

Texte

**17**  
**05**

ISSN  
0722-186X

## Leitfaden für das Bauwesen

Reduktion von Schwermetalleinträgen aus  
dem Bauwesen in die Umwelt

Umwelt  
Bundes  
Amt 

Für Mensch und Umwelt

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 202 242 20/02  
UBA-FB 000824



# Leitfaden für das Bauwesen

Reduktion von  
Schwermetalleinträgen aus  
dem Bauwesen in die Umwelt

von

**Martin Hoffmann**  
**Alexander Rudolphi**

Gesellschaft für Ökologische Bautechnik Berlin mbH (GFÖB)

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter <http://www.umweltbundesamt.de> verfügbar.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in dem Leitfaden geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt  
Postfach 14 06  
06844 Dessau  
Tel.: 0340/2103-0  
Telefax: 0340/2103 2285  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet II 2.2  
Dr. Joachim Heidemeier

Dessau, August 2005

# **Leitfaden für das Bauwesen**

**Reduktion von Schwermetalleinträgen  
aus dem Bauwesen in die Umwelt**

**Hinweis**

Dieser Leitfaden wurde im Rahmen des vom Umweltbundesamt geförderten Forschungsvorhabens "Freisetzung von Schwermetallen aus Materialien in die Umwelt" erarbeitet, in dessen Rahmen die Kupfer-, Zink- und Bleiemissionen für die wichtigsten Verwendungsbereiche quantifiziert und Emissionsminderungsmaßnahmen untersucht wurden. Der Forschungsbericht des Vorhabens enthält weitere Hintergründe und Details zu den Inhalten des Leitfadens.<sup>1</sup>

Martin Hoffmann, Alexander Rudolphi

Gesellschaft für ökologische Bautechnik Berlin mbH

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Juni 2005

<sup>1</sup> Hillenbrand, T.; Toussaint, D.; Böhm, E.; Fuchs, S.; Scherer, U.; Rudolphi, A.; Hoffmann, M: Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden - Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen. UBA-Texte Band, Umweltbundesamt

## **Inhalt**

<b>4</b>	<b>Hintergrund</b>
<b>5</b>	<b>Ziel</b>
<b>7</b>	<b>Überblick</b>
<b>9</b>	<b>Schritt 1: Grundsätzliche Klärung</b>
<b>11</b>	<b>Schritt 2: Flächenberechnung und Richtwert</b>
<b>14</b>	<b>Schritt 3: Regenwasserbehandlungsanlagen</b>
<b>15</b>	<b>Schritt 4: Ausnahmen im Rahmen des Leitfadens</b>
<b>16</b>	<b>Schritt 5: Planungsänderung und Materialaustausch</b>
<b>18</b>	<b>Anlage 1: Berechnung der Bezugsflächen</b>
<b>31</b>	<b>Anlage 2: Hinweise zum Austausch kleinteiliger Anwendungen an Dächern und Fassaden</b>
<b>37</b>	<b>Anlage 3: Ökologische Bewertung der Materialien</b>
<b>39</b>	<b>Anlage 4: Marktübersicht über Anlagen zur Dachablaufwasser-Reinigung</b>
<b>40</b>	<b>Anlage 5: Austausch großflächiger Zink- oder Kupfereindeckungen an Dächern und Fassaden</b>

## Hintergrund

Die Metalle Zink, Kupfer und Blei zählen aufgrund ihrer Dichte zu den Schwermetallen. Im Bauwesen gehören sie zu den traditionell verwendeten Materialien für Dachabdichtungen und Verkleidungen, Dacheinbauten, Regenrinnen, Fallrohre oder Kamine. Vor allem aus Kupfer und Blei waren die ersten Metallbleche zur Herstellung von Rohren und Dachdeckungen. Zink dagegen ist ein modernes Baumaterial, dessen Verwendung als Blech erst seit etwa 180 Jahren eingeführt wurde. In den letzten Jahrzehnten hat die Bedeutung von Kupfer und Zink beim Decken von Dachteilen und ganzen Dächern sowie als Fassadenelemente erheblich zugenommen.

Alle drei Materialien zeichnen sich durch hohe Dauerhaftigkeit und gute Korrosionsfestigkeit aus. Grund dafür ist, dass sich in Verbindung mit Feuchte zunächst eine festhaftende Oxid-Schicht bildet, die vor weiterer Korrosion schützt. Abhängig vom Metall ist diese Schicht jedoch mit abnehmendem pH-Wert des Regens (= sauer) zunehmend löslich. Der pH-Wert des Regens wird in erster Linie vom  $\text{SO}_2$ -Gehalt der Luft und in Meeresnähe von Chloriden bestimmt. Weiterhin verstärken erhöhte Konzentrationen an Luftschadstoffen wie  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_4$  und  $\text{O}_3$  den Korrosionsprozess. Die Abschwemmung gelöster Schwermetall-Ionen ist dabei von der Intensität und Häufigkeit der Niederschläge, von der Neigung und Exposition der bewitterten Metallbleche sowie von deren Vorbehandlung und Beschichtung abhängig.

Die Schwermetalle sind sowohl als Ionen wie auch als Verbindungen in unterschiedlichem Maße giftig für Lebewesen und Pflanzen. Durch eine umweltoffene, bewitterte Anwendung von Kupfer, Zink und Blei werden Gewässer und Böden erheblich belastet. Der Trend der Belastungen mit Kupfer und Zink in deutschen Gewässern ist in den letzten Jahren stagnierend bzw. teilweise auch leicht ansteigend - im Gegensatz zu vielen anderen Schadstoffen mit deutlich zurückgehenden Belastungen. Die Flussgebietskommissionen für Rhein und Elbe stufen die drei Schwermetalle in die Gruppe von Schadstoffen ein, für die die Zielvorgaben noch nicht erreicht wurden. Eine Reduktion der Einträge in die Umwelt ist deshalb erforderlich. Wichtiger Ermittler für die genannten Schwermetalle ist der Verkehr mit zahlreichen Einzelquellen wie Reifen-, Brems- und Fahrabrieb, Auswuchtgewichte, Oberleitungen und verzinkte Ausrüstungen (z.B. Leitplanken, Schilder, Masten). Weitere bedeutende Emissionsquellen sind die Trinkwasserversorgung (über die verwendeten Rohrmaterialien) und das Bauwesen. Dazu kommen spezifische Quellen wie z.B. Kupfer in Pflanzenschutzmitteln. Aufgrund der breiten Streuung unterschiedlichster technischer Anwendungen von Zink, Kupfer und Blei im Bauwesen ist eine Reduktion in diesem Verwendungsbereich besonders schwierig.

- Ziel**
- Ziel des Leitfadens ist es, den Anteil der Boden- und Gewässerbelastung durch Schwermetalleinträge aus dem Bauwesen zu verringern, ohne die Verwendung von dauerhaften und bewährten Baumaterialien wie Zink- und Kupferblech pauschal zu verbieten. Mit einer differenzierten Betrachtung der jeweiligen Einsatzbereiche und flexiblen Eingriffsmöglichkeiten soll ein nachhaltiger Umgang mit diesen Baumaterialien erreicht werden.
- Für den Anwendungsbereich des Leitfadens wird daher die Verwendung von Zink- und Kupferblechen auf eine bautechnisch begründete und hinsichtlich des Boden- und Grundwasserschutzes tolerierbare Grenze eingeschränkt..
- Die Verwendung von **Bleiblechen in ungeschützter bewitterter Funktion** ist im Anwendungsbereich des Leitfadens nicht möglich.
- Die Verringerung der Umweltbelastungen durch diffuse Einträge von Schwermetallen in der Nutzungsphase wird gegen die Umweltwirkungen der Herstellungs-, Einbau- und Rückbauphase abgewogen.
- Zielgruppe**
- Der Leitfaden richtet sich in erster Linie an die privaten und öffentlichen Bauherren von Hochbauten und deren Architekten und Fachingenieure. Darüber hinaus kann er den ausführenden Handwerksbetrieben als Orientierung dienen.
- Geltungsbereich**
- Der Leitfaden ist eine Empfehlung des Umweltbundesamtes insbesondere für Regionen mit einer erhöhten Gewässer- und Bodenbelastung. Die durch das Verhältnis der verwendeten bewitterten Metallflächen zur Grundfläche des Gebäudes benannte Begrenzungsempfehlung kann dabei regional abweichend festgelegt werden.
- Anwendung**
- Der Leitfaden beschreibt den Nachweis der Begrenzungsempfehlung für Zink und Kupfer in der bewitterten Außenanwendung. Für die Abschätzung und Berechnung der anzusetzenden Flächen ist die Vorgehensweise in fünf aufeinander folgenden Schritten erläutert. Die hierfür im Leitfaden enthaltenen Tabellen sind für den Nachweis zu verwenden. In einem ersten Schritt wird dem Bauherrn bzw. Planer zunächst aufgezeigt, ob sein Bauvorhaben grundsätzlich unter den vorgesehenen Anwendungsbereich fällt. In den weiteren Schritten wird beschrieben, über welche Maßnahmen die Begrenzungsempfehlung eingehalten werden kann.

Für die Anwendung von Zink und Kupfer im Bauwesen können technisch und ästhetisch begründete Bereiche unterschieden werden:

- **Großflächige Dach- und Metalleindeckungen**

Bleche auf Dächern oder an Fassaden sind heute nur selten rein technisch begründet sondern werden aus gestalterischen Gründen eingesetzt.

- **Kleinflächige Dach- und Fassadenelemente**

Auch bei der Deckung von Gauben, Anbauten, Erkern usw. stehen in der Regel gestalterische Gründe im Vordergrund.

- **Kleinflächige, rein funktional erforderliche Bleche**

Zahlreiche Blechanwendungen sind traditioneller Bestandteil von Dachdeckungen aus Bitumenbahnen, Ziegeln, Schindeln usw. Häufig erfolgt die Auswahl ohne Beteiligung der Planung nur durch den Dachdecker.

- **Regenanlagen**

Regenanlagen stehen meist in keinem zwingenden Zusammenhang zu Deckungs- und Dichtungsmaterialien, das Material kann unabhängig im Rahmen des Marktangebotes ausgewählt werden.

- **Freistehende verzinkte Bauteile**

Auch Zinkbeschichtungen als Korrosionsschutz unterliegen einer Zinkabschwemmung. Diese Beschichtungen sind fast ausschließlich funktional begründet.

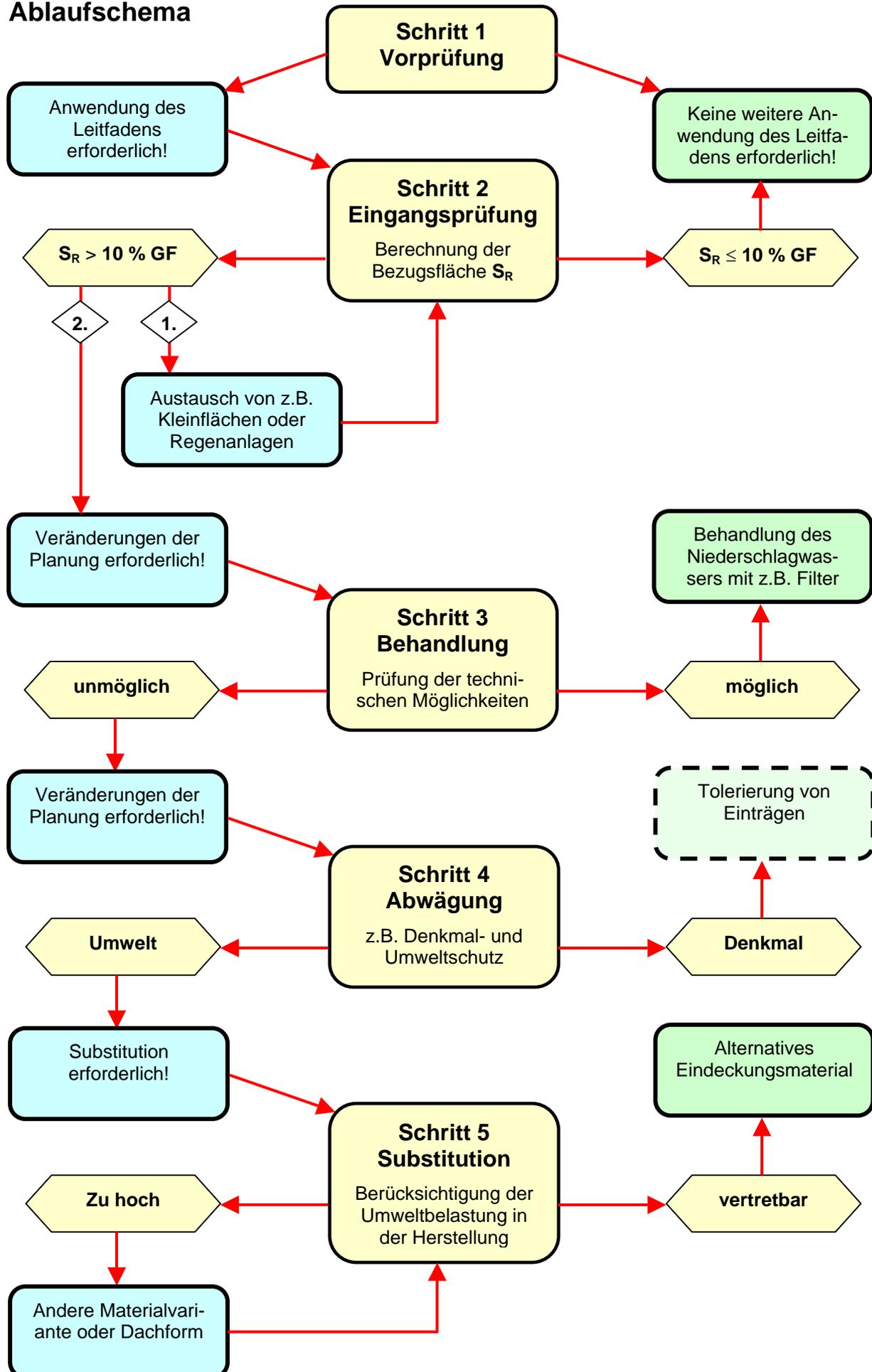
Bei gestalterisch wirksamen großflächigen Dach- und Fassadenanwendungen oder bei Dacheindeckungen im Rahmen der Denkmalpflege wird die Begrenzungsempfehlung in aller Regel schnell überschritten. In diesem Fall werden drei Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt:

- Das belastete Regenwasser wird durch eine geeignete Filtertechnik vor Ort gereinigt.
- Aufgrund besonderer Randbedingungen wie z.B. Denkmalschutz liegt ein Ausnahmefall vor.
- Die geplante Blecheindeckung oder -dichtung wird durch eine technisch geeignete Alternative ausgetauscht.

