



AUB Umweltdeklaration

nach ISO 14025



RHEINZINK®-Titanzink

der RHEINZINK GmbH & Co. KG

Deklarationsnummer
AUB-RHE-11105-D

ARBEITSGEMEINSCHAFT UMWELTVERTRÄGLICHES BAUPRODUKT E.V.
www.bau-umwelt.com





**Kurzfassung
Umweltdeklaration
Environmental
Product-Declaration**

**ARBEITSGEMEINSCHAFT
UMWELTVERTRÄGLICHES
BAUPRODUKT E.V.**
www.bau-umwelt.com



Programmhalter

RHEINZINK GmbH & Co. KG
Bahnhofstraße 90
D-45711 Datteln



Deklarationsinhaber

AUB-RHE-11105-D

Deklarationsnummer

RHEINZINK®-Titanzink

**Deklarierte
Bauprodukte**

Diese Deklaration ist eine Umweltproduktdeklaration gemäß ISO 14025 und beschreibt die Umwelleistung der hier genannten Bauprodukte. Sie soll die Entwicklung des umwelt- und gesundheitsverträglichen Bauens fördern.
In dieser validierten Deklaration werden alle relevanten Umweltdaten offengelegt.

Diese validierte Deklaration berechtigt zum Führen des Zeichens der Arbeitsgemeinschaft. Es gilt ausschließlich für die genannten Produkte, drei Jahre vom Ausstellungsdatum an. Der Deklarationsinhaber haftet für die zugrunde liegenden Angaben und Nachweise.

Gültigkeit

Die **Deklaration** ist vollständig und enthält in ausführlicher Form:

- Produktdefinition und bauphysikalische Angaben
- Angaben zu Grundstoffen und Stoffherkunft
- Beschreibungen zur Produktherstellung
- Hinweise zur Produktverarbeitung
- Angaben zum Nutzungszustand, außergewöhnlichen Einwirkungen und Nachnutzungsphase
- Ökobilanzergebnisse
- Nachweise und Prüfungen

Inhalt der Deklaration

20. Dezember 2005

Ausstellungsdatum

Unterschriften

Prof. Dr.-Ing. Horst J. Bossenmayer (Präsident der AUB)

Diese Deklaration und die zugrundegelegten Regeln wurden gemäß ISO 14025 durch den unabhängigen Sachverständigenausschuss (SVA) geprüft.

Prüfung der Deklaration

Unterschriften

Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Vorsitzender des SVA)

Dr. Eva Schmincke (Prüfer vom SVA bestellt)



Kurzfassung Umweltdeklaration *Environmental Product-Declaration*

Der Werkstoff RHEINZINK®-Titanzink ist eine Legierung auf der Basis von Feinzink mit Zusätzen von Kupfer, Titan und Aluminium, aus der sämtliche RHEINZINK®-Produkte gefertigt sind. Die Deklaration gilt für die drei Oberflächenqualitäten: RHEINZINK®-walzblank und RHEINZINK®-„vorbewittert^{PRO} blaugrau“ und RHEINZINK®-„vorbewittert^{PRO} schiefergrau“.

Die Titanzink-Bleche werden in verschiedenen Metalldicken hergestellt. Je nach Titanzink-Blech-Typ variieren diese von 0,7 mm (5 kg/m²) bis zu 2,0 mm (14,4 kg/m²). Die Rohdichte von Zink beträgt 7,2 g/cm³.

Produktbeschreibung

Die Einsatzbereiche von Titanzink-Blechen sind Dachdeckungen und Fassadengestaltungen sowie Systeme zur Dachentwässerung (Dachrinnen, -rohre und -zubehör).

Für die Dachentwässerung werden die Zinkbleche zu Dachrinnen, Fallrohren, Traufblechen, Kleinteilen oder konstruktiven Blechen verarbeitet.

Bei der Dachentwässerung wird eine Minderung der benetzten Fläche bezogen auf das Material durch Verschnitt beim Zuschneiden von Blechen, Rinnen und Rohren, durch Überlappen beim Zusammenstecken und Verbinden durch Löten und durch Einbau unter einem Dachüberstand erreicht.

Bei Dachanwendungen wird, je nach Verlegesystem, die benetzte Fläche durch Falze, Abkantungen, Überdeckungen, Verschnitt usw. vermindert. Eine Reduktion der benetzten Fläche erfolgt bei den Fassadenanwendungen durch vertikale Montage (Dachüberstand, Orientierung und Abschattung, z. B. durch angrenzende Bebauung oder Bäume).

Anwendungsbereich

Die **Ökobilanz** wurde nach DIN ISO 14040 ff durchgeführt. Als Datenbasis wurden spezifische Daten der Firma RHEINZINK am Standort Datteln, statistische Daten der Wirtschaftsvereinigung Metalle sowie die Datenbank „GaBi 4“ herangezogen. Die Ökobilanz wurde für die Herstellungsphase der Produkte unter Berücksichtigung sämtlicher Vorketten wie Rohstoffgewinnung und Transporte („cradle to gate“) durchgeführt.

Die Nutzungsphase der Titanzink-Bleche wird in verschiedene Anwendungsgebiete unterteilt. Dabei handelt es sich um Dachanwendungen, Dachentwässerung sowie Fassadenanwendungen. In der End of Life-Phase wurde die Aufbereitung der Titanzink-Bleche in einem Umschmelzofen modelliert. Die daraus resultierende Gutschrift an gewonnenem Zink wird als Ersatz für die Primär-Zinkerstellung berechnet.

Rahmen der Ökobilanz

Titanzink-Blech				
Auswertegröße	Einheit pro kg	Summe Herstellung und Recycling-potenzial	Herstellung	Recycling-potenzial
Primärenergie nicht erneuerbar	[MJ]	16,3	45,5	- 29,2
Primärenergie erneuerbar	[MJ]	0,9	3,8	- 2,9
Treibhauspotenzial (GWP 100)	[kg CO ₂ -Äqv.]	0,96	2,62	- 1,65
Ozonabbaupotenzial (ODP)	[kg R11-Äqv.]	0,18 * 10⁻⁶	0,56 * 10 ⁻⁶	- 0,39 * 10 ⁻⁶
Versauerungspotenzial (AP)	[kg SO ₂ -Äqv.]	3,32 * 10⁻³	13,5 * 10 ⁻³	- 10,2 * 10 ⁻³
Überdüngungspotenzial (EP)	[kg PO ₄ -Äqv.]	0,28 * 10⁻³	1,03 * 10 ⁻³	- 0,76 * 10 ⁻³
Sommersmogpotenzial (POCP)	[kg Ethen-Äqv.]	0,29 * 10⁻³	1,10 * 10 ⁻³	- 0,80 * 10 ⁻³

Ergebnisse der Ökobilanz

Erstellt durch: PE Europe GmbH, Leinfeld-Echterdingen



Zusätzlich sind die folgenden **Nachweise und Prüfungen** in der Umweltdeklaration dargestellt:

- Atmosphärische Korrosion und flächenbezogener Massenverlust (Abtrag), Messung der Korrosionsraten und des Abtrages der Zinkionen mit dem Niederschlagswasser über einen Versuchszeitraum von acht Jahren (1991-1998)

Nachweise und Prüfungen



Produktgruppe: Baumetalle
 Deklarationsinhaber: RHEINZINK GmbH & Co. KG
 Deklarationsnummer: AUB-RHE-11105-D

Erstellung
16-12-2005

Geltungsbereich Diese AUB-Umweltdeklaration bezieht sich auf Bauprodukte aus RHEINZINK®-Titanzink aus dem RHEINZINK Werk Datteln.

