

# FEUERVERZINKEN UND NACHHALTIGES BAUEN

EIN LEITFADEN



# FEUERVERZINKEN UND NACHHALTIGES BAUEN

## EIN LEITFADEN

### TOM WOOLLEY

–

Tom Woolley (B. Arch. PhD) ist Architekt und Umweltforscher und lebt in County Down, Nordirland.

Seit 1991 ist er Architekturprofessor an der Queens University, Belfast und arbeitet bei Rachel Bevan Architects mit dem Tätigkeitsschwerpunkt Nachhaltigkeit. Er ist zudem Professor an der Graduate School of the Environment im Centre for Alternative Technology in Wales und Gastprofessor an der University of Central Lancashire und an der UITM (Technische Universität) in Malaysia.

Er war an der Architectural Association, der Strathclyde University und der Hull School of Architecture tätig. Er war Herausgeber des Green Building Handbook und Autor des Buches ‚Natural Building‘. Er hat an vielen anderen Büchern und internationalen Konferenzen mitgearbeitet und ist Vorsitzender der UK Hemp Lime Construction Products Association.

Er ist Mitglied der Ministerial Advisory Group for Architecture und Vorstandsmitglied des Architects Registration Boards.

### EUROPÄISCHE INITIATIVE FEUERVERZINKEN UND NACHHALTIGES BAUEN

Als Antwort auf die Herausforderungen des nachhaltigen Bauens beauftragte die EGGA als Dachverband der europäischen Feuerverzinkungsindustrie Herrn Professor Fabio Iraldo (Bocconi Universität, Mailand) im Jahr 2004 mit der Untersuchung der Anforderungen hinsichtlich der Nachhaltigkeit bei der öffentlichen Auftragsvergabe mit dem Titel ‚Nachhaltiges Bauen‘ in der Feuerverzinkungsindustrie. In dieser Studie und vielen anderen Untersuchungen wurde die Nutzung der Feuerverzinkung vor dem Hintergrund ihrer Nachhaltigkeit für Gebäude und Konstruktionen überprüft.

Auf diesen Untersuchungen aufbauend wurde der vorliegende Leitfaden erstellt, der die neuesten verfügbaren Informationen über den Beitrag der Feuerverzinkung zum nachhaltigen Bauen zusammenfasst.

Die Informationen wurden von einer Arbeitsgruppe von Experten der europäischen Feuerverzinkungsindustrie, unter der Leitung von Professor Tom Woolley, zusammengetragen.

Wir danken insbesondere den folgenden Personen für ihren Beitrag zu dem Leitfaden:

Dr. Gian Luca Baldo und Stefano Rossi,  
Life Cycle Engineering (Turin)

–

Raymond Sempels,  
International Zinc Association  
Europe (Brüssel)

–

Michael Sansom,  
Steel Construction Institute (GB)

–

Rachel Bevan,  
Rachel Bevan Architects (Belfast)

–

Linda Forbes.

Copyright:

Die Rechte an dieser Veröffentlichung liegen beim Institut Feuerverzinken, Düsseldorf.  
Die Veröffentlichung steht Interessenten als kostenloser Download zur eigenen Nutzung zur Verfügung.  
Die Einstellung der Broschüre auf eigenen Seiten im Internet ist ausdrücklich untersagt.

<b>THEMA</b>	<b>SEITE</b>
-	-
VORWORT	04
EINFÜHRUNG	05
KAPITEL EINS EINFÜHRUNG: FEUERVERZINKTER STAHL	08
KAPITEL ZWEI FEUERVERZINKTER STAHL BEIM NACHHALTIGEN BAUEN	10
KAPITEL DREI ÖKOLOGISCHE ASPEKTE VON FEUERVERZINKTEM STAHL	14
KAPITEL VIER ZINK - BASISMATERIAL FÜR DAS FEUERVERZINKEN	18
KAPITEL FÜNF BETRACHTUNGEN ZUM NACHHALTIGEN BAUEN	24
KAPITEL SECHS FÜNF FALLSTUDIEN	32
REFERENZEN	49
GLOSSAR UND ABBILDUNGEN	40
DANKSAGUNGEN	41

Ich bin als radikaler Anwalt für nachhaltiges und natürliches Bauen bekannt, weil ich glaube, dass wir versuchen sollten, Gebäude mit niedrigerem Ressourcenverbrauch, viel höherer Energieeffizienz und geringerer Umweltbelastung zu bauen. Ich bin jedoch nicht naiv genug zu glauben, dass man bauen kann, ohne dass sich umweltspezifische Fragen ergeben. Meine Arbeit mit den Werkstoffen Hanf und Kalk zeigt, dass es möglich ist, ein erneuerbares, auf einer Naturpflanze basierendes Material zu nutzen, das CO<sub>2</sub> in der Bausubstanz des Gebäudes einschließt, aber trotz allem die Kalkherstellung durch die Gewinnung von Kalkstein aus Steinbrüchen und die Nutzung von Energie zur Ofenbefeuerung voraussetzt. Isolierungen aus Schafwolle oder Hanf erfordern chemische Brandschutzausrüstungen, in Wäldern muss Holz geschlagen und dann verarbeitet und transportiert werden. Selbst ökologische Materialien haben umweltspezifische Nachteile. Es ist also unsere Aufgabe, Materialien und Produkte sorgfältig auszuwählen und dafür zu sorgen, dass wir alles Mögliche unternehmen, um negative Umweltergebnisse zu minimieren. Die Industrie hat die moralische Verpflichtung, sich mit diesen Themen zu beschäftigen und zu ihrer Verbesserung beizutragen.

Auch die Feuerverzinkungsindustrie hat die Möglichkeit zu Verbesserungen beizutragen und ich begrüße die Bereitschaft, genau zu prüfen, ob sie dem Gebot der Nachhaltigkeit entsprechen kann.

Das Feuerverzinken als Verfahren gibt es bereits seit dem 18. Jahrhundert und die Feuerverzinkungsindustrie weiß, dass feuerverzinkter Stahl wichtige Nachhaltigkeitseigenschaften besitzt, die es zu erforschen lohnt.

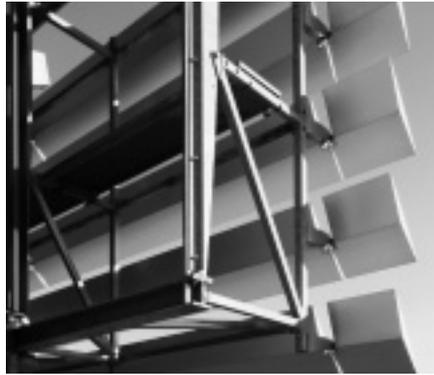
Dieser Leitfaden erinnert auch an die große Anwendungsvielfalt die feuerverzinkter Stahl besitzt, seine Bedeutung für unser tägliches Leben und seinen Beitrag zu einer attraktiven und spannenden Architektur. Gut informiert zu sein, ist ein wesentlicher Aspekt, wenn man umweltorientierte Entscheidungen treffen muss.

Wenn die Herausforderung unseres ökologischen Fußabdrucks in naher Zukunft nicht in radikaler Weise gelöst wird, werden viele Diskussionen überflüssig werden, da es zu spät sein wird, die Dinge zu richten. Wir müssen hoffen, dass sich die Industrie und alle Bürger der Herausforderung stellen.

Tom Woolley  
*März 2008*

# EINFÜHRUNG

DIESER LEITFADEN SOLL ARCHITEKTEN, INGENIEUREN, BAUHERREN UND KUNDEN DABEI HELFEN, IN VERBINDUNG MIT NACHHALTIGEM BAUEN ÜBER DEN EINSATZ VON FEUERVERZINKTEM STAHL NACHZUDENKEN.



Dies ist keine Marketing- oder Werbepublikation, sondern das Ergebnis einer Studie, an der einige unabhängige Experten aus verschiedenen europäischen Ländern mitgearbeitet haben und die auf wissenschaftlichen Studien über die Umweltwirkung von feuerverzinkten Produkten und ihren Alternativen basiert. Wir haben versucht, die Themen so offen wie möglich zu behandeln, so dass die Leser sich eine eigene Meinung zu den hier präsentierten Informationen bilden können. Wir sind der Auffassung, dass alle Hersteller und Lieferanten von Baumaterialien korrekte Umweltdaten bereitstellen müssten.

Dies sollte idealerweise in einer standardisierten Weise geschehen, die angemessene Vergleiche zwischen verschiedenen Alternativen ermöglicht. Derzeit wendet die Bauindustrie kein zugelassenes System für Umweltproduktdeklarationen an, das auf denselben Methoden basiert und es gibt hinsichtlich der Umweltwirkungen verschiedener Produkte Verunsicherungen.

In diesem Dokument werden die neuesten diesbezüglichen Initiativen und ihre Auswirkungen auf die Material- und Produktspezifikationen dargestellt.

Auf europäischer Ebene gibt es Tendenzen zu einer größeren Harmonisierung und diese werden ebenfalls dargestellt. Es ist nicht unüblich, dass Hersteller und Lieferanten behaupten, dass ihre Produkte „nachhaltig“ sind, obwohl es noch keine gemeinsam akzeptierte Definition von Nachhaltigkeit gibt. Häufig wird die so genannte „Brundtland“-Definition zitiert:

Der Brundtlandbericht der Umweltkommission für Umwelt und Entwicklung definiert nachhaltige Entwicklung wie folgt: „Die Menschheit ist einer nachhaltigen Entwicklung fähig - sie kann gewährleisten, dass die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt werden, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zur Befriedigung ihrer eigenen Bedürfnisse zu beeinträchtigen.“ (WCED 1987).

Diese Aussage wird häufig dazu verwendet, fast jeden Vorschlag, vom Vergraben von Atommüll bis hin zur Ölförderung unter dem Nordpol, zu unterstützen und hat daher an Wert verloren. Wenn sie jedoch korrekt interpretiert wird, stellt sie eine sehr gute Bezugsgröße dar, von der aus die meisten menschlichen Aktivitäten beurteilt werden können. Im Hinblick auf die Bauwirtschaft impliziert es, dass wir extrem vorsichtig sein sollten, knappe und nicht erneuerbare Ressourcen zu nutzen und dass alles, was wir tun, lange haltbar sein und/oder recycelt und wiederverwendet werden sollte.

Darüber hinaus sollte die Nutzung fossiler Brennstoffe minimiert und die Umweltverschmutzung erheblich eingeschränkt werden. Es sollten keine negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit verursacht werden und keine Störungen im Alltagsleben der Menschen geben.

Einigen mag die Nutzung von Stahl und Zink schwierig zu rechtfertigen erscheinen, wenn das Brundtland-Prinzip streng ausgelegt wird.

Die Menschheit hat jedoch nichts davon, wenn sie einfach Aktivitäten vermeidet und nichts tut. Es gibt auf der Welt Hunger- und Armutprobleme und die Infrastruktur muss verbessert werden, um Naturkatastrophen wie Hochwasser und Erdbeben zu verhindern. Nachhaltige Entwicklung bedeutet eine Auseinandersetzung mit diesen Themen, ohne den Planeten zu schädigen und egoistisch Ressourcen zu nutzen, die unseren Kindern und Enkelkindern nicht mehr zur Verfügung stehen werden.

Diese Probleme sind so dringend, dass es radikaler Maßnahmen bedarf, um sie zu überwinden. In reichen, entwickelten Ländern sind wir selbstzufrieden und erwarten, alles, was, wie und wann wir wollen zu bekommen. Das bedeutet, dass die Ressourcen nicht nachhaltig genutzt werden und der Westen erheblich mehr als seinen fairen Anteil an den Ressourcen der Welt verbraucht.



### Messungen der Auswirkungen

Eine Möglichkeit, die Auswirkungen zu messen, ist die Methode des sogenannten ökologischen Fußabdrucks. Dabei wird gemessen, wie viel Land und Ressourcen erforderlich sind, um eine spezifische Aktivität aufrecht zu erhalten (www.wwf.org). Gemäß dem „Living Planet Index 2004“ des WWF ist ein Drittel des natürlichen Reichtums der Erde seit 1972 verschwunden. Dazu gehören Wildtiere, Wälder, Flüsse und Seen. Es sind dringend Maßnahmen erforderlich, die die Zerstörung stoppen und zur Umkehr der von der Menschheit verursachten Zustände beitragen. Wir können nicht einfach so weitermachen und so tun als sei nichts geschehen.

Wir müssen jede Form menschlicher und industrieller Aktivität prüfen und ihre Auswirkungen auf den Lebenszyklus und ihren ökologischen Fußabdruck untersuchen. Das soll nicht heißen, dass wir wieder in Höhlen leben und unser Leben kärglich fristen müssen, aber es heißt, dass wir viele der unnötigen und überflüssigen Aktivitäten aufgeben müssen, die Teil der modernen Kultur sind.

Für Aktivitäten wie das Bauen von Häusern werden wir Materialien nutzen müssen, die geringe Auswirkungen auf die Umwelt haben, vielleicht durch den Einsatz von erneuerbaren Materialien, die die Kohlendioxidemissionen aus der Produktion anderer Materialien ausgleichen. Glas ist ein gutes Beispiel dafür.

Es ist einerseits für Niedrig-Energie-Gebäude von wesentlicher Bedeutung, weil es die passive Absorption von Sonnenenergie ermöglicht, Tageslicht einlässt und so den Energiebedarf für künstliches Licht reduziert. Andererseits gilt: Glas wird aus einem jederzeit verfügbaren Material hergestellt und für seine Herstellung ist viel Energie erforderlich. Es ist praktisch unmöglich, Häuser ohne Auswirkungen auf die Umwelt zu bauen. Es wird viel über Passivhäuser, das heißt Häuser, die keine Kohlendioxidemissionen produzieren, geredet, aber auch diese Häuser benötigen Ressourcen und Energie für ihre Herstellung. In den meisten Fällen sind diese Energien nicht erneuerbar. Unsere Gesellschaft muss darüber entscheiden, wie solche nicht erneuerbaren Ressourcen verwendet werden sollen und wir müssen im Hinblick auf den Schutz unseres Planeten vor Verschmutzung und Müll zunehmend ressourceneffizienter und verantwortungsvoller handeln.

Da fossile Brennstoffe knapper und teurer werden, müssen wir Alternativen finden und die beschränkte vorhandene Energie zur Herstellung von nachhaltigen Materialien und Produkten einsetzen, die wirklich zukunftsfähig sind, weil sie langlebig sind und unsere Bedürfnisse auch in der Zukunft noch erfüllen.

### Einsatz von Stahl

Stahl ist ein bedeutender, notwendiger Werkstoff des modernen Bauens und für Transportsysteme. Obwohl Stahl in einigen Einsatzfeldern durch Materialien wie Beton und Holz ersetzt werden kann, ist Stahl aus verschiedenen Gründen häufig die bevorzugte Lösung. Stahl kann recycelt und immer wieder verwendet werden, wodurch die Notwendigkeit, neue Materialien zu verbrauchen, reduziert wird. Stahl hat jedoch den Nachteil, dass er rostet und muss daher entweder durch Beschichtungen, Legierungen (z.B. als rostfreier Stahl) oder Feuerverzinken vor Korrosion geschützt werden.

Solange wir für Gebäude und die Infrastruktur Stahl verwenden, muss er zur Erreichung einer längeren Haltbarkeit geschützt werden. Feuerverzinkter Stahl kommt in unserem Leben so vielfältig vor, dass wir ihn kaum wahrnehmen. Es ist aber notwendig, mehr Informationen über das Feuerverzinken, über die Einsatzmöglichkeiten von feuerverzinktem Stahl und über die Untersuchungen bereitzustellen, die durchgeführt wurden, um seine Auswirkungen auf die Umwelt zu verstehen. So wie wir in nachhaltigen Gebäuden unvermeidlich Glas verwenden, so verwenden wir auch Stahl. Sein Einsatz muss in Bezug darauf gerechtfertigt sein, was unternommen wurde, um negative Auswirkungen auf die Umwelt zu reduzieren. Dies setzt eine sorgfältige Untersuchung aller Aspekte des Stahls voraus, von der Eisenerzgewinnung über den Transport, die Herstellung und Verarbeitung bis zum Recycling.

Dieser Leitfaden beschäftigt sich mit einem Teil des Einsatzes von Stahl, nämlich dem Korrosionsschutz durch Feuerverzinken. Die Feuerverzinkung erfordert die Nutzung von Zink, das ebenfalls abgebaut, verarbeitet und transportiert werden muss. Wir müssen prüfen, ob dies aus umwelttechnischer Sicht die beste Möglichkeit ist, Stahl vor Korrosion zu schützen.

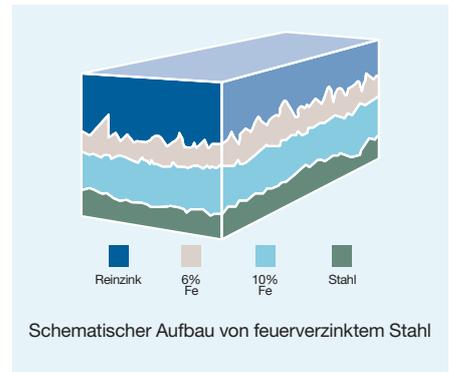
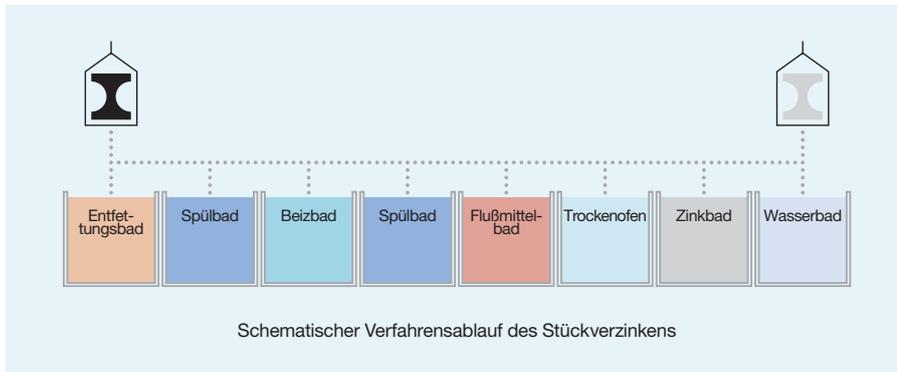


**MAOSI-BRÜCKE, CHINA**

Feuerverzinkte Lowtech-Querung  
(Details siehe Seite 35)

# KAPITEL EINS

## TITEL EINFÜHRUNG: FEUERVERZINKTER STAHL:



Feuerverzinkter Stahl spielt in unserem Alltagsleben eine bedeutende Rolle und ist überall zu finden. Er wird im Bauwesen, im Bereich Transport, in der Landwirtschaft, bei der Stromerzeugung und -übertragung und überall dort eingesetzt, wo Korrosionsschutz in Verbindung mit Langlebigkeit gefragt ist. Typische Beispiele sind Laternenmaste zur Beleuchtung unserer Straßen und Hochspannungsmasten, die unsere Häuser, Krankenhäuser und Büros mit Strom versorgen. Es gibt jedoch noch viele andere Industriezweige, in denen die Feuerverzinkung Anwendung findet.

