



# STÄHLE FÜR DEN STAHLBAU

Niederländische Brücken setzen Zeichen

**DILLINGER** 

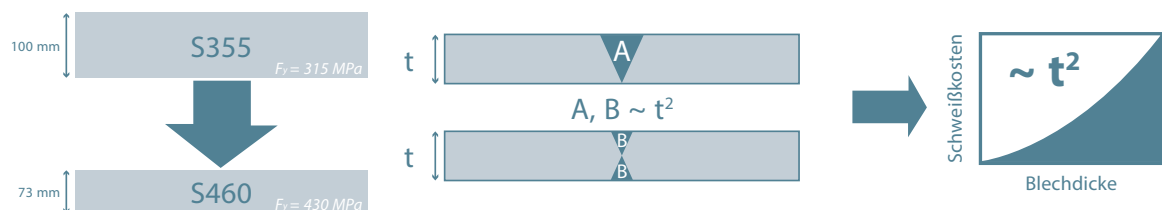
# ZEITGEMÄSSE STAHLKONZEPTE

Schon in der Planungsphase auf moderne, innovative Stahlgüten und Qualitätsstähle zu setzen, zahlt sich aus: So sind durch konsequente Ausschöpfung der Potentiale, die sich heute aufgrund intelligenter Produktentwicklungen bei der Stahlherstellung bieten, herausragende, zeitgemäße und nachhaltige Bauwerke im Stahlbau entstanden.

Neben einer schlankeren Ästhetik in der Architektur erlauben die modernen Stahlkonzepte eine hocheffiziente, kostenoptimierte Fertigung. Nachfolgend fassen wir die besonderen Vorteile unserer neuen Stahlentwicklungen zusammen und dokumentieren sie anhand einiger ausgewählter Brückenprojekte in den Niederlanden.

## Höherfeste Stähle

Während früher bereits ein Stahl mit einer Mindeststreckgrenze von 355 MPa (z.B. S355N) als höherfester Stahl galt, werden heute Stähle mit Streckgrenzen von mindestens 460 MPa bis hin zu 690 MPa eingesetzt. Das geschieht aus gutem Grund: So erlauben diese neuen „höherfesten“ Stähle deutliche Gewichts- und damit Kostenersparnisse und stellen ein ideales Beispiel für den nachhaltigen Ressourceneinsatz im Brückenbau dar. Je nach Belastungssituation lassen sich beim Übergang von einem S355 auf einen S460 bis zu 30 % Materialdicke einsparen, was leichtere Konstruktionen und längere Spannweiten ermöglicht.



Zusätzlich zu dem offensichtlichen Kostenvorteil durch einen geringeren Materialeinsatz bieten höherfeste Stähle weitere Vorteile. Zunächst einmal wirkt sich das geringere Gesamtgewicht positiv auf die Fundamentkonstruktion aus. Zudem entstehen deutlich niedrigere Schweißkosten, weil diese überproportional mit der Blechdicke abnehmen.

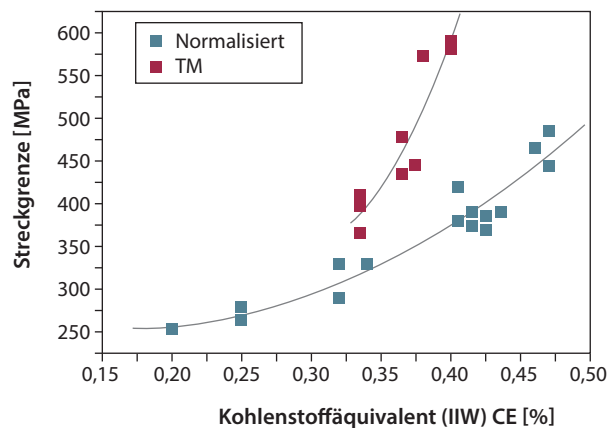
Für die Streckgrenzenklasse S460 stellt der Dillinger S460M/ML (erhältlich unter dem Markennamen DI-MC 460 B/T) daher eine hervorragende Alternative zu einem klassischen S355J2+N dar. Ausgestattet mit exzellenten Verarbeitungseigenschaften ist er selbst bei großen Blechdicken überaus wirtschaftlich einsetzbar.

