

Eintrag von Kupfer und Zink in die Umwelt



Versuche zum Rückhaltevermögen von Sickerschächten für Kupfer und Zink aus Niederschlagswasser von Bedachungsmaterialien.

Der Einsatz von Kupfer und Zink als Bedachungsmaterial erlaubt eine große Vielfalt an architektonischen Gestaltungsmöglichkeiten. Gleichzeitig zeichnen sich die Baumetalle durch eine lange Lebensdauer und Nachhaltigkeit aus. Die durch atmosphärische Korrosion entstehende schützende Patina wird bei Niederschlagsereignissen teilweise abgeschwemmt und gelangt in die Kanalisation oder in Versickerungsanlagen. Bei der Umsetzung der Forderung nach einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung – Versickerung vor Ort – kann es unter Umständen bei der Versickerung des Niederschlagswassers von Metalldächern zu einer Überschreitung der angegebenen Prüfwerte nach dem deutschen Bundesbodenschutzgesetz (BodSchG) bzw. der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) kommen.

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen eines Forschungsvorhabens Feldversuche an Sickerschächten (Abb. 1) sowie Langzeitsäulenversuche im Labor (Abb. 2), durchgeführt, um das Rückhaltevermögen unter realen Bedingungen sowie die Filterkapazität und Standzeit von verschiedenen Filtermaterialien zu bestimmen. Untersuchungsgegenstand war ein carbonathaltiger Sand, ein konditionierter Zeolith sowie ein Gemisch aus diesen beiden Filtermaterialien.

Feldversuch – Sickerschächte

Aufgabenstellung der Feldversuche an den Sickerschächten war die Untersuchung des Rückhaltevermögens der Filtermaterialien (Sand und Zeolith) unter realen Bedingungen. Dies erforderte vor Beginn der Versuche, die geogenen Hintergrundwerte bezüglich Kupfer und Zink am Standort für die Feldversuche zu bestimmen. Der Standort, eine Freifläche in Kamp-Lintfort mit ehemals landwirtschaftlicher Nutzung, wurde daher mittels Rammkernsondierungen bis in einer Tiefe von 3 m beprobt und analysiert.

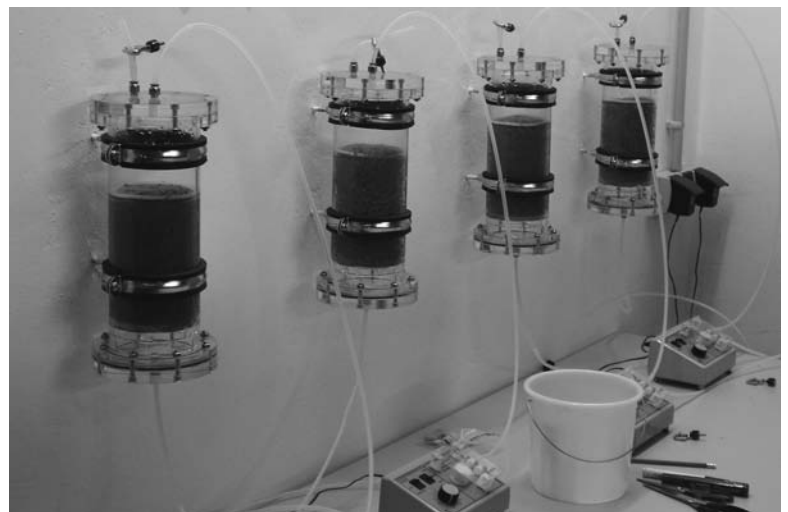
Die Erfassung der natürlichen Deposition erfolgte über ein Referenzdach aus Glas, die Abschwemmern von Kupfer und Zink über entsprechende Referenzdächer aus den Metallen. Neben den Referenzdächern wurden jeweils vier weitere Modelldächer aus Kupfer und Zink aufgestellt und nach einer natürlichen Bewitterung der Material-

oberflächen von 60 Tagen an die entsprechenden Sickerschächte angeschlossen. Alle Dächer sind jeweils 2 m² groß. Die Aufstellung und Ausrichtung der Dächer erfolgte in Anlehnung an die ISO/WD 156-1086. ➤

