

NICKEL MAGAZINE

DIE FACHZEITSCHRIFT FÜR NICKEL UND SEINE ANWENDUNGEN

NICKEL, JHRG. 34, NR. 2, 2019

Heute und morgen Nickel im Alltag und in der Wissenschaft

*Die Zukunft der Kohlendioxid-
Abscheidung und Speicherung*

*Entdeckung kosmischer
Gravitationswellen mithilfe von
Nickellegierungen*

*Die neue Champlain Bridge:
Sie wird 125 Jahre lang halten*





FENDER KATSALIDIS ARCHITECTS

FALLSTUDIE 16

MERDEKA PNB 118

Der 644 Meter hohe Mega-Wolkenkratzer Merdeka PNB 118 (Permodalan Nasional Berhad, eine Investmentgesellschaft mit staatlicher Unterstützung), nach seiner Fertigstellung das dritthöchste Gebäude der Welt, nimmt in Kuala Lumpur Form an. Der gläserne Turm, der am historisch bedeutsamen Merdeka-Ort entsteht, wo im Jahr 1957 die Unabhängigkeit Malaysias erklärt wurde, wird 118 Stockwerke umfassen und von einem 150 m hohen Spitzturm gekrönt sein.

Laut Fender Katsalidis Architects, die mit dem lokalen Architektenbüro RSP Architects und den Landschaftsarchitekten von Sasaki Associates zusammenarbeiteten, „erinnert das Facettendesign des Gebäudes an traditionelle malaysische Kunstwerke und Handarbeiten.“

Auf Langlebigkeit ausgelegt

Die Hauptstruktur besteht aus einem Baustahlssystem aus sechs Tragwerkzonen, drei Auslegerzonen, Verbunddecken und einem weiträumigen Dachstuhl. Diese auf Wind- und Erdbebenbeständigkeit ausgelegten Systeme gewährleisten eine eindrucksvolle Stabilität. Der Überbau ruht auf einer 4 m dicken Fundamentplatte und 137 Ortbeton-Rammpfählen, die jeweils einen Durchmesser von 2,2m aufweisen und 60 m lang sind.

Rohrleitungen aus Edelstahl

Aufgrund der 118 zu versorgenden Stockwerke wurde für die Rohrinstallationen Edelstahl gewählt. Edelstahl ist angesichts der bei besonders hohen Bauwerken auftretenden hohen Druckwerte ideal geeignet; darüber

hinaus begünstigt er hervorragende Trinkwasserqualitäten. Für das Rohrinstallationssystem allein werden mehr als 70 Tonnen Edelstahl verbaut. Die Rohrleitungen und Fittings aus Edelstahl des Typs 304 (UNSS30400) weisen Größen von 15 bis 60,5 mm auf. HOTO Plumbing System (HOTO Stainless Steel Industries), ein malaysischer Hersteller von Edelstahlrohren, wurde für die Kalt- und Spülwassersysteme gewählt; für die Installation zeichnet Qudotech Std Bhd verantwortlich. Das ambitionierte Projekt soll im Jahr 2021 fertiggestellt werden.

Ni



PHOTO STAINLESS STEEL PLUMBING SYSTEM

EDITORIAL: NEU-NEU, ALT-NEU UND EINSTEIN

Unsere Gesellschaft ist von allem Neuen fasziniert, was auch absolut verständlich ist. Wir sollten uns aber auch daran erinnern, dass die Materialien, die uns so weit gebracht haben, immer noch zur Verfügung stehen. Dazu gehört auch Nickel.



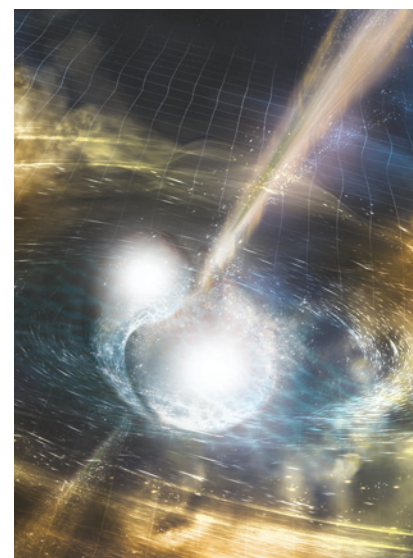
Ein kleines Beispiel ist der nickelhaltige Edelstahl in den Fahrzeugen, die die Menschheit einst ins Weltall befördern werden. Das ist eines der großen Ziele von Elon Musk, CEO von SpaceX. SpaceX ist aber nicht allein. Insbesondere bei einem Erfolg seiner Super Heavy-Rakete werden andere Raumfahrt-pioniere folgen.

Der Realität unseres Alltags näher liegt die Infrastruktur. Eine wichtige Brücke, 1962 unter großem Getöse eröffnet, hielt nur 50 Jahre. Bis 2019 wurde sie unter sehr hohen Kosten und vielen Unannehmlichkeiten dennoch weiter genutzt. Ihr Ersatz, die neue Champlain Bridge über den St. Lawrence River im kanadischen Québec, hat eine vorgesehene Konstruktionslebensdauer von 125 Jahren. Ein wichtiger Unterschied zwischen der mittlerweile unbrauchbaren und der neuen Brücke ist die umfassende Nutzung von nickelhaltigen Edelstählen (siehe Seite 6). Während die falsche Materialwahl für den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks von 1962 höchst kostspielige Folgen hatte, spiegelt die neue Brücke die gemachten Erfahrungen wider.

Und Einstein? Machen Sie sich über Gravitationswellen kundig und finden Sie heraus, wie nickelhaltige Legierungen deren Entdeckung überhaupt erst möglich machten (siehe Seite 10).

Nickel würdigt die kontinuierlichen Beiträge, die nickelhaltige Materialien in den Bereichen Konstruktion, Architektur und Wissenschaft leisten. Nickel ist in verschiedenen Formen ein grundlegender Bestandteil unserer Zukunft. Auf diesem Planeten und darüber hinaus.

Clare Richardson
Chefredakteurin, *Nickel Magazine*



In dieser künstlerischen Darstellung eines katastrophalen Ereignisses im Weltraum ist allerhand los: Es kollidieren zwei Neutronensterne. Natürlich haben wir es hier mit einem Werk der Fantasie zu tun, doch gibt es neue wissenschaftliche Kenntnisse dazu, wie die Physik im Universum wirkt.

Ein Beispiel dafür ist die kürzliche Entdeckung und Messung von Gravitationswellen, bei der Nickel (jawohl!) eine wichtige Rolle spielte. Auf Seite 10 finden Sie den Artikel zu LIGO und Virgo.