Wenn, besonders bei hochbeanspruchten Bauteilen, ein Stahl mit Streckgrenze von 460 MPa konstruktiv jedoch an seine Grenzen stößt, erlaubt der Einsatz eines S690Q/QL neue Gestaltungsmöglichkeiten. Aufgrund seiner guten Verarbeitbarkeit bietet Dillinger mit DILLIMAX 690 hier die ideale Lösung für eine noch leichtere und filigranere Bauweise von Brückenbauwerken.

# SICHERE UND EFFIZIENTE KONSTRUKTIONEN

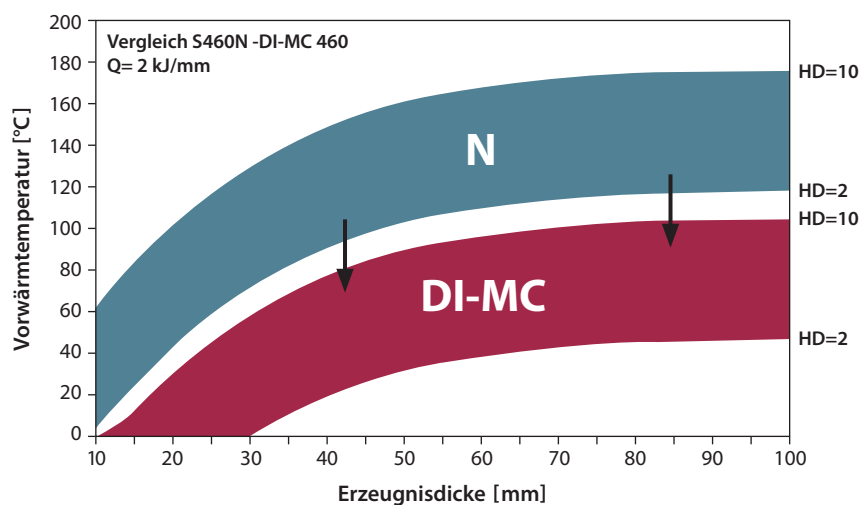
## Exzellente Schweißbarkeit

Zur Erzielung höherer Festigkeiten müssen dem Stahl allerdings zusätzliche Elemente hinzulegiert werden, die eine erhöhte Sorgfalt beim Schweißen erfordern. Hier bieten höherfeste, thermomechanisch gewalzte Stähle, wie S460M/ML, einen idealen Kompromiss aus hoher Festigkeit und exzellenter Schweißbeignung, denn der Festigkeitsgewinn wird größtenteils durch das spezielle Walzverfahren erzeugt. Hohe Gehalte an Legierungselementen werden demnach vermieden und es stellen sich sehr niedrige Kohlenstoffäquivalente ein.



Die gängigen Kohlenstoffäquivalente CEV bzw. CET können hierbei als Maßstab zur Bewertung der Schweißbeignung herangezogen werden: je niedriger das CEV oder CET, desto besser ist die Schweißbeignung. So lässt sich mit ihrer Hilfe auch die notwendige Vorwärmtemperatur beim Schweißen eines Stahles berechnen.

Aufgrund der sehr niedrigen Kohlenstoffäquivalente von DI-MC 460 lässt sich dieser Stahl mit deutlich reduzierter Vorwärmtemperatur schweißen. Bei geeigneter Parameterwahl kann sogar bis in hohe Blechdickenbereiche gänzlich auf das Vorwärmen verzichtet werden. DI-MC 460 ermöglicht damit einen Gewinn an Festigkeit ohne Nachteile bei der Verarbeitbarkeit.



Dillinger verfügt dank eigener Vormaterialherstellung über sehr dicke, hochqualitative Brammen. Im perfekt aufeinander abgestimmten Zusammenspiel mit der Dillinger Walz- und Kühltechnologie können so Grobbleche der vorteilhaften Güte S460M/ML (DI-MC 460 B/T) bis zu einer Blechdicke von 150 mm hergestellt werden. Und das mit garantiert niedrigen Kohlenstoffäquivalenten CEV.

