Quarks&Co

Quarks&Co

Stahl – kein altes Eisen

Weitere Scripte finden Sie unter www.quarks.de

Script zur WDR-Sendereihe Quarks&Co

Stahl – kein altes Eisen

Gäbe es dieses Quarks-Script überhaupt ohne Stahl? Wahrscheinlich nicht. Es gäbe keine Klammern, die das Heft in der Mitte zusammenhalten. Keine Druckmaschinen, keine Transporter und vielleicht noch nicht einmal Briefkästen.

Stahl ist aus dem Alltag nicht wegzudenken. Kaum ein Stoff beeinflusst unser Leben so wie Stahl. Früher waren es einfache Werkzeuge, Rüstungen oder Hufeisen, ohne die man sich ein Leben nicht vorstellen konnte. Heute baut man aus Stahl riesige Hochhäuser, kilometerlange Brücken und moderne Autos; auf dem Weltmarkt wird er heiß gehandelt – wegen des Wirtschaftsbooms in Asien. Begehrt ist Stahl auch deswegen, weil er sich ohne Qualitätsverlust recyceln lässt. Es könnte zum Beispiel sein, dass die Motorhaube Ihres Autos früher eine Ritterrüstung war. Davon abgesehen ist Stahl aber viel mehr als altes Eisen.

Viel Spaß beim Lesen wünscht Ihnen das Quarks-Team!

Weitergehende Informationen zu diesem Thema, sowie Link- und Lesetipps, finden Sie auf unserer Homepage unter:

www.quarks.de

Stahl – kein altes Eisen

Inhalt

S. 4	Auf den Spuren des edlen Stahls
S. 8	Am Anfang des Lebens: Eisenerz
S. 11	Der Stahlerfinder
S. 13	Im Inneren der Wolkenkratzer: Stahlskelette
S. 16	Alles nur Schrott?
S. 18	Achillesferse Rost
S. 21	Gefährliche Schwingungen
S. 25	Das kleine Experiment für zu Hause
S. 26	Wussten Sie schon, dass?

Impressum

Text:	Carsten Binsack, Michael Fuhs, Uli Grünewald, Thomas Reintjes
Redaktion und Koordination:	Monika Grebe
Copyright:	WDR, Oktober 2005
Gestaltung:	Designbureau Kremer & Mahler, Köln
	Dieses Script entstand in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Wissenschaftsjournalismus Dortmund: Christina Müller, Christoph Schmidt

Bildnachweise

alle Abbildungen WDR außer:

S. 13	Bild vom Stahlskelett des Woolworth Building; Rechte: AKG
S. 13	Walter Chrysler; Rechte: dpa
S. 22	Tacoma-Narrows-Bridge; Rechte: Cleveland State University
S. 29	Erasmusbrücke; Rechte: J.F. Herington

Auf den Spuren des edlen Stahls

ThyssenKrupp-Stahlwerk Beeckerwerth in Duisburg

Es ist staubig, es ist heiß und es ist laut – dort, wo der Stahl geboren wird. Auf den Spuren des edlen Werkstoffs hinterlässt das Quarks-Team tiefe Abdrücke im zentimeterdicken Schlackenpulver auf dem Boden des ThyssenKrupp-Stahlwerks Beeckerwerth in Duisburg. Auf der Besuchertribüne angekommen, eröffnet sich der Blick in die Werkshalle mit den vier gewaltigen Stahlöfen, den Konvertern.

Eine ohrenbetäubende Sirene erklingt und kündigt ein starkes Vibrieren an. Der Blick in die Tiefe zeigt warum: Gute fünf Meter unterhalb des Kamerateams haben sich mehrere tonnenschwere Container in Bewegung gesetzt. Die einen sehen aus wie überdimensionale Espressotassen ohne Henkel; sie transportieren flüssiges Roheisen. Die anderen gleichen schmutzigen ICE's und befördern Schrott. Nur knapp manövrieren diese riesigen Behälter am Team vorbei. Der Schrott verschmilzt im Inferno des Konverters mit dem flüssigen Eisen und sorgt so dafür, dass die Temperatur im Ofen nicht zu hoch wird. Das Roheisen in den vorbeischwebenden Espressotassen strahlt eine derartige Hitze ab, dass Quarks-Autor Carsten Binsack einen besorgten Blick in Richtung Kamera wirft: ob sie das wohl aushält?

Impressionen aus dem Stahlwerk

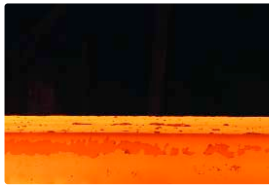
Aus brasilianischem Erz wird deutscher Stahl

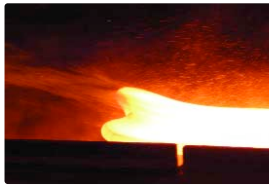
Bevor das karminrot glühende Eisen hier landet, hat es bereits einen weiten Weg zurückgelegt. Es stammt überwiegend aus Erzbergwerken in Brasilien und wird mit gewaltigen Schiffen zunächst nach Rotterdam verfrachtet. 400.000 Tonnen fasst ein solcher Ozeanriese – zu groß für Binnengewässer. Kleinere Frachter bringen das Eisenerz deshalb in Portionen zu jeweils rund 2.500 Tonnen den Rhein entlang zum werkseigenen Hafen.

Nach dem ersten Blick über die Halle mit den vier Konvertern verfolgt das Quarks-Team den Weg dieses Rohmaterials im Stahlwerk. Zunächst wird das Erz hier zu einem der beiden Hochöfen transportiert. Diesen Job übernehmen hunderte Meter lange Fließbänder. Denn bevor Stahl überhaupt entstehen kann, muss aus dem angelieferten Erz glühend rotes Roheisen werden. Mehr als 3.500 Tonnen Koks pro Tag sorgen für die feurige Hitze, die dafür notwendig ist.

Ist die knapp 1.500 °C heiße Eisensuppe fertig, ist es Zeit für den Anstich am Hochofen. Ein Stahlbohrer fräst ein nur Zweieurostück großes, aber vier Meter tiefes Loch in den Stopfen am Fuß des Schmelztiegels. Drei Männer mit feuerfesten Anzügen und goldenen Helmvisieren stehen neben dem schwenkbaren Bohrer und warten auf die Funkenfontäne des fließenden Roheisens. Der Bohrer fährt kurz zurück, dann schiebt er sich erneut mit dem Geräusch eines Pressluft-hammers vorwärts, bis endlich die Funken sprühen. Jetzt schießen zehn Tonnen Roheisen pro Minute in die so genannten Torpedowagen. Diese großen Thermoskannen halten das Eisen etwa zwei Tage lang flüssig, bis es schließlich den glühenden Schlund eines der vier Konverter füttert.