## Überblick über die Struktur des Leitfadens

- Schritt 1** Mit einigen wenigen Fragen kann geklärt werden, ob bei dem betreffenden Bauvorhaben eine Anwendung des Leitfadens sinnvoll ist.
- Schritt 2** In der Eingangsprüfung wird die bewitterte Oberfläche bei dem geplanten Bauvorhaben ermittelt und mit der Begrenzungsempfehlung verglichen.
- ⇒ Berechnung nach Tabellen der Anlage 1, Hinweise in Anlage 2
- Schritt 3** Bei Überschreitung der Begrenzungsempfehlung kann der Eintrag in die Umwelt u.U. durch eine Behandlung des Niederschlagswassers vermieden werden.
- ⇒ Behandlungsmethoden in Anlage 4
- Schritt 4** Bei Bauvorhaben im Denkmalschutz, bei denen kein Einsatz z.B. von Filteranlagen möglich ist, müssen die öffentlichen Interessen Umwelt- und Denkmalschutz in Abstimmung mit den Behörden abgewogen werden.
- Schritt 5** Abhängig vom geplanten Einsatz wie der Dachform und deren Nutzung stehen zumutbare und ökologisch sinnvolle Varianten zur Substitution von Zink- und Kupferblechen oder verzinkten Oberflächen zur Verfügung.
- ⇒ Substitution nach Anlage 5, Bewertung nach Anlage 3

**Ablaufschema**



## Schritt 1

## Grundsätzliche Klärung

Bauvorhaben, bei denen mit Sicherheit keine bewitterten Bauteile aus Zink, Kupfer oder Blei vorgesehen sind, fallen nicht unter den Anwendungsbereich des Leitfadens. Die Verwendung von Zink- und Kupferblechen, aber auch von kleinteiligen Bleiblechen ist dem Planer oder Bauherr allerdings nicht immer bewusst. Kehlen, Ortgänge oder Kamineinfassungen werden häufig unaufgefordert vom Dachdecker mit entsprechenden Blechen hergestellt. In frühen Planungsstadien kann deshalb der spätere Einsatz von Zinkblech, kleinteiligen Bleiblechen oder verzinkten Außenbauteilen nur ausgeschlossen werden, wenn für die Detailplanung entsprechende Festlegungen erfolgen.

Ist eine der nachfolgenden Fragen mit Ja zu beantworten, sind die weiteren Schritte des Leitfadens auszuführen, ansonsten kann die Prüfung abgeschlossen werden.

**Nein****Ja**

Sind großflächige Zink- o. Kupferdeckungen, Gauben, Anbauten oder Fassaden vorgesehen?

Sind Bauelemente an der Fassade wie z.B. Fensterbleche oder Gesimsabdeckungen aus Zink- oder Kupferblech geplant?

Ist eine Regenwasseranlage (Rinnen / Fallrohre) aus Zink- oder Kupferblech geplant?

Sind verzinkte Stahlbauteile wie z.B. außenliegende Fluchttreppen oder Terrassengeländer vorgesehen?

Werden bei der geplanten Dacheindeckung Neben- bzw. Anschlussbleche aus Zink, Kupfer oder Blei eingesetzt?

*Um diese letzte Frage schon in einem frühen Planungsstadium sicher mit Nein beantworten zu können, ist es notwendig, entweder die gewünschte Eindeckung und deren Anschlüsse detaillierter festzulegen oder den Anschluss von Nebenblechen aus Zink, Kupfer und Blei in die Ausschreibung aufzunehmen.*

Werden alle Fragen mit nein beantwortet, sind keine umweltrelevante Emissionen von Schwermetallen zu befürchten. Werden einzelne oder alle Fragen mit ja beantwortet, sollte der Nutzen und die Funktion der vorgesehenen Zink- oder Kupferanwendungen überprüft werden. Einzelanwendungen wie z.B. die Regenanlage oder ein standardmäßig verzinktes Stahlbauteil können problemlos gegen ein anderes System bzw. gegen eine andere Korrosionsbe-

schichtung ausgetauscht werden. Führt die Neuprüfung dazu, dass durch entsprechende Substitutionen alle Fragen mit nein beantwortet werden können, ist keine weitere Bearbeitung des Leitfadens notwendig.

**Sollen keine Zink- oder Kupferflächen verwendet werden, gelten folgende Anforderungen in den Ausschreibungen oder bei der Auftragsvergabe für Dachdecker- und Klempnerarbeiten :**



Unbeschichtete Bleibleche dürfen nicht verwendet werden.



Bewitterte Kleinbauteile wie Orgänge, Kehlen, Kaminverwahrungen, Anschlüsse usw. aus Zink oder Kupfer dürfen nicht verarbeitet werden.

## Schritt 2 Flächenberechnung und Richtwert

Die an einem Gebäude eingesetzten Bleche werden in höchst unterschiedlichem Maße bewittert. Die tatsächlich zu bewertenden Abschwemmungen sind abhängig von der Überdeckung durch andere Bauteile, von der Neigung und von der Ausrichtung zur Wetterseite. Der Abgleich der geplanten Flächen mit einer tolerierten bewitterten Oberfläche verlangt einen einheitlichen Vergleichsmaßstab.

Der Vergleich erfolgt über eine Bezugsoberfläche mit der international gebräuchlichen Kennzeichnung S (surface), bei der die Neigung, die Ausrichtung zur Wetterseite und die Überdeckung durch andere Bauteile berücksichtigt wird. Alle Zink- und Kupferoberflächen werden über entsprechende Faktoren auf die Bezugsoberfläche  $S_R$  (rated surface) umgerechnet, die in Relation zur Grundfläche  $GF$  des Gebäudes gesetzt wird. Liegt der Anteil von  $S_R$  an  $GF$  unterhalb des hier vorgeschlagenen Richtwerts von 10 %, gilt die Anforderung, die Schwermetallemissionen zu begrenzen, als erfüllt. Wird dieser Richtwert überschritten, sind die im Leitfaden genannten Maßnahmen zur Begrenzung der Schwermetallemissionen erforderlich.



<b>Richtwert</b>	<b><math>S_R \leq 10 \% GF</math></b>
------------------	---------------------------------------

### ← Anlage 1

#### Ermittlung der Bezugsoberfläche $S_R$

Bei der Ermittlung der gewichteten Bezugsoberfläche der im Bauprojekt geplanten oder technisch erforderlichen Zink- und Kupferflächen sind die unterschiedlichen Überdeckungen, Neigungen und Ausrichtungen zu berücksichtigen. Dies erfolgt in den beigefügten Berechnungstabellen (Anlage 1) mit entsprechenden Umrechnungsfaktoren für die einzelnen Einsatzbereiche. Die Faktoren beziehen sich auf in Versuchen ermittelte neigungs- und bewitterungsabhängige Abschwemmraten. In Anlage 1 wird an Hand eines Beispielgebäudes die Ermittlung der Bezugsfläche erläutert.

#### Dach – Fassade

Bei großflächigem, ästhetisch motiviertem Einsatz im Dach oder der Fassade wird der Richtwert von 10 % der Grundfläche in aller Regel überschritten, ein detaillierter Nachweis ist deshalb nicht erforderlich. Entsprechend den in Schritt 3 – 5 ausgeführten Maßnahmen ist die Verwendung zu reduzieren.

#### ← Anlage 1, Tabelle 1

Bei Teilflächen z.B. in der Fassade ist die Bezugsfläche mit der Tabelle 1 oder 2 in Anlage 1 nachzuweisen und in der Zusammenstellung aufzuführen.

#### ← Anlage 1, Tabelle 2

Im Dach wird nach den **Neigungen 0-20° und >20 – 70° unterschieden.**

Alle Flächen  $>70^\circ$  werden zu den Fassadenflächen gerechnet und nach der Ausrichtung zur Wetterseite differenziert. Gekrümmte Flächen werden nach den in Anlage 1 ausgeführten Regeln berücksichtigt.

**Kleinflächen**

← Anlage 1, Tabelle 3

Kleinere Flächen und Elemente in Dach und Fassade wie Gauben, Attiken, Fensterbleche werden in Tabelle 3 erfasst und berechnet. Im Bereich der Fassaden muss die Ausrichtung zur Wetterseite und bei Schrägen die Neigung berücksichtigt werden.

**Nebenbleche**

← Anlage 1, Tabelle 4

Funktional notwendige Nebenbleche im Bereich des Daches werden in Tabelle 4 erfasst und berechnet. Unterschieden wird nach der Dachneigung. Für die Überdeckung von Nebenbleche durch die eigentliche Dachdeckung werden zur Vereinfachung der Erfassung feste Annahmen für die Breite der benetzten Fläche getroffen.

**Regenanlagen**

← Anlage 1, Tabelle 5

Die Fallrohre und Regenrinnen aus Blech gehen zur Berechnung der Bezugsflächen in Tabelle 5 mit ihren Nenndurchmessern ein.

**Verzinkte Bauelemente**

← Anlage 1, Tabelle 6

Gitterroste, Treppen und Geländer werden in Tabelle 6 stark vereinfachend mit einem Faktor 2 auf die jeweilige horizontale bzw. vertikale Grundfläche angesetzt. Es bleibt dem Anwender des Leitfadens unbenommen, eine genauere Berechnung der bewitterten Flächen der jeweiligen Elemente vorzunehmen. Im Anschluss an Tabelle 6 werden Formeln zu einer genaueren Berechnung angegeben.

Die aufgrund brandschutzrechtlicher Bestimmungen notwendigen Treppenhäuser und Austritte außerhalb von Gebäuden werden im Bereich von Gewerbe und Bürogebäuden und bei Ergänzungen im Bestand in der Regel in verzinkten Stahlrohr- bzw. Gitterrostkonstruktionen ausgeführt. Soweit von der Genehmigungsbehörde keine abweichende Vorgabe erfolgt, **können diese brandschutztechnisch notwendigen Bauteile bei der Gesamtbezugsfläche unberücksichtigt bleiben. Empfohlen wird jedoch der Einbau duplex-beschichteter Stahlkonstruktionen**, bei der die (Feuer-) Verzinkung mit einer organischen Beschichtung (Lackierung) abgedeckt ist.

**Gesamtsumme**

Die Summe aller Teilflächen aus den Tabellen 1-6 sind für den Nachweis zu addieren und ins Verhältnis zur Grundfläche des Bauvorhabens zu setzen.

**Zusammenfassung aller Teilflächen der Bezugsfläche  $S_R$** 

Dachflächen	m <sup>2</sup> laut Tabelle 1
Fassadenflächen	m <sup>2</sup> laut Tabelle 2
Kleinflächen	m <sup>2</sup> laut Tabelle 3
Nebenbleche Dach	m <sup>2</sup> laut Tabelle 4
Regenanlagen	m <sup>2</sup> laut Tabelle 5
Verzinkte Flächen	m <sup>2</sup> laut Tabelle 6
Zwischensumme	m <sup>2</sup>
Reduktion durch Filter	m <sup>2</sup> Laut beiliegendem Nachweis
Bezugsfläche $S_R$	m <sup>2</sup>
Grundfläche GF	m <sup>2</sup> Laut Bauantrag
<b>Verhältnis <math>S_R / GF</math></b>	% Richtwert: $\leq 10 \%$



Bleibt die gewichtete Bezugsfläche  $S_R$  kleiner oder gleich 10 % der Grundfläche GF ( $S_R \leq 10 \% GF$ ), sind die Anforderungen des Leitfadens erfüllt.



Ist das Verhältnis größer als 10 % ( $S_R > 10 \% GF$ ), sind bei Anwendung des Leitfadens entsprechende Reduktionsmaßnahmen durchzuführen.

**Reduktion**

Bei geringfügiger Überschreitung kann es ausreichend sein, ein technisch leicht substituierbares Element wie z.B. ein Regenfallrohr aus verzinktem Stahl gegen ein Gussrohr auszutauschen. Möglicherweise können auch bei den technisch bedingten Nebenblechen im Dachbereich andere Anschlussdetails gewählt werden. Zur Substitution der Kleinflächen, Regenanlagen und verzinkten Bauteilen siehe Anlage 2.

← **Anlage 2**

Auf die Substitution größerer Flächen wird in Schritt 5 eingegangen. Eine Reduktion der Schwermetalleinträge in die Umwelt ist auch durch eine Behandlung des abfließenden Wassers möglich. In Schritt 3 werden die Möglichkeiten und dafür nötigen Nachweise aufgeführt.

