

# NICKEL

DIE FACHZEITSCHRIFT FÜR NICKEL UND SEINE ANWENDUNGEN

Eisenbahnwagen aus Edelstahl  
Rostfrei: haltbar und kostengünstig

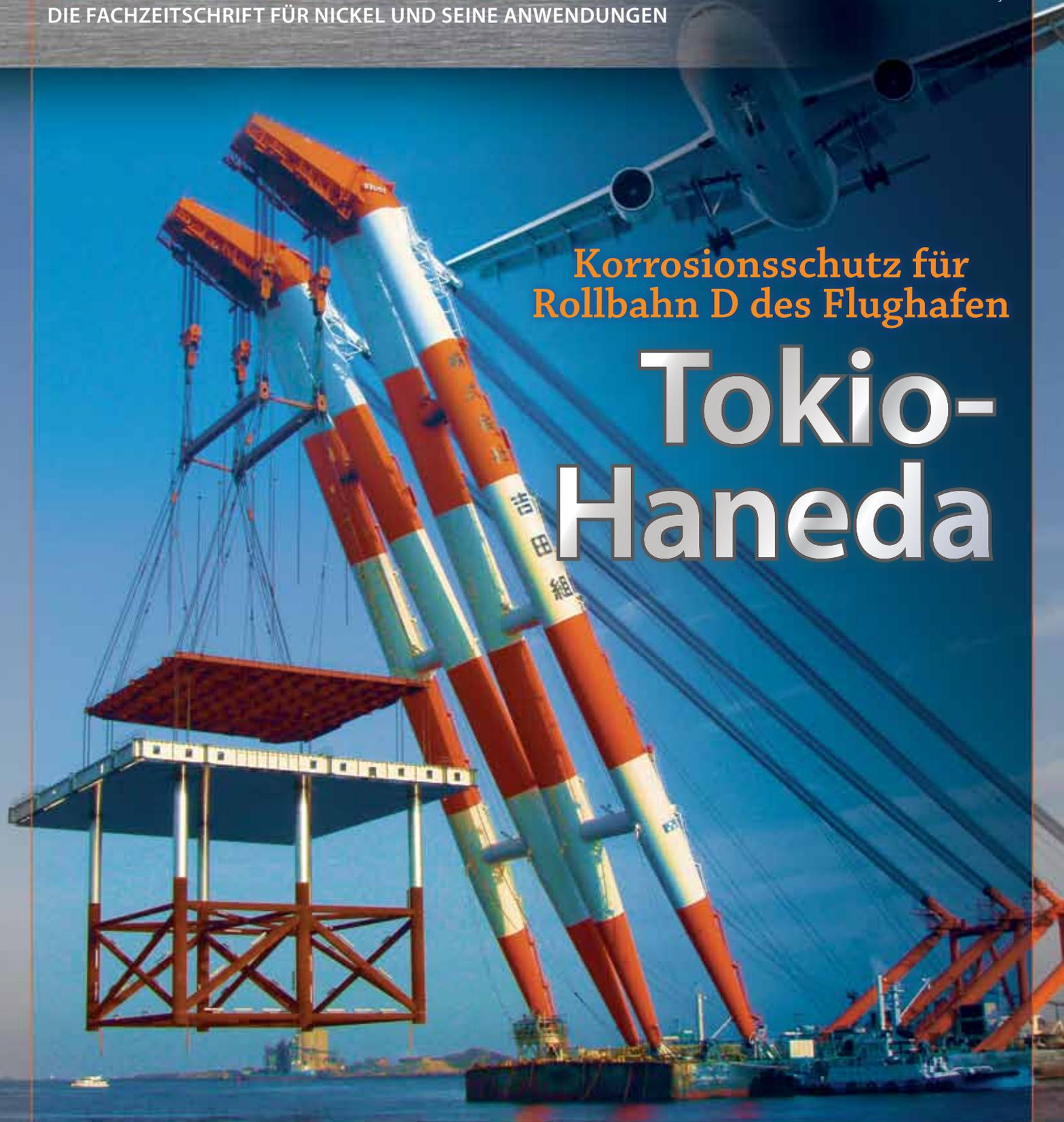
Städtische Infrastruktur:  
maßvoll, aber haltbar

Eine Brücke in Eile:  
Bewehrung aus Edelstahl Rostfrei

Juni 2011, 26. Jahrgang, Nr. 1

Korrosionsschutz für  
Rollbahn D des Flughafen

## Tokio- Haneda



DAS NICKEL-INSTITUT 2011 – WISSEN FÜR EINE BESSERE ZUKUNFT

# Ein Jahr im Rückblick – jetzt online.

Online lesen oder eine pdf-Datei herunterladen unter:  
[www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)

Fordern Sie Ihr Heft an bei:  
E-Mail: [ni\\_toronto@nickelinstitute.org](mailto:ni_toronto@nickelinstitute.org)

Postanschrift:  
Nickel Institute  
Eighth Floor, Avenue des Arts 13-14  
1210 Brüssel, Belgien

 **Nickel**  
INSTITUTE

# NICKEL

Die Fachzeitschrift für Nickel und seine Anwendungen

Dr. Kevin Bradley, Präsident

Stephanie Dunn, Herausgeberin  
sdunn@nickelinstitute.org

Design: Constructive Communications

Kontaktangaben:

The Nickel Institute  
Eighth Floor  
Avenue des Arts 13-14  
Brüssel 1210, Belgien  
Tel. 32 2 290 3200  
brussels@nickelinstitute.org

Benachrichtigungen per E-Mail über das *Nickel Magazine*  
Online können Sie unter [www.nickelonline.org/subscribe](http://www.nickelonline.org/subscribe)  
abonnieren.

Die Texte dienen lediglich zur allgemeinen Information  
der Leserschaft und sollten ohne vorherige sachkundige  
Beratung nicht als Grundlage für spezifische Anwendungen  
verwendet werden. Obwohl das Textmaterial als technisch  
richtig erachtet wird, vertreten oder garantieren das  
Nickel Institute, seine Mitglieder, Mitarbeiter und Berater  
nicht dessen Eignung für allgemeine und spezifische  
Anwendungen und übernehmen keine Haftung oder  
Verantwortung irgendeiner Art in Verbindung mit den  
darin enthaltenen Informationen.

ISSN 0829-8351

Gedruckt in Kanada auf Recyclingpapier.

Titelseite:

Fotomontage: Constructive Communications

Das Foto des Krans wurde freundlicherweise zur Verfügung  
gestellt von: Haneda Airport Expansion Project JV

Foto des Flugzeugs: iStock Photo © Wendelland Carolyn



ISTOCK PHOTO © ANTHONY BROWN

## DIE INFRASTRUKTUR VON MORGEN

**Der Bedarf an effizienter Infrastruktur ist nur selten proportional zu den dafür verfügbaren finanziellen Mitteln. Überall kämpfen Regierungen darum, ihre Einnahmen mit dem Bedarf an mehr und besseren Straßen, Eisenbahnlinien, Gesundheits- und Bildungseinrichtungen, Wasserversorgungs- und Abwasseraufbereitungssystemen usw. – kurz: allem, was das Funktionieren der Gesellschaft ermöglicht – ins Gleichgewicht zu bringen.**

Entscheidungen, die sich auf die Ausgestaltung der Infrastruktur auswirken, werden immer – in unterschiedlichem Ausmaß – von wirtschaftlichen Faktoren bestimmt, zu denen auch die Spezifikation von Werkstoffen gehört. In Abhängigkeit von dem Modell öffentlichen oder privaten Eigentums besteht die Notwendigkeit der Kostenreduzierung, um die Steuerlast zu verringern und eine angemessene Kapitalrendite zu garantieren.

Bei der Buchhaltung und Kalkulation ist es wichtig, die langfristigen Betriebskosten (einschließlich Instandhaltung und Instandsetzung) und auch die einmaligen Baukosten einzubeziehen. Diese lassen sich alle einigermaßen leicht abschätzen (obwohl sich am Ende nicht alle Schätzungen als richtig erweisen).

Weniger einfach messen lassen sich indirekte langfristige Kosten, wie sie zum Beispiel anfallen, wenn Infrastruktur versagt oder repariert oder überholt werden muss. Reparaturen an Fernstraßen zum Beispiel führen zu längeren Fahrtzeiten von Arbeitnehmern und Gütern, erhöhtem Verkehrsaufkommen zu und von der Baustelle, Bedarf an neuen Baumaterialien und der Entsorgung von Schutt, Verkehrsumleitungen über Wohnstraßen, erhöhtem Kraftstoffverbrauch usw. Diese und andere indirekte Kosten fordern auch ihren Tribut von der Umwelt.