INHALT

- 02 **Fallstudie Nr. 16**
Merdeka PNB 118
- 03 **Editorial**
Neu, alt und Einstein
- 04 **Beachtenswertes zum Thema Nickel**
- 06 **Neue Champlain Bridge**
125 Jahre in die Zukunft
- 08 **Boundary Dam**
*Fünf Jahre Kohlendioxid-
abscheidung und -speicherung*
- 10 **Gravitationswellen**
Entdeckung mithilfe von Nickel
- 13 **Wasserstoffzüge**
Nickel an Bord
- 14 **Entdeckungsrutschen**
Jewel Changi Airport
- 15 **Neue Publikationen**
- 15 **UNS-Details**
- 16 **Bruchsichere Gitarre**
Additive Herstellung mit Nickel

Das Nickel Magazine ist eine Publikation des Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Dr. Hudson Bates, Verbandspräsident
Clare Richardson, Chefredakteurin

communications@nickelinstitute.org

Autoren und Mitarbeiter:

Gary Coates, Rick Huza, Larry Martin, Richard Matheson,
Bruce McKean, Geir Moe, Kim Oakes, Odette Ziezold

Entwurf: Constructive Communications

Das Textmaterial wurde zur allgemeinen Information des Lesers erstellt und sollte nicht als Grundlage für spezifische Anwendungen verwendet werden, ohne dass vorher fachmännische Beratung eingeholt wurde. Obwohl das Textmaterial nach unserem besten Wissen korrekt ist, garantieren das Nickel Institute, seine Mitglieder, Mitarbeiter und Berater nicht seine Eignung für eine allgemeine oder spezifische Anwendung und übernehmen keine Haftung oder Verantwortung irgendeiner Art im Zusammenhang mit den hierin enthaltenen Informationen.

ISSN 0829-8351

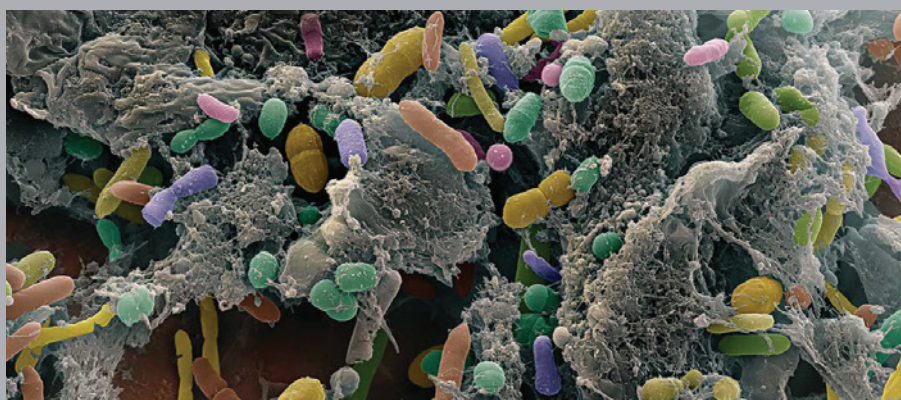
In Kanada von der Hayes Print Group auf Recyclingpapier gedruckt

Fotos und Bilder:

Titelseite: iStockPhoto@cemagraphics

BEACHTENSWERTES ZUM THEMA

NICKEL



EYE OF SCIENCE/SCIENCE SOURCE

Keime im Weltall

Die Bedingungen im Weltraum sind harsch, und für den Menschen ist das All eine stressige und unnatürliche Umgebung. Erdbewohner, die im All ankommen, bringen Bakterien mit. Was auf der Erde gutartig oder einfach loszuwerden ist, kann im Weltraum aber leicht zum Problem werden.

Dazu Prof. Elisabeth Grohmann von der Beuth Hochschule für Technik Berlin, Autorin einer neuen Studie: „Aufgrund von Stresshormonen sind Astronauten Infektionen gegenüber anfälliger. Gleichzeitig werden die Bakterien, die sie mitbringen, hartnäckiger; sie entwickeln dicke Schutzschichten sowie Antibiotika-Resistenzen und werden kräftiger, sodass sie sich schneller vervielfältigen und verwandeln.“

Eine neu entwickelte, proprietäre Oberflächenbeschichtung aus Silber und Ruthenium wird im Toilettenbereich der Internationalen Raumstation ISS getestet. Im Vergleich zu Kontrolloberflächen konnte die gemessene Bakterienpräsenz nach 12 und 19 Monaten um mehr als 80 % reduziert werden.

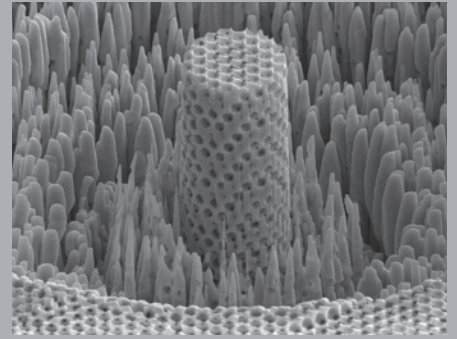
Die Silber-Ruthenium-Zusammensetzung dient zur Oberflächenbeschichtung. Die damit überzogenen Flächen bestehen aus nickelhaltigem Edelstahl des Typs 304 (UNS S30400), einer Legierung, die für ihre Eignung für verschiedene Oberflächenbehandlungen geschätzt wird.

Das Weltall wird für uns immer eine unwirtliche Umgebung sein, aber eins steht fest: Nickelhaltige Materialien in führenden wie auch in sekundären Rollen werden menschliches Leben im Weltraum erleichtern.



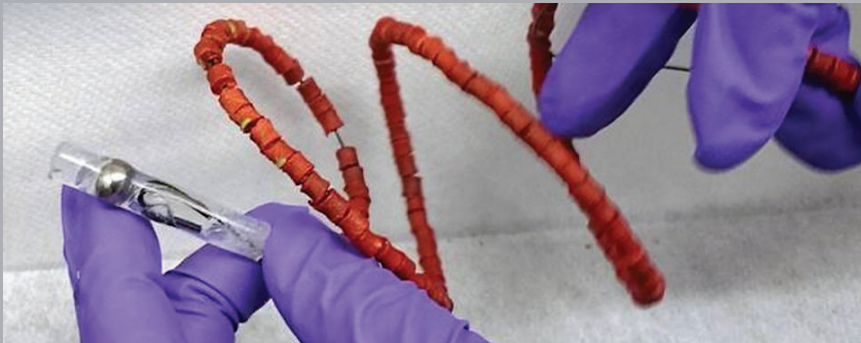
Zurück in die Zukunft

In Science-Fiction-Werken der 1950er Jahre spielen Raketen eine wichtige Rolle. Damals wurden sie als glänzende dicke Zigarren mit Fenstern, Flossen und Standbeinen dargestellt. Heute konstruieren wir die Raumschiffe der Zukunft, und die Prototypen – aufgepasst! – sind den fiktiven Raumfahrern von vor 70 Jahren keinesfalls unähnlich. Und sie bestehen aus nickelhaltigen Edelmetallen. SpaceX entwickelt ein Single Stage to Orbit (SSTO)-Raumfahrzeug, das von der Super Heavy (ehemals BFR)-Rakete des Unternehmens angetrieben wird. Aus Gründen der Technik, Leistung und Wirtschaftlichkeit ist Edelstahl laut Elon Musk, CEO von SpaceX, das optimale Material, und es lässt Aluminium und Karbonverbundstoffe mühelos hinter sich.



Metallisches Holz

Stabil wie Luft- und Raumfahrt-Titan, aber leichter als Wasser. Das Material wird zwar als „metallisches Holz“ bezeichnet, enthält aber kein Holz. Forscher an der University of Pennsylvania, der University of Illinois und der University of Cambridge haben ein Nickelmaterial mit zellartigen Poren entwickelt, das die gleiche Festigkeit wie Titan bietet, aber vier bis fünf Mal leichter ist. Aufgrund der Poren ähnelt es Holz und weist mit Luft gefüllte Hohlräume zwischen Milliarden Miniatur-„Streben“ aus Nickel auf. Bei vieltausendfacher Vergrößerung sieht das Material wie eine Honigwabe aus. Die nächste Herausforderung? Wie kann dieses Material in großen Mengen hergestellt werden? Große Platten davon könnten die Bau- und Automobilindustrie revolutionieren, die stets auf der Suche nach leichteren Materialien sind, die im Vergleich zu ihrem Eigengewicht deutlich schwerere Lasten stemmen können.