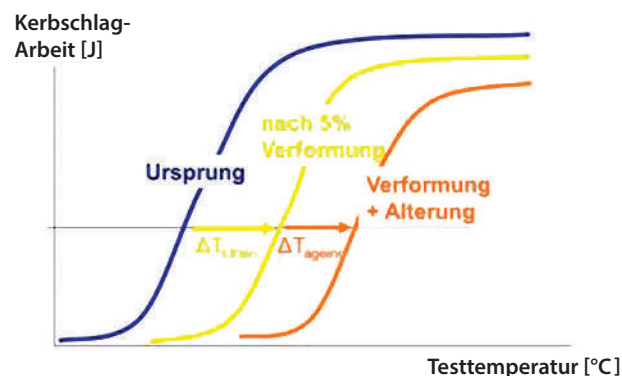
Blechdicke t [mm]	DI-MC 460 B/T typische CET [%]	DI-MC 460 B/T typische CEV [%]	DI-MC 460 B/T max. CEV [%]	Vergleiche EN 10025-4 max. CEV [%]
t ≤ 16	0,27	0,38	0,40	0,45
16 < t ≤ 40	0,27	0,38	0,40	0,46
40 < t ≤ 80	0,25	0,37	0,39	0,47
80 < t ≤ 120	0,25	0,39	0,42	0,48
120 < t ≤ 150	0,26	0,40	0,43	–

#### Höchste Anforderungen an die Zähigkeit

Hohe Materialzähigkeit und Rissunempfindlichkeit sind wichtige Faktoren für die Bauteilsicherheit in einem Bauwerk. Eine CTOD-Prüfung (Crack Tip Opening Displacement) bestimmt den Widerstand eines Werkstoffes gegen Risswachstum und gilt damit als Beleg für höchste Zähigkeit. An Stählen nach EN 10225 hat sie sich als zusätzlicher Nachweis vor allem für Offshore-Anwendungen bewährt. Aber auch Baustähle wie S460ML werden mittlerweile nach solchen Anforderungen angeboten. Der Test kann sowohl an der Schweißverbindung (meist zur Vorqualifizierung eines Materials) als auch am Grundmaterial durchgeführt werden.

#### Höchste Anforderungen an die Kaltumformbarkeit

Rohre oder gebogene, abgerundete Formen – die vielfältige Umformbarkeit ist eine herausragende Eigenschaft des Materials Stahl, durch die sich komplexe, neuartige und effiziente Strukturen erzeugen lassen. Leider führt insbesondere das Kaltumformen zu einer Reduzierung der Zähigkeit im Material und damit zu einer Verschiebung der Übergangstemperatur vom zähen (Hochlage der Kurve) zum spröden Materialverhalten (Tieflage der Kurve).



Stähle mit sehr niedrigen Übergangstemperaturen bieten hierbei die notwendigen Sicherheitsreserven. So lassen sich mittlerweile Stähle herstellen, welche selbst nach 10 % Verformung und anschließender Alterung noch Zähigkeitsanforderungen bei tiefen Temperaturen erfüllen. Im Fertigungsprozess kann dabei auf kosten- und zeitintensive Normalisierungsschritte an den kaltgeformten Bauteilen verzichtet werden. Das garantiert eine effiziente und sichere Fertigung.