Aus nächster Nähe erlebt das Quarks-Team in der Werkshalle nun die eigentliche Geburt des Stahls mit. Der Ofen wiegt sich stetig hin und her und sorgt so dafür, dass sich Schrott und Roheisen optimal vermischen. Hat der Konverter genug flüssiges Eisen und Schrott aufgenommen, beginnt der Brennvorgang. Das Einblasen von Sauerstoff erzeugt über 2.000 °C im Zentrum des Konverters. Dabei verringert sich der Kohlenstoffanteil im Roheisen: Aus Kohlenstoff im Stahl und Sauerstoff aus der Luft wird Kohlenmonoxid-Gas. Hat die gesamte Schmelze eine Temperatur von 1.700 °C erreicht, sinkt der Kohlenstoffanteil im Stahl auf unter 2,7 Prozent – jetzt spricht man von Stahl. Im Konverter befinden sich zu diesem Zeitpunkt etwa





270 Tonnen Flüssigkeit in zwei Schichten, fast so wie bei einer gigantischen Latte Macchiato. Die untere, dichtere Schicht ist hierbei der Stahl, oben auf schwimmt die Schlacke, die später noch im Straßenbau verwendet wird.

Stahlproduktion – ein Job für „Feinschmecker“

Durch das Öffnen eines Ventils fließt der flüssige Stahl aus dem Konverter heraus und wird in einen anderen Teil des neun Quadratkilometer großen Werksgeländes geleitet, wo er weiter verarbeitet wird. Die Stahlmacher nennen diesen Bereich „Sekundärmetallurgie“. Dort trifft das Quarks-Team auf Sven Karrasch. Sein Job kommt dem eines Chefkochs in einer Großküche nahe. Nach dem „Abschmecken“, bei der mit Röntgenstrahlen die genaue Zusammensetzung des Stahls analysiert wird, gibt er seine speziellen Zutaten zur Rohstahlsuppe hinzu – zum Beispiel Mangan, Silizium oder Phosphor. Das verändert die Eigenschaften des fertigen Produkts maßgeblich. Mehrere hundert verschiedene Stähle, die sich in Punkto Härte und Dehnbarkeit unterscheiden, lassen sich so produzieren.

Angesichts der gut zehn Meter hohen Stahlpfannen in seiner Großküche sieht Sven Karrasch aus wie Gulliver im Land der Riesen. Der Deckenkran hebt diese jedoch spielend durch die Halle und bringt sie zur Abteilung Strangguss. Gegossen wird hier bei zirka 1.480 °C, heraus kommt ein immer noch glühender, aber fester Stahlstrang. Zwei Brenner schneiden den Stahl in „handliche“ Portionen, die Brammen. Ein solcher Stahlblock wiegt bis zu 34 Tonnen, knapp 500 Stück kann das Werk täglich produzieren. Der Weg vom Roheisen bis zur fertigen Bramme dauert knapp fünf Stunden. Mit einer Seriennummer aus hitzebeständiger Farbe versehen, kühlen die Brammen vor der Werkshalle ab und hüllen die Luft um sie herum in flimmernde Schlieren.

Mit 62.000 PS vom Block zum Blech

Aber mit Stahl in diesem Format kann die Automobilindustrie natürlich noch nichts anfangen. Daher muss der Stahl noch ins Warmbandwerk. Dort geben die Wärmöfen wieder rot glühende Stahlblöcke frei. Mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h rasen diese tonnenschweren Brammen durch die Walzstraße und werden nach und nach vom Block zum Blech. Mit Motoren mit einer Maximalleistung von 62.000 PS bringen die Walzen den Stahl auf eine Dicke von etwa 1,5 Millimetern. Jetzt spricht man von Blech, welches zu silbrig glänzenden Coils aufgerollt wird. Für Betriebe, denen das immer noch nicht dünn genug ist, durchläuft der Stahl noch das Kaltbandwerk. Bis auf eine Dicke von 0,35 Millimetern wird das Blech hier gewalzt – das ist ungefähr so dünn wie fünf Seiten dieser Broschüre. Jetzt noch ein Abstecher in die Verzinkung für den Rostschutz, dann ist der Stahl versandfertig.

Und die Kamera? Auch sie hat die Strapazen des Stahl-Drehs überstanden und befindet sich wieder in Sicherheit: Auf der Rückfahrt ins Kölner Studio, im Kofferraum des Teamwagens – natürlich aus Stahl!

Am Anfang des Lebens: Eisenerz

Ein karger Planet – die Erde vor 2,5 Milliarden Jahren

Die ersten Lebensformen waren bedroht

Die Erde vor rund 2,5 Milliarden Jahren: noch ist es hier recht ungemütlich. In der Atmosphäre gibt es keinen Sauerstoff. Weder Pflanzen noch Tiere bevölkern den Planeten, und unzählige Vulkane speien riesige Mengen Wasserdampf in die Luft, so dass es fast pausenlos regnet. Dieses Regenwasser wird schließlich zum Quell des Lebens: Es läuft von den Vulkanen und Bergen herunter und sammelt sich in riesigen flachen Seen, die sich über Tausende von Quadratkilometern erstrecken können. Die ersten Bakterien nutzen dieses Wasser als Lebensraum.

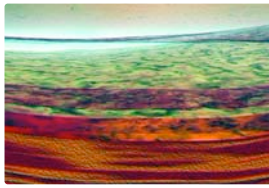
Doch sie haben ein Problem: die Bakterien gewinnen ihre Energie aus Licht, das ins Wasser fällt, mit *Photosynthese* – wie heutige Pflanzen. Dabei entsteht als Abfallprodukt Sauerstoff. Was für Menschen heute lebensnotwendig ist, war für die ersten Bakterien tödlich. Denn Sauerstoff ist durchaus aggressiv und zerstört empfindliche Zellwände – das gerade entstandene Leben droht an seinen eigenen Stoffwechselprodukten zu Grunde zu gehen.

Der Sauerstoff wird durch Eisen gebunden

Eisen bindet Sauerstoff

In dieser Situation gewährt ein im Wasser gelöstes Mineral den Bakterien eine Verschnaufpause: Eisen. Es bindet den Sauerstoff. Als Ergebnis aus der Verbindung von Eisen und Sauerstoff fällt im Wasser rot-bräunliches *Eisenhydroxid* aus. Ähnlich wie Milch im Tee ausflockt, wenn man etwas Zitronensaft hinzufügt. Langsam sinken die Eisenhydroxidteilchen auf den Boden des Sees. Dort bildet sich allmählich eine Millimeter bis Zentimeter dicke Eisenhydroxidschicht. Solange genügend Eisen im Wasser vorhanden ist um den entstehenden Sauerstoff zu binden, gedeihen die Bakterien prächtig. Doch irgendwann ist nicht mehr genügend Eisen im Wasser enthalten, der Sauerstoff kann nicht mehr gebunden werden – seine Konzentration steigt. Das Todesurteil für die Bakterien. Ihre Überreste sinken zu Boden und bilden zusammen mit Kieselsäure oder Kalkstein eine zweite Schicht.