Wie viel sinnvoller ist es doch, die Werkstoffe unter Berücksichtigung ihrer gesamten Lebenszykluskosten, also den Kosten für Bau, Verwendung, Entsorgung und Wiederverwertung, auszuwählen.

Diese Ausgabe des *Nickel Magazine* nimmt mehrere Projekte ins Visier, bei denen diese ausgewogenere Bilanzierungsmethode angewendet wurde, z.B. in dem Artikel über

- die neue Start- und Landebahn D des Flughafens Tokio-Haneda, der Nickels nützliche Rolle zur Gewährleistung von Haltbarkeit und Korrosionsbeständigkeit bei geringer Wartung aufzeigt,
- die in Rekordzeit durchgeführte Erneuerung der Brücke auf dem Highway 417 in der Nähe des kanadischen Ottawa, und
- die Verwendung von Edelstahl Rostfrei in Städtebauprojekten in salzexponierten Küstengegenden.

In ihrem Bestreben, die Gesundheit der Bürger und die Unversehrtheit der Umwelt zu schützen, benötigen die Erbauer der Infrastruktur von morgen mehr Beispiele wie diese. Insbesondere dank Nickel und nickelhaltiger Legierungen ist dieses Ziel in Reichweite.

Stephanie Dunn  
Herausgeberin des *Nickel Magazine*

## INHALTSVERZEICHNIS

### Im Brennpunkt

Die Infrastruktur von morgen ..... 3

### Aktuelle Anwendungen

Städtische Infrastruktur..... 6

Eine Brücke in Eile..... 7

Barcelonas Metro..... 10, 11

Rettung von Bergleuten..... 16

### Leitartikel

Flughafen Tokio-Haneda ..... 4, 5

Eisenbahnwagen aus

Edelstahl Rostfrei ..... 8, 9

### Nickel und Innovation

Nickel-Zinn-Nanodrähte..... 12

### Wissen über Nickel

Nickelcarbonat..... 13

### In Kürze

Die Geschichte von Edelstahl Rostfrei . 14

UNS-Details ..... 14

### Abschluss

Internetverknüpfungen ..... 15

Nickelhaltige Legierungen ermöglichen auf dem Flughafen

# Tokio-Haneda

eine vorgesehene Nutzungsdauer von 100 Jahren

Die Inbetriebnahme der neuen Start- und Landebahn „D“ im Oktober 2010 gewährleistet den weiteren Erfolg des Flughafens Tokio-Haneda, der jetzt in der Liste der Flughäfen mit den meisten Verkehrsbewegungen in Asien an zweiter und weltweit an fünfter Stelle liegt.

## Herausforderungen durch die maritime Umwelt

Die neue Start- und Landebahn wurde in der Mündung des Flusses Tama in der Bucht von Tokio gebaut. Um die Auswirkungen auf die Wasser- und Gezeitenströme so gering wie möglich zu halten, besteht ein Drittel der Rollbahn aus einer Stahlpier, welche die freie Strömung des Flusswassers und des Wassers in der Bucht von Tokio nicht behindert. In dieser Meeresumgebung stellt Korrosion eine besondere Bedrohung für die Metallkomponenten der Pier dar. Die Wirkung von Wellen und Gezeiten wird unvermeidbar zu einer Ablagerung von korrosivem Salz führen, die das Regenwasser nicht wegsülen kann.

Die Konstrukteure mussten große Mengen Baustahl so gegen Korrosion schützen, dass in der Zukunft keine schwierigen und kostspieligen Reparaturen erforderlich werden. Sie wählten drei sich ergänzende Korrosionsschutzmethoden aus:

Verwendung von Titanblech zur Abdeckung der Unterseite der Träger, auf denen die Start- und Landebahn ruht, Schutz der die Pier tragenden Stahlrohrpfähle in der Gezeiten- und Spritzwasserzone durch Ummantelung mit salzwasserbeständigem Edelstahl Rostfrei, und schließlich kathodischer Korrosionsschutz von gänzlich unter Wasser befindlichem Kohlenstoffstahl.

## Salzwasserbeständige Verkleidung aus Edelstahl Rostfrei

Zur Verkleidung (unverbunden verkleidet) der Pfähle aus Kohlenstoffstahl wurden mehr als 400 Tonnen (ca. 114.000 m<sup>2</sup>) salzwasserbeständiger austenitischer Edelstahl Rostfrei UNS

S31254 verwendet, einer der Güteklassen mit 6 % Molybdän. Diese Güteklasse enthält mehr Chrom, Nickel und Molybdän als herkömmliche austenitische nichtrostende Edelstähle wie UNS S31603 und ist weitaus beständiger gegen Lochfraß- und Spaltkorrosion in Meeresumgebungen. Ihre vorgesehene Nutzungsdauer in dieser Anwendung soll etwa 100 Jahre betragen.

Die Bleche aus Edelstahl Rostfrei in dem Pierbereich weisen eine Stärke von nur 0,4 mm auf. Die Verbindung sich überdeckender Bleche erfolgte mittels eines kombinierten Schweißverfahrens unter Anwendung von sowohl indirektem Nahtschweißen als auch Plasmaschweißen mit Schweißzusatz UNS N06625. Diese speziell entwickelte Schweißtechnik verhindert eine durch die geringe Stärke der Bleche bedingte mögliche Deformation. Die Schweißarbeiten wurden in der Werkstatt durchgeführt und die Teile anschließend mit Lastkähnen zum Bauplatz transportiert.

## Erwägungen zur Lebensdauer

Als Teil der Planungsphase des Projektes wurde eine Kostenabschätzung für die gesamte Lebensdauer vorgenommen, um die Unterschiede zwischen den Szenarien „geringere Anfangskosten/hohe Instandhaltungskosten“ und „höhere Anfangskosten/geringere Instandhaltungskosten“ herauszuarbeiten. Die Analyse zeigte, dass die Instandhaltungskosten, die mit der vorgesehenen langen Nutzungsdauer der Struktur verbunden sind, die kurzfristig erzielten Einsparungen bei den Investitionskosten bei weitem übersteigen. Das entwickelte Verkleidungsverfahren unter Verwendung sehr dünner Edelstahl-Rostfrei-Bleche und Anwendung anspruchsvoller Schweißtechnik trug zu den Einsparungen von Investitionskosten bei und soll für eine besonders lange Haltbarkeit sorgen. Obwohl der Posten nicht formell in die Kalkulation einbezogen wurde, kann man davon ausgehen, dass der nickelhaltige Edelstahl Rostfrei am Ende der Nutzungsdauer des Bauwerks mit Profit zurückgewonnen und wiederverwertet wird. **NI**