Die überwiegende Menge des feuerverzinkten Stahls in Europa wird im Bauwesen genutzt, wobei das Produktspektrum sehr groß ist und von feuerverzinkten Schrauben bis zu großen Stahlbauprofilen reicht.

Das Feuerverzinken ist ein Korrosionsschutzprozess, bei dem der Stahl mit Zink überzogen wird. Bei dem Prozess werden vorbehandelte Eisen- oder Stahlteile in eine Zinkschmelze getaucht, die zumeist eine Temperatur von ca. 450°C hat. Durch eine metallurgische Reaktion zwischen Eisen und Zink kommt es zu einer Legierungsbildung, die eine hochbelastbare Verbindung zwischen dem Stahl und der Beschichtung herstellt. Die durchschnittliche Eintauchzeit beträgt 5 Minuten. Bei sehr schweren oder leichten Artikeln kann sie auch abweichen.

Nach dem Herausziehen aus dem Feuerverzinkungsbad legt sich zumeist eine Schicht aus reinem Zink auf die Legierungsschicht und es zeigt sich zumeist das für feuerverzinkte Produkte typische Zinkblumenmuster. Zwischen dem Stahl und dem Zink gibt es keine klaren Grenzen, sondern einen stufenweisen Übergang durch eine Reihe von Legierungsschichten, die die metallurgische Verbindung herstellen.

### Zink schützt Stahl

Eine der wichtigsten Eigenschaften von Zink ist die Fähigkeit, Stahl gegen Korrosion zu schützen. Die Lebensdauer und Haltbarkeit von Stahl wird durch die Feuerverzinkung in hohem Maße verbessert. Kein anderes Material bietet einen so effizienten und kostenwirksamen Schutz für Stahl.

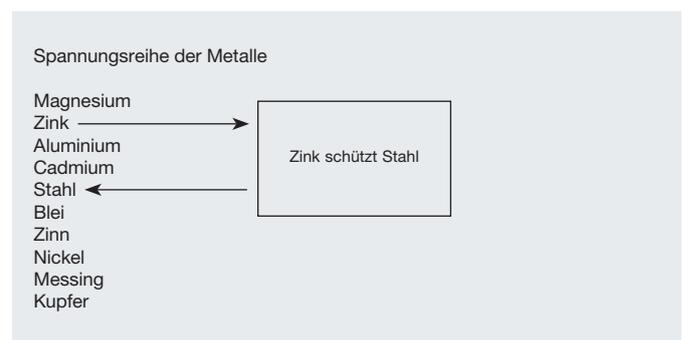
Wenn Stahl ungeschützt bleibt, rostet er in fast jeder Umgebung. Die Feuerverzinkung stoppt die Korrosion von Stahl auf zwei Wegen – durch eine physische Barriere und durch einen elektrochemischen Schutz.

### Schutz durch Barriere

Eine Feuerverzinkung stellt eine kontinuierliche, undurchlässige, metallische Barriere dar, die verhindert, dass Feuchtigkeit und Sauerstoff auf den Stahl treffen. Die metallische Zinkoberfläche reagiert mit der Atmosphäre und bildet kompakte, haftende, in Regenwasser nicht lösliche Deckschichten. Die typische Schichtdicke einer Feuerverzinkung kann von 45 µm bis zu über 200 µm betragen. Die Forschung vieler Jahre hat gezeigt, dass die Lebensdauer dieses Barrierschutzes proportional zur Dicke der Feuerverzinkung ist. Mit anderen Worten, eine Verdoppelung der Schichtdicke verdoppelt die Lebensdauer der Beschichtung.

### Kathodischer Schutz

Zink kann Stahl auch elektrochemisch schützen. Wird unbeschichteter Stahl, wie zum Beispiel eine Schnittkante oder eine beschädigte Stelle der Feuerverzinkung, Feuchtigkeit ausgesetzt, wirkt der so genannte kathodische Schutz. Da Zink im Vergleich mit Eisen das unedlere Metall ist, geht es bei leitender Verbindung mit Eisen und Anwesenheit eines Elektrolyten d.h. Feuchtigkeit in Lösung. Zink fungiert hier als Opfermetall. Das bedeutet, dass sich bei einem verzinkten Bauteil, das beschädigt wurde, an der beschädigten Stelle das umgebende Zink „opfert“ und den Stahl vor Korrosion schützt.



# FEUERVERZINKEN SCHÜTZT STAHL

Zink wird im Bauwesen nicht nur als Korrosionsschutz für Stahl verwendet, sondern auch in Form von Zinkblech für Dacheindeckungen, Verkleidungen oder Regenrinnen.

Das Feuerverzinken wird in diesem Leitfaden wie folgt beschrieben:

- **Das Feuerverzinken von Einzelteilen**  
aus Stahl (Stückverzinken) erfolgt durch Eintauchen von Stahlteilen in eine Zinkschmelze. Hierbei bildet sich eine Eisen-Zink-Legierungsschicht, die sehr langlebig ist und für Außenbereiche und aggressive Umgebungen aufgrund ihrer hohen Alterungsbeständigkeit am besten geeignet ist.

Es gibt viele andere Verfahren, Stahl mit Zink zu beschichten. Es ist wichtig, die Unterschiede zwischen diesen Verfahren zu verstehen – weil sie den Stahl unterschiedlich lange haltbar machen und für unterschiedliche Anwendungen geeignet sind. Im Baubereich sind die häufigsten Korrosionsschutzverfahren mit Zink:

- **Kontinuierliche Feuerverzinkung**  
Die kontinuierliche Feuerverzinkung zeichnet sich durch deutlich dünnere Zinkschichten als eine Stückverzinkung aus. Sie wird im Stahlwerk auf Stahlblech oder Stahlbänder aufgebracht und für Produkte verwendet, bei denen der Stahl nach dem Verzinken gebogen oder geformt wird (z.B. Verkleidungen, Karosserieteile, Waschmaschinen).
- **Thermisches Spritzen**  
Hierbei wird Zink aufgeschmolzen und mit Hilfe einer Flampistole auf eine Stahlfläche gesprüht.
- **Galvanische Verzinkung**  
Hierbei handelt es sich um vergleichsweise dünne, durch Elektrolyse aufgebraute Zinkschichten. Es kommt hierbei zu keiner Legierungsbildung zwischen Zink und Stahl. Die galvanische Verzinkung ist für Innenräume oder kurzlebige Anwendungen geeignet.
- **Sherardisierung**  
Sherardisierte Stahlteile zeichnen sich durch eine dünne Eisen-Zink-Legierungsschicht aus, die hergestellt wird, indem kleine Stahlteile bei ca. 380°C in einer Trommel mit Zinkpulver gedreht werden.



## KAPITEL ZWEI

### TITEL FEUERVERZINKTER STAHL BEIM NACHHALTIGEN BAUEN

#### Bruttoenergieeinsatz und Treibhauspotenzial für die Feuerverzinkung von einem Kilogramm Stahl gemäß DIN EN ISO

Bruttoenergie-Einsatz	3,4 – 6,3 MJ
Treibhauspotenzial	0,1 – 0,33 kg CO <sub>2</sub> -Äquivalent

Die Werte wurden aus vorhandenen LCA-Studien entnommen. Sie berücksichtigen nicht das Recyclingpotenzial von Zink am Ende der Nutzungsdauer.

Die Langlebigkeit von Stahlkonstruktionen ist von umweltspezifischer, wirtschaftlicher und sozialer Bedeutung.

Die durch Korrosion verursachten allgemeinen ökonomischen Kosten wurden in verschiedenen Ländern untersucht. Sie werden allgemein auf bis zu 4% des Bruttoinlandsproduktes geschätzt.

Die Langlebigkeit der Feuerverzinkung wird mit einer relativ geringen Umweltbelastung in Bezug auf Energie und andere global relevante Auswirkungen erreicht, insbesondere im Vergleich zum Energiewert des Stahls, der geschützt wird.

Die Ergebnisse einer Prüfung verfügbarer Sachbilanzstudien durch Life Cycle Engineering Turin, Italien sind in der obigen Tabelle dargestellt. Die Werte aus den Studien variieren leicht. Dies ist bedingt durch unterschiedliche Stahlkonstruktionen, geografische Faktoren und unterschiedliche Erhebungsverfahren.

Die Werte sind das Ergebnis eines vollständigen Lebenszyklusses, gemessen von der Rohmaterialgewinnung bis zum Transport zum Kunden.

Mehrere Vergleichsstudien zwischen der Feuerverzinkung und Beschichtungen, in die auch die Ergebnisse von Life Cycle Engineering Turin eingeflossen sind, zeigten, dass durch wiederholte Instandhaltungsbeschichtungen hohe ökonomische und ökologische Kosten entstehen. Diese können durch eine Anfangsinvestition in ein langlebigeres Korrosionsschutzsystem erheblich reduziert werden.

Die Nichtverwendung des am besten geeigneten Korrosionsschutzes verursacht unnötige Wartungskosten und zieht damit ernsthafte wirtschaftliche Konsequenzen nach sich.

Der Einsatz der Feuerverzinkung an öffentlich finanzierten Projekten verringert die Wartungsbudgets, wodurch öffentliche Gelder für andere Zwecke frei werden.

Dieses Kapitel zeigt, dass feuerverzinkter Stahl genutzt werden kann, um die Nachhaltigkeit von Bauprodukten und Gebäuden zu verbessern. In Kapitel 6 werden weitere Beispiele und Fallstudien dargestellt, in denen Lebenszyklusanalysen zur Bewertung der Umweltfolgen verschiedener Korrosionsschutzsysteme.

# FEUERVERZINKTER STAHL MINIMIERT UMWELT- UND WARTUNGSKOSTEN



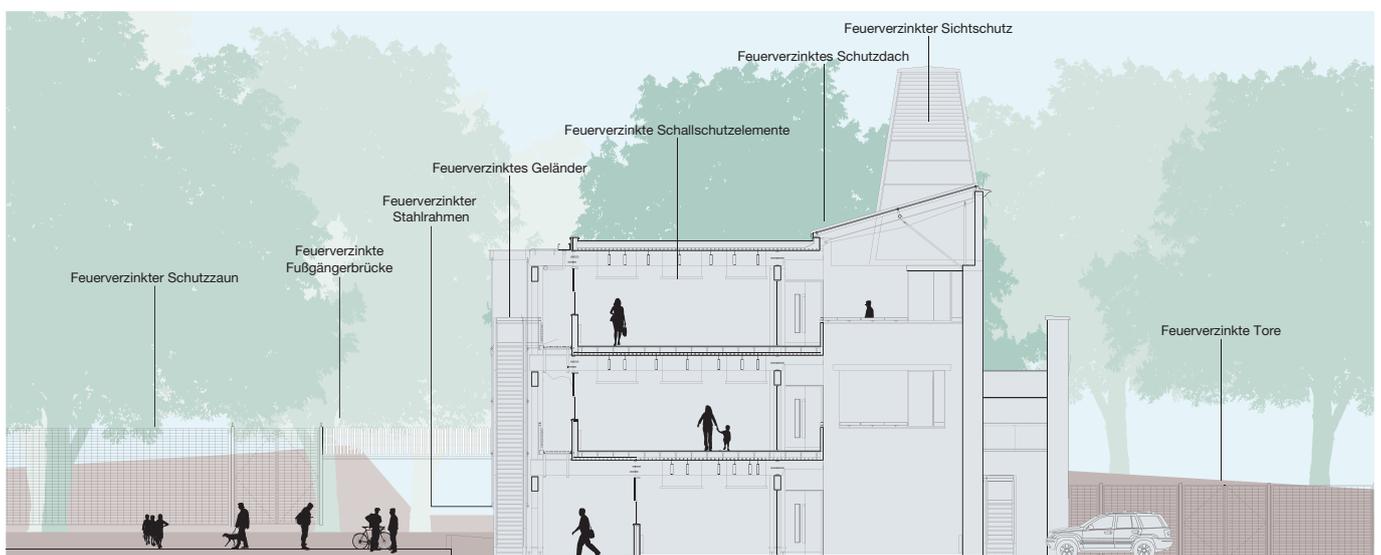
**WISE BUILDING**

Im Bau befindlich: Centre for Alternative Technology, Powys, Wales.



**SOLARSIEDLUNG FREIBURG**

Plusenergiehaus der Solarsiedlung Freiburg, Deutschland.



## ANWENDUNGSVIELFALT DER FEUERVERZINKUNG

## EINE FEUERVERZINKEREI IST IMMER IN DER NÄHE

Es gibt mehr als 650 Feuerverzinkereien in Europa, die das Feuerverzinken zu einem Verfahren der kurzen Wege machen und die regionale Wirtschaft und Beschäftigung stärken.

Feuerverzinkereien befinden sich zumeist da, wo Stahl hergestellt und verarbeitet wird und minimieren so Transportkosten aus ökonomischer und ökologischer Sicht.

Kleinere Kunden werden zumeist durch einen wirtschaftlichen Abhol- und Bringservice bedient. Oft werden feuerverzinkte Produkte vom Feuerverzinker direkt auf die Baustelle geliefert.



In den Mitgliedsländern der EGGA, die in der oben stehenden Karte dargestellt sind, gibt es mehr als 650 Feuerverzinkereien, 160 davon befinden sich in Deutschland



Der Ökoboulevard in Valleca wurde von Ecosistema Urbano ([www.ecosistemaurbano.com](http://www.ecosistemaurbano.com)) entwickelt. Er soll als eine "Operation des städtischen Recyclings" verstanden werden, die aus folgenden Aktivitäten besteht: der Installation von drei "Luft-Bäumen", der Verdichtung und Ausrichtung des Baumbestandes, der Reduktion und asymmetrischen Anordnung der Verkehrswege und des Eingriffes in schon vorhandene städtische Oberflächen. Die "Luft-Bäume" bestehen aus feuerverzinktem Stahl. Sie sind demontierbar und funktionieren energetisch autark.



#### DAS EDEN PROJECT

Das Eden Project, ein Schaufenster für die globale biologische Vielfalt, ist das größte Gewächshaus der Welt. Seine feuerverzinkte Stahlkonstruktion ist eine filigrane und ökologische Lösung.

# KAPITEL DREI

## TITEL ÖKOLOGISCHE ASPEKTE VON FEUERVERZINKTEM STAHL



### FEUERVERZINKUNGSPROZESS

Das Feuerverzinken ist ein industrielles Verfahren, bei dem ein zu verzinkendes Stahlteil viele Prozessstufen in einem Werk durchläuft. Unverzinkter Stahl ist nach dem Durchlaufen des Verfahrensprozesses langlebig feuerverzinkt. In den meisten Ländern gibt es ein dichtes Netz von Feuerverzinkereien, so dass der Stahl nicht über große Entfernungen zu einer Feuerverzinkerei transportiert werden muss. Hierdurch werden die Transportkosten und die Umweltauswirkungen minimiert. Das Hauptverbrauchsmaterial Zink wird in dem Prozess sehr effizient genutzt. Der Tauchvorgang stellt sicher, dass das Zink, das nicht auf dem Stahl haftet, wieder in das Feuerverzinkungsbad zurückgelangt. Zink, das auf der Zinkbadoberfläche oxidiert, wird als so genannte Zinkasche entfernt und recycelt, nicht selten sogar sofort vor Ort. So genanntes Hartzink, das sich am Boden des Zinkbades sammelt, wird regelmäßig entfernt und ebenfalls recycelt. Das Recycling von Zinkasche und Hartzink ist auch aus wirtschaftlichen Gründen lohnenswert.

### EFFIZIENTE ENERGIENUTZUNG

Zum Erhitzen des Zinkbades beim Feuerverzinken ist Energie erforderlich, zumeist in Form von Erdgas, seltener in Form von Strom oder Heizöl. Obwohl die Feuerverzinkungsindustrie nicht zu den energieintensivsten gehört, hat sie große Anstrengungen unternommen, um ihr Energiemanagement effizient zu gestalten. Beispiele für Verbesserungen sind:

- Verbesserte Brennertechnologie für höhere Energieeffizienz
- Effizientere Badabdeckungen (die während der Wartung und/oder des Stillstands genutzt werden)
- Vermehrte Nutzung der Abwärme zum Beheizen der Vorbehandlungsbäder oder Gebäude

### EMISSIONSKONTROLLE

Emissionen, die beim Feuerverzinken entstehen, werden gefiltert und kontrolliert, um negative Einflüsse auf die Umwelt zu vermeiden. Verzinkungsanlagen unterliegen der IVU-Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung.

Die Feuerverzinkungsindustrie hat bei der Erarbeitung von BVT-Merkblättern (BREF-Notes) über die besten verfügbaren Techniken für das Feuerverzinken in einer Arbeitsgruppe aus Behörden, Industrievertretern und Umweltverbänden mitgewirkt. Hierzu gehört das Auffangen entstehender Emissionen durch Einhausung des Verzinkungskessels oder durch Randabsaugung und die Verminderung von Staubemissionen durch Gewebefilter oder Nassabscheider.

### KREISLAUFWIRTSCHAFTLICHE PROZESSLÖSUNGEN

Vor dem eigentlichen Verzinken werden Stahlteile im Rahmen der Vorbehandlung gereinigt. Hierzu werden Prozess-Verbrauchsstoffe wie Salzsäure und Fluxlösungen verwendet, die kreislaufwirtschaftlich recycelt beziehungsweise wieder aufbereitet werden.

