

Studie zur Freisetzung umweltschädlicher Stoffe aus Metalldächern

# Metallobaustoffe: vom Dach in den Boden

*Kupfer und Zink sind in der Verwendung als Metalle weit verbreitet. Speziell bei Spenglerarbeiten im Dachbereich werden sie oft eingesetzt. In den letzten Jahren gerieten diese Schwermetalle vermehrt ins Schussfeld der Kritik. Vor allem Kupfer wurde stark kritisiert, weil Gefahr besteht, dass durch Korrosion ausgeschwemmtes Kupfer Boden und Wasser kontaminiert. Bei der Entscheidung, welche Metalle am wenigsten umweltschädigend eingesetzt werden können, helfen so genannte Ökopprofile. Auf einen Blick zeigen sie, wo die Stärken und Schwächen eines Materials liegen.*

Zu ökologischen Gesamtbeurteilungen von Produkten und Werkstoffen können unterschiedliche Wege beschritten werden. Klassische Ökobilanzen sind meist sehr aufwändig und wegen fehlenden oder nicht aktualisierten Daten mehr oder weniger aussagekräftig und nachvollziehbar. Die Studie «Produkt- und Ökopprofil von Metalldächern» hat Öko-

profile der für Metalldächer üblicherweise verwendeten Materialien Kupfer, Kupfertitanzink, Chromnickelstahl und Uginox FTE erstellt: Neunzehn ökologisch relevante Kriterien aus den Bereichen Herstellung, Nutzung und Entsorgung der Metalle wurden erfasst und mit quantitativen Aussagen beschrieben. Die Aussagen bezüglich der verschiedenen Metalle wurden einander gegenübergestellt und argumentativ einer Bewertung unterzogen. Dies führte schlussendlich zum Ökopprofil, welches als Fieberkurve die Stärken und Schwächen der Werkstoffe, respektive Produkte in den jeweiligen Bereichen aufzuzeigen versucht.

Aufgrund der aktuellen Diskussion der direkten Einflüsse von Metalldächern auf die Umwelt werden an dieser Stelle vor allem die ökotoxikologischen Aspekte vorgestellt, die den Bereich der Nutzung betreffen.

#### Inhaltliche Verantwortung:

Reto Coutalides

Bau- und Umweltchemie

Leutholdstrasse 12

8037 Zürich

Telefon 01 / 440 72 11

Telefax 01 / 440 72 13

E-Mail: [coutalides@wohngift.ch](mailto:coutalides@wohngift.ch)

[www.wohngift.ch](http://www.wohngift.ch)

#### in Zusammenarbeit mit:

Dr. Beat Wüthrich

Hochbauamt

8090 Zürich

Telefon 01 / 259 29 57

Telefax 01 / 259 51 92

E-Mail: [beat.wuethrich@bd.zh.ch](mailto:beat.wuethrich@bd.zh.ch)



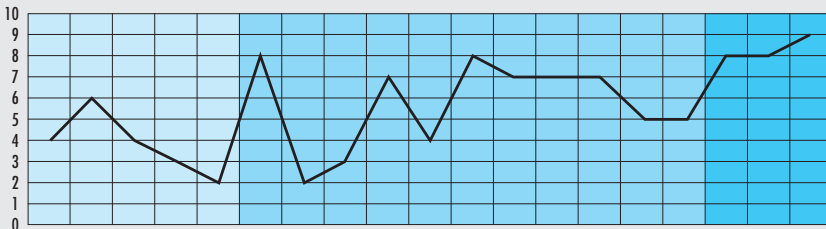
Abschwemmungen von Metalldächern können Boden und Wasser beeinträchtigen. Im Bild: Piscine Guyancourt.

