



# CHROM-MOLYBDÄN

Ein starkes Stück Stahl

**DILLINGER** 

# DILLINGER. A PASSION FOR STEEL.

Stahl ist unsere Leidenschaft. Seit mehr als 330 Jahren glauben wir an Ideenreichtum und Innovation gepaart mit Liebe zum Detail und Perfektion.

## Je besser der Stahl, desto erfolgreicher unsere Kunden

Stahl ist ein einzigartiger, faszinierender Werkstoff und wer ihn versteht und beherrscht wird mit herausragenden Eigenschaften belohnt. Bei Dillinger ist der gesamte Herstellungsprozess – beginnend bei der Forschung über die Stahlherstellung bis hin zum Walzwerk – allein auf das Produkt Grobblech fokussiert. Aus dieser Spezialisierung erwächst ein unvergleichliches Know-how, das wir zum Vorteil unserer Kunden einsetzen. Wissen, Erfahrung und der zielgerichtete Einsatz modernster KI-Anwendungen ermöglichen Dillinger auch kritische Güten sicher zu produzieren und Produktentwicklungen voranzutreiben. Wenn es auf höchste Qualität, Zuverlässigkeit und Produktivitätssteigerung ankommt, ist Dillinger für Sie da – versprochen.

Mit mehr als 2.000 verschiedenen Stahlsorten und einem beeindruckenden Abmessungsprogramm bietet Dillinger ein unvergleichliches Produkt-Portfolio. Differenzierte Kundenberatungen und ein zunehmend digitales Serviceangebot runden das Leistungsspektrum optimal ab.

## Weltweit hoch geschätzt

Die Öresundbrücke, die Dänemark mit Schweden verbindet, das Shanghai World Financial Center, eines der höchsten Gebäude der Welt, gigantische Offshore-Windkraftanlagen oder das Louis Vuitton Museum in Paris mit seiner atemberaubenden Architektur sind eindrucksvolle Beispiele für den vielseitigen Einsatz der Dillinger Hightech-Stähle, die höchsten Ansprüchen und Sicherheitsanforderungen genügen.

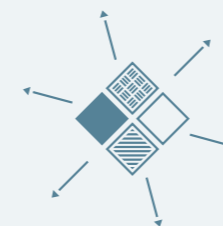
## Ein Credo für Nachhaltigkeit

Stahl ist wie kein anderer Werkstoff besonders nachhaltig, nicht zuletzt aufgrund seiner extremen Recyclingfähigkeit. Zudem hat Umweltschutz bei Dillinger einen besonderen Stellenwert. Im Zentrum unserer Nachhaltigkeitsstrategie stehen eine CO<sub>2</sub>-arme Stahlherstellung, umweltverträgliche Produkte, die Steigerung der Energieeffizienz und der Ressourcenschonung, die Reduzierung von Emissionen oder die Verbesserung des Gewässerschutzes. Dillinger bekennt sich zu den Zielen des Pariser Klimaschutzabkommens. Unser Credo lautet: Industrielle Spitzentechnologie gepaart mit nachhaltigem Wirtschaften – nicht mehr und nicht weniger.

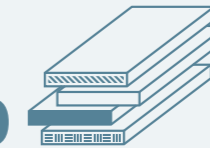
# DILLINGER IM ÜBERBLICK



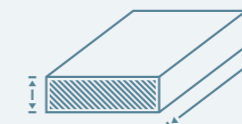
Über **330** Jahre Erfahrung



Beratungskompetenz in mehr als  
**10** Anwendungsbereichen



Über **2.000**  
verschiedene Stahlsorten



Grobbleche bis **28m** Länge  
und **500mm** Dicke



Blechgewicht bis **52 t**



Über **200** internationale  
Zulassungen, Zertifikate  
und Qualifizierungen



# IHR PARTNER FÜR DEN PETRO- CHEMISCHEN REAKTORBAU

Ob Hydrotreater, Hydrodesulphurizer oder Hydrocracker – hohe Temperaturen und Drücke in Reaktoren, speziell im petrochemischen Reaktorbau, stellen extreme Anforderungen an die verwendeten niedrig legierten Chrom-Molybdän-Stähle. Gut, wenn Sie sich auf einen kompetenten Hersteller verlassen können, der die anspruchsvollsten Spezifikationen erfüllt, um einen langfristig sicheren Betrieb zu gewährleisten.