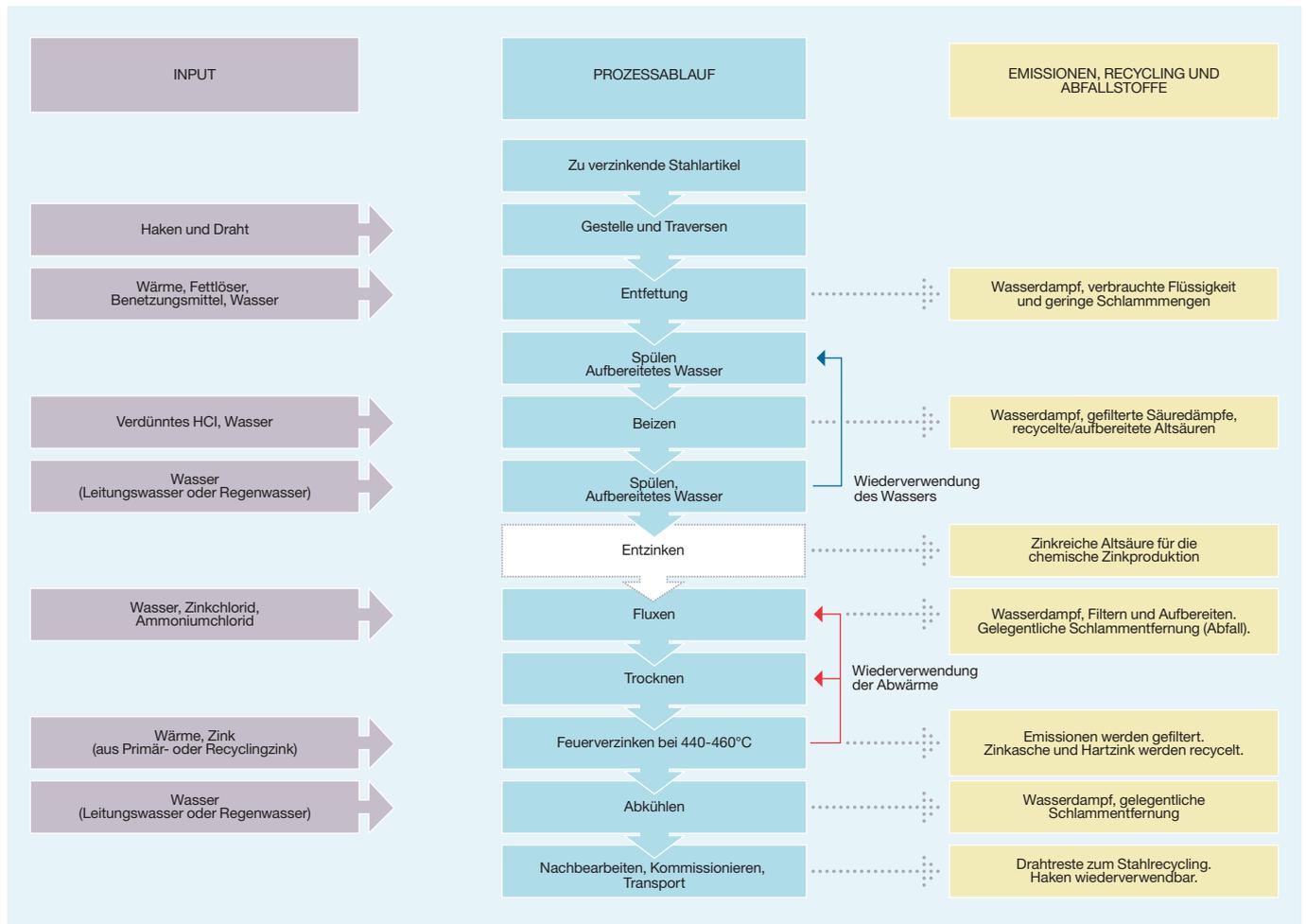
- Verbrauchte Salzsäurelösungen werden zur Produktion von Eisenchlorid verwendet, das bei der Aufbereitung von städtischem Abwasser genutzt wird. Viele Anlagen entziehen der Altsalzsäure Eisen und Zink und setzen die aufbereitete Säure erneut für die Vorbehandlung ein.
- Eine verbesserte Überwachung und Wartung der Flussmittelbäder führt dazu, dass hier nur geringe Mengen von Schlamm zur Entsorgung anfallen. Geschlossene Kreisläufe zum Flussmittel-Recycling sind mittlerweile ein Standard in den meisten Verzinkereien.
- Durch eine biologische Entfettung des Stahls werden Öle und Fette auf biologische Weise eliminiert.

### WASSERNUTZUNG

Verglichen mit anderen Korrosionsschutzverfahren verbrauchen Feuerverzinkungsanlagen relativ geringe Wassermengen. Das erzeugte Abwasser wird aufbereitet und wieder in den Prozess eingeleitet. Nur geringe Mengen von Festkörpern müssen extern entsorgt werden.

Feuerverzinkungsanlagen verzichten nicht selten auf Leitungswasser und verwenden das am Standort anfallende Regenwasser.

# PROZESS-VERBRAUCHSSTOFFE - IHR RECYCLING UND IHRE AUFBEREITUNG



## DER FEUERVERZINKUNGSPROZESS



Zum Feuerverzinken werden nur geringe Wassermengen benötigt, die primär für die Spül- und Abkühlbäder verwendet werden.

Nicht selten wird hierfür Regenwasser eingesetzt, das über das Entwässerungssystem der Anlagengebäude aufgefangen und gesammelt wird.



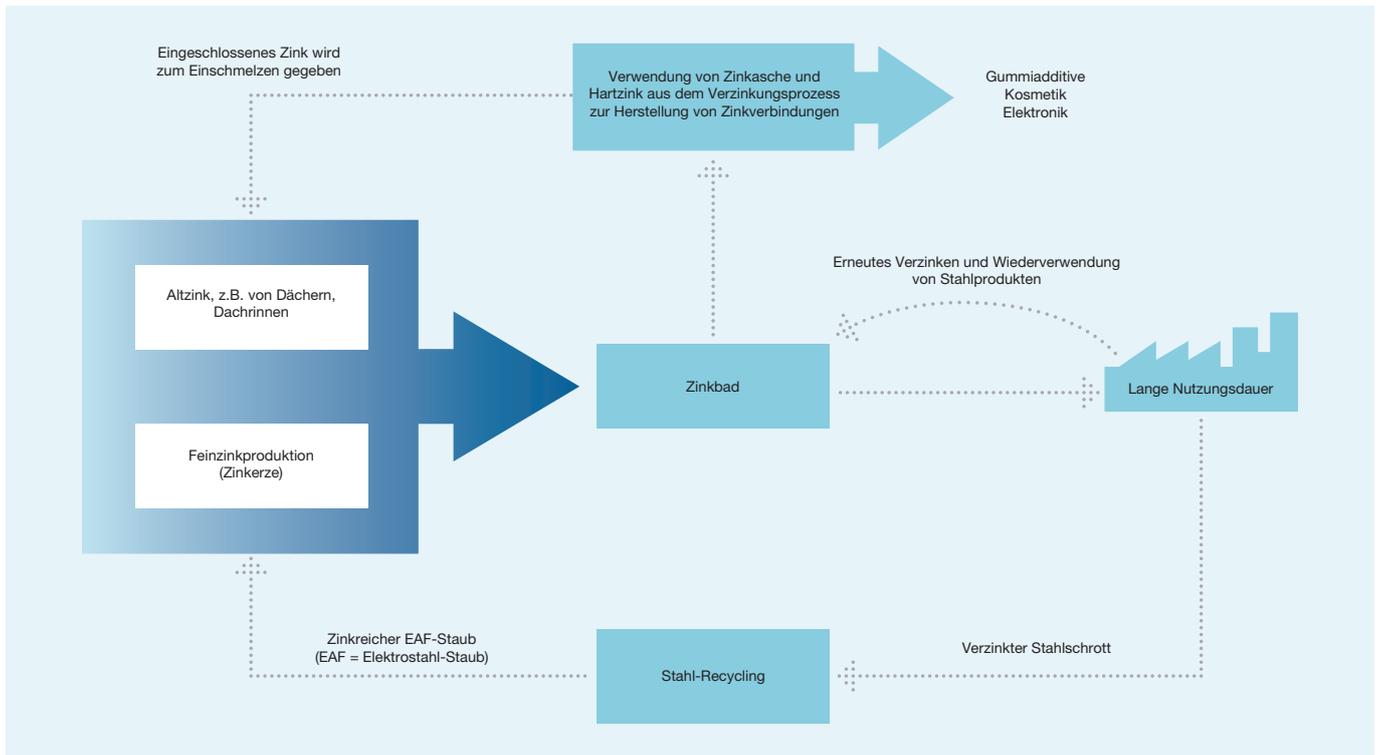
Zinkasche und Hartzink, die sich in dem Feuerverzinkungsbad bilden, können entweder vor Ort oder durch spezielle Recyclingfirmen vollständig recycelt werden. Verzinkereien betreiben hierzu kleine Öfen, um metallisches Zink aus Prozessasche wiederzugewinnen. Dieses metallische Zink kann dem Feuerverzinkungsbad direkt wieder zugeführt werden, ohne den Standort zu verlassen.



Moderne Verzinkungsöfen sind computergesteuert und extrem effizient. Abwärme wird dazu verwendet, die Bäder der Vorbehandlung zu heizen oder den Trockenofen zu betreiben.



Innovationen und Effizienzsteigerungen in der Prozesssteuerung ermöglichen die Aufbereitung der Flussmittel und Säuren während des Verzinkungsprozesses.



Zinkrecycling und Feuerverzinken

## VERWENDUNG VON RECYCELTEM ZINK

Für das im Verzinkungsprozess verwendete Zink gibt es zwei wichtige Quellen:

- Raffiniertes Zink wird aus einer Mischung von Roherzen und recycelten Rohstoffen erzeugt. Es enthält schätzungsweise durchschnittlich 15% an recyceltem Zink.
- Feuerverzinkereien sind wichtige Verwender von Umschmelzzink, das aus Zinkschrott hergestellt wird. Der Zinkschrott z.B. aus alten Zinkdächern wird hierfür gereinigt und in Barren umgeschmolzen.

Das von Feuerverzinkereien verwendete Zink besitzt einen hohen Anteil an recyceltem Zink, zudem wird Recycling-Zink oft ergänzend zu Primärzink aus Erzen zugekauft. Die Herstellung von einem Kilogramm Zink aus Erzen erfordert eine Bruttoenergiemenge von 50 MJ, obwohl nur 20 MJ davon direkt für die Zinkherstellung benötigt werden (Boustead 1999). Zur Herstellung von Sekundärzink, d.h. umgeschmolzenem Zink, werden lediglich 2,5 MJ verbraucht.

## RECYCLING VON PROZESSRÜCKSTÄNDEN

Während des Feuerverzinkens bleibt das Zink, das nicht auf dem Stahl haftet, zur Weiterverwendung im Bad. Es tritt kein Materialverlust auf wie bei anderen Korrosionsschutzsystemen, die im Sprühverfahren aufgetragen werden. Zinkasche, die bei der Oberflächenoxidation des Zinkbades entsteht und Hartzink, eine Mischung aus Zink und Eisen, die sich am Boden des Zinkbades ansammelt, werden vollständig wiederverwertet. Dass in der Zinkasche enthaltene Zinkmetall wird an Recycler verkauft oder häufig schon in der Feuerverzinkerei recycelt. Hartzink wird ebenfalls zum Recycling weiterverkauft. Aus Zinkasche und Hartzink werden Zinkstaub oder Präparate für eine Vielzahl von Anwendungen wie Kautschukadditive, Kosmetika und elektronische Bauteile hergestellt.

## WIEDERVERWENDUNG VON FEUERVERZINKTEM STAHL

Viele feuerverzinkte Stahlprodukte können nach Jahrzehnten neu verzinkt und wieder verwendet werden. Beispielsweise werden Autobahnenschutzplanken häufig im Verlauf routinemäßiger Wartungsarbeiten entfernt und ersetzt. Die ausgebauten Planken werden zu einer Feuerverzinkerei gebracht, dort in einer Säure entzinkt, neu verzinkt und anschließend wieder verwendet. Die bei der Entfernung der Restzinkschicht entstehende zinkhaltige Säure findet bei der Herstellung von Zinkverbindungen für die chemische Industrie Verwendung.

## RECYCLING FEUERVERZINKTER STAHLTEILE

Verzinkter Stahl kann problemlos mit anderem Stahlschrott bei der Elektro-Stahlerzeugung recycelt werden. Zink verdampft schon frühzeitig während dieses Prozesses und wird im EAF-Staub (Electric Arc Furnaces = Elektrostahlstäube) aufgefangen. Das im EAF-Staub enthaltene Zink wird in speziellen Anlagen recycelt und zur Herstellung von Primärzink genutzt.

2006 erzeugte die europäische Stahlindustrie (EU27) insgesamt 1.290.750 Tonnen EAF-Staub, in dem 296.872 Tonnen (d.h. 23%) Zink enthalten waren. 93% dieses Zinks (276.920 Tonnen) wurden recycelt. (Quelle: Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik, Deutschland)

Stahlprodukte haben häufig eine lange Lebensdauer; so sind z.B. viele sehr alte Stahlbrücken in Gebrauch. Daher gibt es einen Mangel an Schrott und für die ständig wachsende Infrastruktur ist man auf die Primärproduktion aus Eisenerz angewiesen. Das Gleiche gilt für viele andere Metalle, die in Anwendungsbereichen mit langer Gebrauchsdauer eingesetzt werden.

Stahl ist das weltweit am meisten recycelte Baumaterial und etwa 40% der gesamten Stahlproduktion basiert auf recyceltem Schrott.



## HALTBARKEIT UND NUTZUNGSDAUER

–

Beim Feuerverzinken nach DIN EN ISO 1461 wird eine dauerhafte Zinkschicht zum Schutz des Stahls vor Korrosion aufgebracht. Ausreichend dicke Zinkschichten bieten eine lange Schutzdauer und sind insbesondere im Freien wichtig. Da die Haltbarkeitsdauer einer Zinkschicht direkt proportional zu ihrer Dicke ist, sind dünnere Zinkschichten nicht so lange haltbar.

Zink ist ein nicht sehr beständiges Metall. Es hat jedoch eine positive Eigenschaft. Es bildet bei Bewitterung Deckschichten, die den Schutz des Zinks und damit der Stahloberflächen übernehmen. Atmosphärische Umwelteinflüsse und -belastungen beeinträchtigen die Art und Haltbarkeit der Deckschichten. Von besonders hohem Einfluss auf die Korrosionsrate von Zink ist Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ).

Aufgrund von Umweltschutzmaßnahmen sind die Werte von atmosphärischem  $\text{SO}_2$  in den letzten Jahrzehnten in den meisten Ländern deutlich gefallen. Der Zusammenhang zwischen der Haltbarkeit von Zink und atmosphärischen  $\text{SO}_2$  wurde für Schweden umfassend analysiert.

Der  $\text{SO}_2$ -Rückgang und consequente Verbesserungen der Zinkeigenschaften machen feuerverzinkten Stahl noch nachhaltiger, da ohne zusätzliche Kosten eine längere Schutzdauer von Stahlkonstruktionen erreicht wird.

In den meisten europäischen Ländern werden Zinkkorrosionsraten von durchschnittlich unter  $1\mu\text{m}$  pro Jahr erreicht. Dies bedeutet, dass eine Feuerverzinkung mit einer Schichtdicke von  $85\mu\text{m}$  in ländlicher und städtischer Umgebung für Jahrzehnte einen wartungsfreien Schutz bietet.

## KAPITEL VIER

–

### TITEL ZINK - BASISMATERIAL FÜR DAS FEUERVERZINKEN

–



#### ZINKPRODUKTION

–

Zink wird sowohl unter als auch über Tage abgebaut. 80% der Zinkminen sind unterirdisch, 8% sind Tagebauminen, der Rest ist eine Kombination von beidem. Der Zinkgehalt des Erzes, der zwischen 5 und 15 Prozent liegt, reicht selten aus, um direkt zum Schmelzen verwendet zu werden. Es muss konzentriert werden. Um das Erz zu konzentrieren, wird es zuerst zerkleinert, dann zermahlen, um es optimal von den anderen Mineralien zu separieren.

Zinkkonzentrat enthält rund 55% Zink, üblicherweise in Form von Zinksulfid. Der Prozess der Zinkkonzentration findet zumeist in der Mine statt, um den Transportaufwand zu den Schmelzanlagen so niedrig wie möglich zu halten.

Die Zinkkonzentrate werden geröstet oder gesintert, um Zinksulfid in Zinkoxid zu verwandeln. Zinkoxide werden dann entweder in pyrometallurgischen oder - häufiger - in hydrometallurgischen Prozessen verarbeitet, um Zinkmetall zu produzieren. Das häufigste Produkt ist Feinzink mit Reinheitsgraden von 99,95 bis zu 99,99 Prozent.

#### DIE VERPFLICHTUNG DER ZINKINDUSTRIE ZUR NACHHALTIGKEIT

–

Zusätzlich zur Annahme ihrer Nachhaltigkeits-Charta im Jahr 2001 haben die Mitglieder des Internationalen Zinkverbands (IZA) einen Aktionsplan definiert, um die Aktivitäten der Zinkindustrie und die Prinzipien der Nachhaltigkeit zu harmonisieren. Zu den Hauptelementen der Nachhaltigkeitsstrategie des IZA gehören:

- Beurteilung zukünftiger Trends und Entwicklungen der Nachhaltigkeitsindikatoren für Zink.

- Entwicklung und Kommunikation eines umfassenden Verständnisses der Auswirkung von Zink auf die Umwelt und seines wesentlichen Beitrags zur menschlichen Gesundheit und den Ökosystemen, basierend auf einer für Zink geeigneten wissenschaftlichen Risikobeurteilung.
- Sicherstellung einer effizienten Nutzung von Ressourcen für die Produktion und das Recycling von Zink.
- Reduzierung der Energieintensität aller Prozesse entlang der Wertkette.
- Kontrolle der Zinkemissionen
- Erreichung geeigneter sozialer und umweltspezifischer Standards weltweit.
- Entwicklung einer integrierten Produktpolitik für den gesamten Lebenszyklus von Zink.

Weitere Informationen über die Umsetzung der Nachhaltigkeitsstrategie der IZA sind erhältlich unter [www.zincworld.org/sustainable\\_development](http://www.zincworld.org/sustainable_development).

#### ZINK UND GESUNDHEIT

–

Zink ist ein lebenswichtiges Element, das von allen lebenden Organismen benötigt wird. Die in der Natur vorhandene Zinkmenge variiert sehr stark, so dass lebende Organismen ihre Zinkaufnahme über einen natürlichen Prozess regulieren. Ein Mangel tritt auf, wenn die verfügbare Zinkmenge nicht ausreicht, um den Bedarf eines Organismus zu decken. Dies betrifft die Umwelt und die menschliche Ernährung. Man kann davon ausgehen, dass für nahezu die Hälfte der Weltbevölkerung das Risiko besteht, an Zinkmangel zu leiden. Es ist dringend erforderlich, die Zinkaufnahme von Kindern in der dritten Welt zu erhöhen.

Zinkmangel in landwirtschaftlichen Böden ist ebenfalls auf allen Kontinenten weit verbreitet und führt zu Problemen bei der Pflanzenproduktion.

## ZINK IST EIN LEBENSWICHTIGES ELEMENT - ALLE LEBENDEN ORGANISMEN BENÖTIGEN ZINK



Zink spielt im menschlichen Stoffwechsel eine essentielle Rolle. Zink ist z.B. für das Funktionieren von mehr als 200 Enzymen erforderlich, es stabilisiert unsere DNS, den Träger der Erbmasse, und ist für den Aufbau der Gene und die Übermittlung von Nervensignalen notwendig.