0 Produktdefinition

Produktdefinition Der Werkstoff RHEINZINK®-Titanzink ist eine Legierung auf der Basis von Feinzink mit Zusätzen von Kupfer, Titan und Aluminium, aus der sämtliche RHEINZINK®-Produkte gefertigt sind. Die Deklaration gilt für die drei Oberflächenqualitäten: RHEINZINK®-walzblank und RHEINZINK®-„vorbewittert^{pro} blaugrau“ und RHEINZINK®-„vorbewittert^{pro} schiefergrau“.

Anwendung

- Titanzink-Bleche, -Bänder und -Tafeln für Dachdeckung und Fassadengestaltung
- Systeme zur Dachentwässerung (Dachrinnen, -rohre und -zubehör)

Produktnorm/ Zulassung DIN EN 1179, DIN EN 988, DIN EN 612

Gütesicherung Eigenüberwachung durch den Hersteller sowie Fremdüberwachung durch den TÜV Rheinland. Werkstoffkontrolle nach den Anforderungen des QUALITY ZINC-Prüfkriterienkataloges des TÜV Rheinland. Qualitätsmanagementsystem nach DIN EN ISO 9001. Umweltmanagement nach DIN EN ISO 14001.

Lieferzustand, Eigenschaften

Tabelle 1: Materialdicke und Gewicht verschiedener Titanzink-Bleche

Materialdicke und Gewicht		
Rohdichte [g/cm³]	Dickenbereich [mm]	Flächengewicht [kg/m²]
7,20	0,70	5,00
7,20	0,80	5,80
7,20	1,00	7,20
7,20	1,20	8,60
7,20	1,25	9,00
7,20	1,50	10,80

RHEINZINK®-Titanzink ist in den Farben: walzblank (metallisch glänzend) oder „vorbewittert^{pro} blaugrau“ und „vorbewittert^{pro} schiefergrau“ erhältlich

Festigkeit: (alle Werte gemessen in Längsrichtung)

- Zugfestigkeit: $R_m \geq 110 \text{ N/mm}^2$
- 0,2 %-Dehngrenze: $R_{p0,2} \geq 150 \text{ N/mm}^2$
- Bruchdehnung: $A_{50} \geq 40 \%$
- Vickershärte: $H_{V3} \geq 40$
- Elastizitätsmodul: $E \geq 80.000 \text{ N/mm}^2$
- Bleibende Dehnung im Zeitstandversuch: max. 0,1 %

Bauphysikalische Daten:

Wärmedehnzahl: $\alpha = 22 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (das heißt: Längenänderung von 2,2 mm pro 10 Grad Temperaturdifferenz bei einer Titanzink-Blech-Länge von 10 m)

Baustoffklasse A1, d. h. nicht brennbar, nach DIN 4102

bzw. nach DIN EN 13501-1

Verarbeitungsgrenztemperaturen:

von $\geq 10 \text{ °C}$ bis $+ 300 \text{ °C}$ (Rekristallisationsgrenze)



Produktgruppe: Baumetalle
Deklarationsinhaber: RHEINZINK GmbH & Co. KG
Deklarationsnummer: AUB-RHE-11105-D

Erstellung
16-12-2005

1 Grundstoffe

Grundstoffe Vorprodukte

Tabelle 2: Grundstoffe für die Herstellung eines kg Titanzink-Blech

Grundstoffe in Masse-% für ein kg Titanzink	
Bestandteil	RHEINZINK®-Titanzink
Feinzink (das verwendete Zink hat eine Reinheit von 99,995% (Z1 gemäß DIN EN 1179))	≤ 99,835%
Kupfer	0,08-1,0%
Titan	0,07-0,12%
Aluminium	≤ 0,015%

Hilfsstoffe/ Zusatzmittel

Hilfsstoffe

- Walzöl-Emulsion: 0,08 g/kg Zink
- Beize: Schwefelsäure : 15 g/kg Zink
- Salpetersäure: 5 g/kg Zink
- Entfettungsmittel alkalisch: 0,5 g/kg Zink
- temporärer Schutz (Cr^{III+}-haltig): 0,5-0,8 g/kg Zink

Stoffleräuterung

Walzöl-Emulsion ist eine hochtemperaturbeständige Mischung aus synthetischen Estern, Fettstoffen und nicht-ionogenen Emulgatoren, die als Kühl- und Schmiermittel während des Walzprozesses dient. Die Walzöl-Emulsion ist biologisch abbaubar. Bei einem Teil der RHEINZINK®-Titanzink-Produkte dient die Beize für das Verfahren der „Vorbewitterung“ zur Behandlung der walzblanken Oberfläche, die durch Reaktion mit der Beize eine „vorbewittert“ aussehende Oberfläche erhält. Die Beize besteht aus Schwefelsäure, Salpetersäure, Entfettungsmittel alkalisch und temporärem Schutz (Cr^{III+}-haltig).

Rohstoff- gewinnung und Stoffherkunft

Das Feinzink stammt fast ausschließlich von der Ruhr-Zink GmbH, die ebenfalls in Datteln ansässig ist. Die Rohstoffe für das Feinzink nach DIN EN 1179 kommen in der Form von feinkörnigem Zinkkonzentrat-Schüttgut (in der Erzgrube aufgearbeiteten Zinkerzen) hauptsächlich aus Kanada, Australien, Mittel- und Südamerika. Aus dem Zinkkonzentrat wird in einem Prozess der Röstung, Laugung, Laugenreinigung, Elektrolyse sowie anschließendem Umschmelzen und Vergießen Feinzink hergestellt. Darüber hinaus werden Sekundärrohstoffe verwendet. Die für die Herstellung von RHEINZINK®-Titanzink in minimalen Anteilen eingesetzten Grundstoffe Titan und Aluminium stammen aus verschiedenen Ursprungsländern weltweit. Das in ebenfalls geringen Mengen verwendete Kupfer wird als Sekundärrohstoff (Recyclingstoff) in der Form von Bruchschrott eingekauft.