## Schritt 3 Regenwasserbehandlungsanlagen

Zur Verringerung der Einträge in den Boden (bei einer Regenwasserversickerung) oder in das Kanalnetz ist eine dezentrale Behandlung des Wassers möglich. In den letzten Jahren wurden unterschiedliche Anlagen für die dezentrale Behandlung von Dachablaufwasser entwickelt. Teilweise sind diese Anlagen mit integrierter unterirdischer Versickerung versehen (im allgemeinen Schachtversickerungsanlagen), andere dienen der Schadstoffeliminierung unabhängig von der weiteren Ableitung des Niederschlagswassers.

Eine Übersicht der wichtigsten technischen Daten und Kontaktmöglichkeiten gibt **Anlage 3**. Prinzipiell können zwei Einbausysteme unterschieden werden:<sup>\*)</sup>

### ← Anlage 3

- Für größere Bauvorhaben mit Dachflächen von 500 – 1000 m<sup>2</sup> und mehr wurden Betonschachtfilter entwickelt, in die das Ablaufwasser aus der Regenentwässerung zentral eingeleitet wird. Nach der Filterung wird das Ablaufwasser entweder über Rigolen oder Drainagen versickert oder in den Entwässerungsanschluss eingeleitet. Die Kosten werden mit ca. € 1.500,- / 500 m<sup>2</sup> Dachfläche ohne Einbaukosten angegeben. Neben einer regelmäßigen Schlämmräumung müssen die Filter ca. alle 5 Jahre ausgetauscht werden, die Filterkosten werden mit ca. € 400,- veranschlagt.
- Für kleinere Bauvorhaben mit Dachflächen von bis zu 150 bzw. 250 m<sup>2</sup> sind Kleinfliter zum Einbau in die Standrohre der Regenentwässerung verfügbar. Für dieses System werden die Kosten ohne Einbau für eine Dachfläche bis 150 m<sup>2</sup> mit ca. € 700,- veranschlagt, der Austausch der Filter ist alle 2 – 3 Jahre erforderlich (ca. € 200,-).

Viele Systeme werden erst seit wenigen Jahren am Markt angeboten und bis Ende 2004 im Rahmen von Forschungsvorhaben hinsichtlich ihrer Leistung und Dauerhaftigkeit untersucht.

Die Planung und Dimensionierung entsprechend der Herstellerangaben des gewählten Systems ist dem Nachweis der Flächenbegrenzung beizufügen. Die damit entwässerten Flächen gehen nicht in die Bezugsfläche ein.

Ist keine Behandlung des Regenwassers möglich oder sind größere Teilflächen wie Fassaden nicht für eine Behandlung zu erfassen, müssen die nachfolgenden Schritte 4 und 5 dieses Leitfadens ausgeführt werden.

<sup>\*)</sup> Alle Produktangaben entsprechen dem Stand 2004

## **Schritt 4                    Ausnahmen im Rahmen des Leitfadens**

Erfolgt der Einsatz von Zink- oder Kupferblechen auf Grund von Auflagen der Denkmalpflege und besteht keine Möglichkeit zur Abwasserbehandlung, müssen die öffentlichen Belange Denkmalschutz und Umweltschutz abgewogen werden. Abhängig von der Art der lokalen Entwässerung und der Situation der Gewässer ist ggf. die Einleitung belasteter Regenabwässer in die Kanalisation oder in den Boden zu akzeptieren.

Eine Abwägung öffentlicher Belange kann sowohl durch die zuständige Baugenehmigungsbehörde in Abstimmung mit der Denkmalpflege und der Umweltbehörde als auch zwischen durch den Bauherrn/Planer in Absprache mit einzelnen Behörden erfolgen.

## Schritt 5 Planungsänderung und Materialaustausch

Der Austausch von Dachdeckungsmaterialien ist meist technisch eingeschränkt durch die aufnehmbaren Lasten des Dachstuhles und durch die Dachform. Hinsichtlich der beabsichtigten Gestaltung besteht für Zinkbleche die Möglichkeit, z.B. mit verzinnnten Kupferblechen ein ähnliches Erscheinungsbild zu erreichen. Für Kupferbleche gibt es hinsichtlich der gestalterischen Wirkung keine Alternativen. Grundsätzlich ergeben sich zwei Planungsmöglichkeiten bei der Auswahl alternativer Varianten:

- Bei Neubauten oder bei umfassenden Dacherneuerungen kann die Form und die Statik des Daches einem alternativen Deckungsmaterial angepasst werden. In diesem Fall ergeben sich keine Einschränkungen bei der Entscheidung.
- Ist die Form und die Statik des Daches nicht beeinflussbar, z.B. bei Arbeiten im baulichen Bestand, ist die Menge der möglich Materialalternativen beschränkt.

Der Materialaustausch von Fassadenverkleidungen, die ursprünglich als Zink- oder Kupferbleche geplant wurden, oder ein kleinflächiger Einsatz bei Mansarden- oder Gaubenseiten unterliegt dagegen in der Regel keinen technischen Beschränkungen hinsichtlich der möglichen aufnehmbaren Lasten oder der Befestigungssysteme. Insbesondere für Fassaden stehen deshalb als Alternativen eine große Zahl unterschiedlichster Materialsysteme zur Auswahl.

Um die Prüfung eines Materialaustausches zu erleichtern, sind die jeweils technisch sinnvollen und möglichen Materialalternativen als Arbeitshilfe in der Anlage 5 dargestellt. Wie bei den kleinteiligen Bauelementen aus Zink oder Kupfer sollte sich die Wahl der Materialalternativen im Bereich der Dach- und Fassadenanwendung an einer Bewertung der jeweiligen Umweltbelastungen orientieren.

Das im Leitfaden verfolgte Ziel der Reduzierung von Schwermetalleinträgen in Boden und Gewässer ist ggf. mit den durch alternative Materialien verbundenen Umweltbelastungen abzuwägen.

### ← Anlage 5

# Leitfaden für das Bauwesen

## Anlagen

## Anlage 1: Berechnung der Bezugsflächen

### Zusammenfassung aller Teilflächen der Bezugsfläche $S_R$

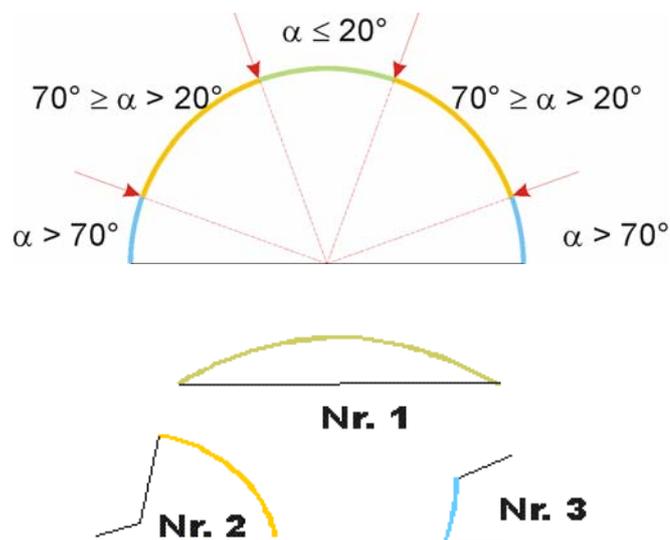
Dachflächen	m <sup>2</sup>	laut Tabelle 1
Fassadenflächen	m <sup>2</sup>	laut Tabelle 2
Kleinflächen Dach/Fassade	m <sup>2</sup>	laut Tabelle 3
Nebenbleche Dach	m <sup>2</sup>	laut Tabelle 4
Regenanlagen	m <sup>2</sup>	laut Tabelle 5
Verzinkte Flächen	m <sup>2</sup>	laut Tabelle 6
Zwischensumme	m <sup>2</sup>	
Reduktion durch Filter	m <sup>2</sup>	Laut beiliegendem Nachweis
Bezugsfläche $S_R$	m <sup>2</sup>	
Grundfläche GF	m <sup>2</sup>	Laut Bauantrag
<b>Verhältnis <math>S_R / GF</math></b>	%	Richtwert: ≤ 10 %

**Tabelle 1**      **Dachflächen**

Dachneigung	Laut Planungsunterlagen	Neigungsfaktor	Gewichtete Bezugsfläche
$\leq 20^\circ$	m <sup>2</sup>	* 1,0	m <sup>2</sup>
$> 20^\circ - 70^\circ$	m <sup>2</sup>	* 0,7	m <sup>2</sup>
Summe Bezugsfläche Dach			m <sup>2</sup>

**Erläuterung zur Bewertung der Dachflächen**

Bei der Bemessung der Dachflächen wird nach flach geneigt mit bis zu  $20^\circ$  (entspricht der Neigungsgruppe I bis III nach DIN 18531) und geneigt zwischen  $20^\circ$  und  $70^\circ$  (entspricht der Neigungsgruppe IV nach DIN 18531) unterschieden. Alle nicht gewölbten Flächen über  $70^\circ$  werden zu den vertikalen Fassadenflächen (siehe Tabelle 2) gerechnet.



Eine Dachfläche in Kalottenform wie in Beispiel Nr.1 mit einer Neigung zwischen  $20^\circ$  und  $0^\circ$ , kann pauschal unter der Gruppe schwach geneigt (Neigung bis  $20^\circ$ ) eingeordnet werden. Eine Teiltonnenform, wie in Beispiel Nr. 2 abgebildet, kann in die Gruppe geneigte Flächen und ein krummflächiger Mansardendachbereich, wie in Beispiel 3, kann pauschal als Fassade eingeordnet werden.

**Tabelle 2 Fassadenflächen ( 70° - 90° )**

Flächen	Laut Planungs- unterlagen	Ausrichtungsfaktor	Gewichtete Bezugsfläche
umlaufend bzw. mit allseitiger Aus- richtung	m <sup>2</sup>	* 0,6	m <sup>2</sup>
einseitig zur Hauptwetterseite	m <sup>2</sup>	* 1,0	m <sup>2</sup>
diagonal oder ab- seitig zur Haupt- wetterseite	m <sup>2</sup>	* 0,4	m <sup>2</sup>
Summe Bezugsfläche Fassaden			m <sup>2</sup>

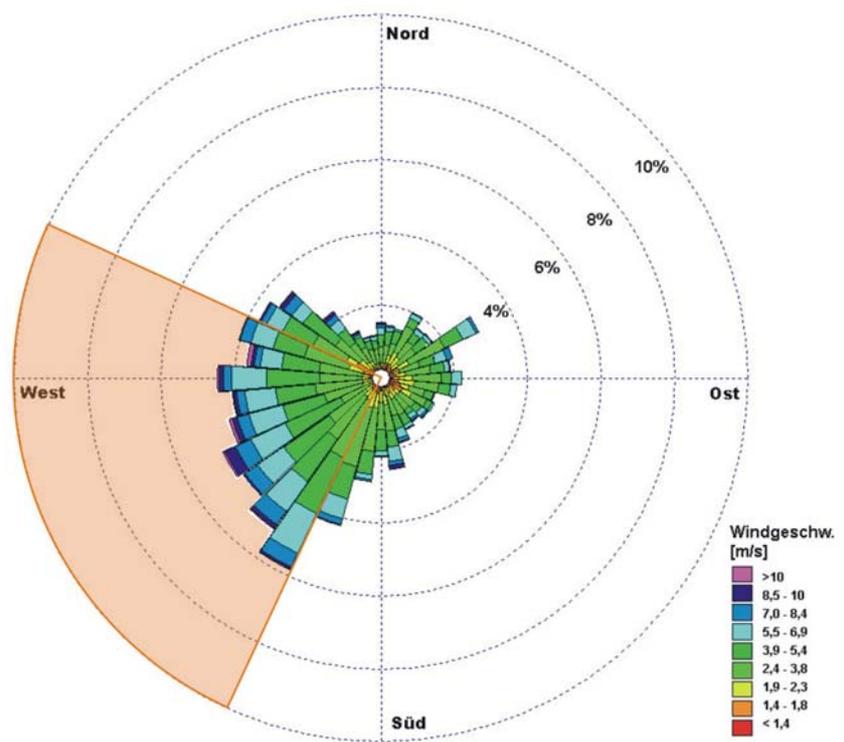
**Erläuterung zur  
Bewertung der  
Fassadenflächen**

Bei senkrechten Flächen besteht eine deutliche Abhängigkeit der Abschwemmrate von der Ausrichtung zur Hauptwetterseite. Um eine aufwendige Einzelbemessung von Teilflächen zu vermeiden, werden drei Fallpauschalen vorgegeben, von denen im Einzelfall durch Einzelfallberechnung abgewichen werden kann.

In Hauptwindrichtung gilt der Faktor 1, entgegengesetzt dazu der Faktor 0,4. Flächen die zwischen 45° und 135° von der zur Hauptwindrichtung abweichen werden mit dem Faktor 0,6 gewichtet.