Eine besser verträgliche TB-Behandlung

Ein dünner Spulendraht könnte einen wichtigen Fortschritt bei der Behandlung von Tuberkulose (TB) bedeuten, einer der weltweit tödlichsten Infektionskrankheiten, mit der ein Viertel der Erdbevölkerung infiziert ist und die jährlich mehr als eine Million Tote fordert. In den ländlichen Gebieten von Ländern wie Indien, Südafrika und China, wo die Ansteckungsraten besonders hoch sind, war es bislang schwierig, die erforderliche tägliche Behandlung mit Antibiotika über sechs Monate hinweg zu verabreichen. Der biegsame Draht aus Nitinol (UNS N01555), einer Nickel-Titan-Legierung, wird in den Patienten eingeführt. Wenn er den im Magen herrschenden höheren Temperaturen ausgesetzt wird, ändert sich seine Form. Bis zu 600 „Pillen“ verschiedener Antibiotika werden auf den Draht aufgefädelt und die Medikamente im Verlauf eines Monats retardiert abgegeben. Durch das Aufspulen wird verhindert, dass der Draht sich weiter durch das Verdauungssystem bewegt. Die Sicherstellung der vollständigen Behandlung ist eine globale Herausforderung, die hier mittels Nickel angegangen wird.

NEUE CHAMPLAIN BRIDGE IN MONTREAL: VERLÄNGERTE LEBENSDAUER DURCH EDELSTAHLBEWEHRUNG



ARUP — INFRASTRUCTURE CANADA

Es wurden drei mögliche Edelstahllegierungen spezifiziert: die Typen 2304 (UNSS32304), 2101 (S32101) und 304 (S30400). Alle drei Legierungen bieten eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit über einen Zeitraum von 125 Jahren, weil sie ausreichende Mengen an Chrom und Nickel enthalten. Typ 2304 (4 % Ni) wurde aus Gründen der Kosten und Lieferbarkeit zum Zeitpunkt der Ausschreibung genutzt. Die Bewehrung wurde in Nordamerika hergestellt.

Die Champlain Bridge über den Saint Lawrence River und Saint Lawrence Seaway ist mit mehr als 50 Millionen Fahrzeugen jährlich und ca. 11 Millionen Passagieren im öffentlichen Nahverkehr die am meisten genutzte Brücke in Kanada. Sie wurde 1962 eröffnet und verbindet Montréal mit dem Südufer. Fast 58 Jahre lang leistete sie Gemeinden in Québec und Ostkanada gute Dienste. Jetzt ist sie abbruchreif.

Ersetzt wird sie durch die neue Samuel de Champlain Bridge, die von Infrastructure Canada am 1. Juli 2019 eingeweiht wurde. Die 3,4 km lange Brücke ist ein Schrägseilbauwerk mit drei separaten, parallelen Straßenebenen mit einer Breite von insgesamt 60,2 m. Darauf befinden sich sechs Fahrspuren, zwei zusätzliche, extrabreite Außenfahrspuren für Busse, zwei Korridorspuren für den Schienennahverkehr und ein 3,5 m breiter Mehrzweckweg für Fußgänger und Radfahrer.

Der Zustand der Originalbrücke hatte sich vor allem durch die Korrosionswirkung von Straßensalz, die bei der Bauplanung nicht angemessen berücksichtigt worden war, und bestimmte Designfehler stark verschlechtert. Eine unzureichende und fehlerhafte Drainage sorgte dafür, dass sich Wasserpfützen bildeten und Wasser auf baustatisch kritische Elemente gelangte. Ebenso signifikant beeinträchtigt waren die vorbelasteten/nachgespannten Betonträger der Auffahrtrampe, Ende der 1950er Jahre noch eine ganz neue Technik. 2013 wurde bekanntgegeben, dass die Brücke durch einen Neubau ersetzt werden würde. Die Bauarbeiten begannen 2015.

Die Konstrukteure mussten zahlreiche Herausforderungen bewältigen. Die

Umgebungsbedingungen in Montréal sind extrem widrig: Im Winter erreichen die Temperaturen oft Niedrigwerte von -25 °C und die saisonalen Temperaturen können um bis zu 60 °C schwanken, was zu extremen Gefrier- und Auftauzyklen führt. Damit die Brücke auch im Winter befahrbar ist, muss Straßensalz eingesetzt werden.

Weil die Brücke eine wichtige Wirtschaftsverbinding mit Ostkanada darstellt, gab der Eigentümer für die Straßenkomponente des Bauwerks eine Lebensspanne von 125 Jahren vor. Diese lange Lebensdauer wurde durch die besondere Bauweise sowie die Auswahl der richtigen Materialien erzielt. Umfassende Analysen der Lebenszykluskosten ergaben ein Kosten-Nutzen-Verhältnis, das den Gebrauch widerstandsfähigerer Materialien in allen Kernelementen rechtfertigte. Während der erwarteten Lebensdauer der Brücke sollten eindrucksvolle Einsparungen erzielt werden, weil Reparaturen und Verkehrsunterbrechungen bei Straßenbauarbeiten vermieden werden.

Um sicherzustellen, dass die gewünschte Lebensdauer auch erreicht wird, bestand der Eigentümer auf einer Auswahl von Materialien nach dem Kriterium ihrer Widerstandsfähigkeit, anstatt einen



leistungsbasierten Spezifikationsansatz zu verfolgen. Dies schloss die gewählten Bewehrungsmaterialien ein.

Nach Beurteilung staatlicher Stellen verlangten die widrigen Bedingungen, der verlängerte Lebenszyklus der Hauptkomponenten des Bauwerks und die ökonomische Bedeutung dieser Verbindung eine aus Edelstahl bestehende Bewehrung.

Insgesamt kamen in den vorgefertigten und vor Ort gefertigten Abschnitten der

Straßenebenen der gesamten Brückenspanne einschließlich Auffahrten, Streben und Flächen um die Dehnungsfugen 17.000 Tonnen Edelstahlbewehrung zum Einsatz.

Die neue Samuel de Champlain Bridge vereint Ästhetik und Praktikabilität, wobei jede Transportart berücksichtigt wurde. Dank ihrer nickelhaltigen Komponenten werden weder das Klima noch sich verändernde Transportmuster dieser Brücke etwas anhaben können. 

Edelstahlbewehrung ist ein wertschöpfendes Designmerkmal mit messbaren Vorteilen in Form von langfristigen Kosteneinsparungen und einer höheren Nutzbarkeit des Straßennetzes, weil durch Bauarbeiten verursachte Staus reduziert werden.

FÜNF JAHRE KOHLENDIOXIDABSCHIEDUNG UND -SPEICHERUNG

Nickelhaltige Legierungen leisten im Boundary Dam CCS-Komplex von SaskPower gute Dienste. In der Abscheidereinheit wird AL-6XN® mit einem Nickelgehalt von ca. 24 % eingesetzt, um der korrodierenden Wirkung von Flüssigabgasen zu widerstehen.