Quelle: Metalldeckungen als Trend der Zeit

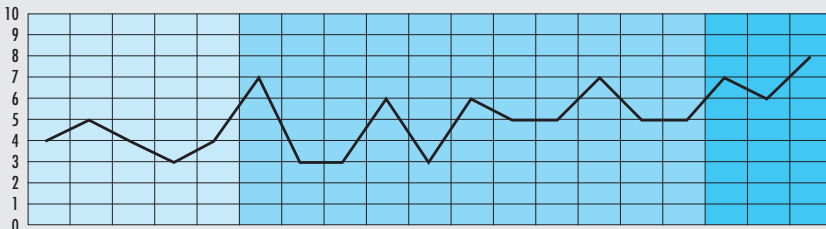
# ÖKOLOGISCH BAUEN

## Ökopprofile helfen, die Umweltbelastung einzuschätzen

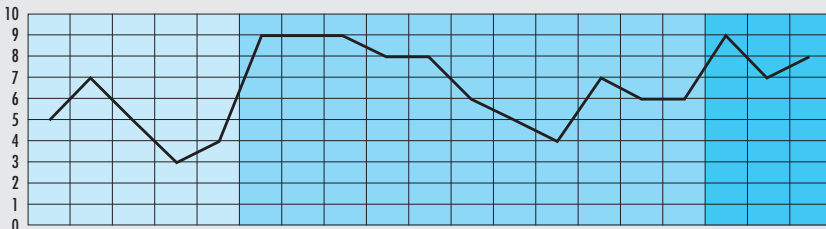
### Kupfer



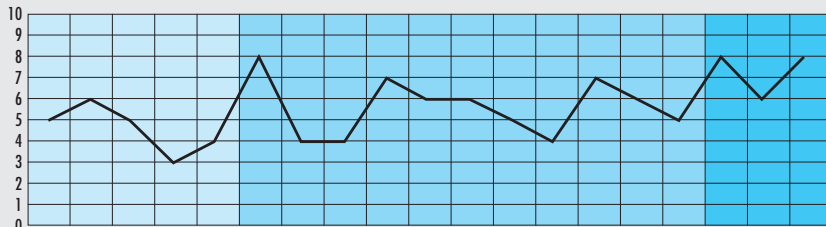
### Kupfertitanzink



### Chromnickelstahl



### Uginox FTE®



## Korrosion von Metaldächern

Aus ökotoxikologischer Sicht sind die wichtigsten Belastungspfade von Metaldächern bei der Gewinnung der betreffenden Metalle (Staubemissionen bei mechanischen Verfahren, Wasserbelastung bei Laugungsverfahren), der Verhüttung und Weiterverarbeitung (Rauch- und Staubemissionen und belastete Abwässer) sowie während der Nutzung (Korrosion) anzusiedeln.

Für die Beurteilung der Korrosion werden die Abschwemmraten herangezogen. Höchste mittlere Abschwemmra-

ten haben Kupfertitanzinkleche, gefolgt von Kupferblechen. Eine mittlere Stellung nehmen verzinnte Bleche, wie Uginox FTE, ein. Für hochlegierte Chromnickelstähle liegen die Abschwemmraten deutlich unter 0,01 µm/a.

Aus Untersuchungen ist bekannt, dass von dem eigentlich korrodierten Material beim Zink etwa 60 Prozent auch wirklich abgeschwemmt wird. Beim Kupfer liegt die Zahl etwa bei 24 Prozent und bei Chromnickelstahl und verzintem Chromstahl bei rund 3 bis 5 Prozent.

	Korrosionsraten (µm/a)	Abschwemmraten (µm/a)
Kupfer	1,05	Cu: 0,26
Titanzink	0,94	Zn: 0,56
Chromnickelstahl Schätzung	< 0,01	Cr: < 0,01 Ni: < 0,01
Chromstahl verzinkt	Sn: 0,3	Cr: > 0,01 Sn: 0,01

### Korrosion und Abschwemmraten.

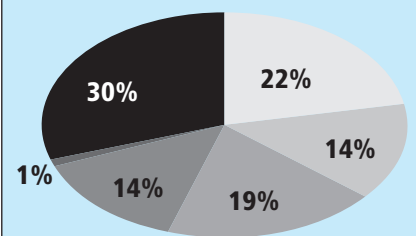
Wieviel Metall abgetragen wird, bestimmt schlussendlich die Abschwemmrate. Versuche zeigten, dass Zink innerhalb von vier Jahren eine zweieinhalb mal höhere Menge an Korrosionsprodukten durch Abschwemmung verliert als Kupfer. Wie die Tabelle zeigt, liegen die Abschwemmraten von Chromnickelstahl und Chromstahl verzinkt deutlich unter denjenigen von Kupfer und Zink.

## Ökotoxikologie

Der Umfang der Metalleinträge in die Umwelt muss als bedeutsam angesehen werden. So können beispielsweise die Richt- und Sanierungswerte der Böden bei Versickerungsanlagen relativ kurzfristig erreicht werden (siehe folgender Abschnitt).