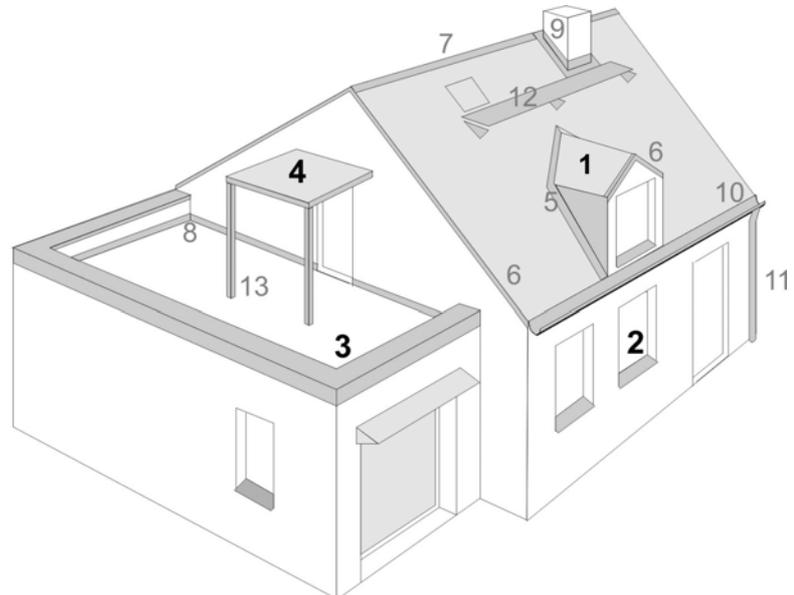
Die Ausrichtung der Fassaden wird mit Hilfe einer lokalen oder regionalen Windrose ermitteln. Liegt, wie in den meisten Regionen Deutschlands, eine Hauptwindrichtung vor, erfolgt die Zuordnung über einen 90° Kegel, der über dem Schwerpunkt der Windrichtungen gelegt wird (roter Kegel in der nachfolgenden Abbildung). Liegen zwei entgegengesetzte Hauptwindrichtungen vor, werden entsprechend zwei 45° Kegel angesetzt.

**Richtungskegel auf  
einer beispielhaften  
Windrose**



**Tabelle 3 Kleinflächen an Dach / Fassade**

Bauteile	Laut Planungs- unterlagen	Ausrichtungs- bzw. Neigungsfaktor	Gewichtete Bezugsfläche
<b>1</b> Gauben			
geneigt $\leq 20^\circ$	m <sup>2</sup>	* 1,0	m <sup>2</sup>
$>20^\circ - 70^\circ$	m <sup>2</sup>	* 0,7	m <sup>2</sup>
$>70^\circ$ umlaufend bzw. mit allseitiger Ausrichtung	m <sup>2</sup>	* 0,6	m <sup>2</sup>
$>70^\circ$ einseitig zur Hauptwetterseite	m <sup>2</sup>	* 1,0	m <sup>2</sup>
<b>2</b> Fensterbleche, Gesimsabdeckungen			
umlaufend bzw. mit allseitiger Aus- richtung	m <sup>2</sup>	* 0,6	m <sup>2</sup>
einseitig zur Hauptwetterseite	m <sup>2</sup>	* 1,0	m <sup>2</sup>
<b>3</b> Attikaabdeckungen	m <sup>2</sup>	* 1,0	m <sup>2</sup>
<b>4</b> Sonstige Flächen	m <sup>2</sup>	* 1,0	m <sup>2</sup>
<b>Summe Bezugsfläche Kleinflächen</b>			<b>m<sup>2</sup></b>

**Kleinflächen:**
**1 Gaube**
**2 Fensterblech**
**3 Attikaabdeckungen**
**4 Sonstige (Vordach)**

**Erläuterung zur  
Bewertung der Klein-  
flächen**

Die Bewertung der kleineren Flächen erfolgt analog zu den Dach- und Fassadenflächen. Die geneigten Flächen werden in bis zu  $20^\circ$  geneigt und zwischen  $20^\circ$  und  $70^\circ$  unterschieden. Die senkrechten Flächen ( $>70^\circ$ ) z.B. an Gauben werden nach ihrer Ausrichtung unterschieden. Bei den Fensterblechen und Gesimsen wird ebenfalls die Ausrichtung berücksichtigt. Bei horizontalen Abdeckungen an Attiken usw. erfolgt keine weitere Differenzierung. Zur Substitution der Kleinflächen siehe Anlage 2.

Tabelle 4 Nebenbleche Dach

	Funktionen	Laut Planungs- unterlagen	Flächen- faktor	Neigungs- faktor	Gewichtete Bezugsfläche
5	Kehlbleche $\leq 20^\circ$	m	* 0,2 m	* 1,0	m <sup>2</sup>
	$>20^\circ - 70^\circ$	m	* 0,2 m	* 0,7	m <sup>2</sup>
6	Ortgänge $\leq 20^\circ$	m	* 0,1 m	* 1,0	m <sup>2</sup>
	$>20^\circ - 70^\circ$	m	* 0,1 m	* 0,7	m <sup>2</sup>
7	First/Gratblech $\leq 20^\circ$	m	* 0,2 m	* 1,0	m <sup>2</sup>
	$>20^\circ - 70^\circ$	m	* 0,2 m	* 0,7	m <sup>2</sup>
8	Anschluß/Seiten- bleche $\leq 20^\circ$	m	* 0,1 m	* 1,0	m <sup>2</sup>
	$>20^\circ - 70^\circ$	m	* 0,1 m	* 0,7	m <sup>2</sup>
9	Verwahrungen $\leq 20^\circ$	m	* 0,2 m	* 1,0	m <sup>2</sup>
	$>20^\circ - 70^\circ$	m	* 0,2 m	* 0,7	m <sup>2</sup>
	Sonstige	m	Breite	* 1,0	m <sup>2</sup>
Summe Bezugsfläche Nebenbleche					m <sup>2</sup>

**Nebenbleche:**

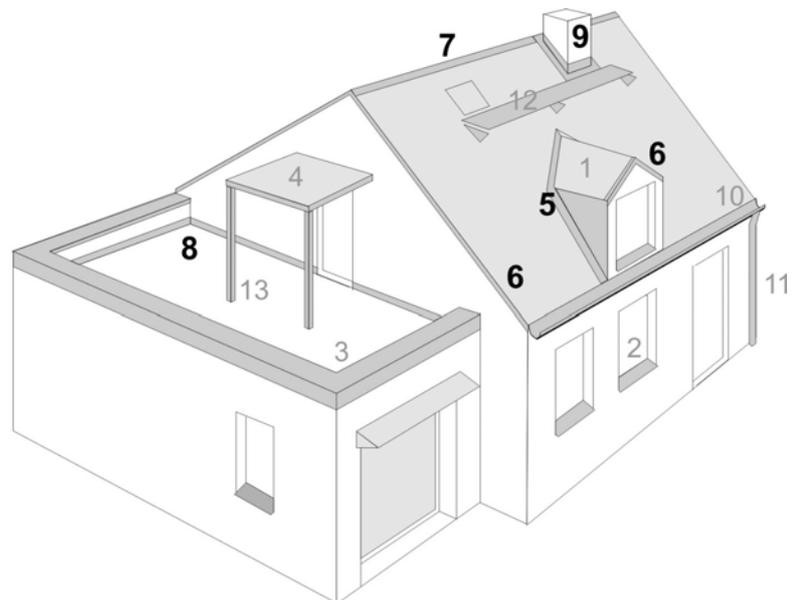
5 Kehlblech

6 Ortgangblech

7 First/Gratblech

8 Anschluss/Seitenblech

9 Verwahrungsblech



**Erläuterung zur Bewertung der Nebenbleche** Die tatsächliche Fläche der Nebenbleche wie z.B. Anschluß-, Trauf- oder Kehlbleche, sind in der Planung nur mit sehr hohem Aufwand zu ermitteln. Ein Teil dieser Bleche wird nicht oder nur bei extremen Regenfällen benutzt und müssen deshalb nur bedingt in die Ermittlung der Bezugsfläche einbezogen werden. Zur Vereinfachung der Ermittlung werden deshalb Flächenfaktoren für die technisch unterscheidbaren Nebenbleche vorgegeben. Zur Ermittlung der Bezugsflächen wird die tatsächliche Länge der Bauteile mit dem Flächen- und Neigungsfaktor multipliziert.

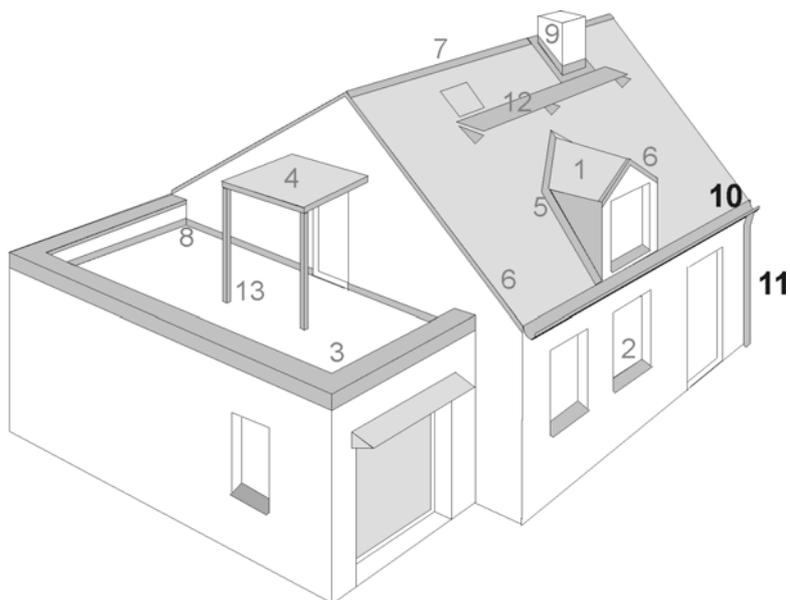
**Tabelle 5**                      **Regenanlagen**

Elemente	Länge	Durchmesser	Gewichtete Bezugsfläche
Rinnen	m	m	m <sup>2</sup>
Fallrohr	m	m	m <sup>2</sup>
Sonstiges	m	m	m <sup>2</sup>
Summe Bezugsfläche Regenanlage			m <sup>2</sup>

**Regenanlage**

**10 Rinnen**

**11 Fallrohr**



**Erläuterung zur  
Bewertung der Re-  
genanlagen**

Die genaue Benetzung der Blechoberfläche von Fallrohren und Regenrinnen und die daraus resultierende Abschwemmrate ist nicht ermittelbar. Es werden deshalb vereinfachende Annahmen getroffen.

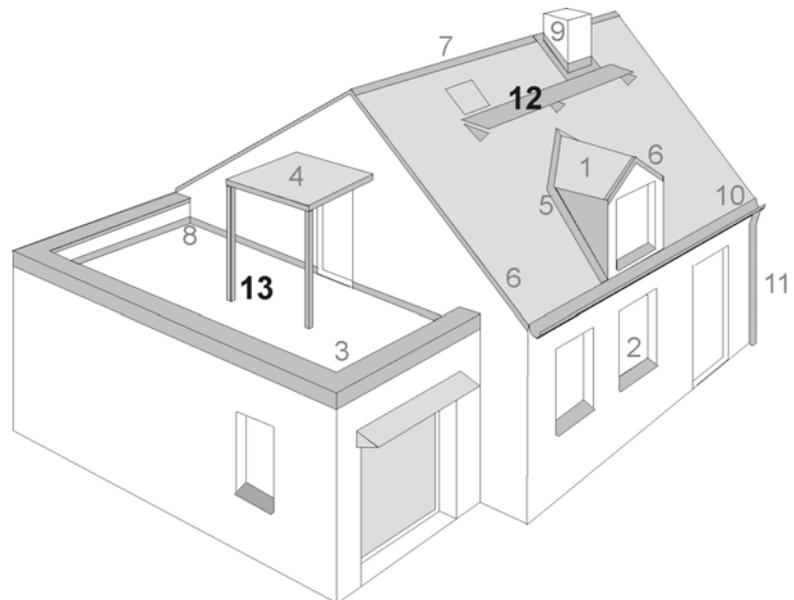
Die Bezugsfläche der Fallrohre und Regenrinnen aus Blech werden auf der Basis ihrer Nenndurchmesser und ihrer Länge ermittelt.

**Tabelle 6                      Verzinkte Bauteile und Flächen**

Bauteil	Laut Planungsunterlagen	Flächenfaktor	Neigungsfaktor	Gewichtete Bezugsfläche
Blechflächen	m <sup>2</sup>	* 1	* 1 / 0,7*	m <sup>2</sup>
Gitterroste	m <sup>2</sup>	* 2	* 1	m <sup>2</sup>
Geländer	m <sup>2</sup>	* 1	* 1	m <sup>2</sup>
Stahlrohr (Abwicklung)	m <sup>2</sup>	* 1	* 1	m <sup>2</sup>
Sonstige	m <sup>2</sup>	* 1	* 1	m <sup>2</sup>
Summe Bezugsfläche verzinkte Flächen				m <sup>2</sup>

\*aus Tabelle 1 zu ermitteln

**Verzinkte Bauteile:**  
**12 Tritt-Rost**  
**13 verzinkter Stahl**



**Erläuterung zur  
 Bewertung der verzinkten Flächen**

Die Berechnung der geplanten Bauteile erfolgt dort, wo es sich um mehr oder weniger geschlossene Bleche handelt, nach den gleichen Regeln wie bei den Dacheindeckungen bzw. Abdeckungen. Es werden die nicht witterungsgeschützten Grundflächen angesetzt und bei einer Neigung entsprechend gemindert. Der Witterungsschutz ist mit der 45° Regelung zu ermitteln, d. h. alles was sich mit einem 45° Winkel unter einer Horizontalfläche befindet, kann in diesem Zusammenhang als witterungsgeschützt gelten.

Die Berechnung von Geländern erfolgt entweder pauschal über den Flächenfaktor 1 über das gesamte Geländer oder mit einem Nachweis über die tatsächliche Oberflächen der Geländerstäbe.