## Richtungsweisend im Reaktorbau

Dillinger genießt weltweit einen exzellenten Ruf als verlässlicher Partner im petrochemischen Reaktorbau – mit hoher Produktqualität und globaler Liefertreue. Unsere Grobblechwalzwerke in Deutschland und Frankreich zählen zu den effizientesten der Welt und sind mit jeweils zwei starken Quarto-Walzgerüsten ausgestattet. Dahinter stehen jahrzehntelange Erfahrung, einzigartige technologische Möglichkeiten und die intensive Zusammenarbeit mit Konstrukteuren, Verarbeitern, Betreibern und Gremien. Unsere Mitarbeiter wirken als Experten bei der Gestaltung von Industriestandards und Regelwerken mit, wie z. B. bei der API 934 RP Reihe.

## Individuelle Lösungen, eigene Prüflabore

Dillinger liefert CrMo-Stähle gemäß den gängigsten internationalen Standards wie ASTM/ASME und EN 10028 Teil 2. Mit Hilfe unserer eigenen Forschungs- und Entwicklungsabteilung sind wir in der Lage, das Stahl-Design individuell an die Kundenbedürfnisse anzupassen und dabei normkonform zu bleiben. Eine breite Palette an Vormaterial erlaubt es uns, Bleche mit hohen Umformgraden herzustellen, welche die Normanforderungen weit übertreffen können. Die Prüfung der Produkte erfolgt in eigenen, nach ISO 17025 akkreditierten Laboratorien. Auf Wunsch übernehmen wir im Rahmen einer Weiterverarbeitung auch die ersten aufwändigen Arbeitsschritte in der Reaktorfertigung. Lassen Sie sich von unseren erfahrenen Experten umfassend beraten.

## Ihre Produktvorteile auf einen Blick

- Breites Gütespektrum
- Extreme Blechformate und Stückgewichte
- Höchste Zähigkeiten
- Außergewöhnliches Dickenspektrum kombiniert mit Hochleistungswalzstraßen
- Niedriger Gehalt an Spurenelementen minimiert Anfälligkeit für Anlassversprödung
- Kosteneffiziente Fertigung durch reduzierten Schweiß- und Prüfaufwand am Reaktor
- Anforderungen oberhalb der Norm sind möglich

## Ihre Servicevorteile auf einen Blick

- Umfassende Beratung durch erfahrene Experten
- Entwicklung maßgeschneiderter Speziallösungen im Stahl-Design
- Weiterverarbeitung in Dillingen (Anarbeitung)



Entdecken Sie unseren **E-Service-Bereich** mit diversen Tools, wichtigen Informationen und der **App E-Connect** zur Blechidentifikation sowie Download der Zeugniswerte.

# NORMGERECHT UND MASSGESCHNEIDERT

Stahl ist nicht gleich Stahl. Jeder Auftrag hat sein ganz individuelles Anforderungsprofil an das Stahl-Design. Dillinger klärt bei jedem Auftrag in engem Austausch mit Konstrukteuren und Verarbeitern zunächst die projektspezifischen Bedingungen, um genau jenen Stahltyp anzubieten, der die gestellten Anforderungen optimal erfüllt – normgerecht und maßgeschneidert.

## Hohe Anforderungen, anspruchsvolle Normen

Petrochemische Prozessreaktoren sind so ausgelegt, dass sie bei hohen Drücken, hohen Temperaturen und unter Druckwasserstoffbelastung eine möglichst lange Betriebsdauer sicher bewältigen. Normen geben die wesentlichen Eckdaten für das Stahl-Design vor, beispielsweise die mechanisch-technologischen Kennwerte. Verwendungsmöglichkeiten dieser Stähle sind durch das sogenannte Nelson-Diagramm und die API 941 vorgegeben.