Abb. 1: Feldversuch nach Anschluss der Dachabläufe an die Sickerschächte



Abb. 2: Aufbau der Langzeitsäulenversuche



Fortsetzung von Seite 25

Der Schachtaufbau (Abb. 3) entspricht dem Regelwerk der DWA. Zusätzlich wurde ein Filtersack aus Geotextil im Schacht installiert. Unter dem Geotextil befindet sich die Filterschicht aus einem Zeolith/Sand-Gemisch oder aus Sand mit einer Schichtdicke von 50 cm. Als letzte Schicht folgt einbaubedingt Füllsand mit einer Schichtdicke von ebenfalls 50 cm. Ab einer Tiefe von 150 cm unterhalb der Geländeoberkante befindet sich der gewachsene Boden.

Abb. 3: Schachtaufbau und Probenahmestellen

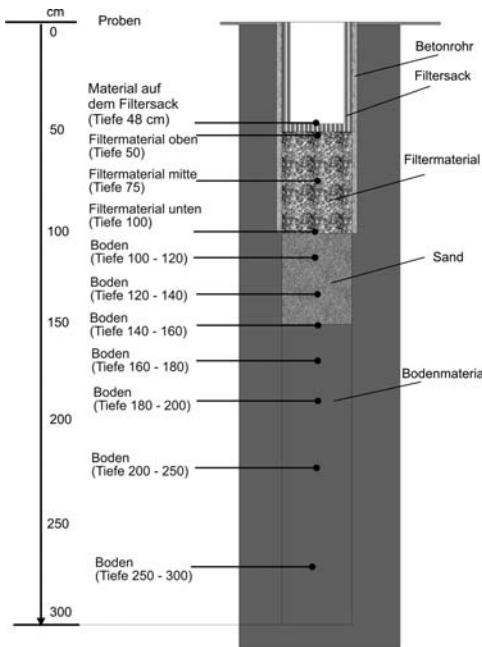
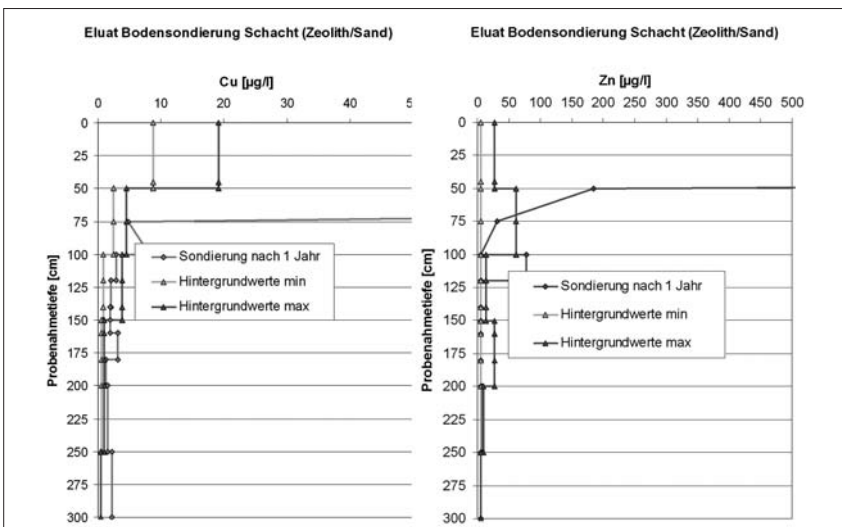


Abb. 4: Eluat-Werte für Kupfer und Zink der Bodensondierungen



Über die Versuchsdauer von einem Jahr wurden regelmäßig Proben aus den Auffangbehältern der Referenzdächer genommen und analysiert sowie die erfasste Regenmenge mit den Daten der Wetterstation vor Ort abgeglichen. Die tatsächliche Niederschlagsmenge für den Standort betrug im Versuchsjahr 1370 mm und lag über dem Jahresdurchschnitt der letzten Jahre von 800 mm. Die Analyse der Proben ergab, bezogen auf die aufgestellten Dachflächen von 2 m², eine jährliche Abschwemmrage von 736 mg/(m²a) für Kupfer und 2052 mg/(m²a) für Zink.