Die Berechnung von Gitterrosten ist mit erheblichem Aufwand und einer

relativ hohen Unsicherheit über den tatsächlichen Benetzungsfaktor verbunden. Als Vereinfachung kann eine pauschale Bemessung der Grundfläche der Gitter mit dem **Faktor 2** angesehen werden. Dieser kann bei Bedarf durch einen rechnerischen Nachweis ersetzt werden.

Ein Laufrost z. B. mit einer Maschenweite von 31 x 31 mm, einem Tragstab von 25 x 2 mm und einem Füllstab von 10 x 2 mm hat pro m<sup>2</sup> Gitter zwar nur eine Horizontalfläche von 0,13 m<sup>2</sup>, aber eine vertikale Fläche von über 2,3 m<sup>2</sup>. Berechnet man die Benetzung der Vertikalfläche mit dem Neigungs- und Ausrichtungsfaktor, verbleiben etwa 0,6 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. Rechnet man mit einer beidseitigen Benetzung wäre eine benetzte Fläche von ca. 1,3 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> Grundfläche anzusetzen. Diese Umrechnung auf eine benetzte Fläche ist natürlich stark von der Geometrie und der Bauhöhe des Gitters abhängig und kann deshalb nicht verallgemeinert werden. So erhöht sich diese angenommene benetzte Fläche bei einer Maschenweite von 31 x 9 mm auf 2,20 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. Die allgemeine Berechnung der benetzten Fläche eines horizontal eingebauten Gitters ist nachfolgend dargestellt:

$$S = (h_T \times 2 / W_T + h_F \times 2 / W_F) \times F_V + b_T / W_T + b_F / W_F \quad \text{mit}$$

$h_T$  = Höhe,  $W_T$  = Maschenweite,  $b_T$  = Breite der Tragstäbe

$h_F$  = Höhe,  $W_F$  = Maschenweite,  $b_F$  = Breite der Füllstäbe

## Beispiel : Einfamilienhaus mit Garage und Terrasse

Für das Beispielgebäude sind keine großflächigen Blecheindeckungen oder Fassadenbekleidungen aus Blech geplant. Die Tabellen 1 und 2 sind deshalb nicht relevant. Das Satteldach des Beispielgebäudes mit einer Neigung von  $45^\circ$  soll eine Ziegeldeckung erhalten.

### Kleinflächen:

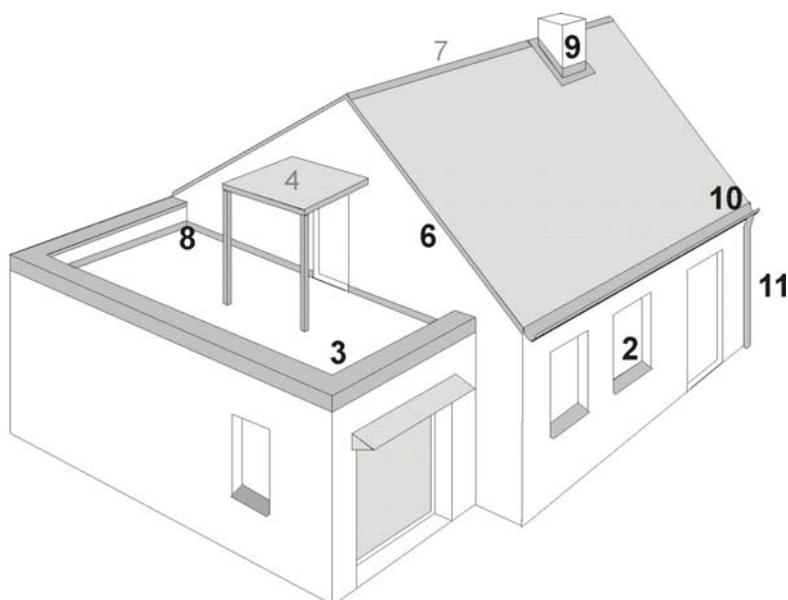
- 1 Gauben
- 2 Fensterblech
- 3 Attikaabdeckung
- 4 Sonstiges (Vordach)

### Nebenbleche:

- 5 Kehlblech
- 6 Ortgangblech
- 7 First/Gratblech
- 8 Anschluss/Seitenblech
- 9 Verahrungsblech

### Regenanlage

- 10 Rinnen
- 11 Fallrohr



Die Terrasse über der Garage erhält eine Attika, die mit einem Zink- oder Kupferblech abgedeckt wird. Dabei wird eine Länge von gesamt 11 m mit einer Abdeckbreite von 0,25 m angenommen. Für die Fenster sind Fensterbleche aus Zink- oder Kupferblech geplant. Angenommen werden 8 Fenster mit einer Fensterbanklänge von gesamt 9,0 m und einer Breite von 0,2 m. Beide Flächen werden in Tabelle 3 eingetragen.

Der Ortgang, die Anschlüsse im Bereich des Garagendaches und die Verwahrung des Kamin werden in Blech ausgeführt. Für den First sind Formsteine gefordert. Auch ohne Festlegung durch den Planer wird für diese Nebenbleche in der Regel Zinkblech eingesetzt. Die Nebenbleche werden in Tabelle 4 eingegeben. Die jeweiligen Längen werden aus den Zeichnungen gemessen und in die Tabellen eingetragen.

Auch die Regenanlage wird zunächst aus Zink- oder Kupferblech geplant. Angenommen werden 20 m Rinne mit einer Breite von 0,15 m (Rinnengröße 333) und zwei Fallrohren mit zusammen 5,0 m und einem Durchmesser von 0,1 m. Die Ermittlung der Bezugsfläche erfolgt mit Tabelle 5.

**Tabelle 3**                      **Kleinflächen**

Bauteile	Laut Planungs- unterlagen	Ausrichtungs- bzw. Neigungsfaktor	Gewichtete Bezugsfläche
Gauben			
geneigt $\leq 20^\circ$	m <sup>2</sup>	* 1,0	m <sup>2</sup>
$> 20^\circ - 70^\circ$	m <sup>2</sup>	* 0,7	m <sup>2</sup>
$> 70^\circ$ umlaufend bzw. mit allseitiger Ausrichtung	m <sup>2</sup>	* 0,6	m <sup>2</sup>
$> 70^\circ$ einseitig zur Hauptwetterseite	m <sup>2</sup>	* 1,0	m <sup>2</sup>
Fensterbleche, Gesimsabdeckungen			
umlaufend bzw. mit allseitiger Aus- richtung	<b>1,8</b> m <sup>2</sup>	* 0,6	<b>1,08</b> m <sup>2</sup>
einseitig zur Hauptwetterseite	m <sup>2</sup>	* 1,0	m <sup>2</sup>
Attikaabdeckungen	<b>2,8</b> m <sup>2</sup>	* 1,0	<b>2,80</b> m <sup>2</sup>
Sonstige Flächen	m <sup>2</sup>	* 1,0	m <sup>2</sup>
Summe Bezugsfläche Kleinflächen			<b>3,88</b> m <sup>2</sup>

**Tabelle 4 Nebenbleche Dach**

Funktionen	Laut Planungs- unterlagen	Flächen- faktor	Neigungs- faktor	Gewichtete Bezugsfläche
Kehlbleche $\leq 20^\circ$	m	* 0,2 m	* 1,0	m <sup>2</sup>
$>20^\circ - 70^\circ$	m	* 0,2 m	* 0,7	m <sup>2</sup>
Ortgänge $\leq 20^\circ$	m	* 0,1 m	* 1,0	m <sup>2</sup>
$>20^\circ - 70^\circ$	<b>28</b> m	* 0,1 m	* 0,7	<b>1,96</b> m <sup>2</sup>
First/Gratbleche $\leq 20^\circ$	m	* 0,2 m	* 1,0	m <sup>2</sup>
$>20^\circ - 70^\circ$	<b>Firstziegel</b> m	* 0,2 m	* 0,7	m <sup>2</sup>
Anschluß/Seiten- bleche $\leq 20^\circ$	m	* 0,1 m	* 1,0	m <sup>2</sup>
$>20^\circ - 70^\circ$	<b>11,5</b> m	* 0,1 m	* 0,7	<b>0,80</b> m <sup>2</sup>
Verwahrungen $\leq 20^\circ$	m	* 0,2 m	* 1,0	m <sup>2</sup>
$>20^\circ - 70^\circ$	<b>3</b> m	* 0,2 m	* 0,7	<b>0,42</b> m <sup>2</sup>
Sonstige	m	Breite	* 1,0	m <sup>2</sup>
Summe Bezugsfläche Nebenbleche				<b>3,18</b> m <sup>2</sup>

**Tabelle 5 Regenanlagen**

Elemente	Länge	Durchmesser	Gewichtete Bezugsfläche
Rinnen	<b>20</b> m	<b>0,15</b> m	<b>3,00</b> m <sup>2</sup>
Fallrohr	<b>5</b> m	<b>0,10</b> m	<b>0,50</b> m <sup>2</sup>
Sonstiges	m	m	m <sup>2</sup>
Summe Bezugsfläche Regenanlage			<b>3,50</b> m <sup>2</sup>

Die Außenmaße des Beispielgebäude von 8,5 x 10 m ergeben eine Gebäudegrundfläche von 85 m<sup>2</sup> GF.

### Zusammenfassung aller Teilflächen der Bezugsfläche $S_R$

Dachflächen	- m <sup>2</sup>	laut Tabelle 1
Fassadenflächen	- m <sup>2</sup>	laut Tabelle 2
Kleinflächen	<b>3,88</b> m <sup>2</sup>	laut Tabelle 3
Nebenbleche Dach	<b>3,18</b> m <sup>2</sup>	laut Tabelle 4
Regenanlagen	<b>3,50</b> m <sup>2</sup>	laut Tabelle 5
Verzinkte Flächen	- m <sup>2</sup>	laut Tabelle 6
Zwischensumme	<b>10,56</b> m <sup>2</sup>	
Reduktion durch Filter	- - m <sup>2</sup>	Laut beiliegendem Nachweis
Bezugsfläche $S_R$	<b>10,56</b> m <sup>2</sup>	
Grundfläche GF	<b>85,00</b> m <sup>2</sup>	Laut Bauantrag
Verhältnis $S_R / GF$	<b>12,42</b> %	Richtwert: $\leq 10$ %

Das Ergebnis von 12,4 % liegt über dem Richtwert und macht für eine Einhaltung des Leitfadens einen Materialaustausch notwendig. Es steht im freien Ermessen des Bauherrn oder Architekten, in welchem Bereich der Austausch erfolgt. Entscheidungshinweise zum Austausch kleinteiliger Anwendungen gibt die Anlage 2.

**Im Beispiel führt der Tausch der Ortgangbleche durch Formziegel (wenn vom Anbieter der Dacheindeckung angeboten) oder alternativ der Austausch des Materials der Regenrinnen und Fallrohre zur Einhaltung der maximal zulässigen Bezugsfläche.**

## Anlage 2: Hinweise zum Austausch kleinteiliger Anwendungen an Dächern und Fassaden

Der Austausch von Kupfer- und Zinkblech soll so erfolgen, dass die Reduktion der emissionsbedingten Umweltbelastungen in der Nutzung nicht zu erhöhten Belastungen der Umwelt in der Herstellungsphase führt. In der Studie, die diesem Leitfaden zu Grunde liegt, wurden deshalb die herstellungsbedingten ökologischen Auswirkungen der Materialien untersucht, mit denen eine Substitution erfolgen kann. Die Ergebnisse dieser Bewertung (siehe auch Anlage 3) werden im Folgenden vereinfachend mit den zwei Stufen *vergleichbar* (↔) und *problematisch* (!) angegeben. Bei *vergleichbar* bestehen keine ökologischen Bedenken gegen einen Austausch, bei *problematisch* ist die Reduktion des Schwermetalleintrages mit höheren Umweltbelastungen z.B. bei der Materialherstellung verbunden. Bei diesen Alternativen ist eine genauere Abwägung der Umweltwirkungen unter Berücksichtigung der regionalen Randbedingungen erforderlich.

### Überblick

Bauteil	Material	Alternative	Herst.
Attika	Zinkblech	Aluminiumprofil	!
		beschichtetes Stahlblech	!
		Verzinntes Kupferblech	↔
		Edelstahlblech	!
	Kupferblech	Farbiges Aluminiumprofil	!
		Verzinntes Kupferblech	↔
Edelstahlblech		!	
Fensterblech, Gesimsabdeckung	Zinkblech	Aluminiumprofil	!
		Verzinntes Kupferblech	↔
		beschichtetes Stahlblech	!
	Kupferblech	Farbiges Aluminiumprofil	!
		Verzinntes Kupferblech	↔
		Edelstahlblech	!
Erker, Gauben	Zinkblech	Aluminiumblech	!
	Kupferblech	Verzinntes Kupferblech	↔
Regenrinne, Fallrohre	Zink	Aluminium	↔
		Edelstahl	!
		PVC	!
	Kupfer	Aluminium	↔
		Edelstahl	!
		PVC	!

**Überblick**

Bauteil	Material	Alternative	Herst.
Standrohre	Verzinkter Stahl	Edelstahl	!
		Guss	↔
	Kupfer	Edelstahl	!
		Guss	↔
Trittroste	Verzinkter Stahl	Holzbohlen	*)
		Edelstahl	*)
Schneefanggitter u.ä.	Verzinkter Stahl	Aluminium	*)
Treppen- und Balkonkonstruktionen	Verzinkter Stahl	Beschichtung	*)
		Edelstahl	*)

\*) Für diese Alternativen wurden keine ökologischen Bewertungen vorgenommen

**Attikaabdeckung**

Bei Attikaabdeckungen handelt es sich um Bewitterungsschutz, bei dem die über die Dachfläche hochgeführte Außenwand nach oben abgedeckt wird und damit die tragenden, dämmenden und abdichtenden Schichten der Fassade geschützt werden. In der Regel wird die Attikaabdeckung in Zinkblech oder Aluminium ausgeführt. Kupferblech kommt nur in Zusammenhang mit einem Kupferdach zum Einsatz.