Eisennachschub von oben und unten

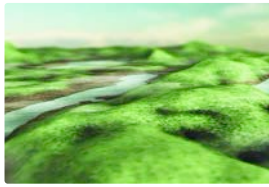


Typische Struktur einer Bänder-Eisenformation

Doch bevor alle Bakterien abgestorben sind, kommt ihnen das schlechte Wetter in der Urzeit zur Hilfe. Der anhaltende Regen rinnt die Berge hinab und wäscht das Gestein aus. So werden große Mengen an unterschiedlichen chemischen Elementen gelöst und in den See gespült. Mit dabei sind auch Eisen und Kieselsäure. Gleichzeitig werden die Seen an vielen Stellen von heißen Quellen gespeist. Auch in diesem warmen Wasser sind Eisen und Kieselsäure gelöst – der Kreislauf beginnt von vorne: *Eisenhydroxid* sinkt zu Boden, die Bakterien vermehren sich, bis ihre Sauerstoffproduktion die Konzentration des Eisens übersteigt, schließlich sterben sie, vergiftet von ihrem eigenen Stoffwechselprodukt, und bilden eine weitere Schicht am Boden.

Einige hundert Millionen Jahre lang wird immer neues Eisen von den Bergen und Vulkanen in die Seen geschwemmt. Am Boden des Sees entsteht so ein auffälliges Muster eisenreicher und eisenarmer Sedimente. Diese Schichten verdichten sich schließlich unter ihrem eigenen Druck immer stärker, und das Eisen wird durch den Sauerstoff im Wasser weiter oxidiert bzw. chemisch verändert, bis es schließlich als Hematit (Fe_2O_3) vorliegt. Das typische Muster das so entsteht, nennen die Geologen „Bänder-Eisenformation“.

Vom See zur Eisenlagerstätte



Gewaltige tektonische Bewegungen haben die Landschaft verändert

Doch der Eisen-Nachschub reicht nicht ewig: Vor rund 1,8 Milliarden Jahren geht der Mineral-Vorrat zu Ende. Jetzt reichert sich Sauerstoff im Wasser an und entweicht sogar in die Luft. Inzwischen sind allerdings auch neue Bakterienarten entstanden, die gelernt haben, sich vor dem aggressiven Sauerstoff zu schützen. Für sie sind die neuen Lebensbedingungen kein Problem mehr. Während der kommenden Jahrmillionen entwickeln sich schließlich die heutigen Pflanzen und Tiere, auch die Landschaft verändert ihr Gesicht: Regionen heben und senken sich, die Seen trocknen aus. Noch sind die Kontinentalplatten in Bewegung, sie schieben die ehemaligen Seebecken zusammen und falten sie auf.

Durch diese dramatischen Veränderungen sind die Überreste dieser frühgeschichtlichen Seen heute in unterirdischen Lagerstätten zu finden – zum Beispiel mitten im Amazonasurwald Brasiliens, in der Serra dos Carajãs. Dort liegt die größte Eisenerzlagerstätte der Welt. Rund 17 Milliarden Tonnen Bänder-Eisenerz. Es wird in einem riesigen Tagebau gewonnen. Ähnliche Lagerstätten finden sich rund um die Oberen Seen Kanadas und Nordamerikas, in der Hamersley Range Westaustraliens, sowie im westlichen und südlichen Afrika und in der Ukraine.

Erznachschub ist gesichert

Die Eisenerzvorkommen auf der Erde reichen noch rund 250.000 Jahre

Obwohl die Erde zu rund einem Drittel aus Eisen besteht sind wir auf diese Lagerstätten angewiesen. Denn der Großteil des nützlichen Metalls konzentriert sich in einem Eisenkern tief im Inneren des Planeten – unerreichbar für die Menschen. Auch im normalen Gestein versteckt sich überall Eisen, ungefähr fünf Prozent beträgt der Anteil insgesamt. Doch diese kleine Menge lässt sich nicht wirtschaftlich nutzen – daher konzentriert sich der weltweite Abbau auf die bekannten großen Erzlagerstätten. Glücklicherweise wurden diese in der Frühzeit gut gefüllt. Sie reichen voraussichtlich noch für die kommenden 250.000 Jahre.

Photosynthese

Die Photosynthese ist der wichtigste photochemische Prozess auf der Erde. Chlorophyllhaltige Pflanzen und Bakterien können mit Hilfe des Sonnenlichtes aus Kohlendioxid und Wasser einen bestimmten Zucker, Glukose, herstellen. Als ein Nebenprodukt entsteht bei der Photosynthese Sauerstoff.

Eisenhydroxid

Eisenhydroxid – das sind verschiedene chemische Verbindungen aus Eisen, Wasserstoff und Sauerstoff. Die chemische Formel lautet: $Fe_x(OH)_y$ – wobei x und y für unterschiedliche ganze Zahlen stehen können. Eine Möglichkeit ist $Fe(OH)_2$ das z.B. in den urzeitlichen flachen See entstanden ist. Eisenhydroxid entsteht immer wenn Eisen mit Wasser und Sauerstoff in Berührung kommt. Vereinfacht kann man es daher auch als Rost bezeichnen.

Trend zu leichten Autos: Aluminium macht Stahl Konkurrenz

Georg Frommeyer entwickelt am Max-Planck Institut für Eisenforschung neue Stahlsorten

Bei einem Unfall steht die Karosserie eines Autos auf dem Prüfstand: Der Rahmen und die Bleche müssen den Stoß abfangen, ohne zu reißen. Lange Zeit war Stahl dafür das Mittel der Wahl – Karosserien bestanden bis vor 10 Jahren in der Regel aus Stahl. Doch seit den 1990er Jahren wird zunehmend auch Aluminium verbaut, denn bei vergleichbarer Stabilität ist es ist deutlich leichter. Und je leichter ein Auto ist, umso weniger Sprit verbraucht es.

Die Stahlhersteller fürchten um ihren Markt, daher arbeiten sie jetzt am Stahl der Zukunft – neue Legierungen sollen entstehen, mit denen Autos aus Stahl gebaut werden können, die so wenig wiegen wie vergleichbare Wagen aus Aluminium. Dazu müssen die Stahlbleche dünner werden, ohne dass sie die Insassen eines Autos schlechter schützen als bisher.

Blech im Crashtest

Wie gut Bleche schützen, untersucht Christian Sahr vom Institut für Kraftfahrwesen in Aachen. Dazu lässt er es ordentlich krachen: ein 40 Kilo schweres Gewicht mit runder Spitze, ein so genannter Impaktor, gehört zu seinen Arbeitsgeräten. Der Eisenklumpen knallt aus dreieinhalb Meter Höhe auf verschiedene, einen Millimeter dicke Bleche. Blech aus herkömmlichem Stahl wird dabei ganz schön in Mitleidenschaft gezogen: Sahrs Crashversuch verbeult es um fast sieben Zentimeter. In gewissem Umfang müssen Autobleche tatsächlich verformbar sein – denn sonst können sie bei der Herstellung nicht in die gewünschte Form gepresst, oder, wie Ingenieure sagen, gezogen werden. Deshalb heißen die Spezialbleche für Autos auch Tiefziehstähle. Für den Leichtbau ist diese Stahlsorte allerdings nicht geeignet. Denn wäre das Blech dünner gewalzt, würde es bei einem Crash nicht mehr gut genug halten.