SASKPOWER

Es gibt eine ganze Reihe innovativer Methoden zur Reduzierung von Kohlendioxidemissionen. Eine davon ist der Kohlendioxidabscheidungs- und -speicherkomplex (Carbon Capture and Storage, CCS) Boundary Dam, auch bekannt als Boundary Dam 3 (BD3). Nach fünf Betriebsjahren leisten Edelstähle wie Typ 316L (UNS S31603) sowie Nickellegierungen wie AL-6XN® (N08367) und 254 SMO® (S31254) in dieser ursprünglich als Demonstrationsprojekt konzipierten Anlage immer noch gute Dienste.

Energiebedarf auf klimafreundliche Weise decken

Boundary Dam ist ein großes, mit Kohle befeuertes Kraftwerk, das von der Saskatchewan Power Corporation, einem kanadischen Energieversorger, betrieben wird. Die BD3-Turbineneinheit ist seit 1955 in Betrieb und wurde 2014 mit einer Kohlendioxidabscheidungs- und -speicheranlage nachgerüstet. Dadurch ist sie weltweit das erste Kohlekraftwerk mit Kohlendioxidabscheidung nach der Verbrennung.

Das Originalkonzept dieses auf eine Nennlebensdauer von 30 Jahren ausgelegten Kraftwerks bestand darin, jährlich bis zu einer Million Tonnen Kohlendioxid aus dem Abgas abzuscheiden und zu speichern. Außerdem wird die Turbinenlebensdauer um Jahrzehnte verlängert – ein erheblicher zusätzlicher Vorteil. Angesichts der Kosten in Höhe von 1,5 Mrd. kanadischen Dollar und einer Reduzierung der Ausgangsleistung von 139 MW auf netto 115 MW waren die wirtschaftlichen Faktoren dieser Anlage nicht unumstritten, auch wenn Technologie und Materialien sich als robust erwiesen.

SO₂ und CO₂ – eine doppelte Herausforderung

Kohle wird weiterhin umfassend für die Stromerzeugung genutzt. Ca. 40 % der

weltweit erzeugten Elektrizität stammen aus Kohlekraftwerken. In Saskatchewan gibt es Braunkohlereserven von mehr als fünf Milliarden Tonnen, was beim gegenwärtigen Bedarf für weitere 250 Jahre ausreichen sollte.

Schwefeldioxid (SO₂) ist ein signifikantes Verbrennungsprodukt und stellt CCS vor eine doppelte Herausforderung, da sowohl SO₂ als auch CO₂ abgeschieden werden müssen. Zunächst werden in einem Abscheider Partikel aus dem Abgas entfernt. Dieser auf dem Markt als Flugasche erhältliche Verbrennungsrückstand ist ein Feinstaub, der in Beton, im Bergbau, in Ölbohrstellen, als Straßentragschicht sowie für die Stabilisierung von Flüssigabfällen eingesetzt wird. Stickstoffoxid (NOx) im Abgas wird mithilfe von Niedrig-NOx-Brennern und der Begrenzung von Oberluft minimiert. Zur Emissionsreduzierung wird ein lösungsmittelbasiertes CO₂-Abscheidungsverfahren in Kombination mit einem SO₂-Abscheidungsprozess eingesetzt.

Zunächst wird SO₂ aus dem Abgas entfernt; dann wird CO₂ in derselben Anlage abgeschieden. Die SaskPower BD3 CCS-Einheit kann bis zu 100 % des enthaltenen SO₂ abscheiden und in ver

marktbarer Schwefelsäure umwandeln (bis zu 16.000 l pro Tag).

Bis zu 90 % des CO₂ können aus dem Abgas entfernt werden. Dieses Gas wird auf einen Druck von 17,2 MPa zu einem überkritischen bzw. Dichtphasenzustand komprimiert. Dann wird es über Pipelines an geologische Lagerorte transportiert: eine ca. 1,4 km tief gelegene Erdöllagerstätte in einer erweiterten Ölförderanlage in der Nähe von Weyburn, Saskatchewan, oder einen ca. 3,4 km tief gelegenen salinen Aquifer. Um zu beweisen, dass die Speicherung von CO₂ tief unter der Erde in einer salzlaugengefüllten Sandsteinschicht eine sichere Methode zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen ist, wird dieser geologische Speicherort ständig gemessen, überwacht und überprüft.

Bei regelmäßigen Betriebsinspektionen wurde der gute Zustand der in der gesamten Anlage eingesetzten nickelhaltigen Legierungen bestätigt. Prozesssystem-Komponenten wie Behälter, Purifizierungs- und Filtrierungseinheiten, Rohrleitungen, Kompressoren und Wärmetauscher weisen keine Anzeichen von Lochfraß oder Korrosion auf. In den meisten Fällen ist das prozessexponierte Metall im gleichen Zustand wie bei der Inbetriebnahme.

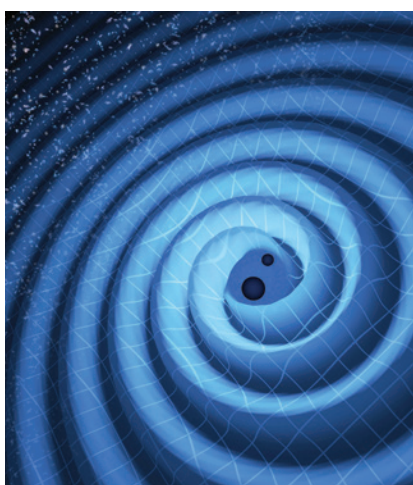
Edelstahl AL-6XN®, eine superaustenitische Legierung, ist für seine hohe Festigkeit sowie Widerstandsfähigkeit gegenüber Spalt- und Lochfraßkorrosion in sauren Lösungen bekannt – nur ein Beispiel, wie nickelhaltige Materialien innovative Technologien und eine Reduzierung der Kohlendioxid-Emissionen ermöglichen.

Seit 2014 weisen die Leistungsstatistiken der SaskPower-Anlage eine stetige Verbesserung auf. Bis dato wurden ca. 2,6 Millionen Tonnen CO₂ verarbeitet. 2018 schied die CCS-Anlage insgesamt 625.996 Tonnen CO₂ ab, eine signifikante Steigerung gegenüber 2017. Wenn externe Gründe für Ausfallzeiten außer Acht gelassen werden, lag die Verfügbarkeit der CSS-Einheit bei 94 %.

NI



EINSTEIN LIEGT (WIEDER MAL) RICHTIG VON DEM PHYSIK-GENIE VORHER- GESAGTE GRAVITATIONSWELLEN ENTDECKT – DANK NICKELHALTIGER LEGIERUNGEN



LIGO/PYLE

In der obigen Darstellung werden sich gleich zwei schwarze Löcher, jedes mit seiner eigenen Rotation, zusammenschließen. Angetrieben durch die gegenseitige Gravitationsanziehung bewegen sie sich spiralförmig ineinander. Diese am 26. Dezember 2015 entdeckten schwarzen Löcher hatten die 14- bzw. 8-fache Masse der Sonne. Die Wellen-Zeit-Dimension wird hier durch das Gittermuster dargestellt und durch die von der Fusion erzeugten Gravitationswellen verzerrt. Solche Ereignisse sind selbst unter Berücksichtigung der enormen Weite des Universums nichts Triviales. Wie LIGO und Virgo zeigen, sind sie aber auch nicht selten.