Die gemessenen Werte sind geringer als die in der Literatur beschriebenen Werte, die mit 1340 mg/(m²a) für Kupfer und 3000 mg/(m²a) für Zink angegeben werden. Dieser Sachverhalt ist bei Dächern mit südlicher Ausrichtung nicht außergewöhnlich und ausreichend in Fachpublikationen diskutiert (Odnevall Wallinder et. al.). Der Eintrag über die Deposition (Glasdach) lag für Kupfer bei 9 mg/(m²a) und für Zink bei 39 mg/(m²a).

Nach Ende der Versuchszeit erfolgte die abschließende Bodensondierung und Probenahme aus den Sickerschächten sowie den darunter liegenden Bodenpassagen. Die einzelnen Probenahmestellen sind in der Abbildung 3 aufgeführt. Von allen Proben wurde jeweils ein Königswasser-Aufschluss zur Bestimmung des Gesamtgehaltes analysiert. Zusätzlich wurde das wässrige Eluat der Feststoffproben untersucht. In der Abbildung 4 sind die Ergebnisse der Analysen über das Bodenprofil für den Zeolith/Sandfilter sowie für den reinen Sandfilter aufgetragen.

Die Ergebnisse des Eluates der Feststoffproben (Abb. 4) zeigten nach einem Jahr Beaufschlagung der Schächte keine Auffälligkeiten. Der Gesamtgehalt an Kupfer und Zink in den Bodenpassagen unter dem Filtermedium lagen im Bereich der geogenen Hintergrundwerte und damit deutlich unter dem Prüfwert der BBodSchV von 50 µg/l für Kupfer und 500 µg/l für Zink. Es war damit bei allen Sickerschächten kein Eintrag an Kupfer und Zink in diese Bereiche nach einem Jahr festzustellen.

Die Ergebnisse der Feststoffanalysen des Filtermaterials zeigen, dass die Aufnahmekapazität der Zeolith/Sandfilter (Abb. 5) im Vergleich zum Sandfilter (Abb. 6) erheblich höher ist. Schon in der ersten Filterschicht der Zeolith/Sandfilter wird der größte Anteil der eingetragenen Fracht gebunden und nur ein geringer Anteil erreicht die tieferen Filterschichten. In der untersten Schicht der Zeolith/Sandfilter konnten nach einem Jahr Laufzeit nur Werte gemessen werden, die dem Blindwert des eingesetzten Filtermaterials entsprachen. Ein Eintrag von Kupfer und Zink über das Niederschlagswasser in diese Filterschicht ist damit ausgeschlossen.



Zwar ist auch der Sandfilter in der Lage, Kupfer und Zink zu binden, jedoch ist die Aufnahmekapazität der Sandfilter sehr gering, was nach einem Jahr Laufzeit zu einer Erhöhung der Konzentrationen in der jeweils untersten Filterschicht führt.

Alle Analyseergebnisse der Feststoffproben aus den Sickerschächten belegen, dass der Zeolith/Sandfilter zur Abscheidung von Kupfer und Zink bestens geeignet ist und die gesamten abgeschwemmten Frachten im Zeolith/Sandfilter verbleiben. Da außerdem alle Eluat-Werte der tieferen Bodenschichten in der Größenordnung der geogenen Hintergrundwerte lagen, ist festzuhalten, dass kein Kupfer und Zink aus dem ablaufenden Niederschlagswasser in diese Bodenschichten eingetragen wurde. Diese Ergebnisse konnten im Rahmen einer Massenbilanz validiert werden.

Zusätzliche Sicherheit bietet das eingesetzte Geotextil. Dieses als Filtersack ausgearbeitete PP-/Polyester-Vlies hält einen Großteil der in den Schacht eingetragenen Organik zurück. Der Eintrag an Organik nach einem Jahr Laufzeit der Schächte war zwar begrenzt, dennoch war festzustellen, dass Kupfer und Zink mit der eingetragenen Organik über die Komplexbildung gebunden werden und damit eine Anreicherung auf den Geotextilien festgestellt werden konnte. Die Beladung auf dem Geotextil betrug für Kupfer 2990 mg/kg und für Zink 1880 mg/kg. Dies bedeutet, dass 5–25 % der eingetragenen Kupfer- oder Zinkfracht schon auf dem Filtersack zurückgehalten werden, was eine zusätzliche Sicherheit darstellt. Außerdem ist zu erwarten, dass sich dieser Effekt mit einem höheren Eintrag an Organik über die Zeit noch steigern wird.