Hart alleine reicht nicht

Strapazierfähige, feste Stahlsorten kann man allerdings schon seit einiger Zeit herstellen. Das macht zum Beispiel Georg Frommeyer vom Max-Planck Institut für Eisenforschung, ein Spezialist auf diesem Gebiet. Er entwickelt seit vielen Jahren neue Stahlmischungen und führt mit einer Silizium-Legierung vor, wie das geht. Obwohl dieses Blech sehr hart ist, zeigt sich unter dem Fallturm,

dass es für den Automobilbau nicht geeignet ist. Denn es reißt sofort, wenn das Gewicht aufprallt. Autobauer haben damit ein Problem, das Schwertschmiede schon seit Jahrtausenden hatten: Harte Werkstoffe sind oft so spröde, dass sie schlecht zu verarbeiten und für ihre Zwecke oft nicht zu gebrauchen sind. Die Kunst ist es, einen Werkstoff zu finden, der fest und formbar zugleich ist.

Neue Legierungen müssen her

Georg Frommeyer wiegt Legierungselemente für seine neuen Stahlsorten ab

Wie das gehen kann, berechnet Georg Frommeyer mit komplizierten Modellen. Da es etwa 10 bis 15 verschiedene Legierungszusätze gibt, die auch noch in verschiedenen Verhältnissen zugegeben werden können, entstehen sehr viele Variationen. So untersucht der Düsseldorfer Wissenschaftler schon seit 15 Jahren, was geschieht, wenn er gleichzeitig Mangan, Aluminium und Silizium zum Eisen mischt. Das Verhältnis ist entscheidend. Für seine neueste Entwicklung nimmt er 24 Prozent Mangan, 3 Prozent Aluminium und 3 Prozent Silizium. Diese Mischung ist deutlich härter als der herkömmliche Tiefziehstahl. Doch im Gegensatz zu der reinen Silizium-Legierung bewährt sie sich jetzt auch unter dem Fallturm: Das Gewicht federt zurück und die Beule, die es hinterlässt, ist nur zwei Zentimeter tief.

Alt und Neu im Vergleich

Tatsächlich kann das Blech aus dem neuen Stahl von Georg Frommeyer bei gleicher Dicke zwei bis drei Mal so viel Aufprall-Gewicht verkraften wie der herkömmliche Tiefziehstahl. Der neue Werkstoff ist fest und verformbar zugleich, ganz nach Wunsch der Autohersteller, die dünnes, leichtes und doch sicheres Blech wollen. Doch bevor die Industrie das neue Blech verbauen kann, müssen die Stahlhersteller noch ihre Hausaufgaben machen: Wenn sich eine neue Mischung in kleinen Mengen herstellen lässt, heißt das noch lange nicht, dass die Produktion auch in großem Maßstab klappt. Dazu müssen die Mischungen variiert und die Maschinen in den Fabriken angepasst werden. Etwa 2007 soll es so weit sein, dass die neuen Stähle den Autobauern angeboten werden können.

Im Inneren der Wolkenkratzer: Stahlskelette

Korsett aus Stahl

Als die Häuser in den Himmel wuchsen, wurde Stahl zu ihrem tragenden Skelett. Das erste Gebäude mit Stahlgerippe entstand schon zwischen 1884 und 1885 in Chicago: ein Versicherungsgebäude, das Home-Insurance-Building. Nach einem großen Brand im Jahre 1871 gab es in Chicago einen wahren Bau-Boom von bis zu 23-geschossigen Gebäuden. Das Home-Insurance-Building war hierbei mit 42,70 Metern und 10 Stockwerken das erste Bürohaus, das wegen seiner freistehenden Stahlrahmenkonstruktion viel Tageslicht in jeden Raum ließ. Bisher hatte es für Fenster wenig Platz gegeben, denn meist waren Wände die tragenden Elemente gewesen. Mit den ersten Stahlskeletten änderte sich das: jetzt wurde die gesamte Last von dem Gerüst über das Fundament in den Baugrund abgeführt, Wände, Fenster und Fassaden mussten nur noch in die Skelettbauten eingefügt oder vorgehängt werden. Diese Bauweise erlaubte eine schnelle und einfache Errichtung der Häuser. Die Stahlelemente wurden passgenau hergestellt und an den Baustellen abgeliefert. Mit Nieten verbunden, ließen sie die Häuser in zuvor ungeahnte Höhen steigen – vor allem in Chicago und New York.

Das Woolworth-Kaufhaus, einer der frühen Stahlskelett-Bauten, war bis 1930 das höchste Haus der Welt

Denkmal für einen Kapitalisten

Bis 1875 war noch ein Kirchturm das höchste Gebäude von New York. Doch seit dem Siegeszug der Stahlskelettbauweise wuchs eine ganze Stadt in die Höhe und es entstand ein erbitterter Wettlauf um das höchste Gebäude der Welt. Mit dabei war Walter Percy Chrysler (1875-1940), einer der einflussreichsten Autobauer seiner Zeit. Er beschloss, sich ein Denkmal zu setzen und beauftragte 1928 den Architekten William van Alen mit dem Bau eines Hochhauses in New York City. 1913 stand das höchste Haus der Welt am Broadway, im New Yorker Stadtteil Manhattan: das 241 Meter hohe Woolworth-Building. Höher war nur noch ein Bauwerk, das man zu dieser Zeit in Paris bewundern konnte –

Walter Chrysler: Automobilhersteller mit Traum vom Wolkenkratzer

der Eiffelturm. Als Walter Chrysler das 300 Meter hohe Stahlkunstwerk gesehen hatte, sagte er seinem Architekten van Alen, dass das Chrysler-Building noch höher werden solle. Doch Chrysler und van Alen bauten gegen eine starke Konkurrenz: van Alens einstiger Partner Craig Severance arbeitete nämlich im Auftrag der „Bank of Manhattan" an einem Wolkenkratzer in der Wall Street.

Mit Krupp-Stahl an die Spitze

Über die Baupläne und die geplanten Höhen schwiegen beide Seiten. Severance beendete seine Bauarbeiten, als er annahm, dass das Chrysler Gebäude fertig sei – in einer Höhe knapp unterhalb der Bank of Manhattan. Doch hinter den Mauern von Chryslers Prestigeprojekt wurde unter absoluter Geheimhaltung in den Aufzugsschächten die Spitze des Gebäudes zusammengesetzt. Die Teile waren kurz zuvor von der Firma Krupp aus Deutschland geliefert worden und bestanden aus einem neu entwickelten Edelstahl, der auch bei Wind und Wetter seinen Glanz nicht verlieren sollte. Als Walter Chrysler die Spitze aus dem Inneren des Gebäudes, wie aus einem Kokon fahren ließ, hatte er den Wettlauf gewonnen: Nach der Eröffnung im Mai 1930 war sein Wolkenkratzer mit 319 Metern das höchste Gebäude der Welt.