1916 veröffentlichte Albert Einstein den Aufsatz, in dem er Gravitationswellen vorhersagte, also Wellen im Raum-Zeit-Kontinuum, die auf die brachialsten Phänomene in unserem Universum zurückzuführen sind, also etwas Supernova-Explosionen oder kollidierende schwarze Löcher. Diese Prognose hält seit über 100 Jahren Wissenschaftler in aller Welt in Atem: Können solche Wellen, wenn es sie denn gibt, erfasst werden? Falls ja, wären die Konsequenzen für die Grundlagenphysik – also das Vertrauen darauf, dass Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie in der Tat ein funktionstüchtiges theoretisches Rahmenwerk darstellt – von größter Tragweite.

Die Gravitationswellen-Astronomie war ein theoretischer Zweig der beobachtenden Astronomie, mit der sich die Hoffnung verband, Gravitationswellen zu nutzen, um empirische Daten über Objekte wie Neutronensterne, schwarze Löcher und Ereignisse wie Supernovae zu sammeln. Zunächst musste aber ihre Existenz belegt werden. Diese Suche fand wissenschaftliche und politische Unterstützung. Das Ergebnis waren drei koordinierte Bemühungen, zwei in den USA (LIGO) und eine in der Europäischen Union (Virgo).

Nicht mehr nur Theorie

Das Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) ist ein Physikexperiment und Observatorium im großen Maßstab, das von der National Science Foundation der USA am California Institute of Technology und dem MIT (Massachusetts Institute of Technology) betrieben wird und das Ziel hat, kosmische Gravitationswellen zu erfassen und Gravitationswellen-Beobachtungen als astronomisches Werkzeug zu entwickeln.

Es wurden zwei Observatorien mit dem Ziel gebaut, Gravitationswellen mittels Laserinterferometrie zu entdecken. Dies erfolgt durch den Vergleich der Zeit,

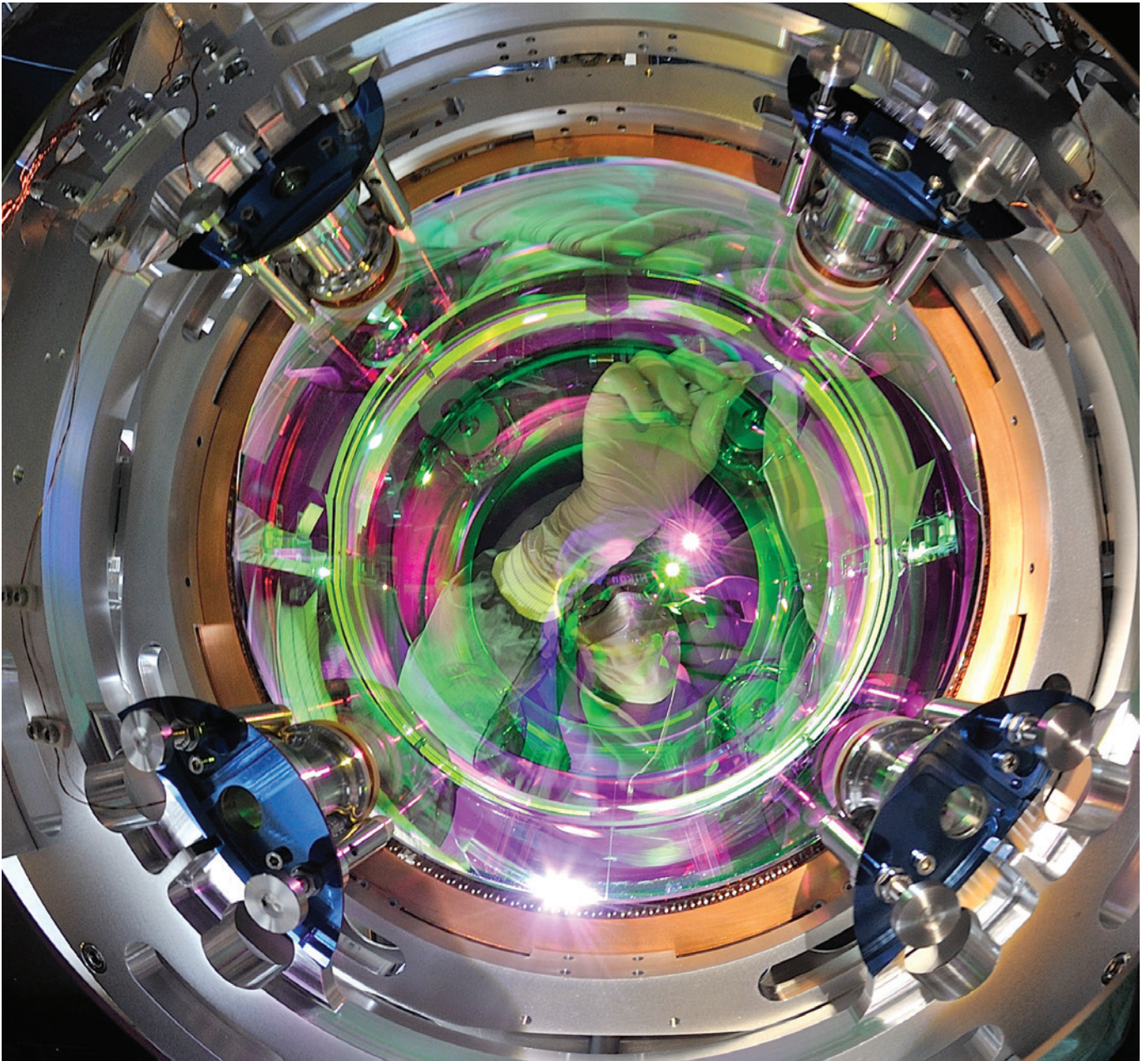
die Laserstrahlen brauchen, um längs zweier senkrechter, 4000 m langer Pfade gesendet und von isolierten, hängenden Testkörpern zurückgestrahlt zu werden.

Die ersten LIGO-Operationen fanden zwischen 2002 und 2010 statt. Dabei wurden keine Gravitationswellen entdeckt. 2008 begann die Arbeit an der Verbesserung der ursprünglichen LIGO-Detektoren. Durch Verbesserungen, die zu einer deutlich verstärkten Empfindlichkeit führten, können die beiden 4000-Meter-Pfade jetzt kontinuierlich mit einer Präzision von 10-19 m verglichen werden, 1/10.000 der Größe eines Protons.

Um eine derart hohe Empfindlichkeit zu erzielen, bedurfte es einer bemerkenswerten Kombination von technologischen Innovationen in Präzisionslasern, von Vakuumtechnologie und von hochentwickelten optischen und mechanischen Systemen. An zwei parallel zueinander betriebenen LIGO-Observatorien in den US-Bundesstaaten Washington und Louisiana werden terrestrische Störungen ausgeschlossen.

Auch die EU leistet ihren Beitrag

Virgo, das europäische LIGO-Pendant, geht auf das Jahr 2000 zurück, als Frankreich



EGO/VIRGO COLLABORATION/PERICIBALLI

(Centre Nationale de la Recherche Scientifique/CNRS) und Italien (Istituto Nazionale de Fisica Nucleare/INFN) gemeinsam das European Gravitational Observatory (EGO) gründeten. Später kamen Institute in den Niederlanden, in Polen, Ungarn und Spanien hinzu. Die Geschichte von Virgo ist der von LIGO ganz ähnlich, und wie LIGO wurde auch Virgo mehrmals verbessert.