**Abbildung: Attikaverblechung mit Kiesdach**

Als Alternative zum Einsatz von Zink- bzw. Kupferblech können Aluminiumbleche, bedingt auch beschichtete Stahlbleche oder Edelstahlbleche gewertet werden. Mineralische Attikaabdeckungen wie Faserzementplatten, Ziegel oder Stein sind sowohl mit stark verändertem Aussehen (Kanten) als auch mit in der Regel höheren Kosten verbunden. Bei einem nicht gradlinigen oder häufig verspringenden Verlauf der Attika sind Stahl und Edelstahl mit mehr Vorarbeitungsaufwand (Biegen und Abkanten) und mit deutlich höheren Kosten verbunden als die weicheren Metalle Zink, Kupfer, verzinntes Kupferblech und Aluminium.

**Fensterbleche und Gesimsabdeckungen**

Die untere horizontale Laibung einer Fensteröffnung hat nicht nur die Aufgabe, die Konstruktion der darunter liegenden Wand vor Witterungseinflüssen zu schützen, sondern sie muss auch die am Fenster auftretenden Niederschläge auffangen und nach außen ableiten. Besonders die Anschlüsse an den unteren Rahmenschenkel des Fensters und die seitliche Einbindung in die Laibung sind konstruktive Problembereiche, die nicht immer mit vorgefertigten Blechen zu beantworten sind. Bei der

handwerklich aufwendigeren Einpassung von Zinkblechen kann auf komplexe Situationen reagiert werden. Bei vorgefertigten Randprofilen z. B. aus Aluminium wird der Anschluss häufig mit Hilfe größerer Dichtstoffmengen abgedichtet.

Eine Verblechung der seitlichen oder oberen horizontalen Laibung ist weniger üblich, wird aber im Tafelbau oder bei Vorhangfassaden als Gestaltungselement eingesetzt. In der Regel erfolgt dies dann mit farbig lackierten Stahl- oder Aluminiumblechen. Eine allseitige Bekleidung in Zinkblech ist äußerst selten und wird auf Grund der dabei zu erwartenden geringen Benetzung der Oberflächen bei der Bemessung benetzbarer Flächen nicht berücksichtigt.

**Abbildung: Beispiel für Gesimsabdeckungen**



Bei der Abdeckung von Gesimsen z. B. in Stuckfassaden (siehe Abbildung) ist die Anpassungsfähigkeit von Zinkblechen besonders gefragt. In aller Regel werden diese Abdeckungen vor Ort in Zink angepasst. Eine Substitution durch vor Ort weniger leicht bearbeitbare Bleche ist technisch nur bei einfachen Profilen möglich und führt auf jeden Fall zu Mehrkosten.

Da der Einsatz von Zink- bzw. Kupferblechen für die Abdeckung von Fensterlaibungen und Gesimsen in aller Regel nur dann geplant ist, wenn dies entweder aus denkmalpflegerischen Gründen gefordert wird oder wegen der besonderen Komplexität der Anschlüsse technisch erforderlich erscheint, können nur sehr begrenzt Alternativen genannt werden. Für solche Einsatzsituationen mit z. B. gekrümmtem Laibungsverlauf oder stark gestufter Profilierung bleiben als Alternativen nur verzinnte Kupferbleche. Bei einfachen Laibungssituationen können Aluminiumprofile oder lackierte Stahlbleche eingesetzt werden. Ein Einsatz von Edelstahl ist für diese Bauteile weder konstruktiv noch ökonomisch vertretbar.

## Erkern und Gauben

Bei der Bedachung von Erkern und der Bekleidung von Gauben wird nicht nur in historischen Gebäuden häufiger eine Bekleidung aus Kupfer- oder Zinkblech eingesetzt. Die Wahl dieser Materialien ist überwiegend ein bewusstes Gestaltungsmittel.

### Abbildung: Beispiel für Gauben



Mit der Wahl einer Blecheindeckung können die Anschlüsse an das Gebäude in den Kehlen im gleichen Material wie die Eindeckung selbst ausgeführt werden. Damit wäre ein Ersatz von Blechen mit einem erhöhten Aufwand durch zusätzliche Anschlussarbeiten verbunden.

Als gestalterisch, technisch und handwerklich vergleichbarer Ersatz verbleiben deshalb nur eine Eindeckung mit Aluminium und verzintem Kupferblech. Stahl- bzw. Edelstahlblech käme nur in Form von vorgefertigten Elementen in Frage und müsste vor Ort mit anderen Materialien angeschlossen werden.

## Regenanlagen

Eine Regenanlage besteht aus Regenrinnen und Regenfallrohren und dient zur sicheren Ableitung des Regenwassers von der Dachfläche. Je nach Dachform und -eindeckung besteht das gesamte System neben Rinne und Fallrohr auch aus Trauf-, bzw. Einhangblech und Einläufen.

Die sichtbaren Teile der Regenanlagen mit den Regenrinnen, Einläufen und Rohren werden meistens in Zink- oder Kupferblech ausgeführt. Zusätzlich werden Systeme aus PVC und Edelstahl angeboten. Aus Qualitätsgründen werden die Anlagen oft mit Standrohren aus Stahl und Guss kombiniert.

### Abbildung: Kastenrinne aus Zinkblech



Traufbleche sind in der Regel von der Bedachung überdeckt, Einhangbleche werden vor allem dort benetzt, wo sie einen Teil der Rinne überdecken. Diese Teile des Entwässerungssystems werden deshalb vereinfachend als nicht bewitterte Blechflächen gewertet. Eine gesonderte Erfassung von Einläufen ist ebenfalls nicht erforderlich.

Bei einem ökologischen Vergleich im Bereich der Entwässerungssysteme muss nach Regenrinnen, Fallrohren und Standrohren unterschieden werden. Für alle drei Einsatzbereiche können die Materialien Kupfer und Zink bzw. verzinkter Stahl eingesetzt werden. Alternativ werden Aluminium, PVC und für die Standrohre Guss angeboten.

### Verzinkte Bauteile

Treppen, Balkone und Geländer aus Stahl für den Außenbereich werden in der Regel durch eine Verzinkung gegen Korrosion geschützt und sind damit ebenfalls am Zinkeintrag in Boden und Gewässer beteiligt. So führt ein verzinktes Warzenblech, das ohne Witterungsschutz horizontal montiert ist, zu einem vergleichbaren Zinkeintrag wie eine Eindeckung auf einem flach geneigten Dach.

Bei den verzinkten Stahlbauteilen müssen innerhalb dieser Regelung drei Bereiche unterschieden werden. Zunächst gibt es einen kleinteiligen Einsatz, bei dem z. B. für die Wartung ein kurzes Laufgitter aus verzinktem Stahlblech zwischen Dachausstieg und Schornstein (siehe Abbildung) vorgesehen ist. Zu den kleinteiligen Einsätzen können auch die Schneefanggitter oder Halterungen für Antennen usw. gehören. Für einen großen Teil dieser Einsatzbereiche existieren Materialalternativen.

Abbildung: Beispiel für Trittrost



Ein zweiter Bereich, in dem häufig verzinkte Stahlbauteile zum Einsatz kommen, sind Anbauten für Balkone, Loggien und Vordächer und Balkongitter. Die Oberflächenqualität dieser Bauteile wird in der Regel sowohl nach ökonomischen als auch aus gestalterischen Gesichtspunkten ausgewählt. In diesem Bereich kann ein Eintrag ohne massive Veränderungen und Kosten durch Beschichtungen oder einen Materialwechsel vermieden werden.

Ein dritter Bereich sind die aus brandschutzrechtlichen Bestimmungen notwendigen Treppenhäuser und Stegen außerhalb von Gebäuden. Im Bereich von Gewerbe und Bürogebäuden und bei Ergänzungen im Bestand wird dies in der Regel in Stahlrohr- bzw. Gitterrostkonstruktionen ausgeführt

Bei einem Gebäude mit einem geneigten Dach können Tritte bzw. Laufgitter für den Schornsteinfeger, die vorgeschriebenen Schneefanggitter und andere Bauteile notwendig sein, die als verzinkte Stahlbauteile angeboten werden. So lange diese Teile in ihrer benetzten Fläche innerhalb des Toleranzbereiches für das Gebäude liegen, kann der Einsatz von verzinkten Bauteilen toleriert werden. In allen anderen Fällen müssen andere Materialien eingesetzt werden. So können z. B. die Gitterroste durch Holzbohlen oder Edelstahlbleche ersetzt werden und die Schneefanggitter werden auch in Aluminium angeboten.

Balkongitter, Balkonanbauten, Vordächer und Treppenhäuser aus Stahl, die nicht nur aus brandschutzrechtlichen Gründen ausgeführt werden, können bei entsprechender Planung mit vertretbaren Mehrkosten so ausgeführt werden, dass keine verzinkten Stahlflächen der Bewitterung ausgesetzt sind.

In der Regel bestehen an die Oberfläche dieser Konstruktion gestalterische Anforderungen, die entweder zu einer Beschichtung der Stahlbauteile oder zu einem teilweisen Ersatz durch andere Materialien führen. Geländer, speziell Handläufe, können dabei alternativ z. B. aus Holz oder Edelstahl ausgeführt werden. Für Treppenstufen und horizontale Flächen sind Holz, Edelstahlbleche oder pulverbeschichtete Stahlbleche einsetzbar. Die tragende Stahlkonstruktion kann nach einer Verzinkung beschichtet werden und erhält dadurch einen zusätzlichen Witterungsschutz. Für die Beschichtung stehen technisch leistungsstarke, lösemittelfreie oder wasserdispergierte Systeme zu Verfügung.

### **Brandschutztechnisch notwendige Stahlkonstruktionen**

Das Bauordnungsrecht schreibt für bauliche Anlagen ausreichende Rettungswege vor. Das führt bei vielen Gebäuden zum Bau von äußeren Fluchttreppenhäusern in Gebäudebereichen, die sonst nicht begangen werden. Aus Kostengründen werden diese Fluchtwege häufig als verzinkte Stahlkonstruktionen mit Plattformen und Stufen aus Gitterrosten ausgeführt. Für diese industriell vorgefertigten Gitterrost-Elemente gibt es keine ökonomisch vertretbaren Alternativen.

Für Konstruktionen, die ausschließlich brandschutztechnischen Anforderungen entsprechen, besteht keine Einschränkung beim Einsatz von verzinkten Gitterrosten, für die Tragkonstruktion ist eine zusätzliche Beschichtung (Duplex) gefordert. Die Kombination von verzinkten Gitterrosten und lackierten Stahlträgern ist eine gängige Praxis mit der die Vermeidung von Zinkeinträgen in einem vertretbaren Kostenrahmen gehalten werden kann.

## Anlage 3      Ökologische Bewertung der Materialien

Die ökologische Bewertung der Materialien erfolgte im Rahmen der zugrunde liegenden Studie und wird im Folgenden in Kurzform für den Einsatz als Dacheindeckung wiedergegeben. Auf Grund der Abhängigkeit von der spezifischen Einsatzsituation können die in Anlage 2 aufgeführten Bewertungen von den nachfolgenden Aussagen abweichen.

### Dacheindeckung Fasadensadenbleche

Material	Bezeichnung, Legierungsbestandteile	Dicke [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]
Titanzinkblech	Reinzink, Kupfer + Titan < 1 %	0,7	5,0
Kupferblech	SF-CU: 99,9 % Cu; Restgehalt Phosphor	0,6	5,35
Verzintes Kupfer	SF-CU + 6 µm Verzinnung	0,6	5,34
Aluminiumblech	EN AW-6082; DIN AlMgSi1	0,7	1,98
Edelstahlblech	Werkstoffnummer 1.4301; 18 % Chrom, 10 %Nickel	0,5	3,93
Verz. Stahlblech, beschichtet	Stahl Blech 1,5 mm (Bandverzinkt 2-seitig) , Pulverlack; außen; weiß	0,6	4,85

### Zink

Durch eine Substitution von Zink würden während der Nutzungsphase im bundesdeutschen Durchschnitt etwa 3,0 g Zinkabtrag pro Jahr und m<sup>2</sup> verhindert (Vergleichswert: Gesamtemissionen in die Gewässer 39 g pro Einwohner und Jahr). Die meisten Materialalternativen sind allerdings mit höheren Umweltbelastungen in der Herstellung verbunden.

### Kupfer

Bei der Bewitterung einer Kupferfläche von 1 m<sup>2</sup> werden jährlich etwa 1,3 g Kupfer abgetragen (Vergleichswert: Gesamtemissionen in die Gewässer 8 g pro Einwohner und Jahr). Die Kupferherstellung ist im Mittel mit höheren Umweltwirkungen verbunden als die Herstellung von Zink. Aber auch bei Kupfer sind die Umweltbelastungen in der Herstellung geringer als bei den meisten Materialalternativen. Die typische Erscheinungsform von Kupfer lässt sich mit keinem anderen Material erreichen. Eine Substitution ist deshalb immer mit Änderungen in der ästhetischen Erscheinung verbunden.

### Aluminium

Bei einer Substitution von 1 m<sup>2</sup> Zinkblech mit Aluminium lägen die zusätzlichen Emissionen treibhausfördernder Gase aus der Herstellung bei etwa 4 kg CO<sub>2</sub>-Äqu, der Eintrag von SO<sub>2</sub>-Äqv würde sich um 5 g erhöhen und der Energieaufwand (45 MJ) liegt etwa doppelt so hoch wie bei der Zinkherstellung.