Böses Erwachen

Schon im August 1929 hatte es Walter Chrysler in der New York Times gelesen: das Waldorf-Astoria-Hotel an der 5th Avenue sollte abgerissen werden. Auf dem Gelände wollte ein Konsortium von Unternehmern einen eigenen Wolkenkratzer errichten. Um John J. Raskob, Financier, Gründer von General Motors, und Alfred E. Smith, Ex-Gouverneur von New York, bildete sich eine ehrgeizige Gemeinschaft. Nachdem Walter Chrysler also sein Gebäude fertig gestellt hatte, konnte er zusehen, wie das Haus seiner Konkurrenten in kürzester Zeit in die Höhe schoss. Die Bauträger kamen aus der Stahlstadt Pittsburgh. Jedes Stahlelement erhielt eine Kennziffer, aus der Liefertermin und Einsatzort hervorgingen. 80 Stunden, nachdem der Stahl geformt war, erreichten die Bauteile ihr Ziel in Manhattan und wurden montiert. Walter Chrysler musste mit ansehen, wie rund 60.000 Tonnen Stahl verbaut wurden und wie dieses Stahlskelett seinen eigenen Wolkenkratzer einholte – bis es ihn schließlich überragte. Nach nur 18 Monaten Bauzeit war das Empire State Building fertig und hatte eine Höhe von 381 Metern erreicht. Ganz New York feierte am 1. Mai 1931 die Eröffnung des neuen, höchsten Gebäudes der Welt. Nur einer feierte nicht: Walter Chrysler. Nur 11 Monate war sein Haus das höchste der Welt gewesen. Zeit seines Lebens sollte er sich weigern, einen Fuß in das Empire State Building zu setzen.

Der Hochhauskrieg geht weiter

Über 40 Jahre lang war das Empire State Building der höchste Wolkenkratzer der Welt. Erst 1972 wurde es vom damaligen World Trade Center abgelöst.

Seit einigen Jahren entstehen vor allem in Asien die welthöchsten Gebäude. Nach den Petronas Towers in Kuala Lumpur, Malaysia, steht seit Ende 2004 der welthöchste Wolkenkratzer in Taipeh. Taipei 101 in der taiwanesischen Hauptstadt misst 508 Meter. Doch schon sind neue Giganten im Bau: Aller Voraussicht nach wird 2008 der „Turm von Dubai" (Burj Dubai) in den Vereinigten Arabischen Emiraten fertig gestellt. Über die geplante Höhe schweigt man sich hier aus, das Ursprungsdesign sah 560 Meter vor. Doch mittlerweile wird schon mit über 700 Metern Höhe spekuliert. Der Wettlauf der Himmelstürme scheint kein Ende zu nehmen. Und Stahl spielt dabei eine tragende Rolle.

Alles nur Schrott?

Der hohe Schrottpreis lässt ganze Stahlrösser verschwinden

Kuriose Diebstähle

36 Gullydeckel in Hamburg, 5 Kilometer Leitplanken an der A4, eine tonnenschwere Bergbau-Lok in Recklinghausen – immer wieder verschwinden Stahlteile. In den meisten Fällen kann es nur vermutet werden, aber es scheint den Dieben um den Schrottwert zu gehen. Da scheint es sich sogar zu lohnen, unhandliche, schwere Stahlteile zu stehlen und zu verkaufen. So geschehen bei 80 Kesselwaggons in Brandenburg, und laut Informationen einer polnischen Zeitung bei einer 400 Tonnen schweren Stahlbrücke in Danzig. Schrott ist ein riesiges Geschäft, und das besonders, seit die Schrottpreise massiv gestiegen sind. Grund sind die ebenfalls steigenden Stahlpreise – und Schrott ist ein wichtiger Rohstoff für die Stahlindustrie. Sofern er nach Legierungsbestandteilen sortiert ist, lässt er sich zu 100 Prozent wieder verwerten. Dies geschieht vor allem in Elektrostahlwerken, die ausschließlich Schrott verwenden. Aber auch gewöhnliche Hüttenwerke nutzen bis zu 44 Prozent Schrott. Je nach Stahlrezeptur mischt der Stahlwerker seiner Schmelze verschiedene Sorten Schrott bei. Kleine Schrottkügelchen, der so genannte Kühlschrott, werden dabei benutzt, um die Schmelze zu kühlen.

Aufwändige Aufbereitung auf dem Schrottplatz

Schrott ist nicht gleich Schrott – unterschiedliche Sorten werden auf dem Schrottplatz aufbereitet

Schrott ist nicht gleich Schrott – unterschiedliche Sorten werden auf dem Schrottplatz aufbereitet. Was dort unsortiert und in unhandlichen Größen ankommt, verlässt ihn zerkleinert, geschreddert oder gepresst wieder. Maximal armlang dürfen die Altmetallteile sein, wenn sie im Stahlwerk oder in Gießereien verwendet werden. Auf großen Schrottplätzen kommen dazu große, schwere und laute Maschinen zum Einsatz: die Schere schneidet mit ihrer Guillotine selbst Stahlträger durch. Der Schredder klopft mit vielen Hämmern auf einer Trommel eine Autokarosse kurz und klein und zermalmt sie in faustgroße Stücke. Danach werden die Überreste mechanisch und mit Magneten sortiert – auf der einen Seite spuckt die Maschine Abfälle wie Polster und Kunststoff aus, auf der anderen Seite das wertvolle Metall. Noch einmal sortiert von Menschenhand, landet es schließlich auf einem großen Berg.

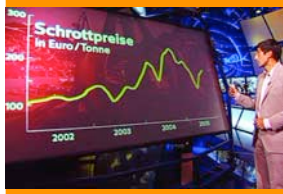
Stahl aus Dosen und Deckeln

Auch Schrott wie Dosen und Deckel aus dem Sammlung des Dualen Systems („Grüner Punkt“) landet schon vorsortiert auf dem Schrottplatz. Die Berge losen Materials werden von der Presse zu Blöcken gestanzt. Bis zu sieben Gewichtsprozent Fremdstoffe dürfen die Pressblöcke enthalten, doch der Kunststoff fällt zwischen dem Metall nicht ins Gewicht – im Hochofen verbrennt er einfach. Neben allen Maschinen und Greifbaggern gibt es aber auch Handarbeit auf dem Schrottplatz. Alte Bahnschienen zum Beispiel, bis zu 180 Meter lang, passen in keine Maschine. Sie werden wie andere überdimensionale Teile von Arbeitern mit Schweißbrennern zerlegt.