## Bei der Pier angewandte Korrosionsschutzmethoden

Die Struktur innerhalb des Trägers ist beschichtet und wird entfeuchtet

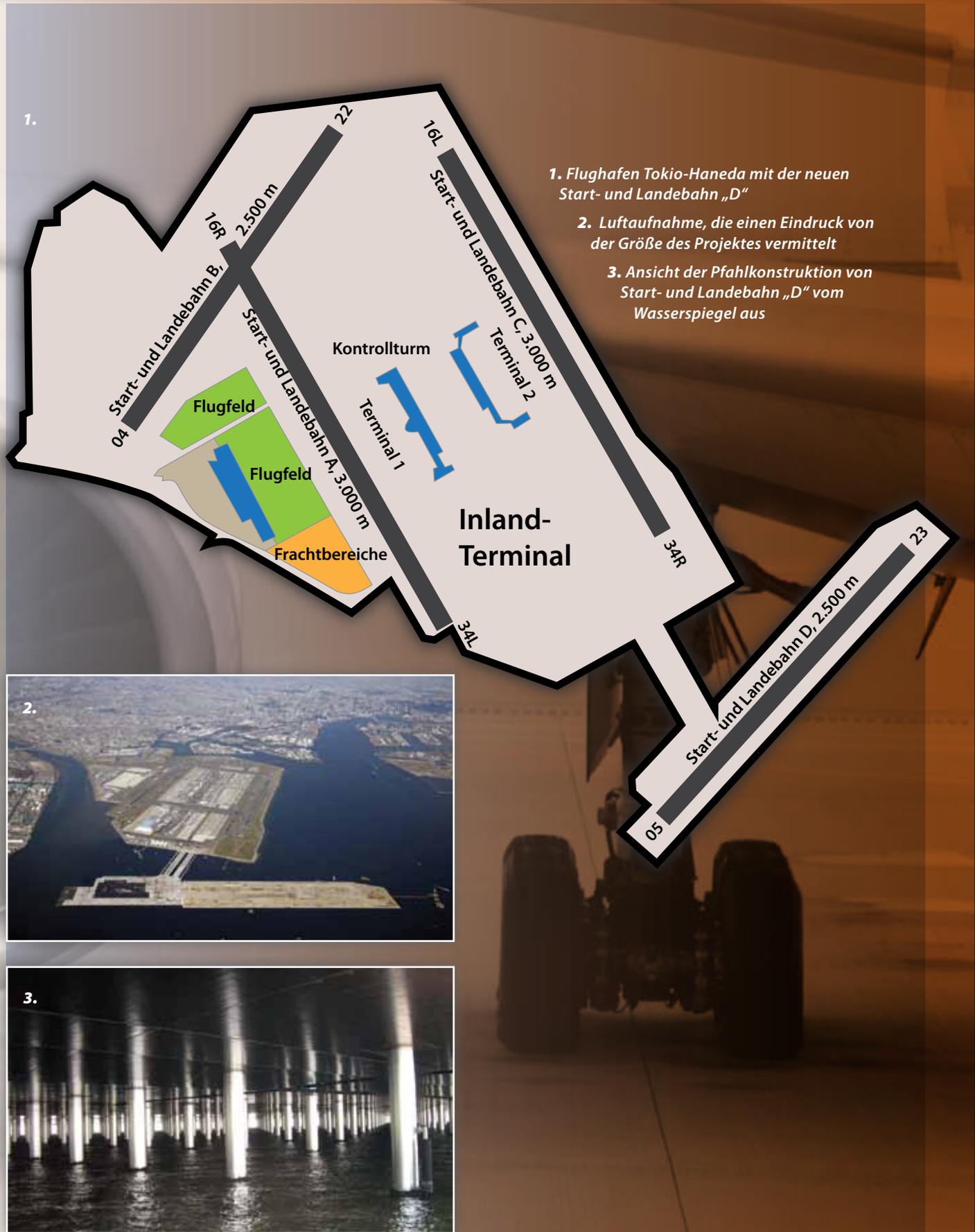
Deckplatte aus Titan an der Trägerunterseite

Salzwasserbeständige Verkleidung aus Edelstahl Rostfrei in der Gezeiten- und Spritzwasserzone

Bereiche unter Wasser und im Meeresboden sind kathodisch geschützt



ISTOCK PHOTO © BENNEWITZ



FOTOS WURDEN FREUNDLICH HERGEBEN ZUR VERFÜGBARKEIT GESTELLT VON: HANEDA AIRPORT EXPANSION PROJECT IV

## Maßvolle Konstruktionen, dauerhafte Ergebnisse

Ingenieure an der Gold Coast City und in Ottawa entscheiden sich für nickelhaltigen Edelstahl Rostfrei zum Schutz von Infrastruktur gegen Korrosion



△ Brückengeländer in der Holman Street in Brisbane, Queensland, nördlich von Gold Coast City an Australiens Ostküste



△ Die Corktown Footbridge (Fußgängerbrücke) über den Rideau-Kanal

Infrastruktur ist nicht unbedingt immer von großen Dimensionen. Die meisten Entscheidungen auf Dorf- und Stadtebene über Infrastrukturmaßnahmen vom technischen Standpunkt her sind eher bescheidene Projekte; dennoch wirken sie sich unmittelbar und langfristig auf die Lebensqualität der Bürger aus. In Abhängigkeit von den ausgewählten Werkstoffen haben solche Projekte auch einen Einfluss auf die Kosten, die über lange Zeiträume hinweg auf den Schultern der Steuerzahler lasten.

### Lösung für den Küstenbereich

Australiens Ostküste hat ein heißes Küstenklima, das Werkstoffe sehr stark beanspruchen kann. Paul Conolly, Koordinator für technische Richtlinien des Stadtrats von Gold Coast City (Gold Coast City Council, GCCC), erinnert sich, dass 1998 für einen modularen Toilettenbau in einem Stadtpark im Küstenvorland Edelstahl Rostfrei spezifiziert worden war (die Küstenvorland- oder Gezeitenzone ist der Bereich, der sich bei Ebbe über Wasser und bei Flut unter Wasser befindet). Allerdings wurde letztendlich entschieden, dass zur Senkung der Investitionskosten alternative Werkstoffe verwendet werden würden.

Im Laufe der Zeit wurde dann deutlich, dass die Nutzungsdauer dieser Bauten begrenzt sein würde. Darüber hinaus beeinträchtigte deren sichtbarer Verfall die Schönheit des Parks.

„Viele unserer öffentlichen Einrichtungen lagen in der Gezeitenzone, und einige Werkstoffe verhielten sich nicht so gut, wie wir gehofft hatten“, erinnert sich Conolly. Dann haben wir uns den Korrosionsproblemen zugewandt und überlegt, wie wir am besten damit umgehen sollten. Wir fingen an, für kritische Bauteile wie Anschlussflächen für Betonarbeiten, Bolzen, Bügel und Klammern für Holzstege und stark benutzte Einrichtungen wie Abfalleimer Edelstahl Rostfrei zu verwenden.

„Unsere Beobachtungen führten uns zu der Ansicht, dass wir mit der Verwendung von Edelstahl Rostfrei in der Gezeitenzone auf dem richtigen Weg waren; allerdings hatten wir keine handfeste Begründung, die die Konstrukteure benutzen könnten, um solch eine Entscheidung durchzusetzen. Wir benötigten einen eindeutigen Beweis dafür, dass die anfänglichen Kosten von Edelstahl Rostfrei, über die Nutzungsdauer der Bauten hinweg betrachtet, gerechtfertigt sind.“

Dieser Beweis wurde in Form einer Studie gefunden, die von einem

Stipendiaten der Griffith University in Verbindung mit dem GCCC durchgeführt wurde. In der Studie wurden die Lebensdauer-, Investitions- und Instandhaltungskosten für feuerverzinkten Stahl, Anstrichsysteme, Duplexsysteme unter Verwendung von feuerverzinktem Stahl mit Anstrich und für Edelstahl Rostfrei berechnet. Das Ergebnis war, dass es keinen Werkstoff gibt, der sich durchweg für alle Anwendungen eignet. Für Bauten mit einer vorgesehenen Nutzungsdauer von 19 Jahren oder mehr jedoch ist Edelstahl Rostfrei schon allein hinsichtlich der Investitionskosten die erste Wahl.

Der Auswahl-Ratgeber, der aus der Studie der Griffith University hervorging, beeinflusst heute an der gesamten Gold Coast Entscheidungen hinsichtlich der Werkstoffauswahl.

### Auf der anderen Seite der Erde

Die Einwohner von Kanadas Hauptstadt Ottawa sind harte Winter gewöhnt und wissen, wie Salz ihre Fortbewegung sicherer machen kann, wenn es auf Straßen und Gehwegen gestreut wird. Bedauerlicherweise mussten sie sich auch an die Schäden gewöhnen, die Streusalz an Straßen und Brücken verursachen kann – Schäden, die Verkehrsunterbrechungen und höhere Steuern zur Folge haben.

2005 begann die Stadt mit dem Bau einer Fußgängerbrücke, der Corktown Footbridge, über den Rideau-Kanal (einem Weltkulturerbe). Das von der Firma Du Toit Allsopp Hillier angeführte Planungs- und Konstruktionsteam entschied sich für „qualitativ hochwertige, haltbare und kompatible Werkstoffe, die so verarbeitet sind, dass sie auf lange Zeit für hochwertiges Aussehen und geringstmögliche Instandhaltung sorgen“. Bei diesen Werkstoffen handelt es sich in erster Linie um nickelhaltigen Edelstahl Rostfrei, den die Erbauer für Verankerungen, Geländer und verschiedene andere Bauteile der Schutzwand verwendeten. Nach ihrer Fertigstellung findet die für ihr außergewöhnliches Design vielbeachtete Brücke großen Anklang bei Fußgängern, Radfahrern und Touristen.