Regionale und allgemeine Verfügbarkeit der Rohstoffe

Die verwendeten Grundstoffe sind in ihrer Verfügbarkeit begrenzt. Es besteht jedoch keine Ressourcenknappheit: die Zinkreserven, die mit den heute vorhandenen technischen Möglichkeiten abgebaut werden können, werden auf ca. 3.400 Mio. Tonnen weltweit geschätzt, bei gegenwärtigen Produktionsmengen ergibt sich daraus ein Zinkvorrat für etwa 700 Jahre. Die teilweise Verwendung von Zink und Kupfer als Recyclingstoffe trägt zur Ressourcenschonung bei. Nach offiziellen Erhebungen der letzten Jahre liegt die durchschnittliche Zink-Recyclingrate bei ca. 80 %; eine aktuelle, stichprobenartige Erhebung der RHEINZINK GmbH & Co. KG bei einzelnen Handwerksbetrieben ergab eine Recyclingrate für Bauzink von über 96 %.



Produktgruppe: Baumetalle
Deklarationsinhaber: RHEINZINK GmbH & Co. KG
Deklarationsnummer: AUB-RHE-11105-D

Erstellung
16-12-2005

2 Produktherstellung

Produkt-herstellung

Gliederung des Herstellungsprozesses:

Der Produktionsprozess besteht aus 7 Schritten:

- **Vorlegieren:** Zur Qualitätsverbesserung und aus energetischen Gründen wird in einem Induktionstiegelofen bei 760 °C eine Vorlegierung (Zusammenschmelzung von Feinzink, Kupfer, Titan und Aluminium) hergestellt. Die entstehenden Vorlegierungsblöcke enthalten ein Vielfaches der Titan- und Kupferanteile der späteren Walzlegierung.
- **Schmelzen:** Vorlegierungsblöcke und Feinzink werden in großen Schmelzöfen (Induktionsrinnenöfen) bei 500 - 550 °C geschmolzen und durch Induktionsströme vollständig durchmischt.
- **Gießen:** Die fertige Legierung wird in der Gießmaschine durch einen geschlossenen Wasserkreislauf soweit unter den Schmelzpunkt gekühlt, dass ein fester Gussstrang entsteht.
- **Walzen:** Zwischen Gießmaschine und Walzgerüsten liegt eine Kühlstrecke. Der Walzprozess erfolgt mit 5 Walzenpaaren, sog. Walzgerüsten. An jedem dieser Walzgerüste erfährt der Werkstoff durch entsprechende Drücke eine Dickenreduktion um bis zu 50 %. Gleichzeitig wird das Material mittels einer speziellen Emulsion gekühlt und geschmiert.
- **Aufwickeln:** Anschließend wird das fertiggewalzte RHEINZINK® zu 20 Tonnen schweren Rollen (so genannten Großcoils) aufgewickelt, welche noch eine Temperatur von ca. 100 °C haben und zur weiteren Abkühlung zwischengelagert werden.
- **Recken und Schneiden:** Die beim Walzen entstandenen Spannungen in den RHEINZINK®-Bändern werden im Rahmen eines Streck-Biege-Richt-Verfahrens aus dem Werkstoff „herausgezogen“.
- **„Vorbewitterung“** (nur für die Produkte mit „vorbewitterter“ Oberfläche): Nach einem Säuberungsvorgang werden die Bänder einer Beizung unterzogen und gespült. Der komplette Beizprozess findet in einer geschlossenen, kontinuierlich arbeitenden Anlage statt.

Gesundheits-schutz Herstellung

Maßnahmen zur Vermeidung von Gesundheitsgefährdungen/-belastungen während des Herstellungsprozesses:

Während des gesamten Herstellungsprozesses sind keine über die rechtlich festgelegten Arbeitsschutzmaßnahmen für Gewerbebetriebe hinausgehenden Maßnahmen zum Gesundheitsschutz erforderlich.

Verpackung

Verpackung von Titanzink-Blechen:

Die verwendeten Verpackungsmaterialien aus Papier/Pappe, Polyethylen (PE-Folie), Polypropylen (PP-Folie) und Stahl sind recyclingfähig (Einweg-Holzpaletten, Mehrweg-Holz- und Stahlpaletten). Bei sortenreiner Erfassung erfolgt die Rücknahme über INTERSEROH (INTERSEROH-Zertifikat 27729): INTERSEROH holt die Verpackungen bei Anfallstellen mit Wechselbehältern nach Aufforderung durch die Anfallstelle unter Beachtung der gesetzlichen Bestimmungen ab.

Die Mehrweg-Holz- und Stahlpaletten werden durch die Verkaufsniederlassungen der RHEINZINK GmbH & Co. KG sowie den Großhandel zurückgenommen und rückvergütet (Pfandsystem).

Umweltschutz Herstellung

Maßnahmen zur Reduzierung der durch den Herstellungsprozess ausgelösten Umweltbelastung:

- **Luft:** Durch entsprechende Emissionsschutzmaßnahmen (Filteranlagen) wird die Prozessluft bis unterhalb der Grenzwerte der TA Luft gereinigt.



Produktgruppe: Baumetalle
Deklarationsinhaber: RHEINZINK GmbH & Co. KG
Deklarationsnummer: AUB-RHE-11105-D

Erstellung
16-12-2005

- **Wasser/Boden:** Belastungen von Wasser und Boden entstehen nicht. Die Kühlung des Gießprozesses arbeitet mit einem geschlossenen Wasserkreislauf. Demgegenüber entstehen in der Beisanlage Abwässer, die in einer Neutralisationsanlage gereinigt und nach täglicher Analyse sowie Zurverfügungstellung von Rückstellmustern in die städtische Kanalisation abgegeben werden.
- **Lärm:** Schallpegelmessungen haben gezeigt, dass alle inner- und außerhalb der Produktionsstätte ermittelten Werte aufgrund getroffener Schallschutzmaßnahmen weit unter den öffentlich-rechtlich geforderten Werten liegen.

3 Produktverarbeitung

Verarbeitungsempfehlungen

Allgemeine Grundsätze:

- Transport und Lagerung von RHEINZINK® müssen trocken und belüftet erfolgen, da sonst mit der Bildung von Zinkhydroxid (vgl. Punkt 4 Nutzungszustand) zu rechnen ist.
- Bei Verlegung auf regennassen Untergründen/bei Regen ist aus demselben Grund darauf zu achten, dass die Unterlagen keine wasserspeichernden Eigenschaften aufweisen bzw. nach Verlegung abtrocknen können.
- Bei Einbau/Verarbeitung ist die Wärmedehnung (Längenänderung) des Werkstoffes zu berücksichtigen.
- Aufgrund der für Zink typischen Kältsprödigkeit sollte eine Verarbeitungstemperatur des Werkstoffes von ≥ 10 °C eingehalten werden, andernfalls ist geeignetes Maschinenzubehör, wie z. B. Heißluftgebläse einzusetzen.

