763 Dillingen/Saar

Deutschland

Ihren Ansprechpartner finden Sie unter [www.dillinger.de](http://www.dillinger.de)

**Ausgabe 02/2024**