# IN GROSSARTIGEN PROJEKTEN BEWÄHRT

## Zandhazenbrug

Höherfeste Stähle

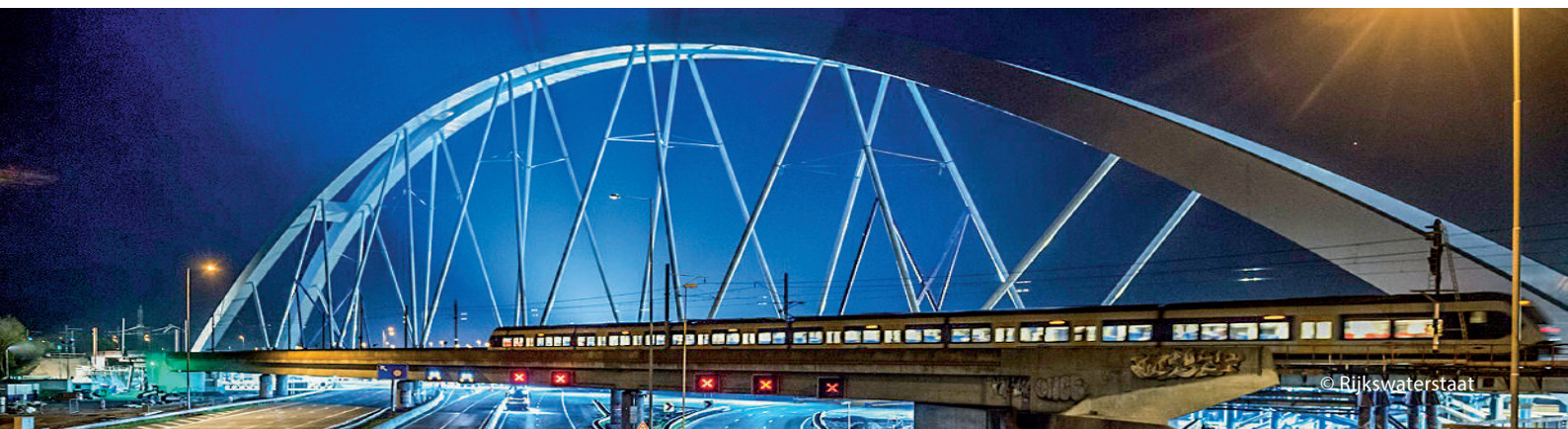
Exzellente Schweißbarkeit

Höchste Anforderungen an die Kaltumformbarkeit

Als Teil des derzeit größten Infrastrukturprojektes in den Niederlanden wurde die neue zweigleisige Bogenbrücke über die A1 bei Muiderberg, östlich von Amsterdam, am 26. August 2016 offiziell eröffnet. Das Mega-Projekt Schiphol-Amsterdam-Almere, abgekürzt SAAone, umfasst u. a. die Erweiterung der Autobahn A1 von 6 auf 10 Fahrspuren. Um diese Erweiterung zu ermöglichen, musste die bei Muiderberg bestehende Betoneisenbahnbrücke durch eine längere Brücke ersetzt werden. Aufgrund der notwendigen großen Spannweite war eine Stahlbogenbrücke ohne Zwischenstützen die geeignete Wahl. Mit einer Spannweite von 255 m, einer Breite von 17 m, einer Höhe von 55 m und einem Gewicht von 8.400 t ist sie eine der größten Bogenbrücken ihrer Art in Europa.

„Schlank“, „leicht zu transportieren“ oder „einfache Montage der Fertigteile vor Ort“, so lauteten die Ansprüche an die Konstruktion. Zur Erreichung dieser Ziele wurden hohe Anforderungen an die zu verwendenden Materialien und die Schweißtechnologie gestellt. Zur Gewichtsreduzierung wurde hauptsächlich der thermomechanisch gewalzte Stahl S460M/ML eingesetzt. Die querverlaufenden Rohre der Bogenbrücke wurden aus S355NL, mit höchsten Anforderungen an die Kaltverformung (bis zu 10 %), konzipiert.

In dieser Brücke fanden 8.250 t Dillinger Stahl Verwendung, davon rund 7.000 t in der Güte S460M/ML.



## Koningin Máximabrug

Höchste Anforderungen an die Kaltumformbarkeit

Die am 6. April 2017 eröffnete Klappbrücke überspannt den Oude Rijn in Alphen aan den Rijn. Über zwei Brückensegmente, die sich öffnen und schließen lassen, wird auch Schiffen mit höheren Aufbauten die Durchfahrt ermöglicht. Dabei ist die Koningin Máximabrug gleichzeitig zukunftsweisend: Der geschickte Einsatz von Materialien und erneuerbarer Energie stehen für ihre Nachhaltigkeit. So liefern zum Beispiel Sonnenkollektoren die Energie für die Brückenöffnung sowie für ihre Beleuchtung und die Ampeln. Natürliche Wasseraufbereitungsanlagen schaffen ein Gebiet mit sauberem Wasser.

Dillinger lieferte für diese besondere Brücke 420 t Grobbleche.