In einer Abwägung zwischen den Varianten Zink und Aluminium ist die Bedeutung der Gewässereinträge in der Nutzung zu berücksichtigen. Bei einer hohen Belastungssituation der Gewässer können die erhöhten Umweltwirkungen bei der Herstellung als nachrangig geltend gemacht werden. Eine Substitution mit Aluminiumblech sollte jedoch nicht automatisch erfolgen.

Bei der Substitution von Kupferblech sind die Unterschiede bei den Umweltbelastungen in der Herstellung geringer als bei Zink, trotzdem sollte

auch hier die Substitution nur nach einer spezifischen Abwägung erfolgen.

**Beschichtetes Aluminium**

Bei einer Substitution mit einem farbig beschichtetem Aluminiumblech liegen die herstellungsbedingten Umweltwirkungen noch etwas höher als bei unbeschichtetem Aluminium und müssen sowohl gegenüber Zink als auch gegenüber Kupfer berücksichtigt werden.

**Beschichtetes Zink**

Der Zinkabtrag von stückverzinkten Bauteilen lässt sich weitestgehend reduzieren, wenn auf die Zinkschicht eine organische Beschichtung (Lackierung) aufgebracht wird. Entsprechende Duplex-Beschichtungen sind seit vielen Jahren gebräuchlich. Die Tendenz ist steigend und wird derzeit auf 30 % der Produktionsmenge stückverzinkter Güter geschätzt. Duplex-Systeme erfordern eine Vorbehandlung der Zinkoberfläche, um eine gute Haftung der organischen Beschichtung zu erzielen.

**Edelstahl**

Die Edelstahlvariante liegt bezüglich der Umweltbelastungen in der Herstellung bei fast allen Wirkungsparametern deutlich über den anderen Metallen. Eine Substitution von Zink durch Edelstahl würde pro Quadratmeter u. a. zu einer zusätzlichen Emission von ca. 14 kg treibhausfördernder Gase, einem erhöhten Eintrag von 150 g SO<sub>2</sub>-Äqv (Versauerung von Boden und Gewässer), einer Verfünffachung des Eutrophierungspotentials und einem erhöhten Energieverbrauch von ca. 182 MJ führen.

Im Vergleich zu Kupfer steht einer durchschnittlichen Abtragsrate von 1,3 g/a•m<sup>2</sup> Kupfer-Ionen eine herstellungsseitige Mehrbelastung der Umwelt von u. a. 10 kg treibhausfördernder Gase, ein erhöhte Eintrag von 150 g SO<sub>2</sub>-Äqv (Versauerung von Boden und Gewässer) und eine Verdreifachung des Eutrophierungspotentials gegenüber. Der Energieverbrauch würde sich um ca. 137 MJ erhöhen.

**Organische Beschichtungen**

Als organische Beschichtungsstoffe kommt eine breite Palette von Nasslacken zum Einsatz. Es werden 1- oder 2-Komponentenlacke verschiedenster Zusammensetzung verarbeitet (z. B. Epoxid-Lacke, PU-Lacke, lösemittel- oder wasserhaltige Acrylharz-Lacke), wobei eine Eignung der Lacke für den Auftrag auf Zinkoberflächen gegeben sein muss. Zunehmend werden für qualitativ hochwertige Beschichtungen auch Pulverlacke eingesetzt. Bei alternativem Einsatz von lösemittelhaltigen Lacken führt die dauerhafte Verminderung des Zinkeintrages zu einem erhöhten Abbau der Ozonschicht durch Lösemittel, die bei der Herstellung emittieren. Bei Einsatz lösemittelfreier Beschichtungssystemen (Pulver-, Wasserlacke) ist die Umweltbilanz der Substitution deutlich günstiger.

**Verzinttes Kupfer**

Bei einer Substitution durch verzinttes Kupferblech liegen bei der Herstellung keine wesentlich höheren Umweltwirkungen im Vergleich zu unbeschichtetem Kupfer vor. Beim Treibhauspotential schlägt die Verzinnung mit plus 15 % zu Buche, die Parameter für Versauerung und Eutrophierung liegen mit ± 5 % innerhalb des Vertrauensbereiches. Beim verzintten Blech würde die Reduktion der Einträge in der Nutzung nicht durch wesentlich höhere Belastungen in der Herstellung erkauft, allerdings kann diese Variante in den meisten Anwendungen weder farblich noch bei den Kosten gleichgesetzt werden.

## Anlage 4 Marktübersicht über Anlagen zur Dachablaufwasser-Reinigung

Anbieter/ Entwickler	Verfahrenstechnik	Erfahrungen	Kosten
HydroCon	Betonfilter in Betonschacht mit anschließender Versickerung (über Rigole oder Sickerschacht); auch Anschluss an Kanalisation möglich	erste Anlagen seit Sommer 2003 in Betrieb; Erprobung im Rahmen eines F+E-Vorhabens	ca. 3 €/m <sup>2</sup> (ein Schacht für bis zu 500 m <sup>2</sup> : 1500 €) (einschließlich der Versickerungsanlage; ohne Einbau) Betonfilter: ca. 300 bis 400 € (Standzeit: etwa 5-10 a); zusätzlich regelmäßige Schlammräumung
Mall Umweltsysteme/ KME	2stufiges Filtersystem in 1 (bis 500 m <sup>2</sup> Dachfläche) bzw. 2 Betonschächten (bis 1000 m <sup>2</sup> ): Schlammfang und Filterpatrone (Zeolith)	erste Anlagen seit Sommer 2003 in Betrieb; Erprobung im Rahmen eines F+E-Vorhabens	ca. 7 – 15 €/m <sup>2</sup> (einschließlich der Versickerungsanlage; ohne Einbau) Filterpatrone: ca. 500 € (Standzeit: etwa 2 bis 5a); zusätzlich regelmäßige Schlammräumung
Entwicklungen TU München	System HydroCon mit anderen Filtermedien (Klinoptilolith und Polypropylenflocken)	Erprobung im Rahmen eines F+E-Vorhabens	bislang nur grobe Schätzung für Investitionskosten möglich (ca. 4 bis 8 €/m <sup>2</sup> );
KME	Fallrohrfilter zum direkten Einbau in Regenfallrohre für Flächen bis zu 150 m <sup>2</sup> (bis 250 m <sup>2</sup> in Vorbereitung); Aufbau: Vorfilter und zweiteiliger Filterkörper	erste Anlagen in Betrieb; Erprobung im Rahmen eines F+E-Vorhabens	ca. 5 –7 €/m <sup>2</sup> ; Standzeit der Filterpatrone ca. 2 bis 3a; zusätzlich einfaches Reinigen des Vorfilters
Anlagen in Österreich (z.B. Fa. Purator)	3stufige Filtrationsanlagen (Sedimentationsstufe, Schwebstofffilter und Adsorptionsfilter) in zwei hintereinandergeschalteten Betonschächten mit integrierter Versickerung	verschiedene Anlagen seit mehreren Jahren in Betrieb	ca. 4 bis 19 €/m <sup>2</sup> Betriebskosten?
EAWAG Schweiz	Sickerschächte mit zusätzlichem Filtervlies und Adsorptionsfilterschicht	derzeit noch in der Entwicklung	Keine Angaben

## Anlage 5

# Austausch großflächiger Zink- oder Kupfereindeckungen an Dächern und Fassaden

Der Austausch von geplanten Dach- oder Fassadenflächen aus Zink- oder Kupferblech bei Neubauten oder einem neuen Aufbau eines Daches muss nicht ausschließlich über den Wechsel der Bedeckung sondern kann selbstverständlich auch durch eine abweichende Konstruktion erfolgen. Durch eine Änderung der Dachkonstruktion können z.B. auch deutlich schwerere Eindeckungsmaterialien wie Ziegel zum Einsatz kommen.

Die Ermittlung und Bewertung der möglichen Alternativen erfolgt aber zunächst entlang der geplanten Dachform. In der folgenden Übersicht werden einige möglichen Alternativen zu dem geplanten Material und der Dachform aufgeführt und mit Kurzzeichen zur Statik und der Ökologie gekennzeichnet.

In der Übersicht wird nicht nach gestalterisch relevanten Unterschieden zu Kupfer und Zink sondern nur nach konstruktiven Gesichtspunkten differenziert. Die Vermeidung von Schwermetalleinträgen ist fast in jedem Fall mit gestalterischen Veränderungen von Dach und Fassade verbunden. Selbst mit farblich vergleichbaren Aluminiumblechen können weder Zink noch Kupfer ohne gestalterische Konsequenzen ersetzt werden.

Eine Beschreibung der untersuchten Dachformen, Materialien und deren Einbautechniken wird im Anschluss an die Übersicht gegeben. Bei Unsicherheit über die Zuordnung der eigenen Planung kann mit Hilfe der einzelnen Beschreibungen eine Eingrenzung erfolgen.

Eine Änderung der Statik, wie sie durch ein anderes Gewicht der Eindeckung oder einem anderen Befestigungssystem notwendig wird, führt häufig zu deutlichen Mehrkosten und gilt deshalb als mögliches Ausschlusskriterium für eine Substitution. In der Übersicht wird in der Spalte "Statik" die kostenrelevante Veränderung mit (↑), eine vergleichbare Konstruktion mit (↔) oder bei einer Unterschreitung mit (↓) markiert. Eine Übersicht über die Eigenlasten der Eindeckungsarten ist in der Abbildung auf Seite 33 zu finden. Bei den Fassaden wird zusätzlich auf die u.a. gestalterisch relevante Unterscheidung mit („Ja“) oder ohne („Nein“) Falz gegeben.

Eine ökologische Bewertung der alternativen Materialien (siehe Anlage 3) erfolgte im Rahmen der zugrundeliegenden Studie und wird im Folgenden vereinfachend mit den zwei Stufen *vergleichbar* (↔) und *problematisch* (!) angegeben. Bei *vergleichbar* stehen keine ökologischen Bedenken gegen einen Austausch, bei *problematisch* ist die Reduktion des Schwermetalleintrages mit höheren Umweltbelastungen z.B. bei der Herstellung verbunden. Dazu ist eine gesonderte Abwägung unter Berücksichtigung der regionalen Randbedingungen sinnvoll.

## Überblick

Dachform	Neigung	Alternativen	Statik	Herst. Blech	
				ZN	Cu
Satteldach Walmdach	>50° - 70	Faserzementplatten	↔	*)	*)
		Verzinntes Kupfer	↔	↔	↔
		Aluminium	↔	!	↔
		Edelstahl	↔	!	!
	>20° - 50°	Faserzementplatten	↔	*)	*)
		Ziegel, Dachsteine	↑	*)	*)
		Verzinntes Kupfer	↔	↔	↔
		Aluminium	↔	!	↔
		Edelstahl	↔	!	!
		Bitumen - Kunststoffbahn	↔	*)	*)
	≤ 20°	Verzinntes Kupfer	↔	↔	↔
		Aluminium	↔	!	↔
		Edelstahl	↔	!	!
Mansarddach		Faserzementplatten	↔	*)	*)
		Verzinntes Kupfer	↔	↔	↔
		Aluminium	↔	!	↔
		Edelstahl	↔	!	!
		Bitumen - Kunststoffbahn	↔	*)	*)
Tonnendach		Verzinntes Kupfer	↔	↔	↔
		Stahlblech, beschichtet	↔	↔	↔
		Aluminium	↔	!	↔
		Edelstahl	↔	!	!
		Bitumen - Kunststoffbahn	↔	*)	*)
mehrfach gekrümmten Dachflächen		Verzinntes Kupfer	↔	↔	↔
		Aluminium	↔	↔	↔
		Edelstahl	↔	!	!