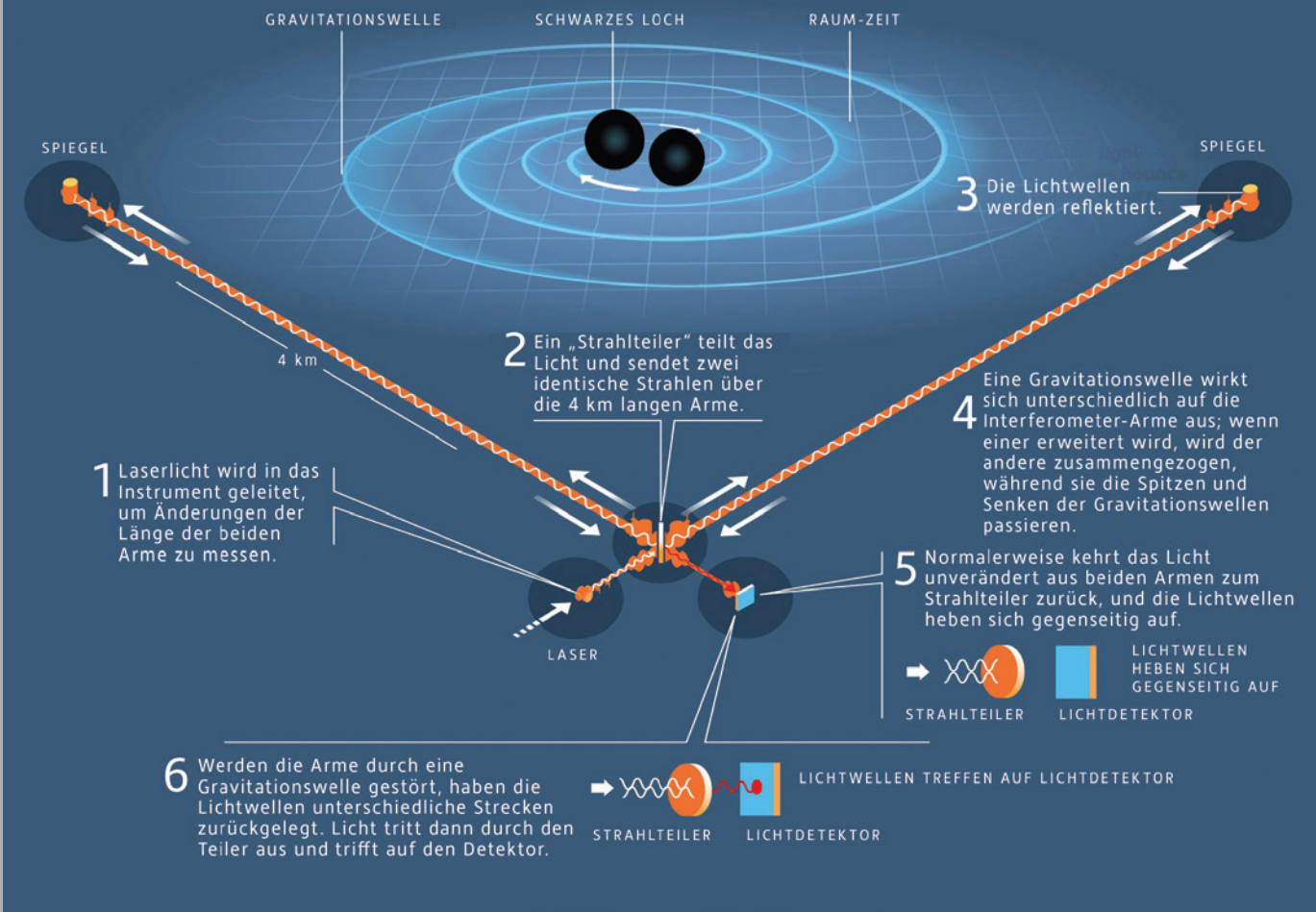
Während der ersten beiden Beobachtungsläufe vom September 2015 bis Januar 2016 und November 2016 bis August 2017

wurden elf Gravitationsereignisse erfasst. Seit Beginn des dritten Beobachtungslaufs im Januar 2019 wurden 18 weitere Ereignisse festgestellt, die noch als Gravitationsereignisse bestätigt werden müssen.

Diese Forschungsleistungen dringen bis zum eigentlichen Wesen der Physik vor, und nickelhaltige Legierungen haben es Wissenschaftlern und Ingenieuren wieder einmal ermöglicht, neue Grenzen zu setzen. In diesem Fall liegen diese Grenzen in einer anderen Dimension. **NI**

LIGO wurde für den sog. dritten Beobachtungslauf (Third Observational Run) weiter aufgerüstet. Hier arbeitet ein Techniker an einem Aspekt dieser Aufrüstung. Natürlich wurden auch hier wegen ihrer Festigkeit, Bearbeitbarkeit, Starrheit und thermischen Stabilität nickelhaltige Materialien eingesetzt.

LIGO – EIN RIESIGES INTERFEROMETER



JOHAN JARNESTAD/KÖNIGLICH SCHWEDISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

CALTECH/MIT/LIGO-LAB



„Interferometer führen zwei oder mehr Lichtquellen zusammen, um ein Interferenzmuster zu schaffen, das gemessen und analysiert werden kann. Oft werden sie dazu verwendet, sehr kleine Messungen vorzunehmen, die auf andere Weise nicht möglich sind.“

Quelle: LIGO Caltech

Wo ist Nickel anzutreffen?

Nickelhaltige Materialien wurden bei der Herstellung vieler kritischer Komponenten der LIGO- und Virgo-Observatorien mit ähnlichen Installationen verwendet. Um zu verhindern, dass eine atmosphärische Refraktion den Laserpfad stört, ist jedes der LIGO-Geräte in einem der weltweit größten Ultrahochvakuumssysteme eingeschlossen. Jedes System besteht aus 8000 m langen Edelstahl-Strahlrohren des Typs 304L (UNS S30403) mit einem Durchmesser von 1,2 m und einer Stärke von 3,2 mm. Die Strahlrohre an beiden LIGO-Standorten enthalten daher mehr als 120 Tonnen Nickel. Circa weitere 15 Tonnen sind in den Vakuumbehältern, Ventilen und Verbindungsspulen enthalten, in denen die optischen Systeme am Scheitelpunkt an den Enden jedes Systems untergebracht und geschützt sind.

Andere interne Komponenten bestehen aus den Typen 304 (S30400), 304L und 316 (S31600). Manche Komponenten sind zudem mit nicht reflektierenden schwarzen Nickelbeschichtungen überzogen, um Streulicht-Reflexionen unter Kontrolle zu halten. Kritische Hochbelastungs-Isolierfedern und Aufhängungsflexuren werden aus ausgehärtetem Maraging-Stahl 300 (K93120) hergestellt, der nickelplattiert wird, um bei der Verarbeitung und Montage korrosionsfest zu sein.