Zusammenbau von Zink mit anderen Metallen sowie mit Bitumen:

Wird Zink in Verbindung mit anderen Metallen insbesondere in feuchter Umgebung eingesetzt, kann es zu Korrosion kommen.

Ausführliche Informationen hierzu siehe anwendungstechnisches Fachbuch der RHEINZINK GmbH & Co. KG.

Zink muss unterhalb bitumengedeckter Flächen gegen UV-bedingte Abbauprodukte des Bitumens (Oxidationssäuren) durch geeignete Anstriche geschützt werden. Herstellerempfehlungen hierfür sind erhältlich bei der RHEINZINK GmbH & Co. KG. Detaillierte Verarbeitungshinweise wie beispielsweise zu Befestigungsarten, Verformungs- und Verbindungstechniken sowie dafür geeigneten Werkzeugen/Maschinen sind den entsprechenden Informationsschriften der RHEINZINK GmbH & Co. KG zu entnehmen.

Bei der Auswahl konstruktiv notwendiger Zusatzprodukte ist darauf zu achten, dass diese die beschriebenen Eigenschaften der Umweltverträglichkeit der genannten Bauprodukte nicht nachteilig beeinflussen.

Arbeitsschutz

Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes:

Bei Verarbeitung/Einbau der RHEINZINK®-Produkte sind keine über die öffentlich rechtlichen Arbeitsschutzmaßnahmen (wie z. B. Schutzhandschuhe) hinausgehenden Maßnahmen zum Schutze der Gesundheit zu treffen.

Umweltschutz

Maßnahmen des Umweltschutzes:

Durch Verarbeitung/Einbau der genannten Produkte werden keine wesentlichen Umweltbelastungen ausgelöst. Besondere Maßnahmen zum Schutze der Umwelt sind nicht zu treffen.

Restmaterial

Anfallendes Restmaterial und Verpackungen:

Auf der Baustelle anfallende RHEINZINK®-Reste und Verpackungen sind getrennt zu sammeln. Bei der Entsorgung sind die Bestimmungen der lokalen Entsorgungsbehörden sowie die unter Punkt 6 „Nachnutzungsphase“ genannten Hinweise zu beachten.



Produktgruppe: Baumetalle
Deklarationsinhaber: RHEINZINK GmbH & Co. KG
Deklarationsnummer: AUB-RHE-11105-D

Erstellung
16-12-2005

4 Nutzungszustand

Inhaltsstoffe

Inhaltsstoffe im Nutzungszustand:

RHEINZINK® ist eine Legierung aus Feinzink, Kupfer, Titan und Aluminium. Die Inhaltsstoffe entsprechen den in Punkt 1 genannten Grundstoffen mit den angegebenen Masse-Prozentanteilen. RHEINZINK® bildet auf seiner Oberfläche eine Schutzschicht, die so genannte Patina, die im Laufe der Jahre nur noch wenig nachdunkelt und den hohen Korrosionswiderstand des Zinks bewirkt. Im Verlauf des chemischen Prozesses der Schutzschichtbildung bildet sich mit dem Luftsauerstoff zunächst Zinkoxid. Durch Einwirkung von Wasser (Niederschläge) bildet sich dann Zinkhydroxid, welches durch Reaktion mit dem Kohlendioxid der Luft zu einer dichten, festhaftenden und wasserunlöslichen Deckschicht aus basischem Zinkkarbonat (Patina) umgewandelt wird. RHEINZINK® benötigt deshalb keinerlei Unterhalt oder Wartung. Bei RHEINZINK®-Produkten mit der Oberflächenqualität „vorbewittert^{PRO}“ wird der Farbton der Schutzschicht schon werkseitig durch die Oberflächenbeizung erzielt, die Schutzschicht selbst bildet sich anschließend wie oben ausgeführt.

Beständigkeit Nutzungszustand

RHEINZINK® ist UV-beständig und verrottungsfrei, beständig gegenüber Flugrost und den meisten am Bau verwendeten Chemikalien. Zur Verarbeitung von Zink mit anderen Metallen und Bitumen vgl. Punkt 3 „Produktverarbeitung“. Durch Winderosion verursachte Einflüsse auf RHEINZINK® sind nicht bekannt, auch der Einfluss von Schnee und Regen auf die Dauerhaftigkeit kann vernachlässigt werden. Die Abtragsraten bei atmosphärischer Bewitterung liegen bei RHEINZINK®-Titanzink unter $0,64 \mu\text{m}/\text{Jahr} = 4,59 \text{ g}/\text{m}^2/\text{Jahr}$, sind also erst über sehr lange Zeiträume (> 100 Jahre) feststellbar.

Wirkungsbeziehungen Umwelt – Gesundheit

Gesundheitliche Aspekte:

Bei normaler, dem Verwendungszweck der RHEINZINK®-Produkte entsprechender Nutzung, sind keine Gesundheitsbeeinträchtigungen möglich.

Zink gehört wie Eisen zu den Schwermetallen, d. h. Metallen mit einem spezifischen Gewicht $> 5 \text{ kg}/\text{dm}^3$. Zink wird im Körper, auch aufgrund der sehr guten Ausscheidung, nicht akkumuliert. Die Zinkzufuhrempfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) liegt bei 15 mg täglich.

Erläuterung: Menschen und Tiere müssen laufend Zink über die Nahrung aufnehmen, da es vom Organismus nur unzureichend gespeichert werden kann. Zink ist nach Eisen das zweitwichtigste Spurenelement für den menschlichen Organismus. Es ist im Organismus allgegenwärtig, z. B. Bestandteil von mindestens 70 Enzymen. Im Gegensatz zu verschiedenen Zinkmangelkrankungen werden erhöhte Zinkkonzentrationen im Organismus sehr selten beobachtet.

Die Wirkung von Zink auf pflanzliches und tierisches Leben ist kaum einheitlich bewertbar. Zinkmangel ruft größere Schäden hervor als eine Zinkübersversorgung.

Umweltschutzaspekte:

- **Zinkgehalt (Zinkionen) von über RHEINZINK®-Produkte ablaufendem Niederschlagswasser:**

Mit zunehmender Bildung der wasserunlöslichen, natürlichen Schutzschicht aus Zinkkarbonat (Patina) nimmt die Abgabe von Zinkionen über das Niederschlagswasser ab. Entscheidend für einen weiteren Zinkionenabtrag/Flächenabtrag ist die Belastung der Luft mit „sauren“ Luftschadstoffen, insbesondere mit SO_2 . Durch die Senkung der SO_2 -Konzentration in der Luft/Atmosphäre konnte in den letzten 10 Jahren ein Rückgang der Korrosionsraten auf weniger als ein Fünftel der früheren Werte, und damit ein entsprechender Rückgang des Zinkionengehalts des Niederschlagswassers verzeichnet werden.