Langzeitsäulenversuch

Parallel zu dem Feldversuch wurden im Langzeitsäulenversuch die Filterkapazität und damit die Standzeit der verschiedenen Filtermaterialien (Sand, Zeolith/Sand und Zeolith) im Labor bestimmt. Die Parameter zur Auslegung der Säulen und Durchführung der Versuche (Filtergeschwindigkeit, Niederschlagsmenge etc.) erfolgten zur besseren Vergleichbarkeit in Anlehnung an den Feldversuch.

Die Säulen wurden mit künstlichem Regenwasser bei voreingestellter Kupferkonzentration (3 mg/l) bzw. Zinkkonzentration (6 mg/l), sowie einem konstanten pH-Wert beaufschlagt. Die Herstellung des künstlichen Regenwassers erfolgte in Anlehnung an die Arbeiten der Königlich Technischen Hochschule in Stockholm (Odnevall Wallinder, Sofia Bertling).

Die Versuchsdauer betrug täglich 8 Stunden bei einer Filtergeschwindigkeit von 180 mm/h. Dadurch wurden die Niederschlagsereignisse von einem Jahr in 40 h Versuchszeit simuliert. Zu Tagesbeginn erfolgte die Simulation eines Starkregenerignisses (Stoßbelastung, Schwallwasser). Die Säulen

wurden bis zur Einstauhöhe 0,10 m überstaut. Nach Ablauf des Überstaus wurde jeweils eine Probe am Filterablauf genommen. Danach wurden die Säulen kontinuierlich mit 25 ml/min dotiertem Regenwasser beaufschlagt. Am Tagesende wurde dann ebenfalls eine Probe vom Filterablauf genommen. Diese Versuche wurden bis zum Erreichen des Filterdurchbruchs bzw. der Prüfwerte entsprechend BBodSchV im Ablauf fortgeführt.

➤ Abb. 5: Filterbeladung der Zeolith/Sand-Schächte über die Laufzeit für Kupfer und Zink

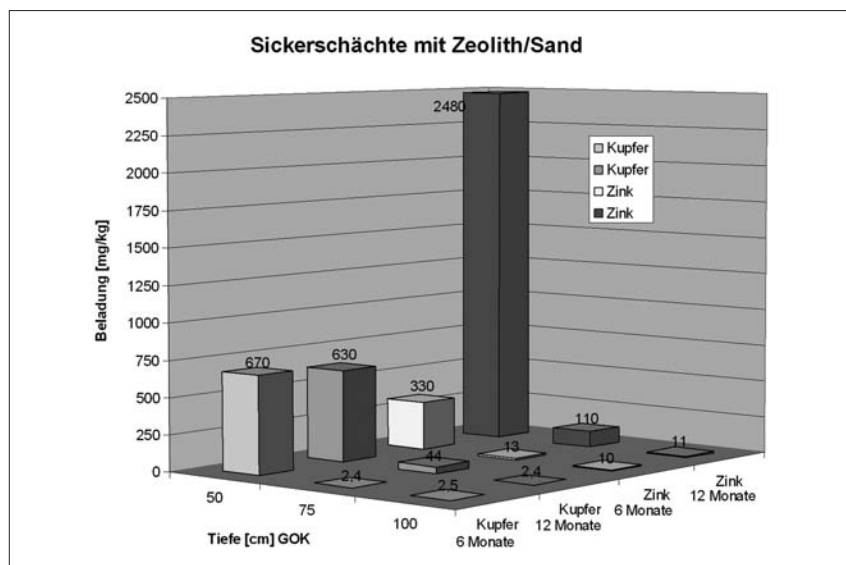
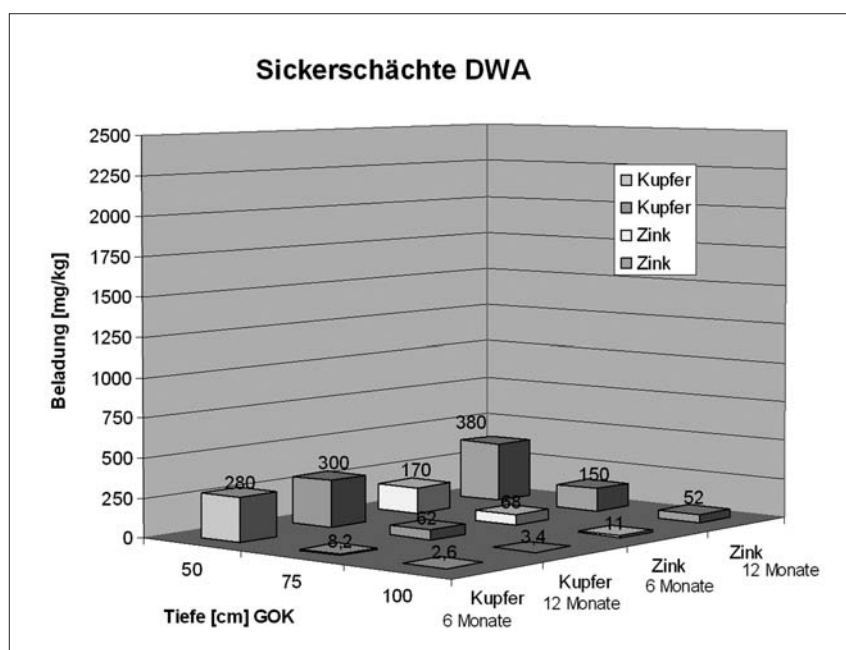