Zurück nach Australien, wo sich die Verwendung von Edelstahl Rostfrei für Spielplatzgeräte und Schattensegelstrukturen immer mehr durchsetzt. Hier stellt Paul Conolly zusammenfassend fest: „Es geht nur darum, diesen kleinen Sprung zu machen: Man muss die gesamten Lebenszykluskosten in die Rechnung einbeziehen und die Lieferung eines haltbaren Produktes gewährleisten – entspricht ja eigentlich nur dem gesunden Menschenverstand.“

NI

## EINE BRÜCKE IN EILE

Erneuerung eines Brückenabschnitts in einer Verkehrshauptader in Rekordzeit



△ Ursprüngliche Brücke vor der Erneuerung



△ Ein Transporter fährt den alten Brückenabschnitt weg



△ Neue Brückenabschnitte auf Stützstrukturen im Bereitstellungsbereich

Die Erneuerung einer Brücke kann bei Anwendung herkömmlicher Verfahren ein langwieriger Prozess sein. Indes wurden die beiden Abschnitte der Clyde Avenue Bridge auf dem Highway 417 im kanadischen Ottawa (Provinz Ontario) in einer warmen Nacht im August 2008 komplett ausgetauscht.

Der Highway wurde am 2. August um 18.00 Uhr für den Verkehr gesperrt, die vorhandenen Brückenabschnitte wurden entfernt und neue Brückenabschnitte eingesetzt. Am darauffolgenden Morgen um kurz nach 9.00 Uhr konnte der Verkehr wieder fließen.

Die vorhandene 21 Meter lange Brücke, die aus in ostwestlicher Richtung weisenden Brückenabschnitten bestand, war fast 50 Jahre alt und näherte sich dem Ende ihrer vorgesehenen Lebensdauer. Außerdem sollte sie von drei auf vier Fahrspuren in jeder Richtung verbreitert werden, um sie für einen zukünftigen Ausbau des vielbefahrenen Highways vorzubereiten.

Die ursprünglichen Brückenabschnitte wiesen Stahlbetonfahrbahnen auf, die von schweren Stahlträgern getragen wurden. Der alte Beton enthielt eine Bewehrung aus Kohlenstoffstahl, die durch das während der langen und schneereichen Winter auf den Highway gestreute Tausalz Korrosionsschäden erlitten hatte. Die neuen Brückenabschnitte wurden getrennt auf zwei riesigen Stützstrukturen in einem nahegelegenen Bereitstellungsbereich gebaut. Ihre Bauweise ist derjenigen der ursprünglichen Brückenabschnitte ähnlich, weist jedoch einen bedeutenden Unterschied auf: Die Betonfahrbahnen und die Schutzwände der **n e u e n**

Dank der Beständigkeit der Bewehrung aus Edelstahl Rostfrei gegen die korrodierende Wirkung von Tausalz werden die neuen Brückenabschnitte voraussichtlich mindestens 75 Jahre überdauern

Brückenabschnitte sind mit einer Bewehrung aus Edelstahl Rostfrei UNS S31803 versehen. Insgesamt wurden mehr als 40 Tonnen Bewehrung aus Edelstahl Rostfrei geschnitten, gebogen und an das Projekt ausgeliefert.

In den Monaten vor der Brückenerneuerung wurden die vorhandenen östlichen und westlichen Stützpfiler instandgesetzt und erweitert, um die neuen, breiteren Fahrbahnen aufzunehmen. Am Samstag ab 18.00 Uhr wurden die alten Brückenfelder von den Stützpfilern gelöst und von ferngesteuerten Transportern aufgenommen und aus dem Weg gefahren. Die Transporter, die an riesige vielrädige Tiefladeanhänger erinnern, wurden dann verwendet, um die neuen Brückenabschnitte aufzunehmen und zur Brücke zu transportieren, so dass sie mit den modifizierten Stützpfilern verbunden werden konnten.

Mit diesem 9,6 Millionen Dollar teuren Projekt hat das Verkehrsministerium von Ontario (*Ministry of Transportation, MTO*) zum zweiten Mal diese hochmoderne Technologie eingesetzt, um in diesem Abschnitt des Highway 417 komplette

Fortsetzung auf Seite 15



△ Bewehrung aus Edelstahl Rostfrei in den neuen Fahrbahnen (vor dem Betongießen)

◀ Schon nach 11 Stunden konnte der Verkehr wieder fließen. Die beiden Abschnitte der Clyde Avenue Bridge wurden in ihrer Gesamtheit gegen eine Brücke mit einer verlängerten Nutzungsdauer von mindestens 75 Jahren ausgetauscht.

◁ *Der Zephyr der Edward G. Budd Manufacturing Company*

Immer kostengünstig – auch in weiterentwickeltem  
Design und bei höheren Geschwindigkeiten

# Rostfrei für eine lange Reise

△ *Bombardiers Zefiro250*

FOTOMONTAGE: CONSTRUCTIVE COMMUNICATIONS; ISTOCK PHOTO © OLA DUSEGARD

## Korrosionsbeständigkeit in Kombination mit ästhetischem Aussehen macht Edelstahl Rostfrei zum idealen Metall für die Herstellung von Personenwaggons.

Als Hollywood-Produzenten 1976 eine Kriminalkomödie an Bord eines Zuges spielen ließen, der quer durch Nordamerika raste, stand der Titel des Films außer Frage: „Silver Streak“, zu Deutsch „Silberblitz“ ist eine Anspielung auf die silbrigglänzenden Personenwaggons, die in dem Spielfilm eine wichtige Rolle spielen.

Nicht weniger offensichtlich ist, warum die Waggons aus Edelstahl Rostfrei gefertigt wurden: Es war der in den 1930er-Jahren aufkommende Trend hin zum Metall bei der Herstellung von Eisenbahnwagen, als die Budd Company (heute ThyssenKrupp Budd) aus Philadelphia und ihr visionärer Gründer Edward G. Budd zum ersten Mal Edelstahl verwendeten, um den ikonenhaften Stromlinienzug Zephyr zu bauen.

In den folgenden Jahren hat sich die Bedeutung von Edelstahl Rostfrei dann weiter gefestigt. Fachkundige Ingenieure von heute, wie Wladyslaw Jaxa-Rozen von Bombardier Transportation North America aus dem kanadischen Montreal, pochen darauf, dass austenitische nichtrostende Edelstähle der perfekte Werkstoff zur Herstellung von Eisenbahnwagen sind. „Kaltumgeformte nichtrostende Edelstähle sind ideal für Eisenbahnwagen“, sagt Jaxa-Rozen und fügt hinzu: „Sie weisen hohe Festigkeit, attraktives Aussehen und Langlebigkeit auf und lassen sich leicht herstellen.“

Bombardier ist ein weltweit führender Hersteller von Schienenfahrzeugen und bietet eine komplette Produktpalette von U- und S-Bahnwagen bis hin zu Hochgeschwindigkeits-Intercityzügen an. Das Unternehmen liefert jährlich insgesamt mehr als 100.000 Einheiten an Kunden in Nordamerika, Europa, China, Indien, Südafrika, Brasilien und Australien aus. Die Abteilung Transportation von Bombardier operiert in 23 Ländern, beschäftigt fast 35.000 Mitarbeiter und erzielte 2010 einen Umsatz von 9,1 Milliarden Dollar.

Regierungen weltweit steigern ihre Ausgaben für Infrastruktur, wobei ein verbesserter öffentlicher Verkehr zu den Prioritäten gehört. Neue und erweiterte Schienensysteme bieten entscheidende Vorteile wie niedrigere Kraftstoffkosten und verringerte Treibhausgasemissionen. All das sind gute Nachrichten für Bombardier Transportation, das sich an das zeitgemäße Motto hält: „The Climate is Right for Trains.“

Obwohl Bombardier die meisten seiner Wagen aus Aluminium und Kohlenstoffstahl herstellt, hat das Unternehmen seit 1983 etwa 5.000 Eisenbahnwagen für den nordamerikanischen Markt



△ Werbeanzeige aus dem Jahr 1936 für die Edward G. Budd Mfg

aus Edelstahl Rostfrei hergestellt. Wagen mit einer Außenhaut aus Edelstahl Rostfrei wurden in Japan in den späten 1950er-Jahren eingeführt, ein paar Jahre später gefolgt von Wagen, die ganz aus Edelstahl Rostfrei hergestellt wurden. Von 1984 bis 1990 wurde das Metall verwendet, um mehr als 6.000 Personenwaggons zu bauen. Laut dem *International Stainless Steel Forum* bauen japanische Produzenten weiterhin 1.000 bis 1.200 Wagen jährlich unter Verwendung nichtrostender Legierungen.