Produktgruppe: Baumetalle
Deklarationsinhaber: RHEINZINK GmbH & Co. KG
Deklarationsnummer: AUB-RHE-11105-D

Erstellung
16-12-2005

- **Einleitung in Fließgewässer:**

Durch Einleitung von Niederschlagswasser in fließende Gewässer sind keine Überschreitungen von den allgemeinen Güteanforderungen an Fließgewässer bekannt geworden. Vergleiche hierzu Punkt 8 „Nachweise“.

- **Versickerung im Boden:**

Durch Versickerung des Niederschlagswassers kann sich der Zinkgehalt des Bodens geringfügig erhöhen, jedoch besteht keine Gefahr eines Zinküberangebots für Boden/Pflanzen/Tiere.

5 Außergewöhnliche Einwirkungen

Brand

Brandverhalten:

Die RHEINZINK®-Produkte erfüllen nach DIN 4102, Teil 1 bzw. nach DIN EN 13501-1, die Anforderungen der Baustoffklasse A1, „nichtbrennbar“.

Rauchgasentwicklung/Rauchdichte:

Bei Erhitzung oberhalb von 650 °C erfolgt zunehmende Verdampfung unter Zinkoxid (ZnO)-Rauchbildung.

Toxizität der Brandgase:

Der ZnO-Rauch kann, über längere Zeit eingeatmet, Zinkfieber (Durchfall, Fieber, trockener Hals) verursachen, das nach dem Wegfall der Belastung jedoch nach 1 bis 2 Tagen vollständig verschwindet.

Wechsel des Aggregatzustandes (brennendes Abtropfen/Abfallen):

Der Schmelzpunkt liegt bei + 419 °C.

Wasser

Wassereinwirkung:

Vergleiche hierzu die in Punkt 4 „Nutzungszustand“ sowie die in Punkt 8 „Nachweise“ gemachten Angaben.

6 Nachnutzungsphase

Rückbau

RHEINZINK® kann bei Umbau oder Beendigung der Nutzungsphase eines Gebäudes problemlos getrennt erfasst werden.

Kreislaufführung

Die bei der Herstellung von RHEINZINK®-Produkten anfallenden Besäumschrotte werden zu 100 % wieder bei der RHEINZINK GmbH & Co. KG eingeschmolzen und zu neuen Produkten verarbeitet. Der an den Baustellen anfallende Verschnitt sowie Altzink aus Umbau-/Sanierungsmaßnahmen wird gesammelt und entweder direkt oder über den Altmetallhandel an Sekundärschmelzbetriebe verkauft, von denen es mehrere in Deutschland gibt. Der Energieaufwand für das Recycling von Titanzink-Blechen beträgt nur etwa 5 % des Primärenergieinhaltes. Die aus dem niedrigen Energieaufwand für das Titanzink-Blechrecycling resultierende Nachfrage nach Alttitanzink-Blechen spiegelt sich darin wieder, dass in der Regel ca. 70 % des Zinkgehaltes wertmäßig vergütet werden. Nach neuesten Erkenntnissen beträgt die Recyclingrate 96 %. Nahezu alles recyclingfähige Material wird wiederverwertet: ca. 1/3 zum Verzinken von Stahl, ca. 1/3 für die Messingproduktion, der Rest als Zinkoxid für die Herstellung von Zinkverbindungen (chemische Industrie, Gummiindustrie, Keramik-, Glasherstellung, pharmazeutische Industrie, Futtermittel- und kosmetische Industrie, Lackherstellung etc.). Der Unterschied zwischen ehemals produzierter Menge und heutigem Rücklauf ist unter anderem auch durch Abtrag zu erklären.

Entsorgung

Entsorgung/Deponierung:

Aufgrund der hoch entwickelten Recycling-Prozesse fällt kein Zink zur Entsorgung/Deponierung an. Bei Untersuchungen des Hausmülls und der Abfälle von Gewerbebetrieben konnte Zink nur noch in Spuren analysiert werden.



Produktgruppe: Baumetalle
Deklarationsinhaber: RHEINZINK GmbH & Co. KG
Deklarationsnummer: AUB-RHE-11105-D

Erstellung
16-12-2005

7 Ökobilanz

7.1 Herstellung von Titanzink-Blechen

Deklarierte Einheit	Die deklarierte Einheit ist die Herstellung, Nutzung und Aufbereitung von einem Kilogramm Titanzink-Blech in durchschnittlicher Dicke.
Systemgrenzen	<p>Die Lebenszyklusanalyse für die Herstellung des betrachteten Titanzink-Blechtes umfasst die Lebenswegabschnitte „von der Wiege bis zum Werkstor“ (cradle to gate). Sie beginnt mit der Berücksichtigung der Erzgewinnung und der Verarbeitung zu Feinzink. Ebenfalls eingeschlossen ist die Herstellung der weiteren Roh- und Hilfsstoffe. Die Blechproduktion ist in die Analyse eingeschlossen. Transporte des eingesetzten Erzkonzentrats und des Feinzinks zur Blechherstellung werden berücksichtigt.</p> <p>Die Nutzungsphase bezieht sich ausschließlich auf den Zinkabtrag der Anwendungsgebiete Dachdeckung und Fassadengestaltung sowie Systeme für Dachentwässerung.</p> <p>Die Systemgrenzen für die Nachnutzungsphase (End of Life) beziehen sich auf den Lebenswegabschnitt der Wiederverwertung, d. h. die werkstoffliche Aufbereitung von Zinkschrotten. Der Bilanzraum beginnt am Werkstor der Aufbereitungsanlage. Es wird unterstellt, dass die Zinkschrotte an der Aufbereitungsanlage angeliefert werden. Die Betrachtung beginnt inputseitig für die Aufbereitung mit dem Prozess des Umschmelzens in Schmelzöfen. Outputseitig wird angenommen, dass die anfallende Menge an Sekundärzink einer Wiederverwendung zugeführt wird, da Zinkschrotte ohne Qualitätsverlust umgeschmolzen werden können. Anfallende Nebenprodukte wie Schmelzurückstände, Seigerprodukte wie Hartzink, Aschen und Stäube können als werthaltige Produkte ebenfalls weiterverarbeitet werden.</p>
Abschneidekriterium	Auf der Inputseite wurden alle Stoffströme, die in das System eingehen und größer als 1 % ihrer gesamten Masse sind oder mehr als 1 % zum Primärenergieverbrauch beitragen, berücksichtigt. Auf der Outputseite werden alle Stoffströme erfasst, die das System verlassen und deren Umweltauswirkungen größer als 1 % der gesamten Auswirkungen der berücksichtigten Wirkkategorien sind.
Transporte	Aufwände für Transporte der eingesetzten Zinkkonzentrate wurden stets berücksichtigt. Die Zinkkonzentrate stammen hauptsächlich aus Kanada, Australien, Mittel- und Südamerika.
Betrachtungszeitraum	Die Datengrundlage der vorliegenden Ökobilanz beruht auf den Datenaufnahmen der Firma RHEINZINK GmbH & Co. KG aus dem Jahr 2000 und der Wirtschaftsvereinigung Metalle, statistische Werte aus dem Jahr 2004.
Hintergrunddaten	Zur Modellierung des Lebenszyklus für die Herstellung und Aufbereitung der Titanzink-Bleche wurde das Software-System GaBi 4 eingesetzt /GaBi 4/. Alle für die Zink-Herstellung und Aufbereitung relevanten Hintergrund-Datensätze wurden der Datenbank der Software GaBi 4 entnommen, spezifische Datensätze der Produktion bei RHEINZINK wurden nach Angaben von RHEINZINK bilanziert.
Datenqualität	Das Alter der verwendeten Daten liegt unter 5 Jahren. Die bei RHEINZINK eingesetzten Herstellverfahren entsprechen im Wesentlichen denen anderer Hersteller.