Weil Zink zur Zellerzeugung genutzt wird, ist es vor allem während der Schwangerschaft für den wachsenden Fötus wichtig, dessen Zellen sich schnell teilen.

Ist die Aufnahme jedoch zu niedrig, treten Mangelerscheinungen auf. Hierzu zählen verminderter Geschmacks- und Geruchssinn, Hauterkrankungen, Lethargie und verminderte Fruchtbarkeit.

Wir benutzen Zink in Haarwaschmitteln und in Sonnenschutzprodukten.

Bei Männern schützt Zink die Prostata und hilft die Spermienproduktion aufrecht zu erhalten. Zink ist lebensnotwendig und für einen gesunden und aktiven Lebensstil unerlässlich. Unter allen Vitaminen und Mineralien besitzt Zink die stärkste Wirkung auf unser Immunsystem. Zink hat sich bei der Infektionsbekämpfung als effektiv erwiesen und kann sogar die Dauer und Schwere einer Erkältung reduzieren.

Zink ist für das Wachstum von Kleinkindern, Kindern und Teenagern unverzichtbar.



### Natürliche Zinkmengen in der Umwelt

Luft (ländlich)	0,01-0,2 µg/m <sup>3</sup>	Erzvorkommen	5 - > 15% Oberflächengewässer:
Boden (allgemein)	10 - 300 mg/kg Trockengewicht	Offener Ozean	0.001 - 0.06 µg/l
Steine: Basalt	28 - 240 ppm	Küsten-/Binnenseen	0.5 - 1 µg/l
Granit	5 - 140 ppm	Alluviale Tieflandflüsse	5 - 40 µg/l
Schiefer und Ton	18 - 180 ppm	Bergflüsse	< 10 µg/l
Sandsteine	2 - 41 ppm	Große Seen	0.09 - 0.3 µg/l (aufgelöst)
Schwarzer Schiefer	34 - 1500 ppm	Ströme in hochmineralisierten Bereichen/Gebieten	200 µg/l

## ZINK IST NATÜRLICH

Zink ist, wie alle Metalle, ein natürlicher Teil der Erdkruste und Teil unserer Umwelt. Zink ist nicht nur in Gestein und in Böden vorhanden, sondern auch in der Luft, im Wasser und in der Biosphäre – Pflanzen, Tiere und Menschen. Zink ist Teil des Naturkreislaufs. Regen, Schnee, Eis, Sonne und Wind erodieren zinkhaltige Gesteine und Böden. Wind und Wasser führen winzige Mengen Zink in Seen, Flüsse und das Meer, wo es sich als Sediment (Ablagerung) ansammelt oder weiter transportiert wird. Natürliche Phänomene wie:

- Vulkanausbrüche
- Waldbrände
- Sandstürme
- Meeresgisch

tragen zu diesem kontinuierlichen Kreislauf bei. Während der Evolution haben sich alle Organismen an das Zink in ihrer Umgebung angepasst und es für spezifische Stoffwechsel-Prozesse verwendet. Die in der Natur vorhandene Zinkmenge ist von Ort zu Ort und je nach Jahreszeit unterschiedlich. Die Zinkmenge in der Erdkruste beträgt zum Beispiel 10-300 Milligramm pro Kilogramm. Zink in Flüssen variiert von 10 Mikrogramm pro Liter bis zu über 200 Mikrogramm.

Ähnlich führen die im Herbst fallenden Blätter zu einer Erhöhung der Zinkmengen in Böden und Wässern. Untersuchungen ergaben, dass ein schwedischer Fluss durchschnittlicher Größe pro Jahr durch die natürlichen Wetterbedingungen und Auswaschungen aus Gesteinen über zehn Tonnen Metalle ins Meer transportiert.

## ZINK IN DER UMWELT

Obwohl die positiven Auswirkungen von Zink für Menschen und Ökosysteme bekannt sind, ist es wichtig, hohe Konzentrationen in der Umwelt zu vermeiden. In den letzten Jahrzehnten haben die industriellen Zinkemissionen kontinuierlich abgenommen.

Wenn örtlich hohe Zinkkonzentrationen auftreten, zum Beispiel aufgrund hoher Zinkkonzentrationen in Gesteinen, verfügt die Natur über die Fähigkeit, sich daran anzupassen. Die Natur ist zudem in der Lage Zink zu binden, um seine so genannte Bioverfügbarkeit zu reduzieren. Bioverfügbarkeit wird definiert als „die Menge eines chemischen Elements (Metalls), das von einem Organismus absorbiert werden kann ohne toxisch zu wirken und die notwendige Konzentration zum Überleben sichert“ (Parametrix 1995).

Sie ist jedoch nicht einfach eine Funktion der chemischen Form der Substanz. Sie wird eher durch die Eigenschaften der empfangenden Umwelt beeinflusst. Somit müssen Faktoren wie Wasserhärte und der PH-Wert berücksichtigt werden.

Es sind die Auswirkungen der Bioverfügbarkeit, die erklären, warum erhöhte Zinkkonzentrationen im Boden im Umfeld von feuerverzinkten Konstruktionen wie Strommasten in der Praxis, nicht die toxischen Auswirkungen produzieren, die unter Umständen im Labor prognostiziert werden.

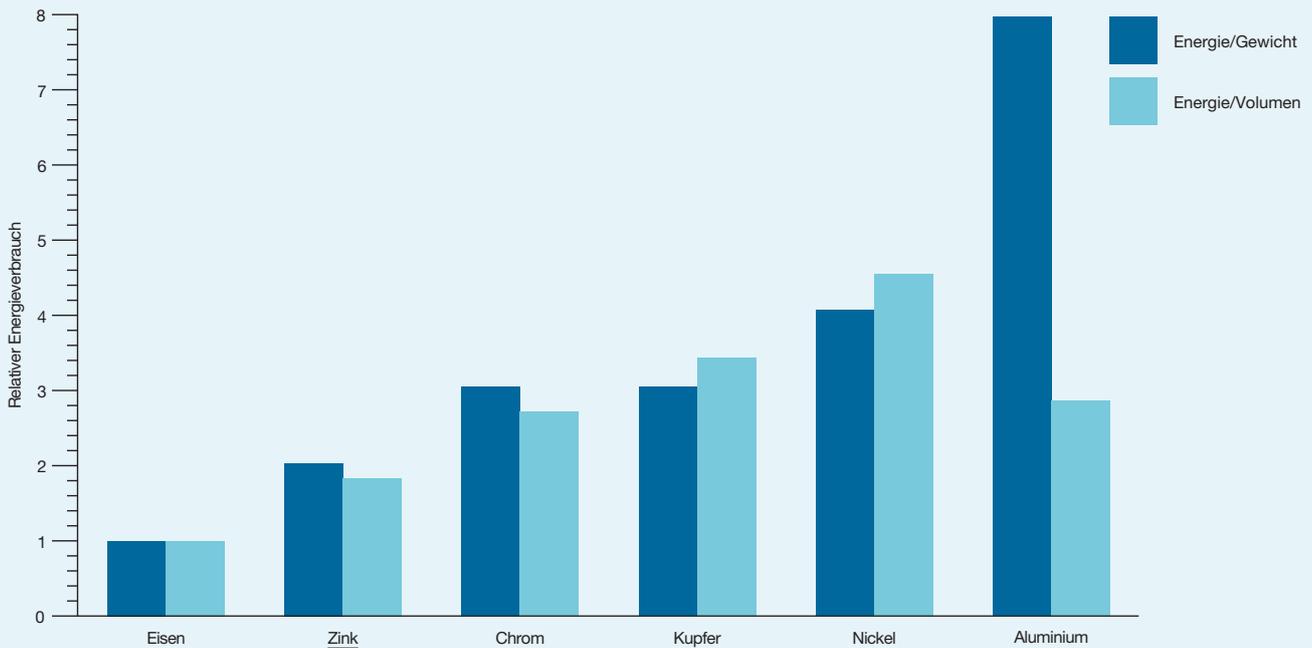
Die Feuerverzinkungsindustrie hat ihren Beitrag zu einer umfassenden Forschung geleistet, um klare Vorhersagemodelle für die Bioverfügbarkeit von Zink in Wasser, Sedimenten und Böden zu entwickeln.

Es gab spezifische Studien zu Einträgen in Böden und Wassern durch Korrosionsprodukte feuerverzinkter Konstruktionen. Selbst an Orten, an denen diverse Zinkquellen vorhanden sind, beispielsweise Straßenränder, wo Zink durch Reifenabrieb, Müll, Schmierstoffe, Straßenabnutzung und Korrosion abgelagert wird, haben diese Studien gezeigt, dass Freisetzungen keine nachteiligen Auswirkungen verursachen.

Die Abteilung für Korrosionswissenschaft der Technischen Hochschule Stockholm (KTH) hat die Umweltwirkungen von Zink, Kupfer und Edelstahl als Bedachungsmaterialien untersucht. Wenn es regnet, werden die durch Korrosion der Dachoberfläche entstehenden Substanzen freigesetzt.

Die Metallmenge, die freigesetzt werden kann, hängt von verschiedenen Faktoren wie zum Beispiel dem Grad der Luftverschmutzung, der chemischen Zusammensetzung und dem PH-Wert des Regens sowie von der Länge und Intensität des Regens ab.

Die Metalle in diesem Regenwasser bestehen primär aus freien Ionen. Wissenschaftler der KTH fanden heraus, dass das Wasser, sobald es in den Boden gesickert oder mit Beton oder Kalkstein in Kontakt gekommen war, über 96% seines gesamten Metallgehalts verloren hatte. Die meisten Metalle, die im Wasser verbleiben, haben eine geringe Bioverfügbarkeit und daher ein geringes Potential für Umweltwirkungen.



Auch wenn nur geringe Mengen Zink verwendet werden, um die „graue Energie“ (Siehe S. 33) von Stahl zu erhalten, ist für Lebenszyklus orientierte Überlegungen zum Einsatz der Feuerverzinkung die Energie, die für die Produktion von Zink verbraucht wird, von Bedeutung.

Die bei der elektrolytischen Zinkproduktion genutzte Energie verteilt sich auf etwa 7% für den Abbau und die Mineralverarbeitung, 89% für die Elektrolyse und 4% für das Gießen.

Die schwedische Umweltschutzbehörde hat die relativen Energieanforderungen der wichtigsten Basismaterialien verglichen und herausgefunden, dass, mit Ausnahme von Eisen, dem Basismetall für Stahl, Zink die geringste Energie benötigt, und dies sowohl bezogen auf das Gewicht als auch auf das Volumen.

Energienutzung bei primärer Produktion verschiedener Basismetalle in Relation zu Gewicht und Volumen.  
Energienutzung für Eisen/Stahl erhält in beiden Fällen den Faktor 1.

(Quelle: Schwedische Behörde für Umweltschutz)



## ZINK-RECYCLING

Zink ist ein recyclingfähiges Nichteisenmetall und kann beliebig oft recycelt werden, ohne seine physikalischen oder chemischen Eigenschaften zu verlieren. Derzeit stammen circa 70% des Zinks aus primärer Produktion, davon 85% aus Zinkerz und 15% aus recycelten Quellen. Circa 30% stammen direkt aus recyceltem Zink, die 80% des Zinks ausmachen, das zum Recyceln zur Verfügung steht. Das Recyclingniveau nimmt in dem Maße zu wie sich die Technologie verbessert. Die Langlebigkeit von verzinkten Stahlprodukten im Bauwesen macht zurzeit noch die Erstellung eines Vorhersagemodells schwierig, das abbildet, wann diese in den Recyclingkreislauf eintreten werden.

## ZINKRESERVEN

Hinsichtlich der Häufigkeit des Vorkommens in der Erdkruste steht das Element Zink an 27. Stelle. Es gibt weltweit einen natürlichen Überfluss an Zink. Man kann davon ausgehen, dass eine Kubikmeile Seewasser sogar 1 Tonne Zink enthält und dass die erste Meile der Erdkruste unter Land 224.000.000 Millionen Tonnen Zink enthält. Weitere 15 Millionen Tonnen befinden sich im Meeresboden. Diese Schätzungen berücksichtigen nicht die Wirtschaftlichkeit oder Umweltaspekte bei der Erschließung dieser Ressourcen.

Die Zinkreserven sind – wie alle natürlichen Ressourcen - keine in der Natur gelagerte feste Menge. Reserven werden durch Geologie und die Interaktion von Wirtschaft, Technologie und Politik bestimmt. Der Begriff Reserven bezeichnet den Teil der Ressourcen, der kartiert und gemessen wurde und der jetzt oder in Zukunft genutzt werden kann.

Reserven sind vor dem Hintergrund des Standes der Technik und dem Wert von Zink zu einem bestimmten Zeitpunkt zu betrachten. Die natürlichen Ressourcen werden durch recyceltes Zink erhöht. Die nachgewiesenen Zinkreserven haben seit den 50er Jahren zugenommen, da in vielen Teilen der Welt neue Erzvorkommen entdeckt wurden.

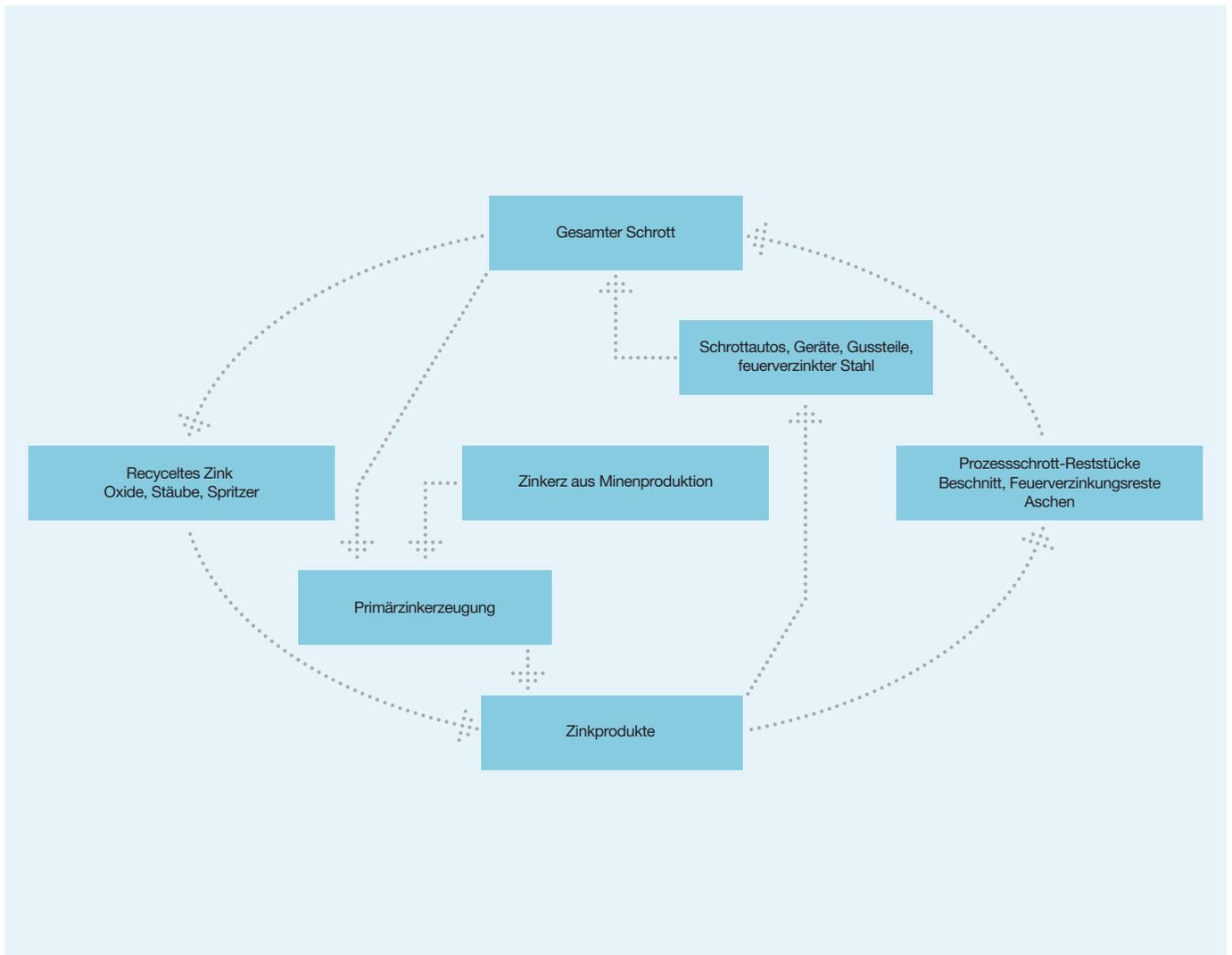
Die Nachhaltigkeit des Zinkangebotes kann nicht einfach vom verfügbaren Minenvorkommen der heutigen Zinkminen abgeleitet werden. Trotz des zunehmenden Verbrauchs von Zink von 1995 bis 2005 haben sich die Zinkreserven während desselben Zeitraums, wie nachfolgend dargestellt, erheblich erhöht:

Jahr	Reserven <sup>1</sup>	Reservenbasis <sup>2</sup>
1995	140,000,000 mt	330,000,000 mt
2005	220,000,000 mt	460,000,000 mt
Erhöhung	57.14%	39.4%

Quelle: U.S. Geological Survey,

1. Reserven sind definiert als „der Teil der Reservenbasis, der zum Zeitpunkt der Feststellung gewonnen oder produziert werden könnte.“
2. Reservenbasis ist definiert als „der Teil einer identifizierten Ressource, der spezifizierte physikalische und chemische Mindestkriterien in Verbindung mit aktuellen Abbau- und Produktionspraktiken erfüllt.“

ZINK IST EIN RECYCELBARES  
NICHT-EISEN-METALL UND KANN  
BELIEBIG OFT RECYCELT WERDEN



Der Zinkrecyclingkreislauf

# KAPITEL FÜNF

## TITEL BETRACHTUNGEN ZUM NACHHALTIGEN BAUEN



Bei der Auswahl von Baumaterialien und -produkten werden Architekten, Planer und Kunden zunehmend mit dem Thema Umwelt konfrontiert. Gründe hierfür sind Bauvorschriften, Richtlinien und Maßnahmen, die dies erzwingen oder die ethische Entscheidung Gebäude so nachhaltig wie möglich zu erstellen.

Es herrscht jedoch Uneinigkeit darüber, was ökologische und zukunftsorientierte Gebäude eigentlich sind. Wie werden Entscheidungen getroffen, welche Materialien einzusetzen sind und wer legt Standards fest, die solche Entscheidungen bewerten können? Kann man, da sich die Methoden und das Denken über nachhaltiges Bauen so schnell ändern, wirklich sicher sein, was am besten zu tun ist?