## Stahl-Design unterliegt zahlreichen Einflussfaktoren

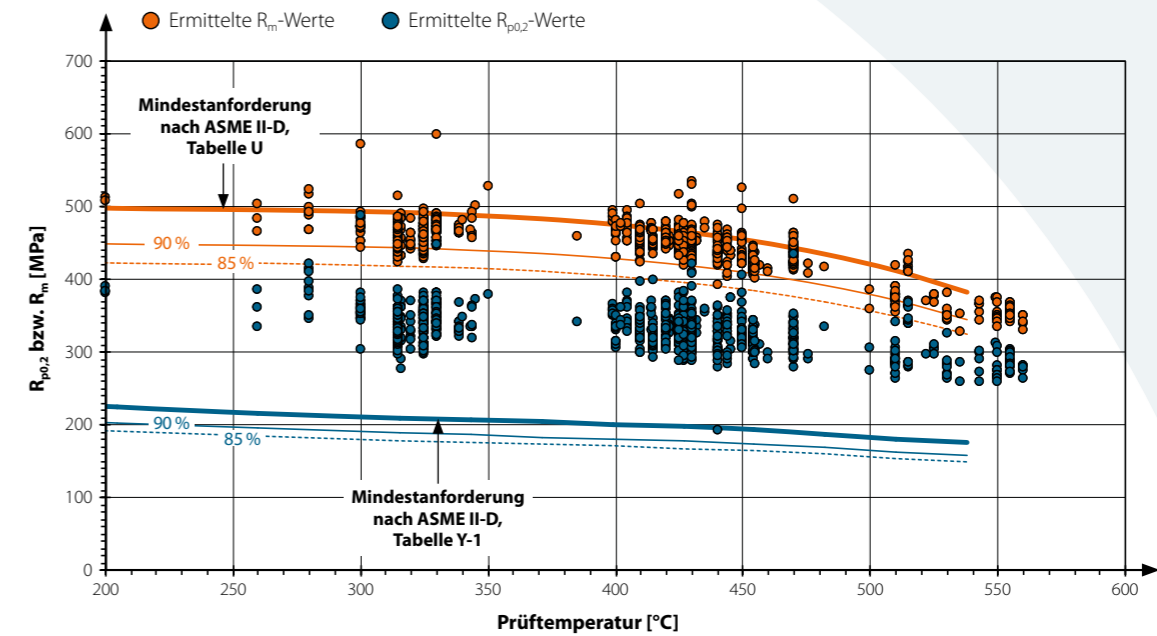
Doch nicht nur die chemische Analyse und die Blechdicke beeinflussen die Werkstoffeigenschaften. Auch die Bedingungen der Wärmebehandlung (Normalisieren, Anlassen, Wasservergüten, Spannungsarmglühen) sowie nachgeschaltete Umformprozesse bei der Weiterverarbeitung spielen eine entscheidende Rolle. Alle diese Parameter fließen in die Wahl des jeweiligen Stahl-Designs ein, um optimale Sicherheit und Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten.

## Bei dicken Blechen nur wasservergütete CrMo-Stähle

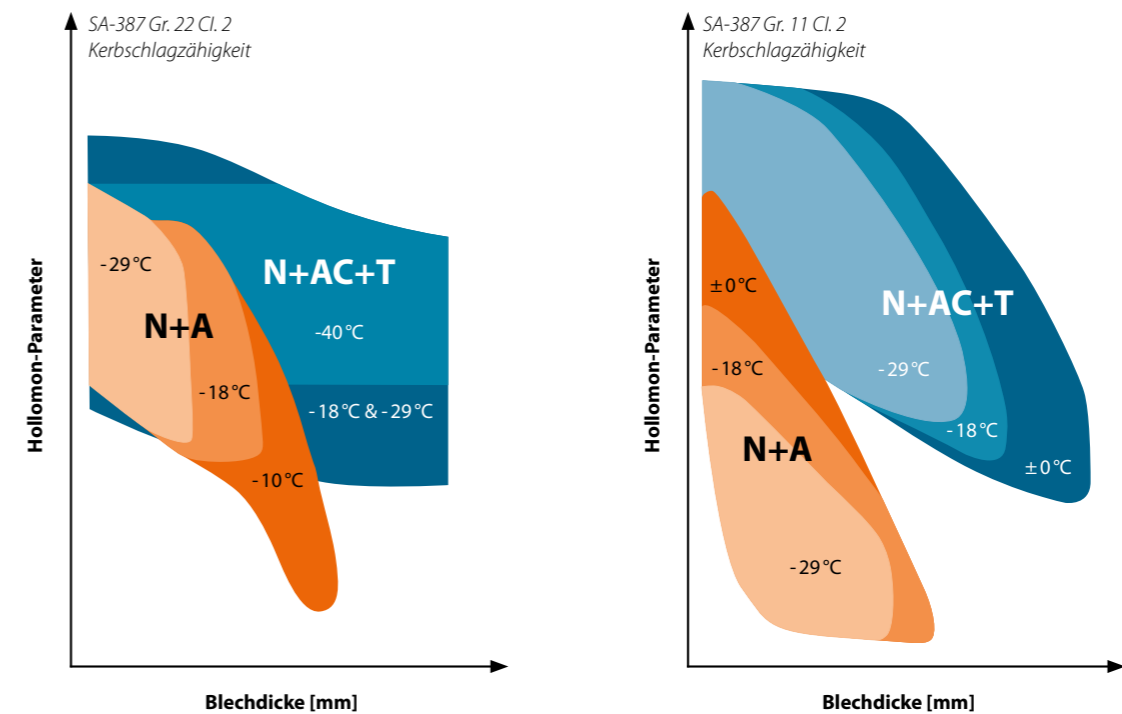
Wie sich eine Wärmebehandlung auf die technische Machbarkeit auswirkt, zeigen Untersuchungen von Dillinger am Beispiel des Anlassens und Spannungsarmglühens von luftgekühlten und wasservergüteten CrMo-Stählen. Mit Hilfe des sogenannten Hollomon-Parameters (in der US-amerikanischen Normung besser als Larsen-Miller-Parameter bekannt) werden die Zusammenhänge zwischen Temperatur und Haltedauer bei der Wärmebehandlung anschaulich zusammengefasst (siehe Grafiken). Die Schaubilder dokumentieren, dass bei hohen Anforderungen an das Spannungsarmglühen und gleichzeitig großer Blechdicke nur noch wasservergütete CrMo-Stähle (N+AC+T und Q+T) die erforderlichen Festigkeits- und Zähigkeitsanforderungen erfüllen.