Produktgruppe: Baumetalle
 Deklarationsinhaber: RHEINZINK GmbH & Co. KG
 Deklarationsnummer: AUB-RHE-11105-D

Erstellung
 16-12-2005

Allokation

Für das betrachtete System der Herstellung der Titanzink-Bleche sind verschiedene Zurechnungen auf Koppelprodukte (Allokationen) notwendig. Dabei handelt es sich

- um eine Allokation beim Zinkumschmelzen nach Masse auf Zink, Hartzink und Abschmelzrückstand.
- um eine Allokation der Zinklaugerei inklusive Laugenreinigung (Nebenprodukte Kupfer, Blei-Silber-Gemisch, Cadmium Brikett) nach Preis.
- um eine Allokation bei der Zinkkonzentratherstellung auf die Produkte Zink-, Kupfer- und Bleikonzentrat nach Preis.
- Das Recyclingpotenzial wurde nach der Anforderung des AUB-PCR Dokuments „Baumetalle“ berechnet.

Es beschreibt den ökologischen Wert der „Anreicherung“ eines Materials in der „Technosphäre“. Es stellt dar, wie viele Umweltlasten dadurch im Verhältnis zur Neuerzeugung des Materials eingespart werden können (hier die Vermeidung an primärer Feinzinkproduktion). Es wird dazu von einer Sammelquote von 96 % ausgegangen (vgl. Kapitel 6). Unter Berücksichtigung dieser Sammelquote und den heutigen Technologien im Bereich Metallrecycling wird für ein kg Titanzink-Blech mit einem Anteil von 65 % Primär-Feinzink gerechnet. Da es sich beim Recyclingpotenzial um eine Einsparung in der Herstellung handelt, besteht es aus einem kompletten Datensatz mit mehreren Kennwerten. Wird das komplette Recyclingpotenzial genutzt, werden die Werte zur Herstellung um die Werte für das Recyclingpotenzial gesenkt. Dies stellt die Lebenszyklussicht dar und ist in den Ergebnistabellen als „Summe Herstellung und Recyclingpotenzial“ dargestellt.

Hinweis zur Nutzungsphase

Die Lebensdauer von Bauprodukten ist abhängig von der jeweiligen Konstruktion, der Nutzung, Unterhalt und Wartung.

Für die Berechnung des Zinkabtrags einer typischen Nutzungsphase sind die Anwendungsfälle getrennt zu betrachten (Dachentwässerung, Dachanwendungen, Fassadenanwendungen), für Verschnitt, benetzte Fläche und Nutzungsdauern sind typische Annahmen zu treffen.

Tabelle 3: Zinkabtrag bei spezifischen Anwendungen der Titanzink-Bleche

	Dach-entwässerung	Dach-anwendungen	Fassaden-anwendungen
Durchschnittliche Blechdicke	0,70 mm	0,705 mm	0,767 mm
Rohdichte Zink	7,2 g/cm ³	7,2 g/cm ³	7,2 g/cm ³
Benetzte Fläche	50%	75%	10%
Maximaler Abwitterungsfaktor	4,59 g/m ² *a	4,59 g/m ² *a	4,59 g/m ² *a
Minimaler Abwitterungsfaktor	3,76 g/m ² *a	3,76 g/m ² *a	3,76 g/m ² *a
Maximaler Zink-Abtrag	0,46 g/kg*a	0,68 g/kg*a	0,08 g/kg*a
Minimaler Zink-Abtrag	0,37 g/kg*a	0,56 g/kg*a	0,07 g/kg*a

In dieser Deklaration wird nur der materialspezifische Teil der Nutzungsphase (Abwitterung von Zink) dargestellt.

7.2 Aufbereitung von Titanzink-Blechen

Wahl des Aufbereitungsverfahrens

Zusätzlich zur Herstellung wurde die Sammlung und Aufbereitung der Titanzink-Bleche modelliert. Es wurde eine Sammelquote von 96 % angenommen. Die Menge Zinkschrott, die nach Abzug des in der Herstellung benötigten Schrotts für das End-of-Life-Recycling zur Verfügung steht, wird umgeschmolzen, die gewonnene Menge Zink erhält eine Gutschrift.

Gutschriften

Die Gutschrift für das aus dem Umschmelzen gewonnene Zink wird mit dem Datensatz der Primärzinkherstellung berechnet.

7.3 Darstellung der Bilanzen und Auswertung

Sachbilanz

Tabelle 4 zeigt den Energieverbrauch für die Herstellung von einem Kilogramm Zinkblech. Der Verbrauch nicht regenerativer Energien für die Blechherstellung liegt bei 45,5 MJ je kg. Dieser stammt zum größten Teil aus der primären Feinzinkproduktion (Strom-Mix und Zinkkonzentratabbau). 81 % der nicht regenerativen Energien können der Feinzinkherstellung zugewiesen werden, 12 % resultieren aus dem Zinkumschmelzen in der Herstellungsphase.

Zusätzlich werden noch 3,8 MJ regenerativer Energien (85 % aus Wasser-, 4 % Windkraft und 10 % Holz) für die Herstellung von einem Kilogramm Zinkblech verbraucht.

Die nachfolgende Tabelle stellt außer dem Primärenergiebedarf für die Herstellung auch die Primärenergie des Recyclingpotenzials dar.

Die Zusammensetzung des Recyclingpotenzials gilt in allen nachfolgenden Tabellen und Abbildungen.

Tabelle 4: Primärenergieverbrauch des Lebenszykluses von 1 kg Titanzink-Blech

Titanzink-Blech				
Auswertegröße	Einheit pro kg	Summe Herstellung und Recyclingpotenzial	Herstellung	Recyclingpotenzial
Primärenergie nicht erneuerbar	[MJ]	16,3	45,5	- 29,2
Primärenergie erneuerbar	[MJ]	0,94	3,81	- 2,87

Die nähere Auswertung des nicht regenerativen Energiebedarfs zur Herstellung eines Kilogramms Zinkblech (Abbildung 1) zeigt, dass als wesentliche Primärenergieträger Uran und Steinkohle eingesetzt werden, die zusammengenommen 60 % der notwendigen Primärenergie decken. Der relativ hohe Urananteil am Primärenergieverbrauch hat seine Ursache im Stromverbrauch zur Feinzinkherstellung, der durch einen Strom-Mix gedeckt wird, in den auch Atomenergie eingeht.