NICKEL AN BORD

WASSERSTOFFZÜGE VON ALSTOM ERMÖGLICHEN EMISSIONSFREIEN PERSONENVERKEHR IN NIEDERSACHSEN

Der Coradia iLint, ein von Alstom Transport gebauter Zug mit Wasserstoff-Brennzelle, fuhr am 16. September 2018 zum ersten Mal planmäßig vom Bahnhof Bremervörde in Niedersachsen ab. Der Coradia iLint ist der weltweit erste von einer Wasserstoff-Brennzelle angetriebene Personenzug. Diese Zelle erzeugt die zum Ziehen des Zuges erforderliche elektrische Energie, indem der gespeicherte Wasserstoff mit dem Sauerstoff in der Luft kombiniert wird. Der Zug ist sehr leise und emittiert lediglich Wasserdampf.

Die beim Bremsen rückgewonnene kinetische Energie und die von der Brennstoffzelle erzeugte Überschussenergie werden in Nickel-Mangan-Cobalt-(NMC)-Lithium-Ionen-Akkus gespeichert. Diese gespeicherte Überschussenergie steht für den normalen Betrieb zur Verfügung und erhöht bei der Zugbeschleunigung die Leistung.

Der Zug kann 150 Passagiere auf Sitzplätzen und 150 auf Stehplätzen befördern. Die maximale Geschwindigkeit beträgt 140 km/h und ein voller Wasserstofftank ermöglicht mit Unterstützung durch den NMC-Akku eine Reichweite von 600-800 km.

Dazu Dr. Jörg Nikutta, Geschäftsführer von Alstom in Deutschland und Österreich: „Unsere Technologie ist einsatzbereit. Sie ist eine bereits vorhandene, umweltfreundliche Alternative für nicht oder teilweise elektrifizierte Strecken und bietet aufgrund des deutlich leiseren Betriebs als bei herkömmlichen Dieselmotoren einen höheren Passagierkomfort.“

Nickelhaltiger Edelstahl hoher Festigkeit 410L (UNS S40977) wird für die Wagenhüllen eingesetzt, weil er korrosionsbeständiger ist und eine längere Lebensdauer aufweist als einfacher Kohlenstoffstahl.



CORADIA ILINT

Zwei Coradia iLint-Lokomotiven werden auf der 100 km langen Strecke zwischen Cuxhaven und Buxtehude Dieselmotoren ersetzen. Bis 2021 sollen 14 weitere Wasserstoffzüge in Niedersachsen eingeführt werden.

NI

BRENNSTOFFZELLE

Die beim Bremsen rückgewonnene kinetische Energie und die von der Brennstoffzelle erzeugte Überschussenergie werden in nickelhaltigen NMC-Lithium-Ionen-Akkus gespeichert.

O₂

WASSERSTOFF

Wasserstoff wird als Gas in Speichertanks auf dem Dach gespeichert und von der Brennstoffzelle verfeuert.

H₂

ALSTOM

ATEMBERAUBENDE ENTDECKUNGSRUTSCHEN AM JEWEL CHANGI AIRPORT



JEWEL CHANGI AIRPORT

Jewel ist ein Entertainment- und Einzelhandelskomplex im Zeichen der Natur im Changi Airport in Singapur. Der Canopy Park mit Gärten und Freizeitanlagen befindet sich im zehnten Stock.

Wie macht man einen Flughafen attraktiver? Man schafft die weltweit erste Skulptur und Rutsche in einem und damit eine einzigartige Attraktion. Die Discovery Slides („Entdeckungsrutschen“) sind ein integraler Bestandteil der Strategie des Flughafens, eine außergewöhnliche Besuchererfahrung zu bieten, und ein wichtiger Teil dieses mehrdimensionalen Lifestyle-Objekts, in dem Technik und Natur unter einer wunderschönen Glas- und Stahlkuppel aufeinandertreffen.

Im Canopy Park auf der höchsten Ebene des neu entwickelten Changi Airport in Singapur befinden sich vier Rutschen mit verschiedenen Neigungsgraden und in verschiedenen Höhen, die für einen maximalen Wow-Effekt sorgen: eine Familienrutsche, eine Rutsche mit steilem Fall und zwei glasumhüllte Spiralarutschen.

In allen vier Kreationen wurden doppelt gebogene Stahloberflächen, gebogenes Glas und ein faseroptisches Beleuchtungssystem integriert. Edelstahlplatten des Typs 316 (UNS S31600) wurden verschweißt, geschmiedet und poliert, um eine glatte Spiegeloberfläche zu erzeugen, wodurch eine kontinuierliche, nahtlose Stahlhaut entstand, die sich um die drei Kegel windet, auf denen die große Zugangsplattform ruht. Die von Carve entworfene Skulptur umfasst eine Edelstahloberfläche von mehr als 311 m². Sie wiegt insgesamt 70 Tonnen, wobei der Edelstahl allein 50 Tonnen ausmacht.

Ihre Gesamtfläche beträgt 18 x 16,7 m, und an ihrem höchsten Punkt ist sie 6,5 m hoch.



Vom Konzept bis zur Fertigstellung vergingen zwei Jahre. Die einzelnen Bestandteile wurden an drei verschiedenen Orten der Welt gefertigt und von Playpoint im Jewel-Komplex zusammengebaut und aufgestellt.

Die Spielskulptur ist für die Besucher heute eine echte Attraktion, Dauerthema in den sozialen Medien und ein Grund, einen Flug mit dem Ziel Changi zu buchen. Man kann davon ausgehen, dass noch andere Flughäfen diesem Beispiel folgen werden, und hoffen doch sehr, dass dann auch Nickel wieder mit im Spiel sein wird!

NI

NICKEL ONLINE


WWW.NICKELINSTITUTE.ORG


ABONNIEREN Sie das *Nickel* Magazine kostenlos und erhalten Sie eine Druckversion oder eine Ankündigung per E-Mail, wenn eine neue Ausgabe online verfügbar ist.
www.nickelinstitute.org

LESEN Sie das Nickel Magazine online in verschiedenen Sprachen.
www.nickelinstitute.org/library/

DURCHSUCHEN Sie ältere Ausgaben des Nickel Magazine in unserem Online-Archiv, das Exemplare bis Juli 2009 enthält.
www.nickelinstitute.org/library/

FOLGEN SIE UNS auf Twitter @Nickellnstitute 

BESUCHEN SIE UNS auf der LinkedIn-Seite des Nickel Institute 

SCHAUEN Sie sich Videos zum Thema „Nickel“ auf dem YouTube-Kanal des Nickel Institute an.
www.youtube.com/user/Nickellnstitute 

CARVE

NEUE PUBLIKATIONEN

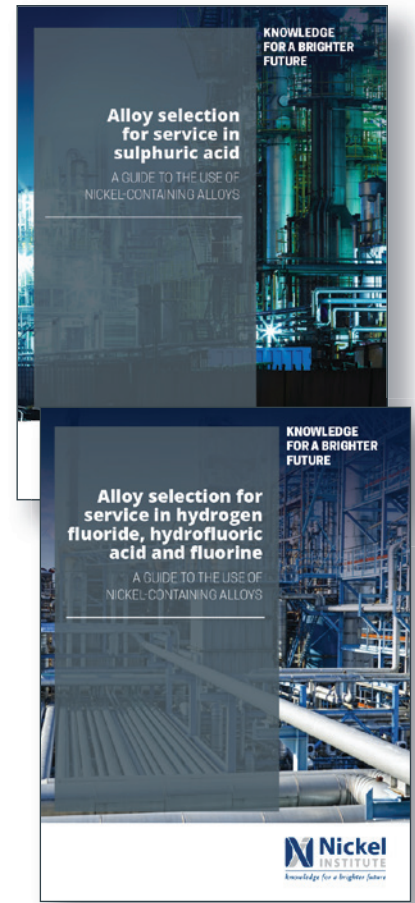
Das Nickel Institute hat zwei neue technische Leitfäden zur Unterstützung der effektiven Nutzung nickelhaltiger Materialien veröffentlicht.