Untersuchung eines CrMo-Stahls am Rasterelektronenmikroskop (REM).



Ermittlung geeigneter Mindestanforderungen für den Warmzugversuch auf Basis der ASME II-D für SA-387 Gr. 22 Cl. 2.



Die beiden Grafiken veranschaulichen den Einfluss komplexer Anforderungen auf die Realisierbarkeit eines  $1/4Cr1/2Mo$ -Stahls (SA-387 Gr. 11 Cl. 2) und eines  $2/4Cr1Mo$ -Stahls (SA-387 Gr. 22 Cl. 2). Für jeweils einen bestimmten Analysetyp zeigen die Beispiele wie sich Realisierungsmöglichkeiten in Abhängigkeit von Lieferzustand, Hollomon-Parameter (Wärmebehandlung) und Blechdicke verändern. Den Diagrammen liegt eine Dehngrenzenanforderung  $R_{p0.2} \geq 311$  MPa und eine Zugfestigkeitsanforderung  $518 \leq R_m \leq 690$  MPa zugrunde. Das angenommene Zähigkeitsniveau für die unterschiedlichen Prüftemperaturen der einzelnen Bereiche beträgt 54 Joule im Mittelwert.

# DAUERHAFT HOHE ZÄHIGKEIT

Das Phänomen der sogenannten Anlassversprödung (TE) beeinträchtigt die Zähigkeit von Chrom-Molybdän-Stählen. Die Reduzierung der Anfälligkeit für Anlassversprödung spielt jedoch für die Sicherheit der Anlagen eine bedeutende Rolle.

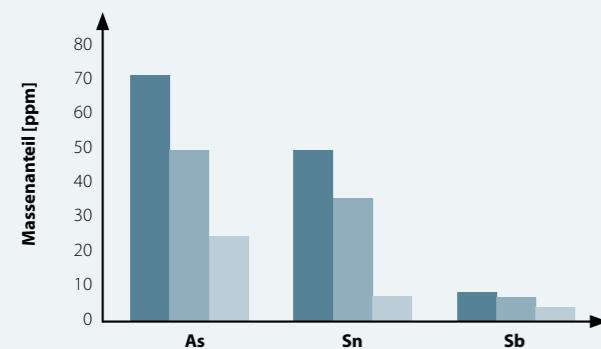
## Herausforderung Anlassversprödung

Druckbehälter für Ö Raffinerien werden von Herstellerseite aus Gründen höherer Effizienz immer größer ausgelegt. Dies führt dazu, dass sowohl die Temperatur als auch der Druck in den Behältern immer höher wird. Warmfeste 2¼Cr1Mo-Stähle neigen aufgrund ihrer Einsatzbedingungen zur Anlassversprödung, welche die Zähigkeit des Stahls beeinträchtigt. Diese findet typischerweise im Temperaturbereich zwischen 370°C und 580°C statt. Dabei verschiebt sich die Kerbschlagarbeit-Übergangstemperatur zu höheren Temperaturen. Dieser Schadensmechanismus wird auf den Einfluss der Spurenelemente Antimon (Sb), Arsen (As) und Zinn (Sn) im Stahl zurückgeführt, die im Laufe des Betriebs auf die Korngrenzen steigern. Als Maß der Anfälligkeit für TE durch diese Spurenelemente kann der J-Faktor genutzt werden.