Es gibt zahlreiche Aussagen von Lieferanten hinsichtlich der Umweltfreundlichkeit ihrer Produkte. Gebäude erhalten Preise, weil sie „nachhaltig“ sind und werden dann wegen zu geringer „ökologischer“ Leistung kritisiert. Die Unterscheidung, zwischen dem, was wirklich gut für die Umwelt ist und dem, was sich nur ein grünes Mäntelchen umhängt und als „Greenwash“ daherkommt, ist nicht immer leicht. Der Begriff „Greenwash“ wird allgemein verwendet, wenn erheblich mehr Geld oder Zeit für die Werbung grün zu sein ausgegeben wurde, anstatt in umweltspezifisch gesunde Praktiken zu investieren. Dies wird häufig durch die Änderung des Namens oder Labels eines Produkts dargestellt, um das Gefühl von Natur zu vermitteln zum Beispiel, indem man auf einer Flasche mit schädlichen Chemikalien einen Wald abbildet.

Die wissenschaftliche Arbeit, um die Umweltwirkungen der Feuerverzinkung zu evaluieren und zu verbessern, basiert auf der Analyse von echten Daten. Es ist das genaue Gegenteil von Greenwash, da alle aufgestellten Behauptungen durch die von Fachleuten geprüften wissenschaftlichen Daten gestützt werden. Es ist jedoch nicht einfach, Vergleiche zwischen Produkten und Materialien anzustellen, da es viele unterschiedliche Analysemethoden gibt. Es existieren noch keine Rahmenbedingungen, die einen Vergleich von Umweltzertifikaten zulassen.

Auf internationaler Ebene gibt es große Unterschiede darin, was in den verschiedenen Ländern als nachhaltig gilt. Einige machen es sich mit dieser Unterschiedlichkeit einfach, indem sie argumentieren, dass die örtlichen Bedingungen variieren und entsprechend den örtlichen Umständen unterschiedliche Kriterien angewandt werden.



Wir leben jedoch alle auf einem Planeten, auch wenn wir versuchen, drei oder vier zu verbrauchen! Übermäßiger Verbrauch von Energie und Ressourcen in Paris haben ebenso eine Auswirkung auf die Verschmutzung der Meere und den Abbau der Ozonschicht wie ein Gebäude in Japan oder Rio de Janeiro.

Angesichts dessen erscheint es sehr überraschend, dass nur eine geringe Harmonisierung der internationalen Standards auf dem Gebiet des nachhaltigen Bauens stattgefunden hat.

### ABWEICHENDE INTERPRETATION

Eine Prüfung der Literatur über zukunftsorientiertes Bauen macht klar, dass es viele unterschiedliche Interpretationen gibt. Einige sind sehr technokratisch, andere sind unrealistische Aussteigerideen! Selten wird eine holistische Methode angewandt, in der jeder Aspekt von Umweltwirkungen berücksichtigt wird. Einige sehen Umweltfragen nur unter dem Aspekt des Energiesparens oder der Verbesserung von Bauleistungen. Viele Menschen assoziieren zukunftsorientiertes Bauen mit dem Hinzufügen von erneuerbarer Energie für Gebäude und die Anwendung von Null-Emissionslösungen während der Nutzungsphase.

In vielen Fällen haben die an den Gebäuden verwendeten Materialien eine nur untergeordnete Umweltpriorität bei Planern und Kunden. Dem stehen Umweltverfechter gegenüber, die Strohballen und Lehm verwenden, um Passivhäuser mit reinen Naturmaterialien zu erschaffen. Diese Breite des Betrachtungsspektrums findet sich auch bei der umweltspezifischen Beurteilung von Tools und Methoden wieder. Einige benutzen Bewertungssysteme für Gebäude, andere Bewertungssysteme für Materialien, als ob dies zwei verschiedene Dinge seien, obwohl sie eigentlich untrennbar zusammenhängen.

Meinungsverschiedenheit herrscht auch darüber, ob Bewertungstools Gebäude konzipieren oder sie bewerten sollen, wenn sie gebaut wurden. Wenn Bewertungssysteme nicht als Design-Tools taugen, messen sie im Wesentlichen die Auswirkung, sobald ein Schaden eingetreten ist. Wenn Schadenersatzansprüche gestellt werden, werden sie sachgemäß geprüft, sobald das Gebäude fertiggestellt wurde. Wie nützlich sind diese Tools und Bewertungsmethoden für Menschen, wenn sie mit einem Bauprojekt beginnen und entscheiden, was zu tun ist? Helfen sie bei der Materialauswahl?

# ES HERRSCHT UNEINIGKEIT DARÜBER, WAS ÖKOLOGISCHE UND ZUKUNFTSORIENTIERTE GEBÄUDE EIGENTLICH SIND.



Der Hearst Tower ist derzeit eines der nachhaltigsten amerikanischen Bürogebäude, zu über neunzig Prozent mit recyceltem Stahl gebaut und so konzipiert, dass durch das Auffangen und Aufbereiten von Regenwasser jährlich 7,7 Millionen Liter Wasser gespart werden.

## EIN VERBRAUCHERLEITFADEN FÜR UMWELTECHNISCHE TOOLS IST WÜNSCHENSWERT.

–

Die Europäische Kommission hat den europäischen Normenausschuss CEN mit der Entwicklung eines standardisierten Systems zur Beurteilung der Umwelt-Performance von Gebäuden beauftragt. Diese Arbeit begann 2004 und soll Ende 2009 abgeschlossen sein. Inzwischen wurden verschiedene andere nationale Programme für die jeweiligen nationalen Gegebenheiten entwickelt, wie beispielsweise Ecoquantum (Niederlande); LEGEP (Deutschland); Haute Qualité Environnementale (France). In Spanien wird zur Bewertung des nachhaltigen Bauens in öffentlichen Projekten das US LEED System verwendet.

In Großbritannien und den USA dominieren Marktführer wie BREEAM und LEED in diesem Bereich. Während diese zwei Systeme sehr bekannt sind, repräsentiert die Auswahl von Baumaterialien und -methoden nur einen kleinen Teil des Tools. Im Allgemeinen werden BREEAM und LEED als nützlicher Beitrag betrachtet, den Grund für nachhaltiges Bauen zu fördern, sie sind jedoch nicht frei von Kritik.

Viele behaupten, dass das LEED-Siegel keine Garantie dafür ist, dass ein Gebäude eine Auszeichnung für gutes ökologisches Design verdient. Branchenspezialisten beklagen gemeinsam, dass das Vergabesystem der Auszeichnungen den Energieverbrauch unterschiedlich bewertet.

Weil eine LEED-Auszeichnung zum Beispiel einen Punkt (von möglichen 69 Punkten) wert ist, ist es möglich, dass ein Gebäude 26 Punkte – genug für ein Siegel – erzielt, ohne einen einzigen Punkt für Energieeffizienz zu erhalten, dem wichtigsten Gebäudebewertungskriterium.

Es wird kritisiert, dass dieses Schlupfloch es den Eigentümern ermöglicht, bei einem konventionellen Gebäude durch einige ökologische Elemente - vom grünen Dach bis zu bevorzugten Parkplätzen für Hybridfahrzeuge problemlos LEED-Punkte zu erreichen.

2004 führte die Green Building Alliance, eine Vereinigung von Umweltgruppen mit Sitz in Pittsburg, eine anonyme elektronische Erhebung bei Architekten, Ingenieuren, Bauunternehmern und anderen durch, die an ökologischen Bauprojekten gearbeitet hatten. Für ein neueres Gebäude hatte ein Befragter einen LEED-Punkt für die Installation eines 395 \$ teuren Fahrradständers erhalten, dieselbe Punktzahl wie für ein 1,3 Millionen \$ teures Wärmearaufbereitungssystem, mit dem der Eigentümer jährlich ca. 500.000 \$ an Energiekosten gespart hätte.

Der US Green Building Council fördert das LEED-Bewertungssystem und vor kurzem wurde auch in Großbritannien ein Green Building Council gegründet. Ähnliche Organisationen existieren in Australien und anderen Ländern.

Zusätzlich zu solchen allgemeinen Methoden für die Gebäudebewertung gibt es ein Wirrwarr von Systemen zur Bewertung der Umweltwirkungen von Materialien. Diese werden manchmal bei den Design-Bewertungs-Tools für Gebäude berücksichtigt, jedoch nicht immer.

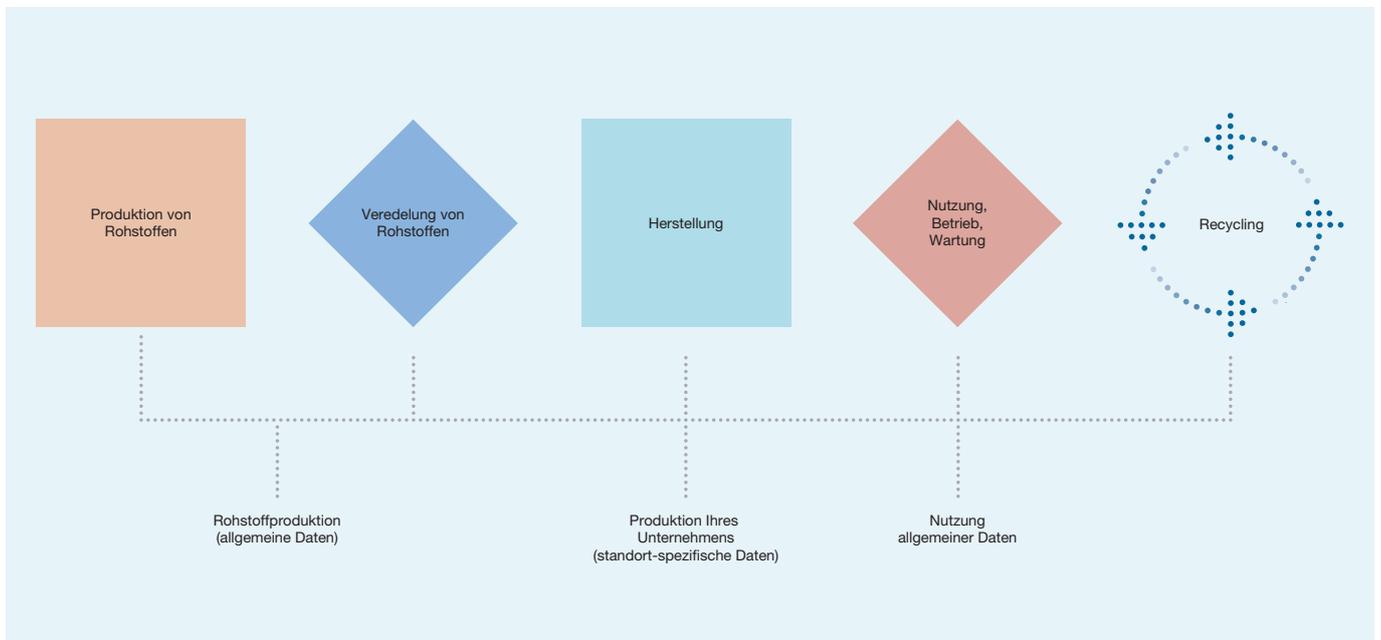
## TOOLS FÜR DIE BEURTEILUNG DER UMWELT-PERFORMANCE

–

Es gibt zwei wichtige Tools, die für die Bewertung der Umwelt-Performance von Bauprodukten verwendet werden – Umweltproduktdeklarationen (EPDs) und Ökobilanzen (LCAs).

Diese zwei Tools sind eng miteinander verknüpft, da eine EPD eine LCA zur Berechnung der Größenordnung der in der Erklärung enthaltenen Wirkungskategorien verwendet.

Damit die LCAs und EPDs für einen spezifischen Prozess oder ein spezifisches Produkt erzeugt werden können, müssen zuverlässige und repräsentative Sachbilanzdaten (LCI-Daten) vorliegen und genutzt werden.

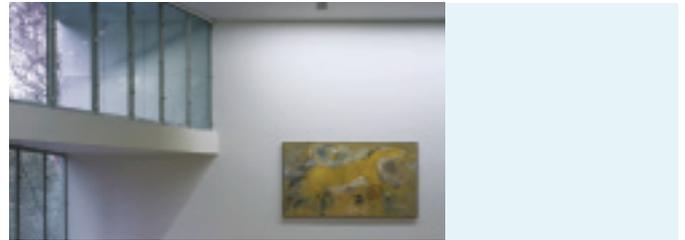


#### HAUPTELEMENTE EINER UMFASSENDEN SACHBILANZ FÜR BAUPRODUKTE

#### WAS IST EINE ÖKOBILANZ?

Eine Ökobilanz beurteilt Produkte, Prozesse und Aktivitäten unter ökologischen Aspekten. Im Rahmen einer Ökobilanz wird eine Sachbilanz erstellt, auf deren Basis eine Einschätzung der Auswirkungen auf die Umwelt erfolgt.

Eine Ökobilanz berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus des Produktes, Prozesses oder der Aktivität unter Einbeziehung der Gewinnung und Verarbeitung von Rohstoffen, der Herstellung, des Transports, der Distribution, der Nutzung, der Wartung, des Recyclings und der endgültigen Entsorgung.



## ÖKOBILANZ

–

Laut ISO 14040 werden bei einer Ökobilanz der Ressourcenverbrauch und die Emissionen eines Produktes während seines gesamten Lebenszyklusses evaluiert und für eine funktionale Einheit beispielsweise einem Quadratmeter Korrosionsschutz für ein Stahlprodukt, bezogen auf einen bestimmten Zeitraum, bestimmt.

Ökobilanzen haben den Vorteil, dass sie Vergleiche über ein breites Spektrum an möglichen Umweltbeeinflussungen aufzeigen (nicht nur hinsichtlich CO<sub>2</sub>-Emissionen oder Energieverbrauch). Der Nachteil liegt darin, dass die Erstellung von Ökobilanzen sehr langwierig, teuer und komplex ist, und dass die Ergebnisse häufig nicht leicht zu interpretieren sind. Beispielsweise bleibt es Fachleuten und Kunden überlassen, hinsichtlich der relativen Bedeutung höherer CO<sub>2</sub>-Emissionen oder Umweltoxizität von Produkten ihre eigenen Entscheidungen zu treffen.

Ökobilanzen ermöglichen den Vergleich zwischen Produkten, die den gleichen Zweck erfüllen, wie zum Beispiel Korrosionsschutzsysteme für Stahl. Der Einsatz von Ökobilanzen bei Korrosionsschutzsystemen ist allerdings noch recht neu und aufgrund von unterschiedlichen funktionellen Einheiten, Zeitskalen, Betriebsbedingungen, Grenzen und anderen Variablen, die von gewerblichen Einrichtungen, Universitäten und Behörden verwendet werden, gibt es in diesem Bereich wenige direkt vergleichbare Ökobilanzstudien.

Kommerzielle Datenbanken mit Sachbilanzen (Life Cycle Inventory, LCI für Produktionselemente und die bei der Herstellung eines Produktes anfallenden Umweltbelastungen) können als Grundlage zur Erstellung einer Ökobilanz dienen. Die Verbreitung von bereits erforschten Sachbilanzen wird durch EcoSpold, einem üblichen Datenaustauschformat erleichtert, das mit individueller Ökobilanz-Software kompatibel ist.

Es erscheint vernünftig, den aktuell aufkommenden Trends für andere Bauprodukte zu folgen und die graue Energie und andere ökologische Auswirkungen für feuerverzinkte Produkte zu berechnen. Dadurch könnten feuerverzinkte Produkte mit Alternativen verglichen werden. Allerdings sollte - wie oben angeführt - beachtet werden, dass Vergleiche zwischen fertiggestellten Konstruktionen den höchsten Informationswert besitzen.

Das allmählich zunehmende Interesse der Medien an der Klimadebatte erhöht den Druck zur Entwicklung von vergleichbaren und qualitätsgesicherten Umweltinformationen. Dies wurde schon früh von der Internationalen Normungsorganisation (ISO) erkannt, die einen Standard für derartige Informationen über die Umwelt-Performance von Produkten und Leistungen entwickelt hat, die so genannten Umweltproduktdeklarationen (EPD).

## UMWELTPRODUKTDEKLARATIONEN

–

Bei einer Umweltproduktdeklaration (EPD) handelt es sich um „quantifizierte Umweltdaten für ein Produkt mit vorher festgelegten, auf dem ISO 14040-Standard basierenden Parameterkategorien, die zusätzliche ökologische Informationen nicht ausschließen“

Die strengste Form der EPD ist Typ III (gemäß ISO 14025) – darin muss die Produktleistung von einer Ökobilanz unterstützt werden, für einen festgelegten Zeitraum verbindlich sein, unabhängig verifiziert worden sein und bei jeder größeren Prozessänderung aktualisiert werden.

Die Nachfrage nach tatsachenbasierten und qualitätsgesicherten Umweltinformationen hat in den letzten Jahren zugenommen. Dies ist besonders angesichts der aktuellen, hitzigen Klimadebatte von Bedeutung, bei der in letzter Zeit einige Berichte mit recht unterschiedlichen Angaben zum Ausmaß unserer Treibhausgasemissionen und deren zukünftige Auswirkungen für die Menschheit veröffentlicht wurden.

Für viele Organisationen ist die Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Frage von höchster Priorität geworden. Dieser Trend hat zu neuen Methoden zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen geführt, wie z.B. der Klimaetikettierung von Lebensmitteln und „klimaneutralen“ Produkten und Dienstleistungen und „emissionsfreien“ Gebäuden.

## ERKLÄRUNG EINIGER SCHLÜSSELBEGRIFFE

Indirekter „grauer“ Kohlendioxidausstoß bezeichnet den gesamten CO<sub>2</sub> (oder äquivalenten) Ausstoß, der mit der für ein Produkt verbrauchten Energie verbunden ist (C CaLC 2006).

### CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

Ein CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ist ein Maß für die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Umwelt, der sich auf die Menge der produzierten Treibhausgase, gemessen in CO<sub>2</sub>-Einheiten, bezieht.

### „Graue“ Energie Als „graue Energie“

oder kumulierter Energieaufwand wird die Energiemenge bezeichnet, die für Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung eines Produktes verbraucht wird. Dabei werden auch alle Vorprodukte bis zur Rohstoffgewinnung berücksichtigt und der Energieeinsatz aller angewandten Produktionsprozesse addiert.

### Was bedeutet nicht erneuerbar?

Beispiele für nicht erneuerbare Ressourcen sind Erz und fossile Ressourcen wie Kohle und Erdöl.