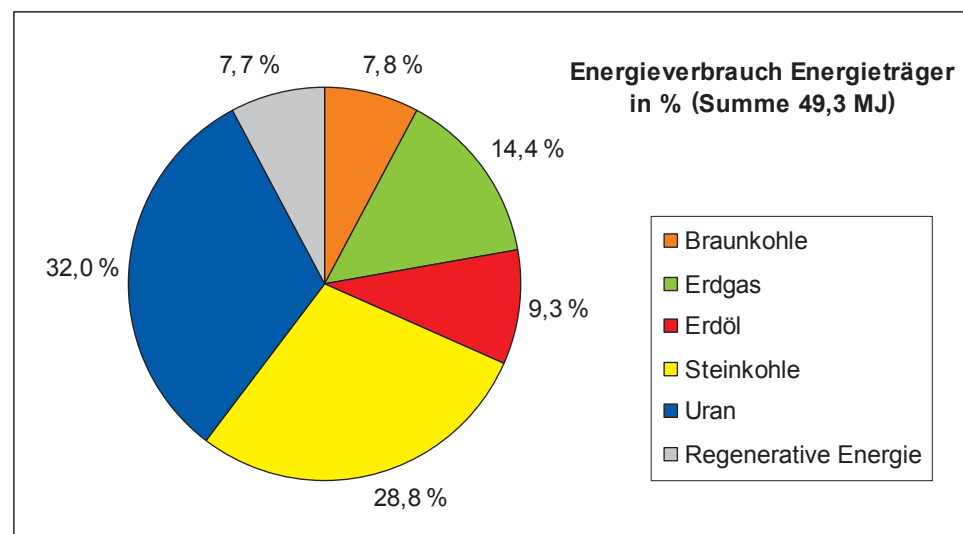


Abbildung 1: Aufteilung des Verbrauchs nicht erneuerbarer und erneuerbarer Primärenergie für die Herstellung von 1 kg Titanzink-Blech

Betrachtet man Herstellung und End of Life (Umschmelzen der Zinkschrotte mit Gutschrift von Primärzink), so stellt man fest, dass das Recyclingpotenzial für Primärzink mit 32 MJ Primärenergie je kg Titanzink-Blech beachtlich ist. Dadurch verringert sich der netto Primärenergieaufwand (Lebenszyklus-Betrachtung) um fast zwei Drittel.

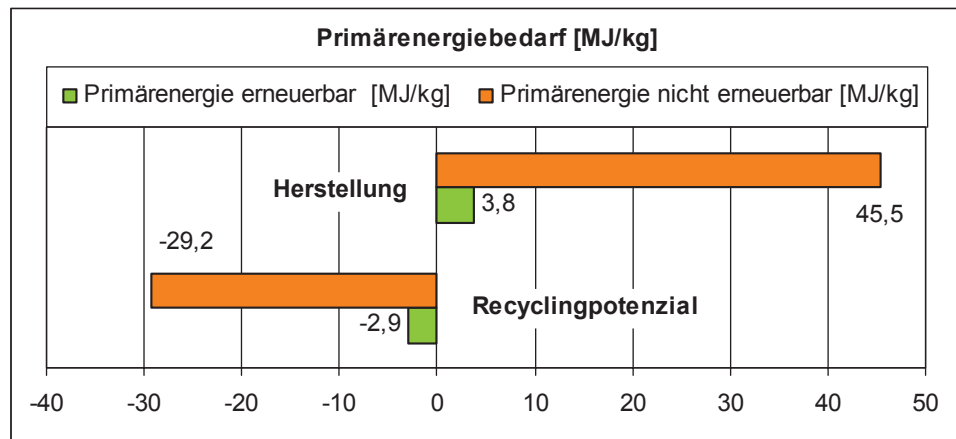


Abbildung 2: Bilanz für Primärenergieverbrauch von 1 kg Titanzink-Blech

Die Auswertung des Abfallaufkommens zur Herstellung von einem kg Zinkblech wird getrennt für die drei Fraktionen Abraum/Haldengüter (einschließlich Erzaufbereitungsrückstände), Siedlungsabfälle (darin enthalten Hausmüll und Gewerbeabfälle), Sondermüll inkl. radioaktive Abfälle dargestellt (Tabelle 5).

Bei den **Haldengütern** stellt der Abraum die größte Menge dar, gefolgt von den Erzaufbereitungsrückständen. Abraum fällt vor allem in der Vorkette der Gewinnung von Strom an (Kohleförderung). Erzaufbereitungsrückstände fallen durch die Gewinnung und Aufbereitung von Erzkonzentraten an.

Wesentlichste Einflussgrößen innerhalb des Segments **Siedlungsabfall** ist der unspezifische Abfall. Alle anderen Fraktionen spielen eine untergeordnete Rolle.

Sonderabfälle sind im Wesentlichen Abfälle aus vorgelagerten Stufen, vor allem Schlämme aus der Herstellung des Zinkkonzentrats sowie den Vorketten der Gewinnung von Strom. Die radioaktiven Abfälle sind ausschließlich durch den Stromverbrauch (Kernkraft) bedingt.

Tabelle 5: Abfallaufkommen bei der Herstellung und Verbrennung von 1 kg Titanzink-Blech

Titanzink-Blech				
Auswertegröße	Einheit pro kg	Summe Herstellung und Recyclingpotenzial	Herstellung	Recyclingpotenzial
Abraum/Haldengüter	[kg]	3,66	8,42	- 4,76
Siedlungsabfälle	[kg]	0,209 * 10 ⁻³	0,3 * 10 ⁻³	- 91,1 * 10 ⁻⁶
Sonderabfälle	[kg]	7,28 * 10 ⁻³	17,4 * 10 ⁻³	- 10,1 * 10 ⁻³



Produktgruppe: Baumetalle
 Deklarationsinhaber: RHEINZINK GmbH & Co. KG
 Deklarationsnummer: AUB-RHE-11105-D

Erstellung
16-12-2005

**Wirkungs-
abschätzung**

Die folgende Tabelle zeigt die Beiträge der Herstellung und Aufbereitung von Titanzink-Blechen zu den Wirkungskategorien Treibhauspotenzial, Ozonabbaupotenzial, Versauerungspotenzial, Überdüngungspotenzial und Sommersmogpotenzial.