Die Vorlieben und Anforderungen der Fahrgäste diktieren, welcher Werkstoff verwendet wird. Jaxa-Rozen erklärt, dass in Nordamerika glänzende Wagen aus Edelstahl Rostfrei wegen ihres ansprechenden Aussehens Bewunderung finden. In Europa hingegen, das für drei Viertel der Verkäufe Bombardiers an Eisenbahnwagen verantwortlich ist, werden lackierte Wagen bevorzugt. Das erschwert es natürlich, hier Wagen aus Edelstahl Rostfrei an den Mann zu bringen. Dennoch gibt es viele Ausnahmen. Die bemerkenswerteste Ausnahme stellen die riesigen Shuttle-Wagen dar, die zum Transport von Passagieren durch den Eurotunnel zwischen England und Frankreich dienen. Diese sind die größten Eisenbahnwagen aus Edelstahl Rostfrei und wurden in Bombardiers Werk in La Pocatière in Kanada teilgefertigt und in Belgien und Frankreich endgefertigt. Eine andere bedeutende Ausnahme ist in Deutschland die Stadt Hamburg, die seit Mitte der 1960er-Jahre auf



△ Ein großes Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht bedeutet, dass Strukturkomponenten dünnwandiger sein können und somit das Gesamtgewicht des Wagens verringert wird

„Kaltumgeformte nichtrostende Edelstähle sind ideal für Eisenbahnwagen“, sagt Jaxa-Rozen und fügt hinzu: „Sie weisen hohe Festigkeit, attraktives Aussehen sowie Langlebigkeit auf und lassen sich leicht herstellen.“

ihrem Schienenverkehrssystem Wagen aus Edelstahl Rostfrei betreibt und seit 2009 eine neue Generation der Wagen geliefert bekommt.

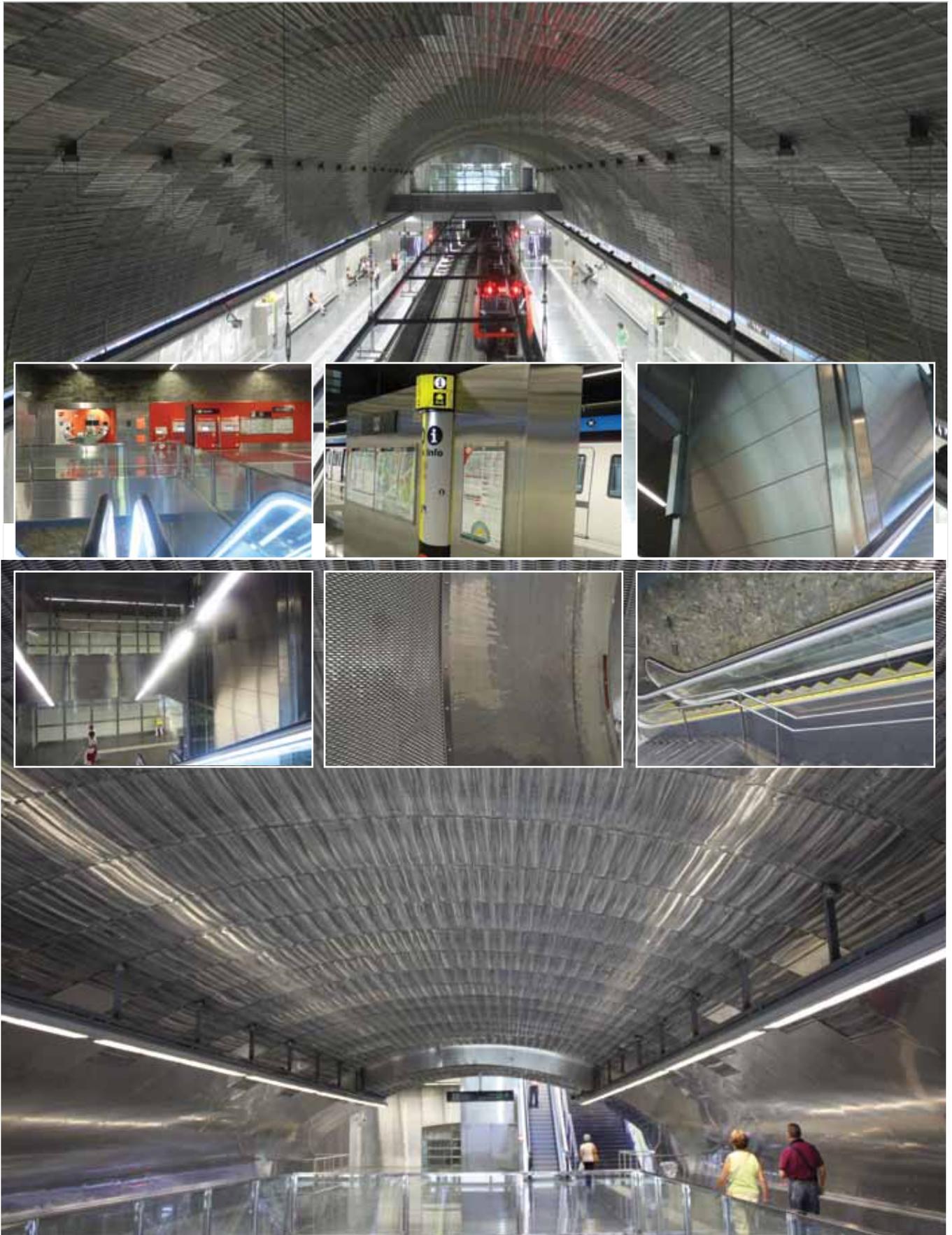
Jaxa-Rozen erläutert, dass kaltumgeformte austenitische nichtrostende Edelstähle, typischerweise UNS S30103, S30403 und S20103, zur Herstellung von Eisenbahnwagen am besten geeignet sind und eine hohe Festigkeit im Verhältnis zum Gewicht aufweisen. Er fügt hinzu: „Eisenbahnwagen sind ein gutes Beispiel für eine Struktur-anwendung, in der man sich die mechanischen Eigenschaften von Edelstahl Rostfrei bis zu einem Höchstmaß zunutze macht.“

Die zusätzliche Festigkeit, die durch das Kaltumformen des Metalls erzielt wird, ermöglicht es, Strukturelemente dünner zu gestalten; dies reduziert wiederum das Gesamtgewicht des Waggons und macht ihn somit energieeffizienter. Edelstahl Rostfrei ist für die Budd Company kein Neuland: Sie hat in den 1930er- und 1940er-Jahren Flugzeuge daraus hergestellt, was wiederum ein Beweis für seine hohe Festigkeit bei verhältnismäßig niedrigem Gewicht ist.

Austenitische nichtrostende Edelstähle besitzen auch ausgezeichnete Herstellungseigenschaften. Sie lassen sich mit Plasma- und Laserverfahren

Fortsetzung auf Seite 15

# Nickel: Aktuelle Anwendungen



FOTOS MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON WARGASA METAL UND CODINA GESTIÓ

## Edelstahl Rostfrei beschleunigt **Barcelonas Metroausbau**

Gewebe aus Edelstahl Rostfrei werden den Anforderungen hinsichtlich Ästhetik und Sicherheit gerecht

In der spanischen Küstenstadt Barcelona ist ein Projekt angelaufen, das auf die Erweiterung des Metronetzes um ein Drittel abzielt. Für die Investitionskosten in Höhe von 6,5 Milliarden € wird die Stadt 52 neue Stationen erhalten, von denen 20 Stationen Verbindungen mit anderen Linien herstellen. Es wird erwartet, dass durch dieses Projekt täglich 350.000 Fahrgäste gewonnen werden.

Ein Bauabschnitt dieses Projektes bestand in der Verlängerung der Linie L5 auf 48 km, wozu der Bau mehrerer neuer Metrostationen erforderlich war. An der Ausgestaltung der Stationen mit nickelhaltigem Edelstahl Rostfrei wirkten drei spanische Unternehmen aktiv mit.

Durch die Verwendung von 31603 kann die Wartung auf ein Minimum beschränkt werden, da die Korrosionsbeständigkeit dieser Güteklasse den atmosphärischen Eigenheiten der Stadt gerecht wird.