### Was bedeutet erneuerbar?

Erneuerbare Ressourcen sind Ressourcen, die sich relativ schnell erneuern. Beispiele sind Holz und landwirtschaftliche Produkte und Energiequellen wie Windenergie, Solarenergie, Gezeitenenergie, hydroelektrische Energie, Meeresströmungsenergie und Biomasse-Energie. Geothermische Energie gilt ebenfalls als erneuerbar, weil es so viel davon gibt, dass sie kaum erschöpft werden kann.

### Ressource, recycelt

Recycelte Ressourcen wurden bereits mindestens einmal verwendet. Wenn ein Produkt aus recycelten Ressourcen hergestellt wird, werden dem Produkt nur die mit dem Recyceln der Ressource verbundenen Umweltwirkungen zugerechnet.

### Globale Erwärmung

Die globale Erwärmung wird in Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalent (kg CO<sub>2</sub>-Äq) gemessen. Die globale Erwärmung ist im Zeitverlauf die graduelle Erhöhung der Durchschnittstemperatur der Erdatmosphäre und Ozeane, die ausreicht, das Klima der Erde zu verändern. Diese Erhöhung der Erdtemperatur ist mit der Erhöhung der Emission von Gasen wie zum Beispiel CO<sub>2</sub>, Methan, Wasserdampf, FCKW anthropogenen Ursprungs, hauptsächlich durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen, verbunden. Die Emissionen in Europa im Jahr 1990 entsprachen 8.700 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Person. Zum Vergleich: Das Verbrennen von 1.000 Litern Benzin in einem Auto erzeugt ca. 2.500 kg CO<sub>2</sub>.

### Photochemischer Smog

Potentielle photochemische Ozonerzeugung oder Sommersmog wird in kg Ethylen-Äquivalent (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äq) gemessen. Erhöhte Ozonwerte am Boden entstehen durch die Reaktion flüchtiger organischer Verbindungen, zum Beispiel Ethen, mit Sauerstoffverbindungen oder Stickstoff in der Luft und unter dem Einfluss von Sonnenlicht, eine so genannte photochemische Oxidation. Die Wirkungen auf die menschliche Gesundheit sind unter anderem Irritationen von Augen und Schleimhäuten sowie Atembeschwerden. Bodennahes Ozon hat ebenfalls schwerwiegende Folgen für die Vegetation und führt zu landwirtschaftlichen Verlusten. Die Emissionen in Europa im Jahr 1990 entsprachen 20 kg Ethylen-Äquivalent pro Person. Zum Vergleich: das Verbrennen von 1.000 Litern Benzin in einem modernen Auto erzeugt ca. 1kg Ethylen-Äquivalent.

### Eutrophierung („Überdüngung“)

Eutrophierung wird als die Menge des Sauerstoffverbrauchs gemessen, den eine Substanz verursacht, wenn sie in der Umwelt freigesetzt wird. Zum Beispiel führen in einem See freigesetzte Nährstoffe wie Stickstoff zu einer erhöhten Bildung von Algen. Die Algen sinken auf den Boden, werden unter Verbrauch von Sauerstoff in den Bodenschichten abgebaut und verursachen am Boden eine tote Umgebung. Die Hauptquellen für Nährstoffanreicherungen sind die in der Landwirtschaft genutzten Düngemittel, die Emissionen von Stickstoffoxiden aus der Energieerzeugung und Haushalts- und Industrieabwässer. Die Emissionen in Europa im Jahr 1990 entsprachen 298 kg O<sub>2</sub> pro Person. Zum Vergleich: Das Verbrennen von 1.000 Litern Benzin in einem modernen Auto führt zum Verbrauch von ca. 10kg Sauerstoff.

### Versauerung

Versauerung wird nach Anzahl der Hydrogenionen (H<sup>+</sup>) gemessen, die erzeugt werden, wenn eine Substanz in Säure umgewandelt wird. Diese Säuren (häufig als saurer Regen bezeichnet) sind durch die Schäden, die sie in Wäldern und Seen verursachen, bestens bekannt. Weniger bekannt sind die vielen Arten, auf die der saure Regen Süßwasser und Ökosysteme in Küstenbereichen, Böden und sogar alte historische Gebäude beschädigt oder die Wege, auf denen diese Säuren dazu beitragen, dass Schwermetalle ins Grundwasser abgegeben werden. Die wichtigsten von Menschen verursachten Emissionen in Form Säure verursachender Gase sind Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Distickoxide (NO<sub>x</sub>) aus Verbrennungsprozessen. Die Emissionen in Europa im Jahr 1990 entsprachen 38.700 mol H<sup>+</sup> pro Person.

### Ozonabbau

Ozonabbau wird in CFC-11 Äquivalenten gemessen. Das in der Stratosphäre (oberste Schicht der Atmosphäre) vorhandene Ozon hat die Funktion einer Schutzschicht gegen die für das Leben auf der Erde schädliche ultraviolette Strahlung. Die Emission von FCKW und Tetrachlormethangasen ist, unter anderem, für die Abnahme der Ozonkonzentration in der oberen Atmosphäre verantwortlich, mit negativen Konsequenzen für das Leben auf der Erde, wie zum Beispiel die Zunahme von Hautkrebs. Die Emissionen in Europa im Jahr 1990 entsprachen 0,2 kg FCKW-11 Äquivalenten pro Person.

### Recyclingfähiger Abfall

Recyclingfähiger Abfall ist aller Abfall, zum Beispiel Schrott aus einem Produktionsprozess, der in anderen Produkten wieder verwendet wird, häufig nachdem er einer Behandlung unterzogen wurde.

### Europäischer Durchschnitt

Es ist leichter verständlich, was die Indikatoren der Umweltwirkungskategorie in einer EPD bedeuten, wenn sie mit etwas verglichen werden. Eine Möglichkeit ist der Vergleich mit der durchschnittlichen Umweltwirkung bezogen auf eine Person, die 1990 in Deutschland gelebt hat. Die Emissionen in Europa im Jahr 1999 dividiert durch die Einwohnerzahl betragen: 8.700 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente 20 kg Ethylen-Äquivalente 298 kg O<sub>2</sub> 38.700 mol H<sup>+</sup> 0,2 kg FCKW-11.



## WARUM EPDS NUTZEN?

–

Aus der Perspektive eines Käufers sollen EPDs Vergleiche zwischen den umweltspezifischen Eigenschaften ähnlicher Produkte ermöglichen. Darüber hinaus muss eine EPD auf einer Ökobilanz des Produkts basieren.

Aus Sicht eines Produzenten oder Lieferanten gibt es zwei sehr gute Gründe für das Erstellen einer EPD:

- um mehr über die umweltspezifischen Stärken, Schwächen und Verbesserungsmöglichkeiten eines Produktes zu erfahren;
- um das Umweltprofil eines Produktes in einer objektiven und glaubhaften Weise zu kommunizieren.

Dass ein Produkt eine EPD hat, ist keine Garantie dafür, dass das Produkt weniger umweltschädlich ist als ein Konkurrenzprodukt. Sie zeigt jedoch, dass der Hersteller die Umwelt-Performance seines Produktes genau kennt und diese Information öffentlich macht.

## WAS IST DER UNTERSCHIED ZWISCHEN GENERISCHEN UND SPEZIFISCHEN DATEN?

–

Eine der Schwierigkeiten der Spezifikationsexperten bei der Entscheidung, was zu verwenden ist, besteht darin, dass die meisten umweltspezifischen Profilierungsinformationen nur für spezifische Produkte und nur für einen sehr beschränkten Bereich zur Verfügung stehen. Informationen über generische Materialien sind viel schwerer zu finden.

Alle bei einer Ökobilanz genutzten Daten repräsentieren die Eigenschaften der Prozesse in dem untersuchten Produktsystem. Die Datenquelle kann jedoch standortspezifisch sein, d.h. dass sie sich auf den spezifischen Standort bezieht, an dem das erklärte Produkt gefertigt wird, oder generisch, d.h. dass sie den Durchschnitt der Daten der Prozesstechnologien repräsentiert, die für die Herstellung des betreffenden Produkts verwendet werden.

## INTERPRETATION VON EPDS

–

EPDs kann man nicht nur auf eine Weise interpretieren. EPDs für zwei ähnliche Produkte sollten auf denselben Produktkategorie-Richtlinien für die Ökobilanz basieren, sie sollten also feststellen können, welches der zwei Produkte aus umweltspezifischer Sicht aufgrund des Datenvergleichs das bessere ist.

Wenn es kein ähnliches Vergleichsprodukt gibt, könnte der Vergleich mit den Daten eines durchschnittlichen europäischen Produkts sie besser verständlich machen. Manchmal enthält die EPD selbst einen Vergleich mit einer älteren Version des Produkts oder eine andere Art, das Produkt zu nutzen. Dies könnte die Interpretation erleichtern.

## ERSTELLUNG EINER EPD IM EPD SYSTEM

–

Das International EPD® System wurde ursprünglich von dem Swedish Environmental Management Council (SEMCO) angeregt. Der Programmoperator ist für die Bereitstellung allgemeiner Richtlinien für das allgemeine Ziel und die methodologische Struktur verantwortlich.

Das System ist Teil des Global Type III Environmental Product Decalations Network (GEDnet).

Das EPD® System ist eines von verschiedenen verfügbaren EPD-Programmen, es ist jedoch derzeit das einzige international verfügbare Programm. Aus Sicht eines Unternehmens oder einer Organisation, die eine EPD erstellt, beinhaltet das allgemeine Verfahren die folgenden Schritte:

- Berücksichtigung verfügbarer Produktkategorie-Richtlinien (PCR) und Erstellung eines PCR-Dokuments.
- Erfassung und Berechnung LCA-basierter und anderweitiger Informationen, die in der EPD enthalten sein sollen.
- Zusammentragen von Informationen zwecks Berichterstellung.
- Überprüfung und Registrierung.

Um LCA-basierte Informationen in die Lieferkette einzufügen und verschiedene EPDs miteinander zu vergleichen, müssen ähnliche Kalkulationsregeln befolgt werden. Produktgruppen können jedoch in ihrer umweltspezifischen Performance variieren und diese Variationen müssen in den Kalkulationsregeln berücksichtigt werden. Es kann sein, dass für eine Produktgruppe spezifische Regeln, so genannte Produktkategorie-Richtlinien, erstellt werden müssen.

## INITIATIVE DER EGGA: SACHBILANZ FÜR DAS STÜCKVERZINKEN

2005 beauftragte die EGGA die Firma Life Cycle Engineering (LCE), Turin, Italien, mit der Durchführung einer gesamteuropäischen Sachbilanzstudie (LCI) für feuerverzinkte Produkte. Die Studie verwendete Durchschnittswerte für typische feuerverzinkte Produkte sowie Verkehrsschutzplanken als spezifisches Produkt.

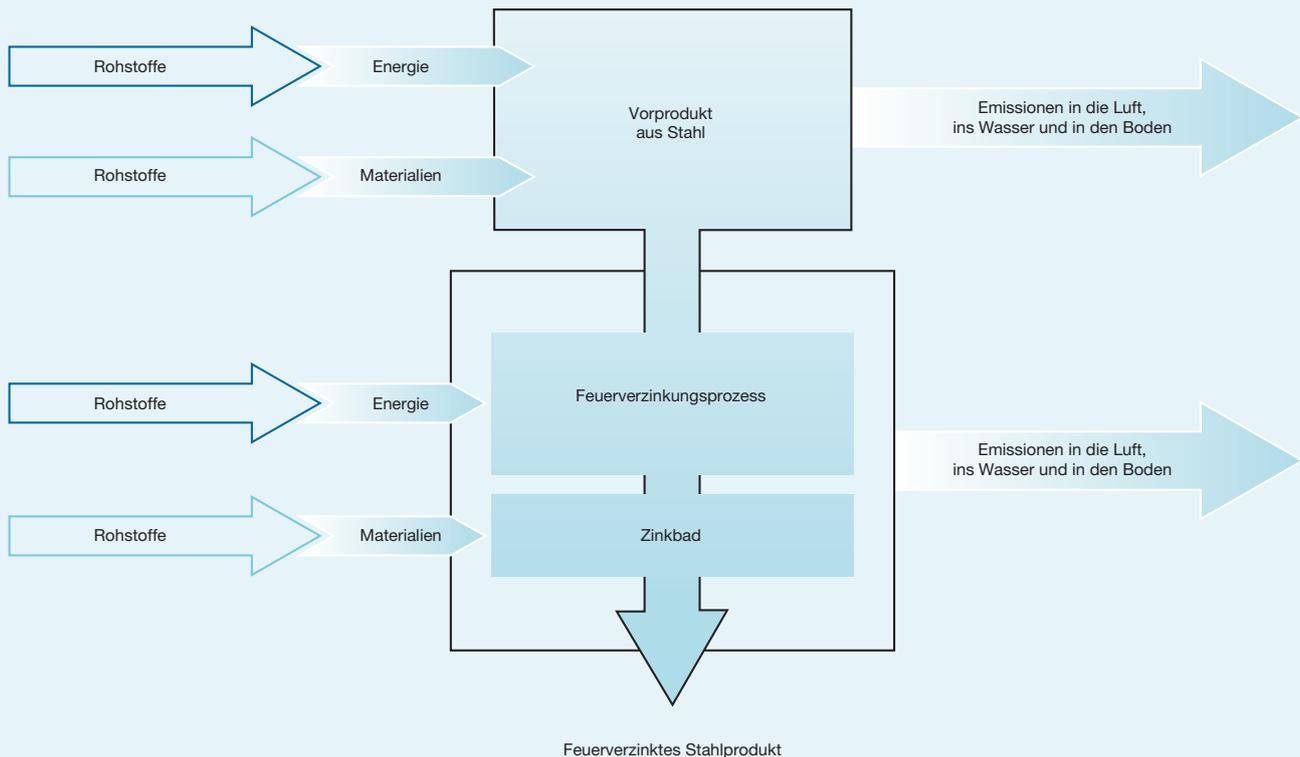
Das Ziel der Arbeit war die Ermittlung von Sachbilanzdaten für den Verzinkungsprozess unter Verwendung von Daten, die die Mitgliederländer der EGGA von ihren Mitgliedsbetrieben erhalten hatten.

Hierzu gehörte die Quantifizierung der Durchschnittsenergie, des Ressourcenverbrauchs und der Emissionen in die Umwelt.

Das Ergebnis war eine Sachbilanz, deren Daten in verschiedenen europäischen Werken entsprechend den definierten Systemgrenzen erhoben wurden. Die in die Sachbilanz einfließende Stichprobe umfasste ca. 937.000 t Stahl, der in 46 Werken feuerverzinkt worden war.

Die untersuchten Systeme haben den Zweck, Stahlteile und Stahlprodukte zu verarbeiten, um die Oberfläche des Stahls vor Umgebungseinflüssen zu schützen. Die funktionelle Einheit wurde als 1 t durchschnittlich feuerverzinkter Stahl bestimmt. Energie- und Umweltergebnisse werden durch Bezugnahme auf die funktionelle Einheit ausgedrückt.

Die LCI-Daten stellen die EGGA Ökobilanzexperten und Kunden auf Wunsch zur Verfügung, wenn diese eine Umweltproduktdeklaration für ein feuerverzinktes Stahlprodukt erstellen möchten.





## PRODUKTKATEGORIE-RICHTLINIEN FÜR DIE ERSTELLUNG EINER EPD FÜR DEN KORROSIONSSCHUTZ VON STAHLPRODUKTEN

2006 wurden Produktkategorie-Richtlinien (PCR) für feuerverzinkten Stahl festgelegt, die von SEMCO veröffentlicht wurden. Die PCR sind auf metallische Überzüge, anorganische und organische Beschichtungen sowie Edelstahl und wetterfesten Stahl anwendbar.

Die funktionelle Einheit ist ein Jahr Schutz für eine bestimmte Geometrie einer Stahlplatte. Die PCR erfordern die Angabe der folgenden Kategorien in einer verbundenen EPD:

- Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen
- Nutzung erneuerbarer Ressourcen
- Globale Erwärmung (kg CO<sub>2</sub> Äqu)
- Ozonabbau (kg CFC-11 Äqu)
- Übersäuerung (mol H<sup>+</sup>)
- Überdüngung (kg O<sub>2</sub>)
- Photochemische Oxidantienbildung (kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> Äqu)

Dieses PCR-Dokument wird derzeit als Basis für eine branchenspezifische EPD für das Feuerverzinken verwendet, die demnächst von der EGGA veröffentlicht wird.

## KLIMADEKLARATIONEN

Zur Erreichung spezifisch zugeschnittener EPD-Informationen für spezifische Umweltbelange führte das International EPD® System so genannte Klimadeklarationen ein, die sich auf alle für Klimafragen relevante Aspekte konzentrieren, einschließlich aller Treibhausgase. Die Klimadeklarationen decken alle Stufen einer Sachbilanz von der Rohmaterialbeschaffung bis zur endgültigen Entsorgung ab. Eine Klimadeklaration ist ein globales Konzept, da es mit menschlichen Aktivitäten zu tun hat, die infolge des internationalen Handels normalerweise in verschiedenen Ländern der Welt abgewickelt werden.

Klimadeklarationen haben viele Vorteile – sie basieren auf wissenschaftlich ergründeten Methoden zum Sammeln und Interpretieren von Lebenszyklusdaten, sie sind neutral, sie wurden in ähnlicher Weise entwickelt und erstellt, die Informationen verschiedener Deklarationen sind miteinander vergleichbar und durch externe Überprüfung und Zertifizierung qualitätsgesichert. Durch eine offizielle Registrierung kann man problemlos auf sie zugreifen und sie stehen somit jedem zur Verfügung. Mit diesen Eigenschaften sollten Klimadeklarationen ein willkommener Beitrag in der laufenden Klimadebatte sein, da sie eine ganzheitliche, faktenbasierte und glaubhafte Perspektive über den Klimaeinfluss verschiedener menschlicher Aktivitäten und Produkte auf den Markt bringen.

# KAPITEL SECHS

## TITEL FALLSTUDIE EINS

### LCA-BEISPIEL. BALKONSYSTEM

	Feuerverzinktes System	Beschichtetes System
Balkonherstellung	Balkonplatte, Balustrade und Dach, bestehend aus verschiedenen profilierten Stahlblechen, Mineralwolle und Holzgittern. 4 CHS Stahlpfosten	Balkonplatte, Balustrade und Dach, bestehend aus verschiedenen profilierten Stahlblechen, Mineralwolle und Holzgittern. 4 CHS Stahlpfosten
Beschichtungsprozess	Feuerverzinkung von 778 kg CHS-Stahl gemäß EN ISO 1461	Pulverbeschichtung von 39 m² CHS-Stahl (nur Außenfläche)
Wartung	3 Wartungszyklen bis zum Austausch der Holzgitter und Dach alle 15 Jahre neu beschichteten. Die CHS-Stahlpfosten sind wartungsfrei.	3 Wartungszyklen bis zum Austausch der Holzgitter, Dach und CHS-Stahlpfosten alle 15 Jahre neu beschichteten.
Nutzungsende	Stahl- und Zinkrecycling	Stahlrecycling

#### 1. Vergleichssysteme

Diese im April 2004 fertiggestellte Studie wurde von dem VTT Technical Research Centre von Finnland für IZA, Brüssel durchgeführt.