Abb. 6: Filterbeladung der DWA-Schächte über die Laufzeit für Kupfer und Zink



Fortsetzung von Seite 27

Die Auswertung der Analysen (Abb. 7 und Abb. 8) zeigt, dass zu Beginn der Versuche die gemessenen Ablaufkonzentrationen der Säulen nach kontinuierlicher Beaufschlagung nahezu konstant unter den Prüfwerten verlaufen. Die Säulen halten diese Werte jedoch nur für eine begrenzte Zeit. Nach kurzer Versuchsdauer steigen die Werte rasch an, was sogar nach 1,5 simulierten Jahren zum vollständigen Durchbruch der Säulen führt.

Anders verhalten sich die Zeolith/Säulen, sie

Abb. 7: Ablaufkonzentration der Säulen für Kupfer über die Versuchsdauer

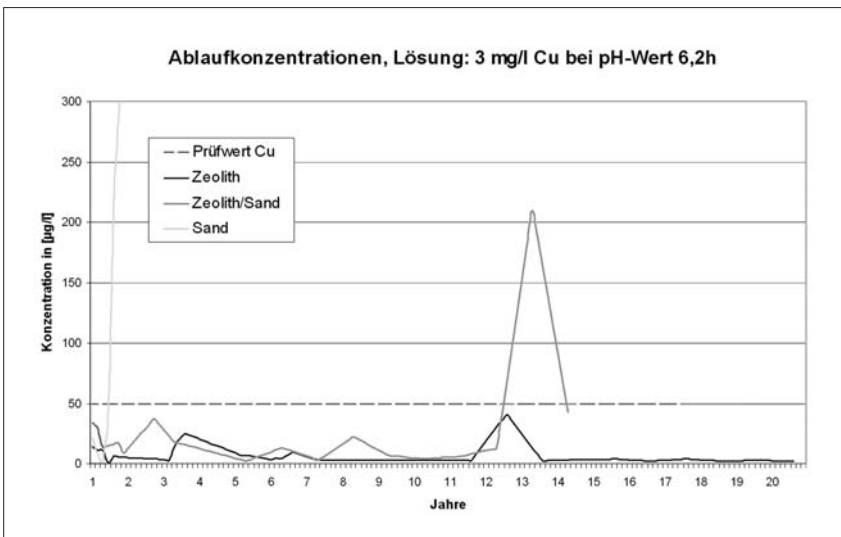
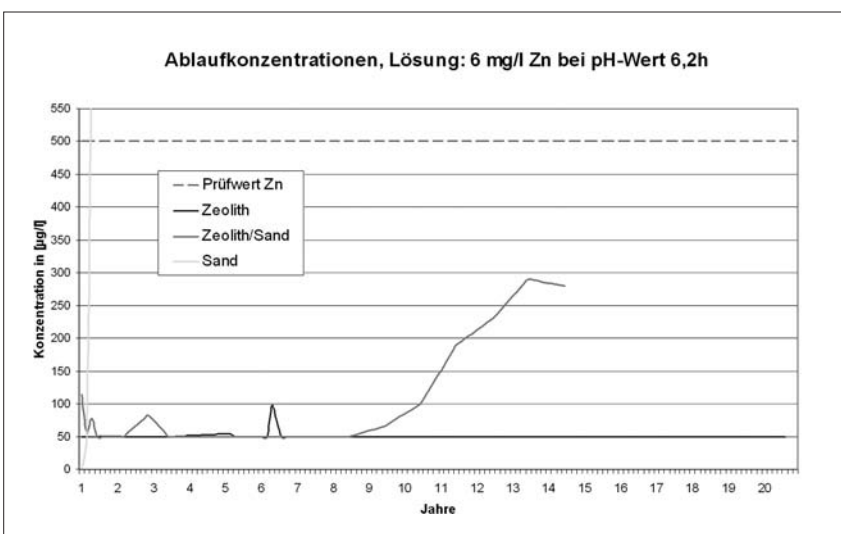