Überdimensionale Teile werden mit Schweißbrennern zerlegt

Schrott – ein weltweites Geschäft

Der Schrottverbrauch lag im Jahr 2004 weltweit bei 450 Millionen Tonnen. Deutsche Stahlunternehmen verbrauchen jeden Monat 200 Eiffeltürme an Schrott, rund zwei Millionen Tonnen. Doch mittlerweile ist Schrott in Deutschland Mangelware, wie die kuriosen Diebstähle zeigen. Das hängt auch damit zusammen, dass es wegen des Einwegpfandes kaum noch Getränkedosen gibt. Außerdem werden immer weniger Autos verschrottet. Zum einen bleiben Pkws länger in Betrieb, zum anderen werden ausgediente Autos massenweise nach Afrika verschifft und dort weiter gefahren. Den Verbraucher freut's: Bezahlen muss man für die Autoentsorgung meist nichts mehr. Um hierzulande an den wertvollen Schrott zu gelangen, muss man übrigens nicht unbedingt kriminell werden. Kreativität tut's auch: Ein Besteckhersteller gab Kunden kürzlich Rabatt, wenn sie beim Kauf eines neuen Bestecks ihr altes im Laden abgaben.



Der hohe Stahlverbrauch lässt auch die Schrottpreise steigen

Achillesferse Rost

Mit Farbeimer und Pinsel schützen Anstreicher den Eiffelturm vor seinem ärgsten Feind: dem Rost

Rost macht Arbeit

Jeden Tag – wenn das Wetter stimmt – steigt Alberto Ferreira in den Eiffelturm. Mit Farbeimer und Pinsel versucht er, seinen Arbeitsplatz vor dem ärgsten Feind zu schützen: dem Rost. Alle paar Jahre bekommt er dabei Unterstützung. Dann streichen 25 Anstreicher den gesamten Turm mit 60 Tonnen Farbe und verbrauchen dabei 1.500 Pinsel – ein enormer Aufwand an Zeit, Material und Geld. Ohne diese Mühen würde der Eiffelturm verwittern, im Abendlicht nicht mehr so schön bronzefarben glänzen und über die Jahre auch verrosten.

Auch anderswo sind die Kosten von Rost immens. Was gemeinhin unter *Korrosion* zusammengefasst wird, kostet die deutsche Industrie jedes Jahr schätzungsweise 30 Milliarden Euro. Besonders problematisch ist Rost in Stahlbeton. Dringt Wasser in den Beton ein, kann der Stahl im Inneren anfangen zu rosten. Sauerstoff oxidiert das Eisen, Wasser wirkt dabei als Elektrolyt. Das dabei entstehende braune Eisenoxid, der Rost, ist nicht nur viel poröser und damit weniger tragfähig als Stahl, sondern vor allem auch voluminöser: auf dem Stahl bilden sich regelrechte Rostgeschwülste. Durch das größere Volumen des Rosts wird der umgebende Beton gleichsam weggesprengt. Weiterer Korrosion sind damit Tür und Tor geöffnet.

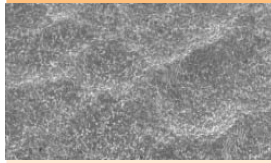
Aktiver und passiver Schutz

Um die Korrosion zu verhindern, gibt es viele Möglichkeiten. Sie lassen sich in aktiven und passiven Schutz unterteilen. Als aktiven Schutz bezeichnet man Maßnahmen, die direkt in den Korrosionsprozess eingreifen. Dazu gehört etwa, den richtigen Werkstoff zu wählen oder bei der Konstruktion Ritzen und Spalten zu vermeiden. Wird dem Rost-Ungeheuer dagegen mit Schutzschichten und Überzügen begegnet, so spricht man von passivem Schutz. Der klassische passive Schutz besteht aus nichtmetallischen Überzügen wie Lacken. Lacke dienen einzig dem Zweck, den Stahl von Wasser und Sauerstoff zu trennen. Leider sind auch Lacke nicht perfekt. Sie korrodieren selbst, weil sie gegenüber wechselnden Temperaturen empfindlich sind. Außerdem kann Feuchtigkeit langsam durch sie hindurch dringen. Lacke (und andere Überzüge) müssen deshalb immer wieder erneuert werden.

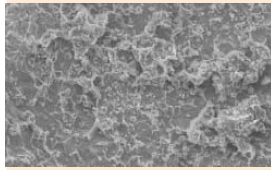
Schutz durch „Opfergaben“

Doch es gibt noch andere Methoden, um Stahl und Eisen vor Rost zu schützen. Helfen können dabei andere Metall, am bekanntesten dafür ist Zink. Autobleche etwa werden verzinkt, um sie vor Rost zu schützen. An Schiffsrümpfen bringt man Zinkblöcke an, die so genannten Zinkmäuse. Wichtig ist dabei, dass das Zink elektrisch leitend mit dem Stahl oder Eisen verbunden ist. Kommen nun Wasser und Sauerstoff ins Spiel, können sie dem Stahl nichts anhaben. Stattdessen löst sich das Zink auf, es opfert sich gleichsam für das Eisen, weshalb man auch von Opferanoden spricht. Anoden deshalb, weil es sich um ein galvanisches Element handelt – wie in einer Batterie. Und es fließt auch ein Strom: Im Zink werden Elektronen freigesetzt, die zum Stahl fließen und diesen negativ aufladen Und genau dies schützt den Stahl vor dem Rosten, denn der Stahl kann statt seiner eigenen die überzähligen Zink-Elektronen an die angreifenden Wasserstoffionen abgeben. Der Stahl bleibt unberührt, stattdessen wird aber das Zink oxidiert.

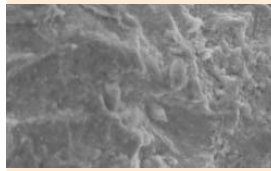
Rost unter dem Rasterelektronenmikroskop



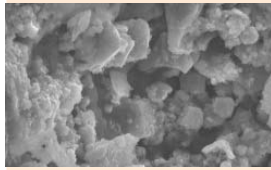
25-fache Vergrößerung



100-fache Vergrößerung



500-fache Vergrößerung



1000-fache Vergrößerung

Schutz durch eine selbstheilende Haut

Stahl kann allerdings auch so hergestellt werden, dass er nicht rostet. Dieser rostfreie Stahl oder Edelstahl enthält Legierungsbestandteile wie Chrom und Nickel. In diesem Gemisch ist der Stahl in der Gegenwart von Sauerstoff passiv, wie Werkstoffkundler sagen – er kann nicht mehr mit Wasser und Sauerstoff reagieren, weil der Chrom an der Oberfläche oxidiert und so eine schützende Oxidschicht bildet. Diese ist nur wenige Millionstel Millimeter dick. Aber das reicht schon, um den wertvollen Stoff vor dem Angriff aus der Luft zu schützen. Wird diese schützende Schicht durch Kratzer verletzt, kann sie sogar wieder ausheilen. Denn dann kommen die nächsten Chromatome mit dem Sauerstoff in Berührung und bilden wiederum eine Oxidschicht. Das gleiche passiert beispielsweise bei Aluminium, das deshalb auch nicht rostet. Häufig wird Stahl oder Eisen auch komplett mit einer Schutzschicht aus Chrom überzogen. Allerdings können auch diese verchromten Teile rosten. Denn Chrom reißt leicht und bildet Poren. Wenn ein Riss im Chrom bis zum Stahlkern reicht, kann das Chrom die Korrosion sogar noch beschleunigen – zum Beispiel bei verchromten Felgen am Fahrrad. Für den Eiffelturm sind alle diese Schutzmaßnahmen allerdings ungeeignet. Würde man den Turm heute neu bauen, würden vermutlich verzinkte Stahlteile verwendet. So aber bleibt der Arbeitsplatz von Alberto Ferreira am Eiffelturm auch in den nächsten Jahren gesichert.