Sowohl Kupfer- wie auch Zinkdächer weisen aus ökotoxikologischer Sicht Nachteile auf. Kupfer und Zink sind für Organismen lebenswichtige Elemente. Sie können aber weit über das physiologisch Notwendige hinaus in Organismen angereichert werden. In Organismen ak-

## Kupfereinträge in Gewässer in der Schweiz



- Anitfouling, Abschwemmungen, Grasland, Drainagen, Erosion Ackerland (diffus) 22%
- Entwässerung im Trennsystem (diffus) 14%
- Dachabläufe nicht kanalisiert (diffus) 19%
- Strassenabläufe (diffus) 14%
- Industrielle ARA (punktuell) 1%
- Kommunale ARA (punktuell) 30%



Auswirkungen der Schwermetallgehalte im Boden (vor allem Zink) auf das Wachstum der Wintergerste.

Quelle: Fachstelle Bodenschutz

kumulierte Schwermetalle können toxische Wirkungen entfalten, indem sie z.B. das Enzymsystem deaktivieren oder die Funktion der biologischen Membran beeinträchtigen. Ein Erwachsener müsste allerdings zwischen 280 bis 350 Liter Wasser trinken, um die maximal tolerierbare tägliche Aufnahme zu erreichen.

Von hochlegierten Chromnickelstählen ist keine Gesundheitsgefährdung zu erwarten. Hochlegierte Chromnickelstahlbleche sind aufgrund ihrer Beständigkeit, den sehr tiefen Korrosions- und Abschwemmraten aus ökotoxikologischer Sicht zu empfehlen. Verzinnte Chromstahlbleche, wie Uginox FTE®, weisen zwar mittlere Korrosions- und tiefe Abschwemmraten auf. Wegen der tiefen Grenzwerte bezüglich der Einleitung von Zinn in Gewässer müssen sie jedoch kritisch bewertet werden.

### Bodenbelastung durch Versickerung

Der Anteil der Entwässerung mit dezentralen Versickerungsanlagen ist noch gering. Im Sinne einer nachhaltigen Wassernutzung sollen aber die Wasserkreisläufe möglichst klein gehalten und Meteorwasser nicht mehr in die öffentliche Kanalisation eingeleitet, sondern, wo dies möglich ist, an Ort und Stelle des Anfalls versickert werden. Dies belastet jedoch die Böden.

Eintrag	Kupfer [t/a]	Anteil [%]	Kommentar
<b>Punktquellen</b>			
Einträge kommunale ARA	30	29%	Anteil Meteorwasser 25–35% Anteil Dachabläufe 20–30%
Einträge industrielle ARA	>1		
<b>Punktquellen total</b>	<b>31</b>	<b>30%</b>	
<b>Diffuse Quellen</b>			
Strassenabläufe	15	14%	Dachabläufe Dächer, Höfe, Strassen
Dachabläufe nicht kanalisiert	20	19%	
Entwässerung im Trennsystem	15	14%	
Antifouling, Abschwemmungen, Gras- und Ackerland, Drainagen, Erosion	23	22%	
<b>Diffuse Quellen total</b>	<b>73</b>	<b>70%</b>	
<b>Gesamteinträge</b>	<b>104</b>	<b>100%</b>	

Grobabschätzungen zu Kupfereinträgen in Gewässer in der Schweiz.

So werden beim Versickern von Dachwasser von Kupfer- und Zinkdächern die Richtwerte bezüglich Kupfer und Zink innert kürzester Zeit (in weniger als sechs Jahren) überschritten. Die Belastung der Ober- und Unterböden durch Dachabflusswasser von Metalldächern ist damit ernst zu nehmen. Bei der Muldenversickerung sind die Sanierungswerte bei Kupfer und Zinkdächern in zehn Jahren erreicht, bei Schacht- und Rigolenversickerung in 33 respektive 39 Jahren. Böden werden innerhalb der erwähnten Zeiträume so stark mit Kupfer bzw. Zink kontaminiert, dass sie saniert werden müssen. Die Metalleinträge in die Umwelt, ausgelöst durch Kupfer- und Zinkdächer, müssen daher als bedeutend angesehen werden.

Auch verzinnte Chromstahlbleche haben einen Austrag, der bei Versickerungsanlagen (Muldenversickerung) be-

deutsam ist. Kritische Bodenkonzentrationen bezüglich Zinn können schon nach wenigen Jahrzehnten erreicht sein.