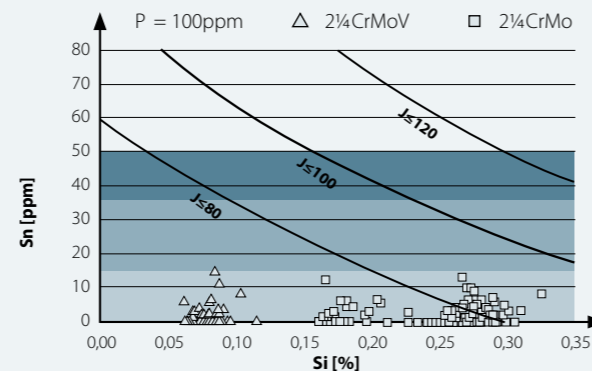
## Die BOF-Route macht den Unterschied

Dillinger wirkt der Anlassversprödung bereits bei der Stahlerzeugung entgegen. Durch die Reduzierung der Spurenelemente auf ein extrem niedriges Niveau wird die Anfälligkeit für Anlassversprödung minimiert. Im BOF-Konverter (Basic Oxygen Furnace) werden Roheisen und Stahlschrott eingefüllt (Roheisenchargierung) und sogenannte Schlackenbildner, beispielsweise Kalk, zugegeben. Durch die BOF-Route liegen die Spurenelemente auf einem sehr niedrigen Niveau. Die CrMo-Stähle von Dillinger behalten daher auch im Langzeitbetrieb ihre hohe Beständigkeit und Zähigkeit.

■ Lichtbogenofen mit unsortiertem Schrott ■ Lichtbogenofen mit sortiertem Schrott ■ Konverter mit Roheisenroute



Prozentualer Anteil der Spurenelemente im Stahl unterschiedlicher Erschmelzungsrouten.



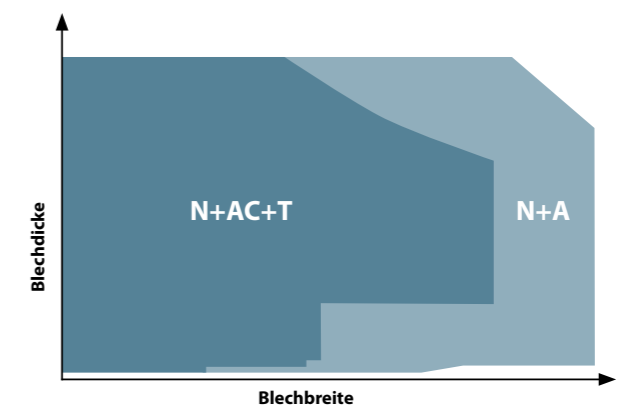
J-Faktoren in Abhängigkeit von unterschiedlichen Erschmelzungsrouten. J-Faktoren für 2¼Cr1Mo-Stähle berechnet nach Watanabe:  $J = (Mn + Si) \cdot (P + Sn) \cdot 10^4$  in [%]. Für Stähle mit anderen CrMo-Gehalten ist das Konzept des J-Faktors nicht aussagekräftig. Für die Schweißzusatzwerkstoffe erfolgt die Berechnung mit einem X-Faktor nach Bruscato.

# BREITER, DICKER, SCHWERER

Bei Dillinger konzentrieren wir uns auf eine Sache: Grobblech. Unser einmalig breites Produktportfolio enthält Stahl in ungewöhnlichen Abmessungen, in extremen Dicken, mit schwersten Stückgewichten und für die anspruchsvollsten Anwendungen.

## Einzigartige Blechdimensionen

Der fertige, flüssige Stahl wird in unseren Stranggussanlagen zu Brammen bis zu einer Dicke von 600 mm vergossen. Sind größere Vormaterialdicken erforderlich, steht Dillinger alternativ die Blockgussroute zur Verfügung. Dadurch ist es möglich, in Abmessungsbereiche vorzudringen, die sonst kaum zu erreichen sind. Die Wärmebehandlung hat dabei einen entscheidenden Einfluss auf die realisierbaren Blechdimensionen.