Korrosion

Korrosion schädigt einen Werkstoff. Dabei reagiert der Stoff mit seiner Umgebung, zum Beispiel Sauerstoff und Wasser, aber auch mit Gasen, Böden oder (anderen) Metallen. Korrosion kann ein chemischer, elektrochemischer oder physikalischer Prozess sein. Aber auch Bakterien und andere Mikroorganismen können Korrosion verursachen.

Berühmte Katastrophe

Tacoma-Narrows-Bridge: Heftige Schwingungen führten zum Einsturz

Es war eines der größten Brückenunglücke aller Zeiten, mit dem die Tacoma-Narrows-Bridge Berühmtheit erlangte. Sie führte im Nordwesten der USA im Bundesstaat Washington mit einer Spannweite von 853 Metern über den Seitenarm einer weit verzweigten Bucht. Schon zu ihrer Eröffnung am 1. Juli 1940 wurde die Tacoma-Narrows-Bridge im Volksmund „Galloping Gertie“ genannt – weil die Fahrwege begannen, gegeneinander verdreht zu schaukeln. Diese gefürchteten Torsionsschwingungen waren so stark, dass viele Passanten die Brücke gleich ganz mieden, während Abenteuerlustige sie gezielt für eine Achterbahnfahrt nutzten. Doch vier Monate nach der Eröffnung wurden die Bewegungen der Tacoma-Narrows-Bridge so heftig, dass sich Autos und Fußgänger kaum noch auf ihr halten konnten. Zeitweise soll ein Gehweg bis zu 9 Meter höher gewesen sein als der andere. Als sich die Schwingungen drei Stunden lang immer weiter aufgeschaukelt hatten, stürzte die Brücke am 7. November 1940 gegen 11 Uhr unter großem Getöse ein.

Luftwirbel führen zu Schwingungen

Ursache für die Katastrophe war der Wind. Ihre ungewöhnlich schlanke und leichte Konstruktion machte die Tacoma-Brücke sehr anfällig für Windströmungen. Schon damals nutzte man die Möglichkeit, mit Stahl immer schlanker zu bauen, was zwar elegant und wirtschaftlich war, doch die Brücken auch anfällig für Schwingungen machte. Besonders der H-förmige Querschnitt der Fahrbahn wirkte sich negativ aus. Er versursacht viele Luftwirbel, die wiederum für die Schwingungen verantwortlich sind. Als Folge des Einsturzes wurden jahrzehntelang keine Hängebrücken mit kastenförmigem Tragwerk mehr gebaut, stattdessen verwendete man Stahlfachwerk – so auch bei der

zweiten Tacoma-Brücke, die zehn Jahre nach dem Einsturz gebaut wurde. Zwar werden seit dem Tacoma-Unglück alle größeren Brücken vorab im Windkanal getestet, um im Voraus mögliche Probleme zu simulieren. Doch nicht alles lässt sich dadurch vorhersehen und lösen – immer wieder geraten Brücken spektakulär ins Schaukeln.

Regen und Wind: eine gefährliche Kombination

Die Erasmusbrücke in Rotterdam

So trat an der Erasmusbrücke in Rotterdam, erbaut 1996, eine neue Form von Schwingungen auf – diese werden durch Regen in Verbindung mit Wind hervorgerufen. Erst seit Mitte der 1980er-Jahre sind sie als eigenes Phänomen aufgefallen und von Wissenschaftlern untersucht worden. Damals wurden sie von einem Forscher an einer japanischen Brücke entdeckt. Seither sind diese Wetter-Schwingungen an vielen Brücken festgestellt worden, doch bis heute können sie nicht vollständig erklärt werden. Wegen ihrer verhängnisvollen Auswirkungen musste die Erasmusbrücke jedenfalls schon wenige Monate nach ihrer Eröffnung gesperrt werden: bei nur leichtem Wind und Regen gerieten die Schrägseile der vierspurigen Autobrücke immer stärker ins Schwingen.

Vor allem *Schrägseilbrücken* sind anfällig für dieses Phänomen, das tatsächlich schon vor der konkreten Beschreibung in Japan beobachtet wurde – so auch an der 1974 eröffneten Köhlbrandbrücke im Hamburger Hafen. Auch die senkrechten Hänger der neuen Elbebrücke in Dömitz (eine *Stabbogenbrücke*) gerieten 1993 in die gefürchteten Schwingungen, selbst andere Seilabspannungen (zum Beispiel von Sendemasten) können betroffen sein.

Kleine Rinnsale – große Wirkung

Als Ursache für diese Wind-Regen-induzierten Schwingungen haben Wissenschaftler Rinnsale ausgemacht, die bei Regen an den Tragseilen herunter laufen (eines an der Unter- und eines an der Oberseite des Seils). Durch diese Rinnsale wird der Strömungsquerschnitt der Seile derart verändert, dass sie vom Wind zu Schwingungen angeregt werden können. Bei einer Bewegung des Seils ändert sich die Lage der Rinnsale, so dass es zu einer zyklischen Änderung der Strömungskräfte kommt. Das Seil kann so in Schwingungen mit einem Ausschlag von bis zu zwei Metern geraten, sowohl in Windrichtung als auch quer dazu. Durch eine spezielle Beschaffenheit des Seils können diese Schwingungen in Zukunft verhindert werden. Dabei sollen die Seile so geformt oder beschichtet sein, dass Wasserrinnsale gar nicht erst entstehen können. Erreicht werden kann dies etwa durch eine spiralförmige Struktur auf der Oberfläche oder durch Manschetten, die alle paar Meter um das Seil gelegt werden. So kann sich kein langes, gerades Rinnsal bilden, sondern das Wasser tropft an dem Hindernis herunter. Denkbar ist auch eine Lotus-Effekt-Beschichtung, die das Wasser sofort abperlen lässt, sodass es sich nicht auf dem Seil halten kann.