### Weitere Metalleinträge in die Umwelt

Die Kupfermenge die durch Klärschlamm auf die Felder gelangt, beträgt nur etwa zwei Prozent der Menge, die durch Mineral-, Hof- und Abfalldünger in der Landwirtschaft auf die Felder gelangt. Beim Zinn sind es etwa 6,5 Prozent.

Zirka 30 Prozent der Kupfergesamtfrachten in den Kläranlagen stammen von Dächern. Der Anteil der Dächer am Eintrag der Zinngesamtfrachten liegt mit rund 20 Prozent etwas unter dem von Kupfer. Aufgrund ihrer Beständigkeit und den sehr tiefen Korrosions- und Abschwemmraten sind darum hochlegierte Chromnickelstahlbleche aus ökotoxikologischer Sicht zu empfehlen.

	Cu-Dach	Zink-Dach
Zeit bis Sanierungswert erreicht bei Oberbodenversickerung	10 Jahre (6–13 J.)	11 Jahre (7–23 J.)
Zeit bis Richtwert erreicht bei Unterbodenversickerung	< 1–2 J.	< 2–6 J.
Zeit bis Sanierungswert erreicht bei Unterbodenversickerung	33 Jahre (22–45 J.)	39 Jahre (26–80 J.)
VSBo-Sanierungswerte: Kupfer: 1000 mg/kg Boden; Zink: 2000 mg/kg Boden		

Zeit bis zur Erreichung der VSBo-Richtwerte bzw. -Sanierungswerte bei Versickerung des Dachwassers.

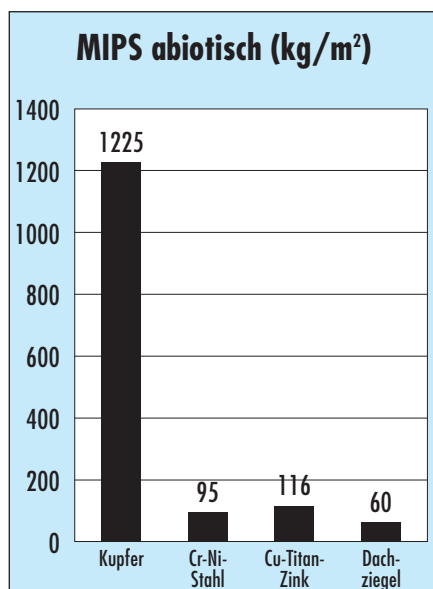
## Materialbeständigkeit

Die Materialbeständigkeit beschreibt, wie lange ein Blechdach in der Praxis hält. Lange Haltbarkeiten sind im Sinne einer nachhaltigen Materialnutzung und wegen der Umweltbelastungen, die durch den Ersatz entstehen (Gewinnung des Metalls, graue Energie etc.), wünschenswert. Die Materialbeständigkeit hängt in erster Linie von der Verarbeitung ab. Fachmännisch ausgeführte Dachdeckungen aus Metall sind im allgemeinen sehr beständig. Dazu gehört allerdings auch die Kenntnis aller möglichen, mit dem Metall in Kontakt tretenden aggressiven Verbindungen.

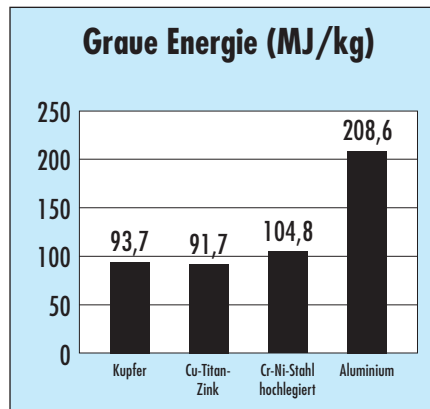
Zink ist betreffend der Anfälligkeit auf Korrosion, verglichen mit Kupfer und rostfreiem Stahl, weniger beständig. Vor allem die Anfälligkeit gegenüber Weissrost und die Gefahr von Kontaktkorrosion wirken sich auf die Bewertung negativ aus. Zusätzlich ist in der Praxis vor allem in Bezug auf Zink von Bauschäden an Metalldeckungen die Rede. Kupfer ist ein relativ beständiges Metall, jedoch mit Einschränkungen bezüglich Ammoniak und Säuren. Rostfreier Stahl ist im Allgemeinen am beständigsten, auch gegen aggressivere Verbindungen. Einzig die chlorinduzierte Korrosion kann rostfreiem Stahl gefährlich werden.