Die Ziele waren:

- Bereitstellung einer Basis für zukünftige Verbesserungen der Lebenszyklus-Performance von Zinkprodukten
- Der Vergleich der Umwelt-Performance einer feuerverzinkten Konstruktion und einer identischen beschichteten Konstruktion
- die Identifikation der Bedeutung und Auswirkungen der Korrosionsschutzauswahl für die Gesamtumweltwirkung des Lebenszyklus von Stahlkonstruktionen

VTT hat weitreichende Erfahrungen mit der finnischen Bauindustrie in der Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen (EPDs) für Bauprodukte. VTT hat auch frühere Arbeiten über Ökobilanzen für die finnische Feuerverzinkungsindustrie durchgeführt. Diese stellen eine wertvolle Basis für die Studie dar.

#### Umfang und Datenquellen

Die in der Studie betrachteten „Producta“ Balkonsysteme werden seit 1996 von Rannila Steel Oy, Finnland, hergestellt. Das Leichtbau-Balkonsystem basiert auf einer Hohlkonstruktion aus Stahl, der standardmäßig mit einem Duplex-System (aus Feuerverzinkung und Beschichtung) gegen Korrosion geschützt wird und war zuvor von VTT bei der Produktion einer EPD für den Balkon untersucht worden. Um die Auswirkungen der Feuerverzinkung und der Beschichtung separat zu bewerten, wurden zwei Beschichtungsspezifikationen definiert, die die erforderliche 60-jährige Nutzungsdauer erfüllen sollen (Abb. 1).

Die bewerteten umweltspezifischen Aspekte entsprachen den üblichen in EPDs und Bewertungssystemen für „ökologisches Bauen“ abgedeckten Themen, d.h. Energienutzung, Nutzung natürlicher Ressourcen und Auswirkungen von Luftemissionen

auf das globale Erwärmungspotential, Übersäuerung und photochemische Ozonerzeugung. Diese Aspekte wurden unter Nutzung der festgestellten Kategorieindikatoren für Ökobilanzen aus dem Öko-Indikator 95 und DAIA-Methoden geschätzt. Die Sachbilanzdaten stammten überwiegend von finnischen Prozessen und Produkten, obwohl Daten für Beschichtungen aus europäischen Datenbanken entnommen wurden. Das Recycling von Stahl und Zink wurde in der Bewertung unter Nutzung einer von dem internationalen Eisen- und Stahlinstitut (IISI) beschriebenen Methodologie berücksichtigt.

#### Haltbarkeit

Die Haltbarkeit der Beschichtungssysteme wurde gemäß ISO 14713 und ISO 12944 für die Feuerverzinkung beziehungsweise für die Beschichtung bewertet. Korrosionsraten für Feuerverzinkungen unter finnischen Umweltbedingungen werden mit 0,5-1,0µm/Jahr angegeben. Die Feuerverzinkung mit einer Dicke von 100µm würde daher während ihrer 60-jährigen Nutzungsdauer keine Wartung benötigen. Die beschichtete Konstruktion würde alle 15 Jahre einen Wartungsanstrich erhalten.

Das zum Vergleich verwendete „Standard“-Beschichtungssystem war ein zinkhaltiges Epoxysystem (40 µm Schichtdicke)/Epoxy-Primer (2x80 µm Schichtdicke)/Polyurethan (40 µm Schichtdicke), chemisch abbindendes System auf Lösungsmittelbasis). Zusätzlich zu diesem „Standard“-Beschichtungssystem wurde bei der Bewertung ein Beschichtungssystem mit niedrigem VOC-Wert (auf Wasserbasis) berücksichtigt.

Es waren einige Annahmen zur Erstellung der Studie erforderlich. Hierbei ist es wichtig zu erwähnen, dass der Wartungsanstrich der Stahlkonstruktion dieselbe Haltbarkeit und dasselbe Umweltprofil aufwies wie der ursprüngliche Farbauftrag. Dies war eine konservative Annahme, sie war jedoch aufgrund der fehlenden Umweltdaten über Wartungsanstriche vor Ort erforderlich.

**Ergebnisse**

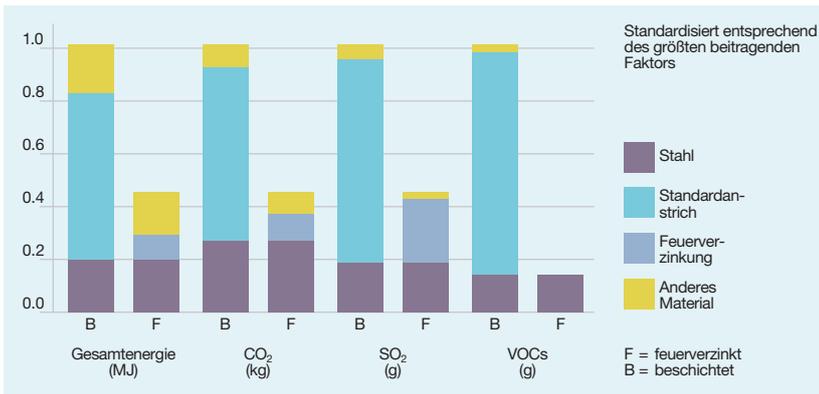
Die Ergebnisse der Pilotstudie werden in Abb. 2-4 dargestellt und können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Wahl der Beschichtung hat einen wesentlichen Einfluss auf das Lebenszyklus-Umweltprofil der Balkonkonstruktion.
- Die Feuerverzinkung erreicht deutlich niedrige Werte in allen drei Lebenszyklus-Wirkungskategorien (globales Erwärmungspotential, Übersäuerung und Potential der photochemischen Ozonbildung).
- Die Haltbarkeit bestimmt einen großen Teil der Lebenszyklusdifferenz zwischen der Feuerverzinkung und der Beschichtung, bei der die von den Wartungsanstrichen ausgehenden Belastungen wesentlich zu hohen Werten bei den Lebenszyklusergebnissen beitragen.

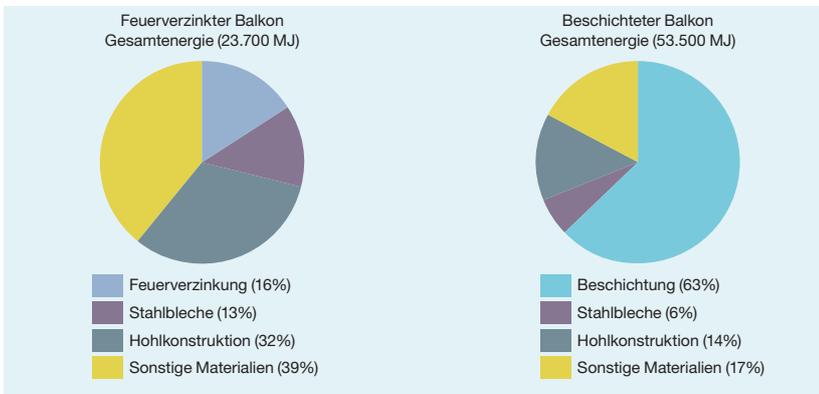
**Fazit**

Die Pilotstudie quantifiziert die hauptsächlichen Umweltwirkungen eines feuerverzinkten und eines beschichteten Balkons. Für die in Betracht gezogenen Wirkungskategorien führte die Effizienz und Haltbarkeit der Feuerverzinkung im Vergleich zu dem verwendeten Beschichtungssystem zu erheblich niedrigeren Lebenszyklus-Umweltauswirkungen des Balkons.

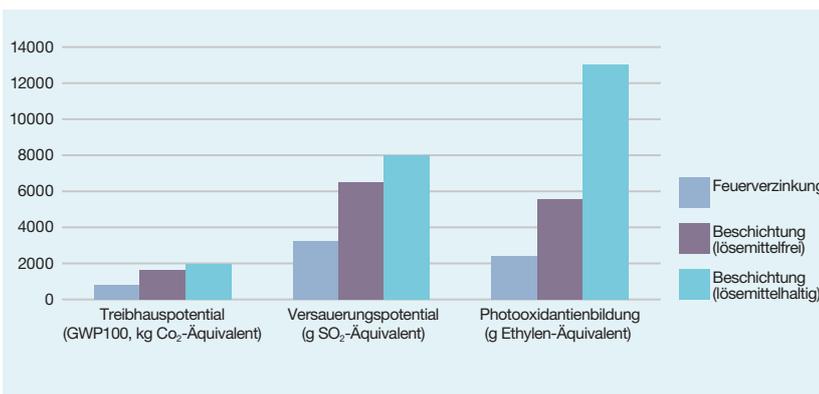
Diese Resultate erfordern weitere Untersuchungen, insbesondere zur weiteren Definition der Belastungen in Verbindung mit Wartungsanstrichen. Diese Verfeinerungen werden die allgemeinen Ergebnisse mit großer Wahrscheinlichkeit weiter stützen.



2. Sachbilanzergebnisse ausgewählter Kategorien



3. Lebenszyklusenergie – feuerverzinkter Balkon im Vergleich zu beschichtetem Balkon

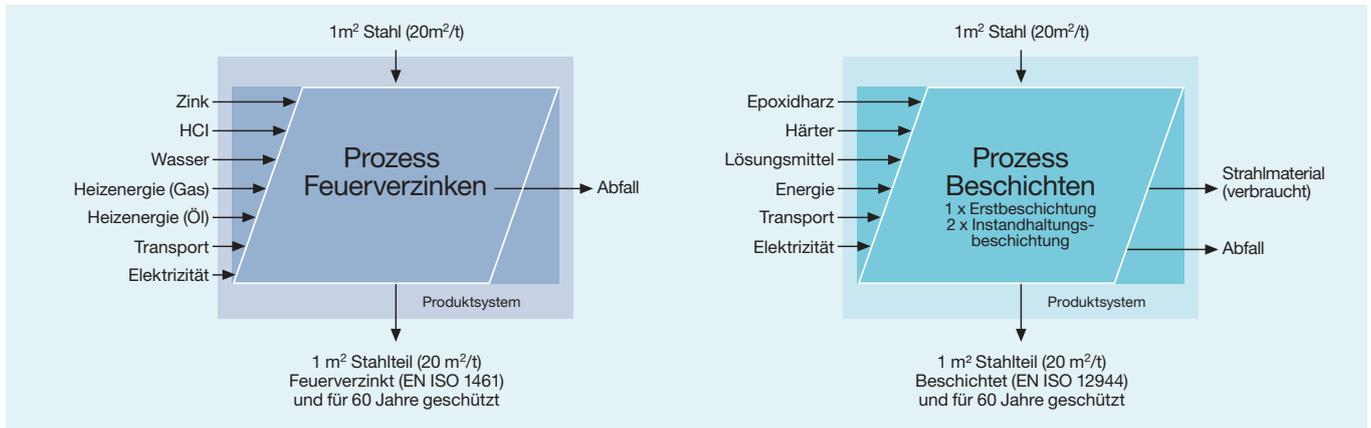


4. Ergebnisse ausgewählter Wirkungskategorien

# KAPITEL SECHS

## TITEL FALLSTUDIE ZWEI

### LCA-BEISPIEL: PARKHÄUSER



1. Feuerverzinktes System

2. Beschichtungssystem

Eine Studie am Lehrstuhl für Umwelttechnik des Institutes für Technischen Umweltschutz der Technischen Universität Berlin im Jahr 2006 führte einen Vergleich zwischen einer Farbbeschichtung (gemäß EN ISO 12944) und einer Feuerverzinkung (EN ISO 1461) für ein in Stahl gebautes Parkhaus nach der Ökobilanzmethode durch.

Der zentrale Wert für Ökobilanzvergleiche ist die funktionelle Einheit. Ein objektiver Vergleich kann ohne identische Vergleichsvariablen nicht durchgeführt werden. Diese Werte wurden in der Studie so definiert, dass die zwei Systeme einen Korrosionsschutz für einen Stahl sicherstellen mussten, der 60 Jahre genutzt werden sollte und für eine Stahlkonstruktion eines mehrstöckiges Parkhauses mit einer Stahloberfläche von 20 m<sup>2</sup>/t anzuwenden war. Es wurde angenommen, dass das Äußere der Konstruktion einer mittleren Korrosionsbelastung ausgesetzt würde (Korrosionskategorie C3 von ISO 9223).

Das Feuerverzinken ist ein Korrosionsschutz der durch Eintauchen in eine Zinkschmelze entsteht. Mit einer Zinkschichtdicke von 100 µm und einer durchschnittlichen Korrosionsrate für Kategorie C3 von 1 µm/Jahr überschreitet die Haltbarkeit der Feuerverzinkung die erforderlichen 60 Jahre bei weitem.

Die mit diesem System verbundenen Umweltwirkungen (Ressourcenverbrauch, Energieverbrauch und Abfälle) werden in Abb. 1 dargestellt.

Um mit dem Farbbeschichtungssystem eine Korrosionsprävention von 60 Jahren zu erreichen, werden die Stahlteile zuerst gestrahlt, um den Rost zu entfernen. Dann wird im Werk eine Dreischichtbeschichtung mit einer Gesamtdicke von 240 µm aufgetragen. Wartungsarbeiten vor Ort werden nach 20 und 40 Jahren erforderlich und beinhalten eine teilweise Reinigung und Erneuerung der Beschichtung (siehe Abb. 2).

### Ergebnisse

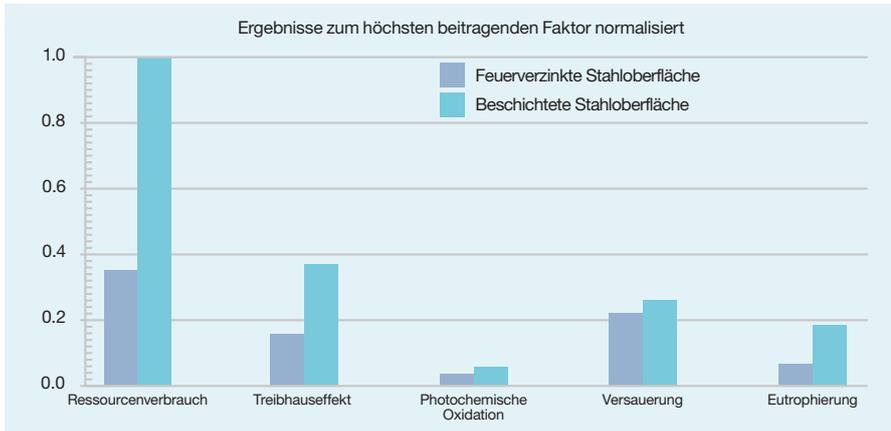
Die Ergebnisse, die unter Verwendung der anerkannten Methode CML 2 Baseline 2000 Methode kalkuliert wurden, werden von fünf unterschiedlichen Umweltwirkungskategorien repräsentiert. Abb. 3 zeigt diese Umweltwirkungen. Die Ergebnisse werden in Relation zum größten beitragenden Faktor, dem Ressourcenverbrauch normalisiert.

Die Umweltbelastungen durch das Feuerverzinken sind in allen Wirkungskategorien niedriger als für das Beschichtungssystem. Im Vergleich zur Beschichtung beträgt der Wert der Feuerverzinkung in der Kategorie der Eutrophierung nur 18%, in der Kategorie des Ressourcenverbrauchs beträgt er nur 32% und in Relation zum Treibhauseffekt nur 38%. Die Feuerverzinkung unterscheidet sich durch einen niedrigeren Ressourcenverbrauch und deutlich geringere Umweltbelastungen während der gesamten Nutzungsdauer.

### Schlussfolgerungen

Die Studie zeigt, dass die Lebenszyklusbewertung eine gut geeignete Methode ist, die auf der tatsächlichen Praxis des ökologischen Vergleichs von Produkten basiert. Sie macht die Unterschiede zwischen zwei etablierten Korrosionsschutzsystemen für Stahl deutlich.

Der Korrosionsschutz durch Feuerverzinken zeigt im Vergleich zum Beschichtungssystem geringere Umweltwirkungen für eine Stahlkonstruktion mit langer Nutzungsdauer. Eine lange Nutzungsdauer und Wartungsfreiheit sind bekannte Argumente für das Feuerverzinken, die Basis für die umweltspezifischen Vorteile des Prozesses.



### 3. Lebenszyklus-bezogene Umweltwirkungen

Schutzdauer in Jahren	Feuerverzinkte Stahlkonstruktion (kg CO <sub>2</sub> Äquivalent)	Beschichtete Stahlkonstruktion (kg CO <sub>2</sub> Äquivalent)	Reduzierung des Treibhauspotentials durch Feuerverzinken (kg CO <sub>2</sub> Äquivalent)
60	41,500	98,600	57,100
40	41,500	71,600	30,100
20	41,500	60,500	19,000

### 4. Das Feuerverzinken spart CO<sub>2</sub> ein und reduziert das Treibhauspotential (am Beispiel für ein Parkhaus, bei dem 500 t Stahl verwendet wurden).



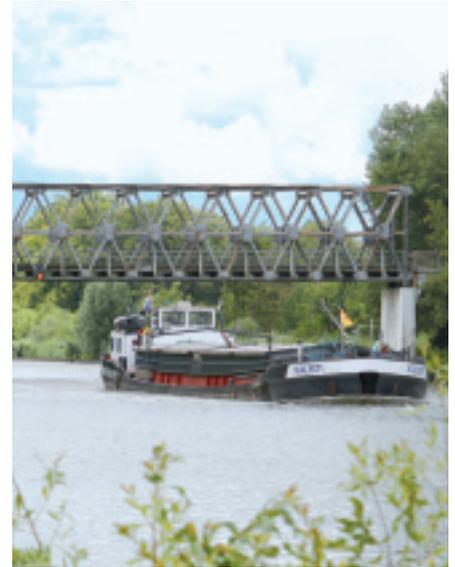
## KAPITEL SECHS

–

### TITEL FALLSTUDIE DREI

–

#### HALTBARKEIT: BRÜCKE IN DEN NIEDERLANDEN - NACH 60 JAHREN NOCH IN GUTEM ZUSTAND



Alte feuerverzinkte Stahlkonstruktionen, die auch noch nach Jahrzehnten dem Rost trotzen, sieht man an vielen Orten. An den wenigsten dieser Bauwerke wird im Zeitverlauf die Schichtdicke der Feuerverzinkung gemessen. Eine der wenigen Ausnahmen ist die Ehzerbrücke im niederländischen Almen.