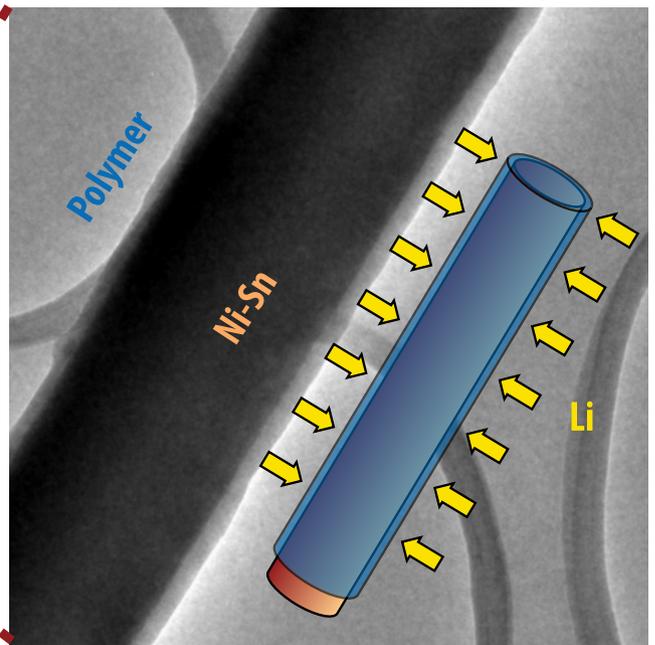
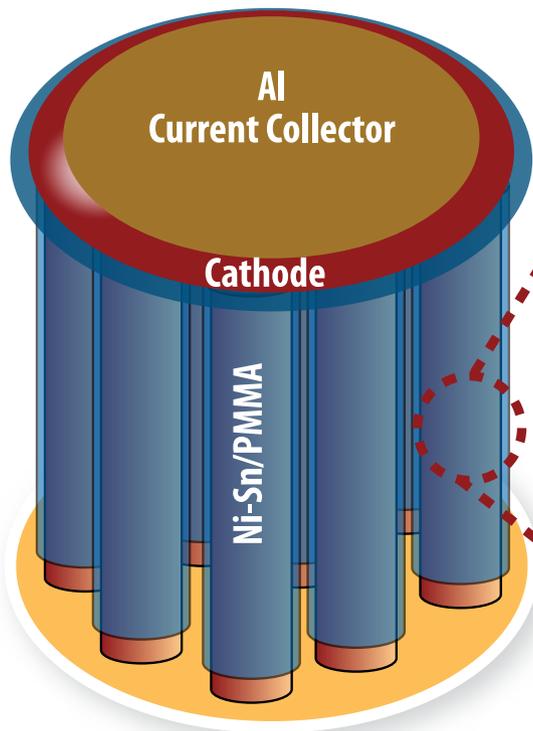
Codina, das sich auf die Herstellung von Metallgeweben spezialisiert hat, hat 8.700 m<sup>2</sup> Drahtgewebe aus Edelstahl Rostfrei für die Verkleidung der Decken, Bahnsteige und Hallen der Stationen produziert. Alle wurden aus Edelstahl Rostfrei der Sorte 316L (UNS 31603) hergestellt.

Durch die Verwendung von 31603 kann die erforderliche Instandhaltung auf einem Mindestmaß gehalten werden, da die Korrosionsbeständigkeit dieser Güteklasse den klimatischen Eigenheiten Barcelonas gerecht wird. Edelstahl-Rostfrei-Gewebe ist sehr ästhetisch und zugleich haltbar, fest und in hohem Maße feuerbeständig. Das Gewebe ist in einer Vielfalt an Mustern und Maschenweiten erhältlich und ausreichend transparent, um freien Flächen einen Eindruck von Helligkeit zu verleihen. Trotzdem kann es verwendet werden, um weniger attraktive Konstruktionsmerkmale, wie zum Beispiel Zementdecken, zu kaschieren.

Weitere spanische Firmen, die zu dem Metroprojekt Linie L5 beigetragen haben, sind Vargasa Metal, die Tafeln und Geländer aus poliertem Edelstahl Rostfrei 304L (S30403) hergestellt und installiert hat, und Inoxarte, die ähnliche Arbeiten ausführte, wobei einige ihrer Verkleidungstafeln so installiert wurden, dass sie zum Reinigen und Warten leicht entfernt werden können.

Das Ergebnis sind attraktive Metrostationen, die ihr ansprechendes Äußeres wahrscheinlich viele Jahre lang bewahren werden. 





## Nickel-Zinn-Nanodrähte sorgen für Energieeffizienz

Forscher der Rice University in Houston (Texas, USA) verwenden aus Nickel und Zinn bestehende Nanodrähte, um 3-D-Akkus herzustellen, die schneller wieder aufgeladen werden können und ihre Ladung länger behalten als herkömmliche Lithiumakkus.

„Nickel-Zinn-Legierungen werden aufgrund ihrer Energiespeicherkapazität seit einiger Zeit in Lithiumakkumulatoren verwendet“, erläutert Pulickel Ajayan, Leiter des Labors für Nanomaterialien der Abteilung für Maschinenbau und Materialforschung der Rice Universität. Er fügt hinzu, dass, obwohl auch reines Zinn eine hohe Speicherkapazität aufweist, ein Akku mit einer derartigen Zusammensetzung ohne die Zugabe von Nickel nur wenige Lade/Entlade-Zyklen überstehen würde. Nickel verbessert die Zyklenstabilität erheblich.

Ein weiterer Vorteil intermetallischer Nanodrähte (gewichtsbezogen ungefähr zur Hälfte aus Zinn und zur Hälfte aus Nickel bestehend) ist, dass sie billig und leicht hergestellt werden können. Ajayan und sein Team einschließlich des Projektleiters Sanketh Gowda können auf einem Chip von der Größe eines Fingernagels Millionen von Nanodrähten wachsen lassen. Sie werden hauptsächlich in skalierbaren Anwendungen wie Chipkarten und drahtlosen Sensoren eingesetzt.

Jeder Nanodraht wird mit einer Schicht aus einem gelförmigen Elektroly-

... ein Akku (aus reinem Zinn) würde ohne Zugabe von Nickel nach wenigen Zyklen versagen.

ten auf Basis von PMMA (Plexiglas®) umhüllt, wobei die 3-D-Struktur von unten nach oben aufgebaut wird. Die Umhüllung isoliert die Drähte von der Gegenelektrode, ohne den Fluss der Ionen zu behindern, was wiederum höhere Effizienz ermöglicht. Gerade durch diesen Beschichtungsschritt unterscheiden sich die Akkus der Rice University von ähnlichen 3-D-Lithiumakkus. „Die Elektrolyten sind sehr dünn und die Elektroden sehr nah beieinander“, sagt Ajayan. „Der Elektrolyt wird in unserem Fall koaxial um Nanodrähte herum aufgetragen. Dadurch wird die Baueinheit im Hinblick auf das Laden/Entladen effizienter.“

Ajayan und sein Team lassen die 10 Mikrometer langen Nanodrähte durch elektrolytische Abscheidung in den Poren einer Aluminiumvorlage wachsen. Danach weiten die Forscher die Poren durch ein chemisches Ätzverfahren auf und umhüllen die Drähte mit einem gleichmäßigen Mantel aus PMMA. So gelingt es ihnen, Akkus von 1 cm<sup>2</sup> herzustellen, die mehr Energie speichern können als Dünnschichtbatterien mit der gleichen Elektrodenlänge – und dies, ohne die Kinetik der Lithiumionen zu opfern.

NI

## NICKELHYDROXYCARBONAT

### Ein wichtiges chemisches Vorprodukt

*Dieser ist der dritte einer Reihe von Artikeln über nickelhaltige chemische Stoffe (Informationen über Nickelsulfat siehe Jahrgang 25, Nummer 2, über Nickel(II)-hydroxid siehe Jahrgang 25, Nummer 1).*

Reines Nickelcarbonat mit der CAS-Nummer 3333-67-3 lässt sich aufgrund seiner extremen Instabilität nur sehr schwierig herstellen. Die häufiger verwendete Form, die das Carbonation und das Hydroxidion in einem weiten Bereich von Verhältnissen enthält, wird gewöhnlich als Nickelhydroxycarbonat bezeichnet. Es kann auch unterschiedliche Mengen an Kristallwasser enthalten und wird daher allgemein als  $x\text{NiCO}_3 \cdot y\text{Ni(OH)}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$  ausgeschrieben.

Die meiste Verwendung findet Nickelhydroxycarbonat als Zwischenprodukt zur Herstellung von Nickelmetallpulver oder anderen Nickelsalzen. Eine weitere größere Verwendung findet es als Vorstufe bei der Herstellung von Nickelkatalysatoren. Weniger häufig kommt Nickelhydroxycarbonat in Lösungen für die chemische Vernickelung, als pH-Regulator oder in der Zusammensetzung von Triktionphosphatierbädern zur Anwendung. Die Produktion an den verschiedenen Formen von Nickelhydroxycarbonat im Jahre 2000 wurde allein für Europa auf etwa 6.500 Tonnen für die oben genannten Anwendungen geschätzt.