Fußgänger sorgen für Überraschung

Am Wochenende ihrer Eröffnung im Juni 2000 überquerten Tausende von Menschen eine neue Fußgängerbrücke in London, entworfen vom Stararchitekten Norman Foster. Zeitweise befanden sich 2.000 Menschen gleichzeitig auf der Millennium Bridge. Bei einer solch großen Menschenmasse lag offenbar die mittlere Schrittgeschwindigkeit im Bereich der Resonanzfrequenz der Brücke. Das Bauwerk begann zu schwingen – und zwar seitwärts, was für Menschen besonders unangenehm ist. Zuerst wohl unbewusst, mit den stärker werdenden Schwingungen aber bewusst, versuchten

Die Millenium Bridge in London

die Fußgänger auf der Brücke, das Schaukeln auszugleichen. Dabei gerieten sie mit ihren Schritten unwillkürlich in den Takt der Brücke – und unterstützten und verstärkten so ungewollt die Bewegung. Die Brücke musste gesperrt werden, und für die Ingenieure war es zunächst nicht einfach, die Ursache auszumachen. Erst nach zahlreichen Versuchen stand fest, dass es mit der großen Menge an Menschen zu tun haben musste – mit ihrer unwillkürlichen Tendenz, sich an den Rhythmus von Bewegungen anzupassen, sodass sie alle im Gleichschritt die Schwingung der Brücke verstärkten. Bis dato war das Verhalten von Passanten unzureichend erforscht. Schließlich wurde die Brücke für mehrere Millionen Euro umgebaut und unter anderem mit 58 je ein bis zwei Tonnen schweren Schwingungsdämpfern ausgestattet.

Größer, schlanker, leichter

Schwingungen von Brücken treten immer wieder überraschend auf. Auch wenn viele Phänomene mittlerweile bekannt sind, lassen sie sich nicht immer vorab simulieren und berechnen. Und: Der Trend zu größeren, schlankeren und leichteren Brücken hält an – im Jahr 2006 soll mit dem Bau der größten Hängebrücke der Welt zwischen Italien und Sizilien begonnen werden. Trotz aller Windkanaltests und Computersimulationen können die Konstrukteure nicht mit letzter Gewissheit ausschließen, dass es zu Schwingungen kommt – möglicherweise wieder aufgrund einer bislang völlig unbekannten Ursache.

Stabbogenbrücke

Bei Stabbogenbrücken ist über der Fahrbahn ein Bogen gespannt. An diesem wird die Fahrbahn mit senkrechten Hängern befestigt.

Schrägseilbrücke

Bei einer Schrägseilbrücke wird die Fahrbahn von Seilen gehalten, die über einen oder mehrere Pylone geführt werden.

Das kleine Experiment für zu Hause

Cola als Rostschutzmittel

Cola wird so einiges nachgesagt: Ihr Koffein soll munter machen, sie hilft angeblich bei Durchfallerkrankungen und zuviel davon macht dick. Doch Cola kann noch mehr: Sie ist ein Rostschutzmittel! Ein kleines Experiment für zu Hause…

Welche Materialien werden benötigt?

Zwei rostige Nägel, zwei Gläser, zwei Fäden und zwei Stifte, etwas Wasser. Und natürlich Cola (die Marke ist egal)!

Versuchsanleitung:

Ein rostiger Nagel wird mit dem Faden am Stift befestigt und in das mit Cola gefüllte Glas gehängt. Wichtig ist, dass ein Teil des Nagels nicht in die Cola eintaucht, damit sich das Ergebnis später besser vergleichen lässt. Auch in das Glas mit Wasser hängt man einen Nagel. Beide Nägel sollten mindestens eine Stunde in den Gläsern bleiben.

Ergebnis:

An dem Teil des Nagels, der in der Cola hängt, hat sich der Rost gelöst. Stattdessen ist er nun von einer rauen, dunkelgrauen Schicht überzogen. Der Nagel im Wasserglas hat sich nicht verändert, rostet höchstens weiter.

Warum kann Cola Rost lösen?

Cola-Getränke enthalten neben der schwachen Zitronen- und Kohlensäure auch die anorganische Phosphorsäure. Während Zitronensäure und die sprudelnde Kohlensäure den Rost ablösen, wandelt die Phosphorsäure das Eisenoxid des Rostes in Eisenphosphat um. So entsteht eine Schutzschicht, die ein erneutes Rosten des Nagels zwar nicht komplett verhindern, aber zumindest verzögern kann.

Wussten Sie schon, dass...

... die Preise für Schrott laut Wirtschaftsvereinigung Stahl noch nie so hoch waren wie jetzt?

... bei der ThyssenKrupp Jahresproduktion 2000 von rund 14,4 Millionen Tonnen sich das ausgerollte 0,35 mm dicke Stahlblech fast 60 Mal um den Äquator wickeln ließe?

... dass Schrott nicht länger als 23 Stunden an der Straße zur Abholung steht? Wegen der hohen Schrottpreise reißen sich viele konkurrierende Händler regelrecht um den Schrott. Sogar Schrotthändler aus den Niederlanden kommen über die Grenze, um hier Schrott einzusammeln.

... dass Stahl seit über 100 Jahren nahezu unverändert zum Automobilbau verwendet wird?

... dass eine Ritterrüstung etwa 23 Kilo wog?
Das ist mehr als das in der Regel zulässige Fluggepäck.

... dass 215.000 Arbeiter in der Stahlkrise (1974-1991) ihren Job in der deutschen Stahlindustrie verloren haben?

... dass manche Sterne-Köche auf rostfreien Edelstahl schwören?
Es bewirkt keine Geschmacksveränderung des zubereiteten Essens.

... dass die Luftkissen der neuen Allianz-Arena in München von Stahl zusammengehalten werden? Die gesamte Dachkonstruktion wiegt ca. 9.000 Tonnen.

... dass spätestens vom Jahr 2006 an die längste Hängebrücke der Welt über die Strasse von Messina gebaut werden soll? Sie soll eine Spannweite von 3,3 Kilometern haben und 166.000 Tonnen schwer werden. Die beiden Haupttragseile setzten sich aus 44.352 Drähten zusammen – natürlich aus Stahl.

... dass man Baustahl kontrolliert rosten lässt um die inneren Schichten vor Korrosion zu schützen?

... der Pariser Eiffelturm aus 7.300 Tonnen Stahl besteht, woraus man rund sechseinhalb Milliarden Büroklammern machen könnte?
Das wäre ungefähr für jeden Menschen auf der Welt eine...

... den Eiffelturm alle sieben Jahre 25 Männer mit Pinsel und Rolle anstreichen, um ihn vor Korrosion zu schützen und dies knapp drei Millionen Euro kostet und 15 Monate dauert? Wenn er aus modernem hochlegiertem Stahl wäre, hätte er nur ein Drittel seines Gewichtes und den Korrosionsschutz gleich dazu.

... bei der europäischen Stahlregistratur derzeit rund 2000 unterschiedliche Stahlsorten erfasst sind? Ihre Eigenschaften lassen sich durch die Zugabe von Legierungselementen, wie Mangan, Chrom oder Titan und die Einstellung des Kohlenstoffanteils im Stahl regulieren. Es gibt Stähle, die sich von Hand verbiegen lassen, wie bei Limodosen, oder solche, die sehr hart sind und dafür eher brechen.

... die höchsten Gebäude der Welt aus hochfesten Stahlkonstruktionen bestehen und 2008 der „Sightseeing-Tower“ im chinesischen Guangzhu mit einer Höhe von 660 Metern fertig gestellt sein soll?

... Deutschland im Jahr 2005 der größte Rohstahlproduzent der EU ist und weltweit auf Rang sechs liegt?

... dass Sportarten wie Skilaufen, Inline-Skaten und Eishockey ohne Stahl nicht möglich wären?