## Materialintensität

Man geht davon dass mit steigendem Materialinput für die Herstellung und Ge-



Vergleich der Materialintensitäten pro Service-Einheit (MIPS).



Vergleich der Grauenergiewerte verschiedener Metalle.

winnung eines Materials oder Produktes die Umweltbelastung dementsprechend zunimmt. Über den Materialinput (MI) kann die Materialintensität bei der Gewinnung und Herstellung eines Materials erfasst werden.

Kupfer weist mit Abstand die grösste Materialintensität auf, gefolgt von Zink und hochlegiertem Stahl. Dachziegel sind gegenüber hochlegiertem Stahl und Kupfer-Titan-Zink pro Quadratmeter Dach deutlich weniger materialintensiv. Die Materialintensität von Zink ist gegenüber Dachziegeln etwa doppelt so hoch.

## Langlebigkeit

Metalldächer sind im Allgemeinen langlebige Konstruktionen, immer vorausgesetzt, dass keine Baumängel in Konstruktion oder Verarbeitung vorliegen. Bekanntestes Beispiel der Langlebigkeit sind Kupferdächer alter Kirchentürme, die ohne Probleme 300 Jahre alt sein können. Die Lebensdauer der Metalldächer muss jedoch unter Berücksichtigung der heute verwendeten, dünneren Materialstärken und der aggressiveren atmosphärischen Bedingungen bewertet werden.

Chromnickelstahl wird als das langlebige Metall im Dachbereich angeschaut, gefolgt von Kupfer und Uginox FTE®. Kupfertitanzink wird von allen verglichenen Metallen als das am wenigsten langlebige Metall eingestuft.

Darüber hinaus lassen sich Metallabdeckungen auch reparieren und recyceln. Dies ist wichtig, weil Metalle nicht unbeschränkt verfügbar sind und ihre Herstellung mit grossem Energieaufwand verbunden ist. So sind die oben

genannten Metallbleche als Dachbedeckung generell eine energieintensive Variante. Dachziegel aus Ton brauchen nur einen Bruchteil der Energie. Die graue Energie pro Quadratmeter Dachfläche für Metalle liegt gegenüber Dachziegeln um den Faktor vier bis fünf höher. Die graue Energie ist ein umweltrelevantes Vergleichskriterium für Materialien und Baustoffe. Es werden damit die Umweltbelastungen durch den Energie-Input und die damit verbundenen Emissionen bei der Herstellung des Baustoffes, vom Rohstoffabbau bis zum Fabrikator des letzten Verarbeitungsschrittes, bewertet. Die graue Energie ist somit eine Schlüsselgrösse innerhalb von Ökobilanzen. Die Daten zur grauen Energie sind jedoch unvollständig und je nach Quelle sehr verschieden.

## Fazit

Die relativ hohen Korrosions- und Abschwemmraten von Zink und Kupfer verlangen in der Praxis nach Filtersystemen. Diese haben den Vorteil, dass sie auch zusätzliche, aus der Luft deponierte Schadstoffe reduzieren. Solche Filtersysteme arbeiten mit Adsorptionsmaterialien, die auswechsel- und regenerierbar sein sollen.

Alle vier untersuchten Metalle weisen bei richtiger Verarbeitung und unter Berücksichtigung von Filtersystemen trotz der Abschwemmproblematik eine relativ hohe Materialbeständigkeit und Langlebigkeit auf. Dies ist sowohl ökologisch als auch ökonomisch interessant. Sie stellen daher wertvolle und vielseitig einsetzbare Baumaterialien dar.

## Vom Dach in den Boden

Der Bericht «Produkt- und Ökopprofil von Metall-dächern» (90 Seiten, gebunden) kann für CHF 90.– bei der Bau- und Umweltchemie, Telefon 01 / 440 72 11, Telefax 01 / 440 72 13 oder [info@wohngift.ch](mailto:info@wohngift.ch) bestellt werden. Download der Kurzfassung unter: [www.wohngift.ch](http://www.wohngift.ch)

Im Bericht werden die Ökopprofile genau beschrieben, so dass die Bewertung der einzelnen Kriterien nachvollziehbar wird.