#### Herstellung

Nickelhydroxycarbonat kommt in der Natur in Form des Minerals Zaratit [Foto] vor; dieses ist jedoch selten und hat keine wirtschaftliche Bedeutung. Die Hauptmenge von Nickelhydroxycarbonat wird durch Auslaugen von Nickelmatte oder als Zwischenprodukt bei der Nassmetallurgischen Nickelherstellung erzeugt. In beiden Fällen reagiert Natriumcarbonat mit einem Nickelsalz, meist Nickelsulfat, bisweilen jedoch auch Nickelnitrat, unter Fällung von Nickelhydroxycarbonat. Das reinere („chemische“) Nickelhydroxycarbonat wird auf eine etwas andere Weise bei niedrigerer Temperatur und niedrigerem pH-Wert hergestellt. Anschließend kommt es in den Vertrieb oder dient als Einsatzstoff zur Herstellung von Nickeloxid, Nickelpulver oder verschiedenen Nickelsalzen. Die bei weitem größte Menge des reineren „chemischen“ Nickelhydroxycarbonats wird zur Produktion von Nickeloxid durch thermische Zersetzung (zur Herstellung von Nickellegierungen, Farbstoffen, Pigmenten und verschiedenen keramischen Produkten), Nickelpulvern (zur Anwendung u.a. in Sonderlegierungen, Batterien, Abschirmungen) und Nickelsalzen zur Oberflächenveredelung von Metallen verwendet.



Die von der Europäischen Union mit Unterstützung der Industrie angefertigte Risikobewertung von Nickelhydroxycarbonat sowie das REACH-Registrierungsdossier zu Nickelhydroxycarbonat sind die umfassendste und aktuellste öffentlich verfügbare Quelle für weitere Informationen.  
<http://www.nickelinstitute.org/Sustainability/EnvironmentalQuality/NickelRiskAssessment.aspx>  
<http://apps.echa.europa.eu/registered/registered-sub.asp> 

Nahaufnahme von Zaratit 

#### NICKELHYDROXYCARBONAT

##### EC-Nummern:

235-715-9, 222-068-2

##### EC-Name:

[Carbonato(2-)] tetrahydroxytrinickel

##### CAS-Nummern, EC-Inventar:

12607-70-4, 3333-67-3, 12122-15-5

##### IUPAC-Name:

Trinickelmonocarbonattetrahydroxid

##### Andere Namen:

Nickelcarbonat, kohlen-saures Nickel(2+), kohlen-saures Nickel,  $[\mu$  [Carbonato(2-)-O:O]] dihydroxytrinickel, [Carbonato(2-)] tetrahydroxytrinickel, Nickelcarbonat, basisch, Nickelcarbonathydroxid, Nickel(II)-carbonathydrat, Nickel(II)-carbonathydroxid, basisches Nickelcarbonat

##### Indexnummer (Anhang I):

028-010-00-0

Diese Beschreibung bezieht sich auf eine Reihe von Zusammensetzungen. Die unten aufgeführten Daten gelten jedoch für eine bestimmte Zusammensetzung davon.

##### Molekularformel:

$\text{CH}_4\text{Ni}_3\text{O}_7$

##### Molekulargewicht:

304,12

##### Erscheinungsform:

hellgrünes Pulver oder Kristalle

##### Dichte:

2,96 g/cm<sup>3</sup> bei 22,5 °C

##### Schmelzpunkt:

Nickelhydroxycarbonat zersetzt sich oberhalb von ca. 240 °C, ohne zu schmelzen.

##### Wasserlöslichkeit:

praktisch unlöslich; 0,0329 g/l bei 20 °C

##### Stabilität:

Selbstentzündungstemperatur > 400 °C

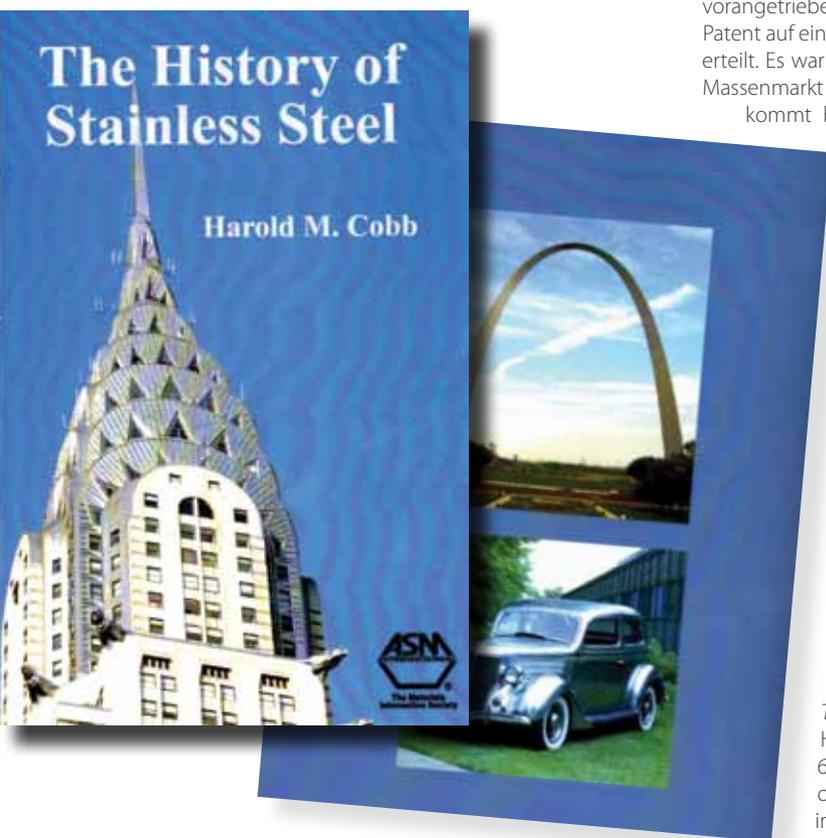


## Die Geschichte von Edelstahl Rostfrei

Der Autor Harold Cobb hat umfangreiche Erfahrungen in der US-amerikanischen Edelstahl-Rostfrei-Industrie gemacht; dazu gehört auch seine Arbeit mit der E.G. Budd Manufacturing Company und in den Industriezweigen Luft- und Raumfahrt sowie Kerntechnik. Ebenso wichtig wie sein technisches Wissen auf dem Gebiet der Metallurgie ist seine Fähigkeit, eine fesselnde Geschichte zu erzählen, in die er die Menschen und Unternehmen einbezieht, die zur Entwicklung von Edelstahl Rostfrei beigetragen haben. Offensichtlich wird dies in seinem

unterhaltsamen neuen Buch *The History of Stainless Steel* (Die Geschichte von Edelstahl Rostfrei).

Cobbs Bericht beginnt mit der Entdeckung von Chrom im Jahre 1797 und zeichnet die Untersuchungen zu chromhaltigen Stählen in verschiedenen Ländern wie u.a. Frankreich, Deutschland, England und den USA nach. Gewöhnlich wird Harry Brearley das Verdienst der Entdeckung und Kommerzialisierung nichtrostender Edelstähle (1913) an seinem Heimatort Sheffield in Großbritannien zugeschrieben, jedoch haben auch viele andere die Entwicklung dieser Legierungen vorangetrieben. So wurde in Deutschland zum Beispiel bereits 1912 ein Patent auf einen nickelhaltigen, austenitischen, nichtrostenden Edelstahl erteilt. Es war jedoch Brearleys rostfreier Edelstahl, der als erster für den Massenmarkt (insbesondere Essbesteck) produziert wurde. Cobbs Buch kommt besondere Bedeutung zu, da wir uns zurzeit dem 100. Jahrestag dieser Errungenschaft nähern.



Der Autor bezieht die verschiedenen frühen Bücher und Aufsätze ein, welche die Entwicklung von Edelstahl Rostfrei beeinflusst haben, einschließlich der wichtigen Konferenz der American Society for Testing and Materials von 1924. Teil des Buches sind auch informative Kapitel über Brearley, den US-amerikanischen Erfinder Edward G. Budd, das Chrysler-Hochhaus in New York (das den vorderen Buchdeckel ziert) und den Gateway Arch in St. Louis, ebenfalls in den USA, und eine Abhandlung über das Schmelzen und Raffinieren sowie über verschiedene Anwendungen und Nomenklatorsysteme. Eine 76-seitige Zeitachse beginnt mit der Entdeckung von Nickel im Jahre 1751 und zeichnet die Entwicklung von Edelstahl Rostfrei bis zum heutigen Tag auf. Bei der Vorbereitung auf die Feierlichkeiten zu dem 100. Jahrestag der Entdeckung nichtrostender Edelstähle wird dieses aufschlussreiche Buch denjenigen hilfreich sein, die neugierig auf die Vergangenheit sind, um die Gegenwart zu verstehen.