Abb. 8: Ablaufkonzentration der Säulen für Zink über die Versuchsdauer



sind in der Lage die Prüfwerte der BBodSchV im Ablauf über einen längeren Zeitraum einzuhalten (bis zu 13,5 Jahren). Erst nach dieser Zeit steigen die Werte der Ablaufkonzentration der Zeolith/Säulen stetig an und übersteigen nach 14 Jahren die Prüfwerte. An diesem Punkt wurden die Versuche beendet, daher kann die Zeit bis zum vollständigen Durchbruch der Zeolith/Säule nicht angegeben werden. Festzuhalten bleibt, dass ein Durchbruch erst nach einer Laufzeit größer als 14 Jahren zu erwarten ist.

Die simulierte Versuchszeit der Zeolith-Säule betrug mehr als 20 Jahre. Alle Messwerte der Ablaufkonzentration der Zeolith-Säulen verliefen über den gesamten Versuchzeitraum bis zum Abbruch des Versuchs nach über 20 Jahren weit unterhalb des Prüfwertes der BBodSchV von 50 µg/l für Kupfer und 500 µg/l für Zink. Selbst nach Ablauf der 20 Jahre war kein Anstieg der Werte zu erkennen. Ein Durchbruch dieser Säulen wird daher erst nach einer Laufzeit erheblich länger als 20 Jahren eintreten.

Um dieses Ergebnis zu verifizieren, wurde aus der maximalen Beladung der Zeolithsäule die Filterkapazität ermittelt. Die verbleibende Filterkapazität nach 20 Jahren Laufzeit der Zeolithsäule betrug 50% des Startwertes, d.h. die Säule könnte rechnerisch bei gleicher Beaufschlagung ca. 40 Jahre bis zum vollständigen Durchbruch betrieben werden.

Diese Ergebnisse werden von den Feldversuchen gestützt, da selbst bei einer Grenzbetrachtung die berechneten möglichen Beladungen und damit die möglichen Frachten der Filter weit über den eingetragenen Frachten liegen. Der Zeolith weist daher eine sehr hohe Beladungskapazität auf und die eingetragenen Frachten werden schon in der ersten Filterschicht (1 cm) nahezu vollständig gebunden.