Tabelle 6: Ergebnisse der Wirkungsabschätzung für Herstellung und End of Life von 1 kg Titanzink-Blech

Titanzink-Blech				
Auswertegröße	Einheit pro kg	Summe Herstellung und Recyclingpotenzial	Herstellung	Recyclingpotenzial
Treibhauspotenzial	[kg CO ₂ -Äqv.]	0,96	2,62	- 1,65
Ozonabbaupotenzial	[kg R11-Äqv.]	0,176 * 10⁻⁶	0,562 * 10 ⁻⁶	- 0,387 * 10 ⁻⁶
Versauerungspotenzial	[kg SO ₂ -Äqv.]	3,32 * 10⁻³	13,5 * 10 ⁻³	- 10,2 * 10 ⁻³
Überdüngungspotenzial	[kg PO ₄ -Äqv.]	0,277 * 10⁻³	1,03 * 10 ⁻³	- 0,758 * 10 ⁻³
Sommersmogpotenzial	[kg Ethen-Äqv.]	0,294 * 10⁻³	1,10 * 10 ⁻³	- 0,796 * 10 ⁻³

Das **Treibhauspotenzial** wird zu über 98 % vom Kohlendioxid dominiert. Der Einsparung an CO₂-Emissionen in der End-of-Life Phase stehen die CO₂-Emissionen der Herstellung zuzüglich der CO₂-Emissionen aus der Umschmelzung gegenüber. In Summe ergibt das ein Treibhauspotenzial von 0,96 kg CO₂-Äqv. für den gesamten Lebenszyklus eines kg Titanzink-Blech.

Wesentlichsten Anteil am **Ozonabbaupotenzial** der Herstellung hat der Stromverbrauch während der Herstellung von Feinzink.

Zum **Versauerungs-** und zum **Überdüngungspotenzial** tragen sowohl die Herstellung des Zinkkonzentrates als auch die Gewinnung von Strom bei.

Das **Sommersmogpotenzial (Bodennahe Ozonbildung)** wird wie die anderen Wirkkategorien durch die Herstellung des Feinzinks dominiert. Ebenso wie bei den Umweltwirkungskategorien Versauerung und Überdüngung ist die Gewinnung von Strom der Prozess mit dem größten Einfluss. Durch das Umschmelzen des Zinkschrotts und der daraus resultierenden Vermeidung an primärer Feinzinkproduktion bleiben nur geringe Wirkungspotenziale am Ende des Lebenszyklus übrig.

8 Nachweise

**8.1 Abschwemm-
raten**

Versuchsaufbau: Versuchszeitraum 1991 – 1998, Versuchsort Hannover, Titanzink-Bleche mit der Dicke 0,7 mm in den Oberflächen-Qualitäten walzblank und vorbewittert, Dachflächen-Neigung 7° und 45°, Ausrichtung der Flächen nach Westen

Messstelle: Prof. Dipl.-Ing. Wolf-Hagen Pohl; Abteilung Baustoffkunde und Bauphysik, Universität Hannover

Ergebnisbericht: vom Mai 1999

Ergebnis: Generell gilt, dass die Korrosionsraten und der Abtrag von Zinkionen mit dem Niederschlagswasser vom Fortschritt der Patinabildung, von der Flächenneigung und -orientierung (Himmelsrichtung), der Niederschlagsintensität sowie der Luft- bzw. Niederschlagszusammensetzung (insbesondere SO₂-Gehalt) abhängen. Während der Patinabildung (verläuft über ca. 3 Jahre) gehen die Korrosionsraten kontinuierlich zurück und stagnieren dann auf geringem Niveau. Bei steigender Flächenneigung nehmen die Korrosionsraten ab. Bei Ausrichtung nach Westen (Wetterseite) liegen die Korrosionsraten höher als bei anderen Himmelsrichtungen.



Produktgruppe: Baumetalle
Deklarationsinhaber: RHEINZINK GmbH & Co. KG
Deklarationsnummer: AUB-RHE-11105-D

Erstellung
16-12-2005

Bei hoher Niederschlagsintensität und hohem SO₂-Gehalt nehmen sie ebenfalls zu. Die gemessenen Korrosionsraten lagen, abhängig von Oberflächen-Qualität und Dachneigung, im ersten Jahr bei 0,64 - 0,90 µm = 4,62 - 6,46 g/m² und gingen innerhalb von 3 Jahren, nach Bildung der Patina, auf Werte von 0,54 - 0,69 µm/Jahr = 3,9 - 4,98 g/m²/Jahr zurück. Im Acht-Jahreszeitraum liegen die Mittelwerte der Korrosionsraten bei 0,52 - 0,64 µm/Jahr = 3,76 - 4,59 g/m²/Jahr. Damit liegen die Korrosionsraten, bedingt durch die Senkung der SO₂-Konzentration in der Luft/Atmosphäre, bei weniger als einem Fünftel der Werte der 70er- und 80er-Jahre. Die aus den Abtragsraten resultierenden Zinkfrachten (Zinkionengehalt) des Niederschlagswassers bewegen sich in Konzentrationsbereichen von im Mittel 6 – 8 mg/l, die kein Risiko für die Umwelt/lebende Organismen in sich bergen.

9 PCR-Dokument und Überprüfung

Diese Deklaration beruht auf dem PCR-Dokument Baumetalle.

Review des PCR-Dokuments durch den Sachverständigenausschuss. Vorsitzender des SVA: Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Universität Stuttgart, IWB)
Unabhängige Prüfung der Deklaration gemäß ISO 14025: <input type="checkbox"/> intern <input checked="" type="checkbox"/> extern
Validierung der Deklaration: Dr. Eva Schmincke

10 Literatur

- /GaBi 4/ **GaBi 4:** Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung. IKP, Universität Stuttgart und PE Europe GmbH, 2001-2005.
- /Hullmann/ **Hullmann, Heinz (Hrsg.):** Natürlich oxidierende Metalloberflächen; Umweltauswirkungen beim Einsatz von Kupfer und Zink in Gebäudehüllen; 2003, Stuttgart, Fraunhofer ISB-Verlag, ISBN: 3-8167-6218-2.
- /Pohl/ **Pohl, W. H., Behr, R.:** Titanzink-Korrosionsverhalten bei atmosphärischer Beanspruchung. In: Metall 5/99.
- /UBA/ **Umweltbundesamt (Hrsg.):** Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden – Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen, Dessau. Forschungsbericht 202 242 20/02, ISSN 0722-186 X.
Umweltbundesamt (Hrsg.): Leitfaden für das Bauwesen. Reduktion von Schwermetalleinträgen aus dem Bauwesen in die Umwelt, Dessau. Forschungsbericht 202 242 20/02, ISSN 0722-186 X, www.umweltbundesamt.de



Herausgeber:

Arbeitsgemeinschaft Umweltverträgliches Bauprodukt e.V.
(AUB)

Postfach
53637 Königswinter

Tel.: 07000 869358 0

Fax: 07000 869358 1

Email: info@bau-umwelt.com

Internet: www.bau-umwelt.com



Layout:

PE Europe GmbH

Bildnachweis:

RHEINZINK GmbH & Co. KG