Qualitative Grafik der Blechdimensionen in Abhängigkeit von der Wärmebehandlung.

## Kostenreduktion durch hochmoderne Walzstraßen

Wir produzieren unsere Grobbleche mit zwei der leistungsfähigsten Walzstraßen weltweit. Durch das High-Shape-Factor-Rolling werden sehr gute Zähigkeitswerte erzielt – auch in halber Blechdicke und selbst bei dicken Blechen. Die drehmomentstarken Antriebe der Walzgerüste ermöglichen hohe Stichabnahmen, die den Blechkern schon zu einem frühen Walzzeitpunkt vollständig durchformen. Diese Vorteile machen das Grobblech von Dillinger für dickwandige Reaktoren zu einer kostengünstigen Alternative gegenüber gewalzten Ringen.

## Erhöhte Bauteilsicherheit, geringer Prüfaufwand

Außergewöhnliche Blechformate reduzieren den Umfang von Schweißarbeiten und ermöglichen das Formen nahtloser Behälterböden in großen Durchmessern. Damit erhalten Konstrukteure bei der Planung von Reaktoren mehr Freiheit beim Behälterdesign. Weitere Vorteile sind eine erhöhte Bauteilsicherheit und eine Kostenreduktion durch verminderten Herstell- und Prüfaufwand.

## Ihre Produktvorteile auf einen Blick

### Dillinger CrMo-Güten

- von 1Cr½Mo bis 3Cr1Mo (z. B. SA-387)
- sowie mit Vanadium legierte Stähle 2¼Cr1Mo¼V (z. B. SA-542)

### Dillinger liefert CrMo-Stähle

- bis zu 28 m Länge\*
- bis zu 5.200 mm Breite\*
- bis zu 290 mm Dicke\*
- bis zu 42 t Blechgewicht\*

\* Max. Abmessungen, Kombination nur gemäß Lieferprogramm

# MIT NETZ UND DOPPELTEM BODEN

Fundierte Forschungsarbeit sichert Qualität und treibt Innovation. Dr. Ingo Detemple, als Forscher verantwortlich für die Neu- und Weiterentwicklung der CrMo-Stähle von Dillinger, über die Ziele seiner Forschungsarbeit, neuronale Netze, die Grenzen des Machbaren, den Klimaschutz und über den „schlappen Bruder“.



Dr. Ingo Detemple

## Zur Person

Der studierte Werkstoffwissenschaftler wechselte vor rund 25 Jahren vom Fraunhofer Institut Saarbrücken in die Forschungsabteilung von Dillinger. Hier verantwortet er das Design und die Weiterentwicklung sowohl von Kessel- und Druckgerätestählen, als auch von Werkzeug-, Vergütungs-, Einsatz- und Sicherheitsstählen. Als anerkannter Experte veröffentlicht er regelmäßig Beiträge in renommierten nationalen und internationalen Zeitschriften und hält Fachvorträge.



Werfen Sie doch einen kurzen Blick auf unsere technische Literatur.

## Herr Dr. Detemple, welches Ziel verfolgt Dillinger mit seinem intensiven Engagement in Forschung und Entwicklung?

Unsere Kernaufgabe ist die produkt- und anwendungsorientierte Forschung, um Stähle für spezifische Kundenwünsche zu designen. Je besser wir die Mikrostruktur der Stähle verstehen, umso besser gelingt uns das. Als Produktverantwortliche sind wir das Bindeglied zwischen Grundlagenforschung, Marketing und Produktion. Letztendlich geben wir der Produktion die Prozessparameter für ein bestimmtes Grobblechdesign vor. Wir arbeiten alle sehr vernetzt, so nutzt beispielsweise das Marketing die gewonnenen Erkenntnisse in der Kundenberatung.

» Wir machen das  
Risiko beherrschbar.«

## Stahl von Dillinger kommt u.a. bei hochsensiblen Projekten wie dem Reaktor- oder Kraftwerksbau zum Einsatz. Wie funktioniert das Risikomanagement gegenüber dem Auftraggeber?