Fazit

Überträgt man die Ergebnisse auf ein Kupfer- bzw. Zinkdach mit 300 m² Fläche und legt man die in der Literatur beschriebenen Abschwemmraten zugrunde, so werden pro m² Dachfläche für Kupfer 5,2 kg und für Zink 3,8 kg des konditionierten Zeolith benötigt. Für das Kupferdach ist dies durch einen üblichen Sickerschacht von 2 m Durchmesser und einer Filterhöhe von 0,5 m sowie für das Zinkdach mit einem Sickerschacht von 1,5 m Durchmesser und einer Filterhöhe von 0,7 m zu realisieren. Die eingebrachten Filtermengen reichen aus, um den gesamten Eintrag der Metalle (in 20 Jahren ca. 8 kg Kupfer bzw. 18 kg Zink) abzuscheiden und die Prüfwerte der BBodSchV weit über 20 Jahre lang einzuhalten. Festzuhalten ist ferner, dass die Auslegung von Sickerschachtanlagen auf Grundlage der ermittelten Daten im Feldversuch und Säulenversuch, bei einer anvisierten Betriebszeit der Sickerschächte von 20 Jahren, die



doppelte Sicherheit gegenüber Durchbruch beinhaltet. Die Untersuchungen belegen, dass der Einsatz dieses Filtermaterials in Sickerschächten hohe Abscheideraten und lange Standzeiten gewährleistet und damit die gesetzlichen Vorgaben des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) und der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) eingehalten werden.

Mit dem Aufbau der oben beschriebenen Sickerschächte ist somit eine Lösungsmöglichkeit für die naturnahe Regenwasserversickerung von Dacheindeckungen mit Kupfer und Zink unter Berücksichtigung des Bodenschutzes und Grundwasserschutzes gewährleistet.

Literaturhinweise

He W, Odnevall Wallinder I, Leygraf C. 2000. A laboratory study of copper and zinc runoff during first flush and steady-state conditions.
Karlén C, Odnevall Wallinder I, Heijerick D, Leygraf C. 2002. Runoff rate, chemical speciation and bioavailability of copper dispersion from naturally patinated copper roofs.
Bertling S, Odnevall Wallinder I, Berggren D, Ley-

graf C. 2005. Long term corrosion induced copper runoff from natural and artificial patina and its environmental fate.

Hullmann H, Kraft U, Lichtenecker H. 2003. Natürlich oxidierende Metalloberflächen.

DI Udo Kraft (Fachgruppenleiter)
DI Ralf Goldschmidt (wiss. Mitarbeiter)
Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V.

PD Dr. habil. Dirk Freese
B TU Cottbus, Lehrstuhl Bodenschutz und Rekultivierung

Informationen

RHEINZINK AUSTRIA GMBH
Renate Schneider
Industriestraße 23
A-3130 Herzogenburg
fon: +43 (2782) 85247 15
fax: +43 (2782) 85191
email: renate.schneider@rhein-zink.at
www.rhein-zink.at

Tageslicht-Spot

Viele Häuser und Wohnungen haben Badezimmer, Korridore und Vorräume, wo nur dann Tageslicht einfällt, wenn die Türen geöffnet sind. Der Tageslicht-Spot von VELUX befreit diese Zimmer aus ihrem Schattendasein.

Der VELUX Tageslicht-Spot ist eine natürliche Beleuchtungsquelle und bringt Tageslicht in Bäder, Treppenhäuser, Abstellkammern, Schrankräume oder andere Räume, die keine Außenwand für einen natürlichen Lichteinfall haben und wo ein Einbau eines Dachflächenfensters nicht möglich ist. Dunkle Ecken können so ohne künstliche Lichtquelle am Tag beleuchtet werden.

Durch das Dachelement wird das Tageslicht eingefangen und über ein flexibles, hoch reflektierendes Aluminium-Rohr zum Deckenauslass im jeweiligen Raum geführt. Das Alu-Rohr eignet sich für kurze aber auch für bis zu 6 Meter lange Distanzen. Eine spezielle Beschichtung an der Außenscheibe sorgt für einen natürlichen Reinigungseffekt, damit stets ein Maximum an Tageslicht eindringen kann. Durch sein klares Design fügt sich der Tageslicht-Spot harmonisch in jeden Raum.

Informationen

www.velux.at



Schnitt eines eingebauten Tageslicht-Spots mit starrem Rohr und Ellbogengelenk



Lichtsituation eines Badezimmers mit künstlichen Beleuchtungskörpern (links) und einem VELUX Tageslichtspot (rechts)