Alloy selection for service in sulphuric acid (10057) (Legierungsauswahl für die Anwendung in Schwefelsäure) behandelt die korrodierende Wirkung von Schwefelsäure in allen Konzentrationen und den Einfluss von Kontaminierungstoffen auf ihre Korrosivität bei einer Reihe von Materialien einschließlich Stählen, Edelstählen, nickelbasierter Legierungen, Blei, Titan, Zirconium und Tantal unter unterschiedlichen Bedingungen. Außerdem wird kurz die Herstellung von Schwefelsäure aus drei möglichen Rohmaterialien erörtert.

Alloy selection for service in hydrogen fluoride, hydrofluoric acid and fluorine (10074) (Legierungsauswahl für die Anwendung in Fluorwasserstoff, Fluorwasserstoffsäure und Fluor) erörtert die korrodierende Wirkung von Fluor, Fluorwasserstoff und Fluorwasserstoffsäure auf eine breite Palette von Materialien einschließlich Stählen, Edelstählen, nickelbasierter Legierungen, kupferbasierter Legierungen, Titan, Zirconium und Tantal unter unterschiedlichen Bedingungen.

Diese vollständig überarbeiteten Veröffentlichungen des Nickel Institute bieten praktische Anleitungen für Materialtechniker.

Zum kostenlosen Download unter www.nickelinstitute.org verfügbar



UNS-DETAILS

Chemische Zusammensetzung (in Gewichtsprozent) der Legierungen und Edelstahltypen in dieser Ausgabe von *Nickel Magazine*.

UNS	Al	C	Co	Cr	Cu	Fe	H	Mn	Mo	N	Nb	Ni	O	P	S	Si	Ti
K93120 S. 12	0,05-0,15	0,03 max.	8,0-9,5	-	-	Rest	-	0,10 max.	4,6-5,2	-	-	18,0-19,0	-	0,010 max.	0,010 max.	0,10 max.	0,55-0,80
N01555 S. 5	-	0,07 max.	0,05 max.	0,01 max.	0,01 max.	0,05 max.	0,005 max.	-	-	-	0,025 max.	54,0-57,0	0,05 max.	-	-	-	Rest
N08367 S. 8	-	0,030 max.	-	20,0-22,0	0,75 max.	Rest	-	2,00 max.	6,0-7,0	0,18-0,25	-	23,5-25,5	-	0,040 max.	0,030 max.	1,00 max.	-
S30400 S. 2,4,6,12	-	0,08 max.	-	18,0-20,0	-	Rest	-	2,00 max.	-	0,10 max.	-	8,0-10,5	-	0,045 max.	0,030 max.	1,00 max.	-
S30403 S. 12	-	0,03 max.	-	18,0-20,0	-	Rest	-	2,00 max.	-	0,10 max.	-	8,0-12,0	-	0,045 max.	0,030 max.	1,00 max.	-
S31254 S. 8	-	0,020 max.	-	19,5-20,5	0,50-1,00	Rest	-	1,00 max.	6,0-6,5	0,18-0,22	-	17,5-18,5	-	0,030 max.	0,010 max.	0,80 max.	-
S31600 S. 12,14	-	0,08 max.	-	16,0-18,0	-	Rest	-	2,00 max.	2,00-3,00	0,10 max.	-	10,0-14,0	-	0,045 max.	0,030 max.	1,00 max.	-
S31603 S. 8	-	0,03 max.	-	16,0-18,0	-	Rest	-	2,00 max.	2,00-3,00	0,10 max.	-	10,0-14,0	-	0,045 max.	0,030 max.	1,00 max.	-
S32101 S. 6	-	0,04 max.	-	21,0-22,0	0,10-0,80	Rest	-	4,00-6,00	0,10-0,80	0,20-0,25	-	1,35-1,70	-	0,040 max.	0,030 max.	1,00 max.	-
S32304 S. 6	-	0,03 max.	-	21,5-24,5	0,05-0,60	Rest	-	2,50 max.	0,05-0,60	0,05-0,20	-	3,0-5,5	-	0,040 max.	0,040 max.	1,00 max.	-
S33207 S. 16	-	0,030 max.	-	29,0-33,0	1,0 max.	Rest	-	1,50 max.	3,0-5,0	0,40-0,60	-	6,0-9,0	-	0,035 max.	0,010 max.	0,80 max.	-
S40977 S. 13	-	0,030 max.	-	10,5-12,5	-	Rest	-	1,50 max.	-	0,030 max.	-	0,30-1,00	-	0,040 max.	0,015 max.	1,00 max.	-



COPYRIGHT © SANDVIK AB, (PUBL)

YNGWIE LÄSST ES KRACHEN!

Der schwedische Heavy-Metal-Musiker Yngwie Malmsteen, laut TIME Magazine einer der Top-Ten-E-Gitarristen weltweit, hat in seiner Karriere schon mehr als 100 Gitarren zerschlagen. Um ihm dieses „Hobby“ etwas zu erschweren, baute Sandvik Additive Manufacturing, ein Hersteller von Metallpulvern für die additive Herstellung, die weltweit erste unzerstörbare, im 3D-Druck-Verfahren hergestellte Gitarre ganz aus Metall.

„Materialtechnologie, Präzisionsfertigung, additive Herstellung und datengesteuerte Produktion: Prozesse dieser Art sind nötig, um etwas so Kompliziertes und Wunderschönes wie eine Gitarre für einen Musiker der Extraklasse zu kreieren“, so Kristian Egeberg, President von Sandvik Additive Manufacturing. „Wir wollten aber auch zeigen, dass wir etwas Unzerstörbares schaffen konnten.“

Das Unternehmen entschied sich für Titan und SAF 3207 HD TM Hyper-Duplex- (austenitisch-ferritischen)-Edelstahl (UNS S33207) mit einem ungefähren Nickelgehalt von 7 %. Nie zuvor hatte jemand eine Gitarre mit dieser Materialzusammensetzung per 3D-Druck hergestellt. Der Designpartner von Sandvik, der britische Gitarrendesigner

Andy Holt von Drewman Guitars, hatte keine Ahnung, ob das überhaupt machbar sein würde.

Der Gitarrenkörper entstand mittels Powder Bed Fusion Laser, einer additiven Technologie, die sich für den Druck von Metallkomponenten mit äußerst komplexen Geometrien optimal eignet. Jede Schicht war 50 Mikrometer stark (und damit dünner als ein menschliches Haar).

Das Sandvik-Team war sich sicher, einen echten Hit gelandet zu haben, und sah gespannt zu, als sich Malmsteen auf der Bühne mit der Gitarre austobte.

Sein Urteil? „Das Ding ist nicht kaputt zu kriegen – aber ideal, um anderes damit in seine Einzelteile zu zerlegen!“