Sie wurde 1945 durch kanadische Truppen erbaut, ihre Feuerverzinkung wurde im Jahr 1982, also nach 37 Jahren erstmals systematisch überprüft. Die damalige Diagnose lautete: „Hier und da sind die Zinkblumen noch sichtbar. Nach 37 Jahren Außenwitterung befindet sich auf den Knotenblechen noch immer ein 60-80 µm dicker Zinküberzug. Auf den leichteren Querverbindungen ist dieser noch 80-100 µm dick, während auf den schweren Stahlträgern die Dicke sogar immer noch mehr als 150 µm beträgt.“

#### Sichtprüfung

Im Winter 2007 wurde die in Callendar-Hamilton-Bauweise realisierte Brücke in Almen erneut unter die Lupe genommen. Betrachtet man die Feuerverzinkung nach mehr als sechs Jahrzehnten, so ist die allgemeine Erscheinung gekennzeichnet durch große mattgraue und stellenweise hellbraune Flächen. Diese Braunfärbung tritt nach jahrzehntelanger Bewitterung auf und stellt keine Korrosion des Stahls dar.

Bei detaillierter Inspektion fällt auf, dass vor allem in der Nähe der Schraubenverbindungen mit Zinkstaubfarbe nachbehandelte Flecken zu sehen sind. Hervorzuheben ist: Es wurde keine Stelle festgestellt, an der der Baustahl angegriffen wurde.

#### Restschichtdicken

An einigen, willkürlich ausgesuchten Teilen wurde die Schichtdicke der Feuerverzinkung jeweils durch 10 elektromagnetische Messungen gemittelt. An 3 Winkelprofilen mit den Maßen 150 x 150 mm wurden 74 µm, 115 µm und 219 µm gemessen. An zwei Winkelprofilen der Größe 130 x 130 mm wurden Schichtdicken von 69 µm und 82 µm festgestellt. An zwei 19 mm und 9 mm dicken Anschlussplatten waren noch 114 µm und 86 µm vorhanden.

Verglichen mit den früher protokollierten Werten des Jahres 1982 kann kaum von einer Abnahme der Schichtdicke die Rede sein. Brücke mit gutem Potential Die Ehzerbrug über dem Twentekanal bei Almen hat das Potenzial 100 Jahre alt zu werden. Die langlebige und robuste Feuerverzinkung macht es möglich. Ob die Brücke so alt wird, hängt jedoch eher von Faktoren wie der städtischen Verkehrsplanung ab.

## KAPITEL SECHS

–

### TITEL FALLSTUDIE VIER

–

#### HALTBARKEIT: YACHTHÄFEN NACH 38 JAHREN INSPIZIERT



Das Feuerverzinken hat den Ruf ein langlebiger und robuster Korrosionsschutz zu sein. Doch wie bewährt sich die Feuerverzinkung in der Praxis? Kann sie ihrem guten Image als Schutz für Jahrzehnte gerecht werden? Um dies zu überprüfen, wurden die feuerverzinkten Hafenanlagen von Arbon und Bottighofen am Bodensee nach mehr als 35 Jahren inspiziert.

In Bottighofen wurde im Jahr 1968 eine neue Hafenanlage errichtet. Die rund 150 Meter lange Spundwand des Hafenbeckens und viele andere Stahlteile wie Geländer, Absperrungen, Türen, Tore, die Anlegestege mit Schwimmpontons sowie Poller und schwere Rohranleger wurden durch Feuerverzinken gegen Korrosion geschützt. In Arbon wurde im Jahr 1971 die Hafenanlage erweitert. Die Feuerverzinkung wurde hier ebenfalls als Korrosionsschutz eingesetzt. Beispielsweise wurden rund 100 Tonnen Spundbohlen und Abweiserprofile in feuerverzinkter Ausführung verwendet.

Bei einer ersten Inspektion der beiden Hafenanlagen im Jahr 1983 war kein nennenswerter Angriff auf den Zinküberzug zu erkennen. Eine zweite Inspektion der beiden Hafenanlagen fand im Herbst 2006, das heißt rund 38 beziehungsweise 35 Jahre nach der Erstellung statt. Hierbei zeigte sich die Feuerverzinkung nach wie vor in einem guten, funktionsfähigen Zustand. Zwar ist die typisch silbrig glänzende Zinkblume einer matten, grauen Oberfläche gewichen, doch weisen die Zinkschichtdicken noch immer Werte auf, die in der Regel zwischen 50 und 100 Mikrometer liegen.

Damit sind die feuerverzinkten Stahlelemente der beiden Hafenanlagen auch für die weitere Zukunft sicher vor Korrosion geschützt. Selbst im Bereich der Wasserwechselzone befinden sich die Spundwände in einem guten, funktionsfähigen Zustand, auch wenn sich erste Anzeichen von Korrosionsprodukten zeigen. Allein an einigen Pollern, an denen große Schiffe per Kette anlegen, ist die Verzinkung beeinträchtigt, da die Ketten der Schiffe über Jahre extreme mechanische Belastungen verursachen.

Fazit: Nach mehr als 35 Jahren ist die Feuerverzinkung in einem außerordentlich guten Zustand. Somit bleiben die feuerverzinkten Stahlelemente dieser Hafenanlagen noch für viele weitere Jahre gegen Korrosion geschützt.

## KAPITEL SECHS

### TITEL FALLSTUDIE FÜNF

#### DIE BRÜCKE DER NACHHALTIGKEIT



Jahrelang wurden Kinder einer chinesischen Gemeinde durch einen Nebenfluss des Huang-he getrennt. Sie mussten den Fluss auf einer unsicheren Brücke überqueren, gebaut aus Baumstämmen, Stroh, Steinen und Erde. Eine Mutter, die ihr Kind zur Schule begleitete, fiel von der gefährlichen Brücke und ertrank in den reißenden Fluten.

„Nahezu 400 Grundschüler im Dorf Maosi in der Provinz Gansu besuchen vier Höhlenschulen an beiden Ufern des Flusses, der im Winter zufriert und während der Sommermonate ein reißender Strom sein kann.“, so Professor Edward Ng Yan-ynug vom Fachbereich für Architektur an der CUHK, der auf das Problem bei Studien über die thermischen Eigenschaften von Höhlenwohnungen in dem Gebiet aufmerksam wurde.

Dies bedeutet, dass Schüler von November bis Februar aufgrund der Angst, in das gefrierende Wasser zu fallen, und von Mai bis August aufgrund des Hochwassers nicht zur Schule gehen. Um das Leben einfacher und sicherer für die Kinder und Eltern zu machen, entwarf der Professor eine kleine, schwimmende Fußgängerbrücke. Das Projekt „Maosi-Brücke“ ist Bestandteil einer Kampagne zur Verbesserung der Ausbildungseinrichtungen für die örtliche Bevölkerung.

Der ursprüngliche Plan war der Bau einer tauchfähigen Brücke. Die Kräfte der Natur stellten sich jedoch als Stolperstein heraus. „Wir werden versuchen, eine billige und einfache Brücke für die Dorfbewohner zu bauen, die einfach instand zu halten ist“, sagte Professor Ng.

Eine entsprechende Lösung für die 80 Meter lange Wu Zhi Qiao (Brücke der Nachhaltigkeit) wurde gefunden. Die Fertigstellung der Brücke kostete lediglich 300.000 US-\$.

Die Entwurfsidee war auf die Verwendung lokal vorkommender Naturmaterialien ausgelegt. Die Brücke wird von den Dorfbewohnern instand gehalten und mittlerweile für andere Brücken kopiert.

Da die Brücke nicht von den jährlichen Fluten weggeschwemmt werden durfte und für die Dorfbewohner zu reparieren sein sollte, wurden Pfeiler ohne Fundamentierung im Flussbett verankert.

Die Pfeiler sind Gabionen mit einem ausreichenden Gewicht, so dass sie nicht weggeschwemmt werden können. Die Brücke besteht aus einem feuerverzinkten Stahlrahmen, der mit Bambusplanken als Deck gefüllt ist.

Die Brücke ist in kleinen Segmenten mit Griffen konstruiert, so dass jeder Abschnitt einfach von sechs Personen getragen werden kann. Ein weiterer Vorteil des Zick-Zack-Designs der Brückenkonstruktion ist die Konformität mit dem traditionellen chinesischen Glauben, der besagt, dass böse Geister nicht um die Ecke biegen können.

Ca. 50 Studenten aus Hongkong und 30 aus Xian benötigten gemeinsam mit den Dorfbewohnern fünf Tage für den Bau der Brücke. Die Brücke hielt schon einer Flut stand, die das gesamte Bauwerk überschwemmte.

## LITERATURVERZEICHNIS

1. Zinc Handbook: Properties, Processing and Design  
FC Porter, published by Marcel Dekker Inc., USA (1991).
2. JSCE's report on the cost of corrosion in Japan  
T Shibata, Corrosion Management, March/April 2001, pp.16-20.
3. Corrosion costs and preventative strategies in the USA  
P Virmani, US Federal Highway Administration Publication No. FHWA-RD-01-156, (2003).
4. Comparative costs of different surface treatment systems  
T.K.H. Chu and K.B. Watson, BHP Steel, Proceedings of Third International Asia-Pacific General Galvanizing Conference, (1996).
5. EU Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control.
6. UK Environmental Technology Best Practice Programme concluded that "galvanizing uses less than 25 litres of water per tonne of product, compared with 2000 litres for the general metal finishing industry" (1996).
7. Ecoprofile for Primary Zinc  
Boustead Consulting (1998).
8. Sachbilanz Zink  
Prof. Dr Ing J Krüger, RWTH Aachen (2001).
9. Material flow analysis of the UK steel construction sector  
J Ley, Corus Research and Development, M Sansom, Steel Construction Institute, A Kwan, University of Wales. International Iron and Steel Institute World Conference, Luxembourg, (2002).
10. Longer life of galvanized steel due to reduced sulphur dioxide pollution in Europe  
D Knotkova and FC Porter, Proceedings of 17th International Galvanizing Conference p GD 8/1 – 8/20 (1994).
11. EN ISO 14713 (1999): Protection against corrosion of iron and steel in structures – zinc and aluminium coatings - guidelines.
12. Conclusions of the International Conference on Zinc and Human Health – Recent Scientific Advances and Implications for Public Health Programs  
Stockholm, K H Brown, June 12-14, 2000. International Zinc Association, (2000).
13. The World Health Report 2002  
World Health Organization, Geneva.
14. Zinc – The Vital Micronutrient for Healthy, High-Value Crops  
Prof. B J Alloway. International Zinc Association (2001).
15. Critical Review of Natural Global and Regional Emissions of Six Trace Metals to the Atmosphere  
M Richardson., Risklogic Scientific Services, Inc., (2001).
16. An assessment of global and regional emissions of trace metals to the atmosphere from anthropogenic sources worldwide  
J M Pacyna and E G Pacyna. Norwegian Institute for Air Research (NILU).
17. Review of Bioavailability Studies in the European Union Risk Assessment for Zinc  
F van Assche and A Green, Edited Proceedings of 21st International Galvanizing Conference, Naples, Italy, (2006).
18. 'Occurrence and environmental fate of corrosion induced zinc in run-off water from external structures'  
S Bertling, I Odnevall Wallinder, D Berggren Kleja and C Leygraf, The Science of the Total Environment 367, 2-3, 908-923, (2006).
19. Zinc in Society and in the Environment  
Landner and Lindestrom (1998).
20. CEN TC 350  
"Sustainability of Construction Works"
21. www.legep.de
22. www.bre.co.uk
23. www.usgbc.org/LEED/
24. Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products (89/106/EEC) (OJ L 40, 11.2.1989, p.12).
25. ISO 14040  
"Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework.
26. www.environdec.com

## GLOSSAR

### BEIZEN

Teil der Vorbehandlung beim Feuerverzinken, bei der Rost, Zunder und andere Verunreinigungen des Stahl durch Eintauchen in ein Beizbad entfernt werden.

### DECKSCHICHTEN

Feuerverzinkter Stahl bildet infolge der Bewitterung Deckschichten. Diese vorwiegend basischen Zinkverbindungen übernehmen den Schutz des Zinks und damit der Stahloberfläche.

### INGESCHLOSSENES ZINK

Zink, das im Hartzink oder in der Zinkasche eingeschlossen ist und daraus recycelt wird.

### FLUX (FLUSSMITTEL)

Flüssigkeit zur Oberflächenvorbehandlung von Stahl vor dem Verzinken, die dafür sorgt, dass eine gut haftende Zinkschicht erreicht wird.

### HARTZINK

Nebenprodukt, das sich beim Feuerverzinken bildet und einen großen Anteil (ca. 96%) von eingeschlossenem Zink enthält. Hartzink sinkt auf den Boden des Zinkbades ab, wird dort regelmäßig entfernt und danach recycelt.

### HYDROMETALLURGISCHE ZINKGEWINNUNG

Zink wird hierbei aus Zinkkonzentrat in Säure gelöst. Das in Säure gelöste Zink wird danach durch die Elektrolyse abgeschieden.

### PRIMÄRZINK

Metallisches Zink, das durch Destillation oder chemische oder elektrochemische Reduktion hauptsächlich aus Zinkkonzentraten gewonnen wird.

### PYROMETALLURGISCHE ZINKGEWINNUNG

Verfahren, bei dem aus geröstetem Zinkkonzentrat in einem Verfahrensschritt metallisches Zink gewonnen wird. Umschmelzink (Sekundärzink)  
Metallisches Zink, das durch Umschmelzen aus metallischen Zinkrückständen gewonnen wird.

### ZINKASCHE

Oxidiertes Zink, das sich auf der Oberfläche des Zinkbades bildet. Es wird dort entfernt und recycelt.

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

### BREEAM

Building Research Establishment  
Environmental Assessment Method

### CML

Institute of Environmental Sciences  
der Universität Leiden, Niederlande  
(Niederländisches Umweltinstitut)

### DAIA

Decision Analysis Impact Assessment  
(Finnisches Umweltinstitut)

### EGGA

European General Galvanizers Association  
(Vereinigung der europäischen  
Feuerverzinkerverbände)

### EPD

Umweltproduktdeklaration  
(Environmental Product Declaration)

### KTH

The Royal Institute of Technology,  
Stockholm

### LCA

Life Cycle Assessment

### LCI

Sachbilanz  
(Life Cycle Inventory)

### LEED

Leadership in Energy and  
Environmental Design

### PCR

Product Category Rules (for an EPD)

### SEMCO

Swedish Environmental Management  
Council

### VOC

Flüchtige organische Substanzen,  
z.B. Lösemittel  
(Volatile Organic Compounds)

## ACKNOWLEDGEMENTS

Titelseite	Lärmschutzwand, Utrecht, Niederlande. OLN [Oosterhuis_Lénárd] Meijers Staalbouw	Seite 14	Wedge Group Galvanizing	Seite 32	Fallstudie 1 International Zinc Association
Seite 5	Bürogebäude eines Entsorgungsunternehmens, Niederlande. Kerste - Meijer Acchitecten bna avb, Amsterdam. Rob Hoekstra, Kalmthout	Seite 15	Wedge Group Galvanizing	Seite 34	Fallstudie 2 Institut Feuerverzinken GmbH, Deutschland
Seite 6	Jubilee Werft, Cornwall, UK. Zedfactory www.zedfactory.com	Seite 17	Bedzed, UK. Zedfactory www.zedfactory.com	Seite 36	Fallstudie 3 Stichting Doelmatig Verzinken Niederlande
Seite 7	Maosi-Brücke, China. Edward Ng Yan-ynung Fachbereich Architektur, CUHK	Seite 18	Boliden AB (1+2) Zinkgestein (3)	Seite 37	Fallstudie 3 Stichting Doelmatig Verzinken Niederlande
Seite 9	Croke Park Stadion, Dublin, Irland. (1+2) Abacus Lighting	Seite 22	Rezinal nv	Seite 38	Fallstudie 5 Fachbereich Architektur der CUHK, China
Seite 9	Schutzplanken, Deutschland. (3+4) Mehrsi - Mehr Sicherheit für Biker e.V.	Seite 24	AWD-Arena, Hanover, Deutschland. (1) Architekturbüro Schulitz + Partner		
Seite 11	Wales Institute for Sustainable Education Centre for Alternative Technology (1)	Seite 24	Parkhaus Engelenschanze, Münster, Deutschland. (2) Petry und Wittfoht Freie Architekten		
Seite 11	Solar - powered housing, Freiburg, Germany. (2) Hosrt Disch	Seite 25	Hearst Tower, New York, USA. Foster + Partners Chuck Choi		
Seite 11	Solarsiedlung, Freiburg, Deutschland. (2) Horst Disch, Freiburg	Seite 26	Verwaltungsgebäude, Kildare, Irland. (1) Heneghan.peng in association with Arthur Gibney & Partners Dennis Gilbert, VIEW		
Seite 13	Ökoboulevard in Vallecás, Madrid, Spanien. Ecosistema Urbano Emilio P. Doiztua	Seite 26	AWD-Arena in Hanover, Deutschland. (2) Architekturbüro Schulitz + Partner		
Seite 13	Eden Project, Cornwall, England. Nicholas Grimshaw + Partners Peter Cook, VIEW	Seite 27	Lewis Glucksman Gallerie, Cork, Irland. O'Donnell & Tuomey Denis Gilbert/VIEW		
		Seite 29	Naven Credit Union, Irland. Paul Leech, Gaia Ecotecture		
		Seite 31	Reihenhäuser in Konstanz, Deutschland. Schaudt Architekten		

European General  
Galvanizers Association

Maybrook House  
Godstone Road  
Caterham  
Surrey CR3 6RE  
Großbritannien

Tel: + 44 (0)1883 331277

E-Mail: [mail@egga.com](mailto:mail@egga.com)  
[www.egga.com](http://www.egga.com)

International Zinc  
Association-Europe

168 avenue de Tervueren  
B-1150  
Brüssel  
Belgien

Tel: + 32 (0) 2 776 0070

E-Mail: [info@izaurope.com](mailto:info@izaurope.com)  
[www.zincworld.org](http://www.zincworld.org)

---

**Berater und Mitwirkende:**

Life Cycle Engineering  
[www.studiolce.it](http://www.studiolce.it)

Centre for Alternative Technology  
[www.cat.org.uk](http://www.cat.org.uk)

Steel Construction Institute  
[www.steel-sci.org](http://www.steel-sci.org)

Weitere Informationen zum Feuerverzinken und zum nachhaltigen Bauen:



Institut Feuerverzinken GmbH  
Sohnstraße 66  
40237 Düsseldorf  
–

Telefon: (02 11) 69 07 65-0  
Telefax: (02 11) 68 95 99  
[www.feuverzinken.com](http://www.feuverzinken.com)  
[info@feuverzinken.com](mailto:info@feuverzinken.com)