\*) Für diese Alternativen wurden keine ökologischen Bewertungen vorgenommen

## Überblick

Fassade	Alternativen	Falz	Statik	Herst.
Vorhangfassade	Faserzement-Wellplatte	nein	↑	*)
	Faserzementplatten	nein	↔	*)
	Keramikplatten	nein	↑	*)
	Glasplatten	nein	↑	*)
	Kunststoffe	Ja	↔	*)
	Stahlblech, beschichtet	Ja	↔	↔
	Verzinntes Kupfer	Ja	↔	↔
	Aluminium	Ja	↔	!
	Edelstahl	Ja	↔	!
Fassade, allgemein	Wärmedämm-Verbundsystem	Nein	↓	*)

\*) Für diese Alternativen wurden keine ökologischen Bewertungen vorgenommen

## Vergleich der technischen Einsatzgebiete heutiger Dacheindeckungen in Mitteleuropa

	Kupferblech	Zinkblech	Stahl- / Alublech	Trapezblech Alu / Stahl	Faserzement (kleinteilig)	Faserzement-Wellplatte	Falzziegel	Dachsteine	Dachziegel ohne Falz	Schiefer	Bitumenbahnen	Kunststoffbahnen	Gründach	Wellbahnen Kunstst.	Stroh, Reed	Holzschindel
<b>Dachformen</b>																
Satteldach	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Walmdach	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Mansard	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Steildach	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Turmdach	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tonne	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kegel	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kugel	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Flachdach	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Dachneigungen</b>																
< 1,2°	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1,2° - 3°	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3° - 7°	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7° - 10°	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10° - 15°	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
15° - 20°	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
20° - 22°	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
22° - 25°	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
25° - 30°	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
30° - 45°	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
45° - 50°	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
50° - 60°	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
60° - 90°	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

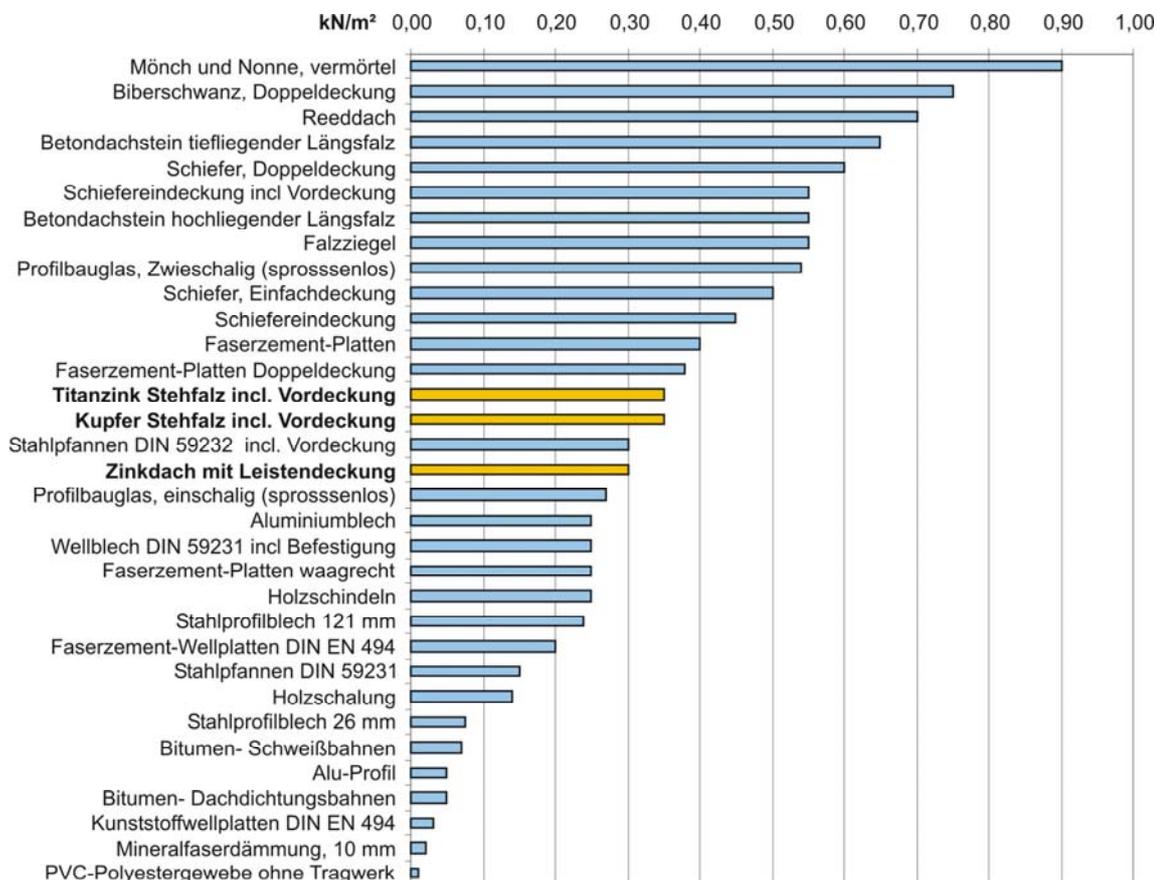
Vorzug
  Eignung
  riskant
  ungeeignet

### Dacheindeckungen

Kupfer- und Zinkbleche lassen sich, wie der Überblick auf der vorausgehenden Seite zeigt, über weite Teile der Dachformen und Dachneigungen einsetzen. Bei Metallscharen (aufgekantete Blechflächen) kann bei sehr geringer Neigung das Wasser durch die Falzverbindungen dringen und es kann zu Rückstau durch Vereisung kommen. So müssen im gefällelosen Bereich z. B. eines Tonnendaches die Falze mit Dichtbändern zusätzlich abgedichtet werden. Mit zunehmender Neigung können Fugen in der Wasser führenden Dacheindeckung immer stärker toleriert werden. Hier ist die Abflussgeschwindigkeit des Regenwassers in der Regel höher als der mögliche Rückstau durch Wind.

Eine Eindeckung mit schuppenförmigen Materialien wie Ziegeln, Dachsteinen, Schiefer, oder Schindeln hat zahllose Verbindungsfugen, die auch bei mehrfach gewinkelten Falzverbindungen stauende Nässe durchlässt. Damit ist deren Einsatz auf eine jeweils falzabhängige Mindestneigung beschränkt. Die geringste, materialspezifisch mögliche Neigung wird als Regeldachneigung bezeichnet. Nur wenn die Wasser führende Funktion durch eine zweite, darunter liegende Schicht übernommen wird, können diese Materialien auch auf schwach geneigten Dächern oder in einem flach verlaufenden Teil eines Daches eingesetzt werden. In diesem Fall hat das Eindeckmaterial allerdings eine mehr "dekorative" Funktion.

In der nachfolgenden Abbildung sind die Eigenlasten von Dacheindeckungen nach DIN 1055 aufgeführt. Dabei wird deutlich, dass Zink- und Kupferblech im Gewichtsbereich anderer Metalle und Faserzementplatten liegt.



## Substitution

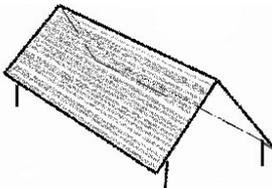
Aus gestalterischen Gründen kommen für die Substitution von Zink- und Kupferdächern zunächst andere Metallbleche in Frage. Für eine ökologische Bewertung kann davon ausgegangen werden, dass die polymeren Eindeckungs-Werkstoffe und mineralischen Deckungen aufgrund der typischen Gewinnungs- und Herstellungsprozesse im Rahmen einer Ökobilanz günstiger zu werten sind als Metalle.

Das Material Zinkblech ist am ehesten durch Aluminiumblech ersetzbar. Es entspricht sowohl hinsichtlich der Farbe und Oberfläche als auch der Verarbeitungseigenschaften und Verarbeitungstechniken am weitesten dem Zink. Edelstahlbleche sind ebenfalls eine Alternative, sie beschränken sich jedoch zumeist auf weitgehend vorgefertigte Fassadensysteme, da sich Edelstahl auf der Baustelle nur schwer formen und anpassen lässt.

Eine neue Alternative stellen verzinnte Kupferbleche dar, die allerdings mit deutlichen Mehrkosten verbunden sind. Mit diesem Material kann jedoch das äußere Erscheinungsbild auch ohne Zink oder Aluminium erhalten werden. Aufgrund der identischen Verarbeitungseigenschaften kann verzinktes Kupfer auch in schwierigen, auf der Baustelle anzupassenden Situationen wie z. B. bei denkmalgeschützten Gebäuden als Alternative für Zink verwendet werden.

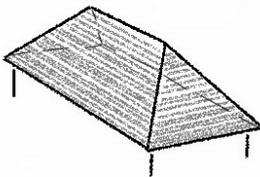
Das Material Kupferblech ist unter ästhetischen Gesichtspunkten nicht äquivalent ersetzbar. Die sich zeitabhängig verändernde Patina des Kupfers als wichtigstes Merkmal kann mit keinem anderen Material simuliert werden. Die Vermeidung von Kupfer als Dach- oder Fassadenmaterial führt daher zwangsläufig zu einer Änderung des gestalterischen Entwurfes.

### Satteldach



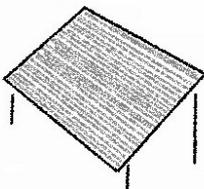
Die klassische Dachform, das Satteldach, das konstruktiv als Sparren- oder Pfettendach ausgebildet ist, wird heute in der Regel ausgebaut und erhält Gauben oder bzw. Dachflächenfenster. Die Dachunterkonstruktion benötigt nicht notwendigerweise eine Schalung, bei einem Dachausbau ist sie aber die Regel. Abhängig von der Dachneigung können fast sämtliche Dachmaterialien eingesetzt werden. Bei einer Substitution von Metalleindeckungen gibt es für diese Dachform keine technische Einschränkungen.

### Walmdach

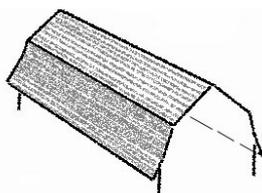


Das Walmdach und dessen Unterformen wie Krüppelwalm unterscheiden sich konstruktiv nicht prinzipiell vom Satteldach. Dacheindeckung in der Regel aus Ziegeln oder Dachsteinen, kaum Platten, Bahnen oder Bleche, die traditionelle Form des Walmdaches wird selten in Metall eindeckt. Die Deckung der zusätzlichen Dachgrate erfolgt meist mit dem Material der Hauptdeckung.

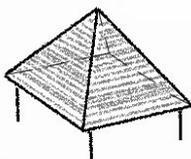
### Pulldach



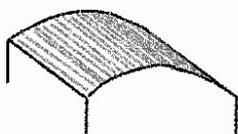
Das Pulldach unterscheidet sich konstruktiv ebenfalls kaum vom Sattel- bzw. Walmdach. Üblich ist eine Schalung unter der wasserführenden Schicht. Ein Pulldach hat häufiger eine flache Neigung und findet öfter zusammen mit anderen Dachformen (Dachlandschaft) Verwendung. Da diese Dachform über eine Front belichtet werden kann, ist ein Dachausbau die Regel.

**Mansarddach**

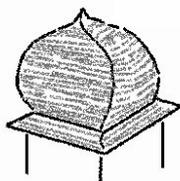
Das "Mansarddach" ist eine eigenständige Dachform, die nach dem frz. Architekten J. H. Mansart (1648 - 1708) benannt wurde. Sie dient in Verbindung mit gaubenartigen Fenstern der besseren Nutzung des Dachraumes. Der Steildachanteil ist technisch mit Fassadenkonstruktionen vergleichbar. Bei einer Substitution von Metalleindeckungen gibt es für diese Dachform keine technischen Einschränkungen. Der Mansart-Knick im Dach erfordert fast immer ein Metallblech, das jedoch nicht bewittert ist.

**Zelt- (Turm) dach**

Das Zeltdach, in der Regel auf quadratischen Grundrissen, hat häufig eine sehr steile Dachneigung (Turmdächer) mit hohem Anteil von Graten. Die Dacheindeckung kann prinzipiell sowohl mit kleinteiligen Steinen, Schindeln, Schiefer als auch mit Metall erfolgen. Bei gut sichtbaren steilen Zeltdächern hat eine Zink- oder Kupferdeckung ein hohes ästhetisches Gewicht und kann nur eingeschränkt substituiert werden.

**Bogen- (Tonnen) dach**

Die einfach gekrümmten Dachfläche wie z. B. Tonnendach, Bogenflächen oder gebogenes Pultdach werden häufiger mit Metallblech ausgeführt. Die Wahl der Dacheindeckung ist abhängig vom Krümmungsradius, der Neigung und der Konstruktion. Für diese Dachform gibt es deutliche Einschränkung bei der Substitution von Metalleindeckungen. Ein Einsatz von Bitumen- oder Kunststoffbahnen wäre neben dem völlig anderen Erscheinungsbild auch mit einer deutlichen Erhöhung der Instandhaltungs- und Erneuerungsarbeiten verbunden. Eine schuppenförmige Eindeckung z. B. mit Schiefer ist aufgrund der horizontalen Bereiche nicht möglich.

**Zierformen**

Noch deutlicher sind die Einschränkungen bei mehrfach gekrümmten Dachflächen wie Schalen, Kuppeln oder Paraboloiden. Neben einer kleinschuppigen Schieferdeckung kommen hier fast nur entsprechend bearbeitbare Metallbleche zum Einsatz. Der Austausch von Zink oder Kupfer kann zu erheblichen Mehrkosten führen. Die hohe ästhetische Bedeutung der Eindeckung von Zierdächern erschwert einen Austausch z. B. von Kupfer.

**Verarbeitung**

Die Verarbeitung von Zink oder Kupfer als Bedachungsmaterial ist durch manuelle bzw. maschinengestützte Anpassungsarbeiten auf der Baustelle geprägt. Beide Materialien werden in Form vorgefalteter Blechbänder in standardisierten Breiten (Scharenbreite) auf der Baustelle geliefert. Die Bänder werden anschließend in unterschiedlicher Art und Weise miteinander verfalzt und angepasst. Bei dieser Technik ist die geometrische Form und Struktur des Daches von geringerer Bedeutung, da sich nahezu jede beliebige Anpassung durchführen lässt. Beide Produkte bedürfen einer vollflächigen Auflage - in der Regel eine Holzschalung oder Leichtbeton.

Aluminium wird in der Regel als industriell vorgefertigte Well-, Trapez-, Kassetten- und Stehfalzprofile eingesetzt. Die Profile werden auf dem Dach nur montiert, die Anpassung begrenzt sich auf das Ablängen und bei Stehfalzprofilen auf das Zusammenklemmen der Profile. Die Vorteile liegen in einer schnellen und kostensparenden Verarbeitung, die jedoch mit zunehmend zergliederter Struktur der Dächer verschwindet. Wechselnde Neigungen, schräge oder zahlreiche Winkel, kleine aneinandergesetzte Flächen führen zu notwendigen Anpassungen und einem Verlust des Zeitvorteils.

Kassettenprofile aus Stahl, verzinkt oder beschichtet, und Edelstahl kön-

nen auf der Baustelle nur sehr gering angepasst werden. Bei Stahl müssen die bearbeiteten Kanten einen nachträglichen Korrosionsschutz erhalten. Ein wirtschaftlicher Einsatz von Stahlblechen ist nur bei einfachen und rechteckigen Dachformen möglich.