Indem wir das Risiko beherrschbar machen! Wir wollen für unsere Kunden ein langfristiger Partner sein. Eine zuverlässige Performance bezüglich Qualität und Liefertreue sind dafür fundamental. Darum stoßen wir schon im Anfragestadium eine gewissenhafte Machbarkeitsprüfung an und stellen notfalls alternative Stahlkonzepte vor.

## Wie sieht das im Detail aus?

Schon aus Qualitätssicherungsgründen arbeiten wir mit klaren Vorgaben für verschiedenste Risikosituationen. Damit stellen wir sicher, dass unsere Bleche mit einem möglichst hohen Qualitätsniveau pünktlich geliefert werden können. Dieses Vorgehen sichern wir durch die Messung relevanter Prozessparameter während der gesamten Produktion ab, denn ein Eigenschaftsprofil kann in vielen Prozessschritten in die eine oder andere Richtung feinjustiert werden. Ich erwähnte bereits die alternativen Stahlkonzepte. Dazu ein Beispiel: Im Unternehmensjargon sprechen wir vom „schlappen Bruder“, der SA-387 Gr. 11 Cl. 2. Als Standardgüte häufig angefragt, ist er jedoch bezüglich der oft ambitionierten mechanisch-technologischen Anforderungen qualitativ betrachtet nicht die optimale Werkstoffwahl. Besser, weil sicherer, ist da der „stärkere Bruder“ SA-387 Gr. 22 Cl. 2 (lacht).

## Die Entscheidung für ein projektadäquates Stahl-Design ist ein hochkomplexer Prozess. Wie gehen Sie vor?

Beim Bau von Druckgeräten sind als Entscheidungsträger viele Firmen beteiligt: Anlagenbetreiber, EPC's, Lizenzoren und nicht zuletzt die Behälterhersteller. Dillinger steht oft im Dialog mit allen Beteiligten. Aufgrund fundierter Stahl- und Regelwerkskenntnissen können wir unterschiedliche Ansprüche austarieren und entwickeln von allen Parteien getragene Lösungen.

## Maßnahmen zum Klimaschutz und ressourcenschonende Prozesse haben bei Dillinger einen hohen Stellenwert. Welche Anstrengungen unternimmt das Unternehmen, um diesem Anspruch gerecht zu werden?

Als Stahl-Designer gehen wir dabei zwei Wege: Einmal optimieren wir das Design dahingehend, dass wir bei Stahlrezepturen und beim Herstellungsprozess möglichst ressourcenschonend unterwegs sind. Der zweite Weg optimiert die Verwendung beim Kunden, die Stichwörter dazu lauten beispielsweise „Einsparung von Schweißnähten“, „Gewichtsreduktion“ oder „Verlängerung der Lebensdauer von Druckgeräten“.

## Künstliche Intelligenz ist das Zauberwort in der industriellen Produktion. Auch bei Dillinger?

Bereits vor 25 Jahren starteten wir mit der Anwendung neuronaler Netze und entwickelten mit einfachsten Mitteln erfolgreich Prognosemodelle. Heute stehen uns viel mächtigere Werkzeuge zur Verfügung, um die komplexen Zusammenhänge zu analysieren. Aufwändige Modellrechnungen laufen parallel zur realen Produktion mit und optimieren permanent auf Basis aktueller Produktionsparameter das finale Qualitätsniveau. Die tatsächlich erreichten Prüfwerte werden wieder in die Modelle zurückgekoppelt, dadurch wird die Wissensbasis ständig erweitert, das neuronale Netz wird „trainiert“ und so zu einem lernenden System. Und ganz nebenbei gewinnen wir dadurch tiefere Einsichten in die Wirkungszusammenhänge und laufend an Prozesssicherheit – zum Vorteil unserer Kunden.

## Herzlichen Dank für das Gespräch.



Hier finden Sie vertiefende Informationen zu CrMo-Stählen.



Für eine individuelle Beratung, ob technisch  
oder kaufmännisch, wenden Sie sich bitte an  
unsere Ansprechpartner.

**Aktien-Gesellschaft der Dillinger Hüttenwerke**

Werkstraße 1 · D-66763 Dillingen/Saar  
Telefon +49 6831 47-0 · Telefax +49 6831 47-2212  
E-Mail [info@dillinger.biz](mailto:info@dillinger.biz) · [www.dillinger.de](http://www.dillinger.de)

Fotonachweis:

Dillinger, Alfa Laval Packinox (Seite 4)

Konzept, Gestaltung, Text:

bodensecrew Kommunikationsagentur