*The History of Stainless Steel*, von Harold M. Cobb, 360 Seiten. Herausgegeben von ASM International, 2010. ISBN: 978-1-61530-010-1. Erhältlich von ASM ([www.asminternational.org](http://www.asminternational.org)) als gebundene Ausgabe oder als Taschenbuch. Auch im Fachbuchhandel erhältlich. **NI**

### UNS details Chemische Zusammensetzungen (in Gewichtsprozent) der in dieser Ausgabe des Nickel Magazine erwähnten nickelhaltigen Legierungen und rostfreien Edelstähle

	Al	C	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	N	Nb	Ni	P	S	Si	Ti
<b>G41400</b> S. 16		0,38-0,43	0,80-1,10		rem	0,75-1,00	0,15-0,25				0,035 max	0,040 max	0,15-0,35	
<b>G43400</b> S. 16		0,38-0,43	0,70-0,90		rem	0,60-0,80	0,20-0,30			1,65-2,00	0,035 max	0,040 max	0,15-0,30	
<b>N06625</b> S. 4	0,40 max	0,10 max	20,0-23,0		5,0 max	0,50 max	8,0-10,0		3,15-4,15	rem	0,015 max	0,015 max	0,50 max	0,40 max
<b>S20103</b> S. 9		0,030 max	16,0-18,0			5,5-7,5		0,20 max		3,5-5,5	0,045 max	0,030 max	0,75 max	
<b>S30103</b> S. 9		0,030 max	16,00-18,00			2,00-max		0,2 max		6,0-8,0	0,045 max	0,030 max	1,0 max	
<b>S30400</b> S. 6		0,08 max	18,00-20,00			2,00-max				8,00-12,00	0,045 max	0,030 max	1,00 max	
<b>S30403</b> S. 9, 11		0,03 max	18,00-20,00			2,00-max				8,00-12,00	0,045 max	0,030 max	1,00 max	
<b>S31254</b> S. 4		0,020 max	19,50-20,50	0,50-1,00		1,00 max	6,00-6,50	0,180-0,220		17,50-18,50	0,030 max	0,010 max	0,80 max	
<b>S31603</b> S. 4, 11		0,030 max	16,00-18,00			2,00 max	2,00-3,00			10,00-14,00	0,045 max	0,030 max	1,00 max	



## Nickellegierter Stahl kommt zu Hilfe

### Die wesentliche Rolle von Nickel in dem Schacht nach Plan B

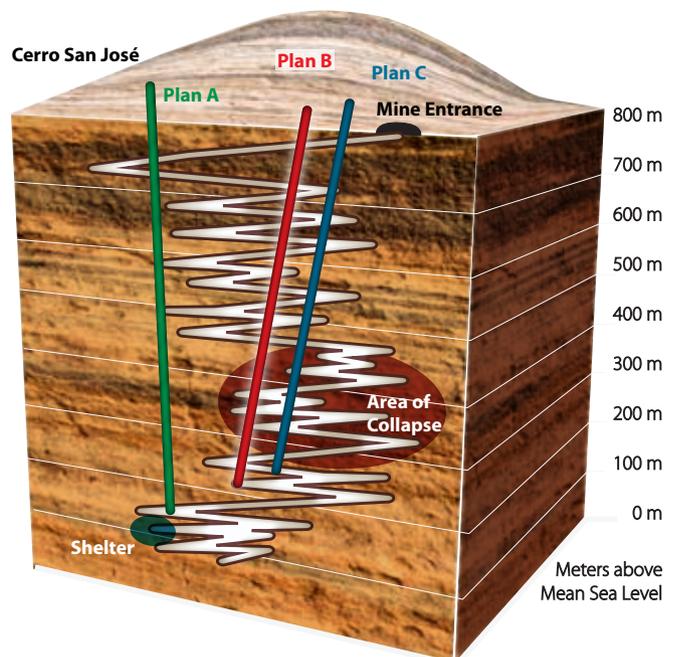
Eines der größten und ergreifendsten Medienereignisse des Jahres 2010 war die Rettung von 33 Bergleuten, die in der Kupfer- und Goldmine San José im Norden von Chile 625 Meter unter der Oberfläche eingeschlossen waren. In dem Rummel der Berichterstattung durch die Medien blieb jedoch eines unbemerkt: Eine entscheidende Komponente bei der Rettung war nickelhaltiger Stahl.

Das Unglück ereignete sich am 5. August, als der Hauptschacht des Bergwerks einstürzte und jeglicher Kontakt zwischen den Bergleuten und der Außenwelt abbrach. Erst nach 17 Tagen konnte das erste enge Bohrloch bis zu dem Schutzraum vorgetrieben werden. Dadurch erfuhren die Rettungsmannschaften, dass es 33 Überlebende gab. Zunächst gingen die Rettungskräfte davon aus, dass das Bohren eines ausreichend weiten Schachtes, um die Bergleute ans Tageslicht zu holen, mehrere Monate dauern würde.

Unter Einsatz unterschiedlicher Techniken bohrten verschiedene Mannschaften gleichzeitig drei Rettungsschächte. Der Schacht, durch den die Bergleute schließlich gerettet wurden (der „Schacht von Plan B“), wurde durch Aufbohren eines bereits vorhandenen Bohrlochs mit einem Durchmesser von 14 cm erzeugt. Anstelle der herkömmlichen dreikegeligen Bohrspitzen setzte die Rettungsmannschaft von Plan B einen Druckluft-Bohrhammer mit großem Durchmesser ein, der bei seiner Drehung 1.500 Schläge pro Minute ausführen kann.

Der Bohrer erwies sich als ideal zum Brechen des harten, abrasiven Gesteins, einer Arbeit, die hohe Anforderungen an die verwendeten Werkstoffe stellt. Schon fünf Jahre vorher hatte Center Rock, ein in Pennsylvania (USA) ansässiges Unternehmen, einen speziellen Bohrkopf mit niedrigem Profil für Bohrungen in extrem harten Gesteinsformationen entwickelt. Die Einheit besteht aus vier Drucklufthämmern. Der Zylinder und die Kolben bestehen größtenteils aus UNS G4340 (enthält 1,65 - 2 % Nickel) oder G41400. Beide Güteklassen werden zur Erhöhung der Festigkeit und Härte wärmebehandelt. Wo die Schlagwirkung am größten ist, wird jedoch G4340 eingesetzt. Bei ungefähr gleicher Festigkeit ist G4340 weitaus zäher als G41400 und weist zudem eine erhöhte Ermüdungsfestigkeit auf. Auch ist es mit G4340 leichter, bei schwereren Teilen die Härte auf der gesamten Dicke zu erzielen. Für diese überlegenen Eigenschaften ist größtenteils die Zulegierung von Nickel verantwortlich.

Die eingeschlossenen Bergleute spielten eine aktive Rolle bei ihrer eigenen Rettung, denn sie mussten Hunderte von Tonnen Bohrgut beiseite räumen, das durch die Bohrarbeiten das Bohrloch hinab in die



Dank der hohen Bohrgeschwindigkeit der nickelhaltigen Bohrspitzen war der Schacht nach Plan B der erste, der bis zu den Bergleuten vordrang

Schachtgrube herabgedrückt wurde. Bei der Beseitigung jeder Ladung Bohrgut wussten die Bergleute, dass sie ihrer Rettung um dieses Stück Arbeit näher gekommen waren.

Dank der hohen Bohrgeschwindigkeit des nickelhaltigen Bohrhammers war der Schacht nach Plan B der erste, der bis zu den Bergleuten vordrang – am 9. Oktober, etwas mehr als einen Monat, nachdem die Arbeit an dem Schacht begonnen hatte.

Am 13. Oktober sahen weltweit jubelnde Zuschauer die Live-Bilder von dem ersten Bergmann, der aus einer in den Farben der chilenischen Nationalflagge, Rot, Weiß und Blau, gestrichenen Rettungskapsel ausstieg. Zweiundzwanzig Stunden später erreichte der letzte Kumpel die Oberfläche – volle 69 Tage nach dem Einstürzen des Hauptschachtes. Und Nickel hat dabei eine kleine aber wichtige Rolle gespielt. **NI**