# DAS BESONDERE MÖGLICH MACHEN



© Eiffel Deutschland Stahltechnologie

## Botlek-Brücke

### Höherfeste Stähle

### Exzellente Schweißbarkeit

### Höchste Anforderungen an die Kaltumformbarkeit

Die neue Botlek-Brücke, eine kombinierte Eisenbahn- und Straßenbrücke im Hafen von Rotterdam, ist Bestandteil und Kernstück des 37 km langen, großangelegten Ausbaus der Autobahn A15 von Maasvlakte nach Vaanplein. Sie gehört zu den größten Hubbrücken der Welt und ist auch ansonsten eine Brücke der Superlative: Sie bewegt die weltweit größte Masse, besitzt die höchste Hubfrequenz und die höchste Hubgeschwindigkeit. Die 1.243 m lange Brücke besteht aus sechs 64 m hohen ovalen Stahlbetonhebetürmen und zwei 4.850 t schweren Stahlüberbauten mit jeweils einer Spannweite von 92 m und einer Breite von ca. 50 m. Dies entspricht der Größe eines Fußballplatzes. Nicht nur die zu bewegende Masse (ca. 10.000 t, was ungefähr dem Gesamtgewicht des Eiffelturms entspricht), sondern auch die Häufigkeit und die Geschwindigkeit der Öffnungen sind beeindruckend. Die Brücke wird etwa einmal pro Stunde in weniger als 100 Sekunden um 30 m gehoben oder gesenkt, was bis zu 9.000 Öffnungen pro Jahr ergibt.

Da die Hubbrücke über ihre 100-jährige Lebensdauer (oder 900.000 Hubvorgänge) weit mehr als den branchenüblichen Beanspruchungen standhalten müssen, mussten auch die verwendeten Materialien und die Schweißtechnologie hohen Anforderungen gerecht werden. Um Gewicht zu reduzieren, wurde hierbei verstärkt der thermomechanisch gewalzte Stahl S460M/ML mit speziellen Anforderungen an die Schweißneigung (niedriges Kohlenstoffäquivalent, CTOD-Anforderungen, erhöhte Zähigkeit) eingesetzt.

In dieser Brücke der Superlative findet Dillinger Stahl sowohl in den Stahlüberbauten als auch in den Führungsschienen des Hubwerkes Verwendung.

## De Oversteek

### Höherfeste Stähle

„De Oversteek“, wie die Stadtbrücke in Nijmegen auch genannt wird, wurde von 2011 - 2013 errichtet, um die expandierenden Vororte auf der Nord- und Südseite des Flusses Waal miteinander zu verbinden. Bautechnisches Highlight der gesamten Brückenkonstruktion ist die moderne Stahlbogenbrücke. Mit ihrer spektakulären Netzwerkstruktur überspannt sie die Fahrrinne der Waal auf einer Länge von 285 m. Für dieses monumentale Bauwerk lieferte Dillinger 1.600 t Grobblech, darunter auch ca. 320 t der höherfesten Stahlgüte S690QL (DILLIMAX 690 T).



## Galecopperbrug

### Höherfeste Stähle

### Höchste Anforderungen an die Zähigkeit

Die Galecopperbrug überquert als Teil der A12 den Amsterdam-Rhein-Kanal in Utrecht. Sie ist die am zweitstärksten befahrene Brücke in den Niederlanden und wurde von 2013 bis 2015 renoviert. Diese Sanierung war notwendig, weil die Brücke an der Grenze ihrer maximalen Last angelangt war. Damit die Brücke zukünftig die Passage von Schiffen mit vier Containerlagen erlaubt, wurden die Renovierungsarbeiten zugleich zu einer Erhöhung der Galecopperbrug genutzt.

Für diese beispiellose Renovierung lieferte Dillinger ca. 5.800 t Grobbleche in der Festigkeitsklasse S460, größtenteils S460M/ML und ca. 1.000 t S460G2+Q.





#### **Kontakt**

Ihren Ansprechpartner finden Sie unter  
<http://www.dillinger.de/kontakt>

#### **AG der Dillinger Hüttenwerke**

Postfach 1580 · 66748 Dillingen/Saar · Deutschland  
Telefon: +49 6831 / 47 3456 · Telefax: +49 6831 / 47 3089  
E-Mail: [info@dillinger.biz](mailto:info@dillinger.biz) · <http://www.dillinger.de>

**DILLINGER** 