



KUPFER Initiative PRO METALLDACH ZINK

in Zusammenarbeit mit dem

Umweltministerium Baden-Württemberg

Umweltgerechte Regenwasserversickerung von kupfer- und zink- gedeckten Dachflächen

Handlungsempfehlungen und Lösungsvorschläge
für Behörden, Gemeinden, Planer und Bauherren
in Baden-Württemberg



Umweltgerechte Regenwasserversickerung von kupfer- und zinkgedeckten Dachflächen

Handlungsempfehlungen für Baden-Württemberg unter Berücksichtigung der bestehenden Verordnungen und den allgemein anerkannten Regeln der Technik

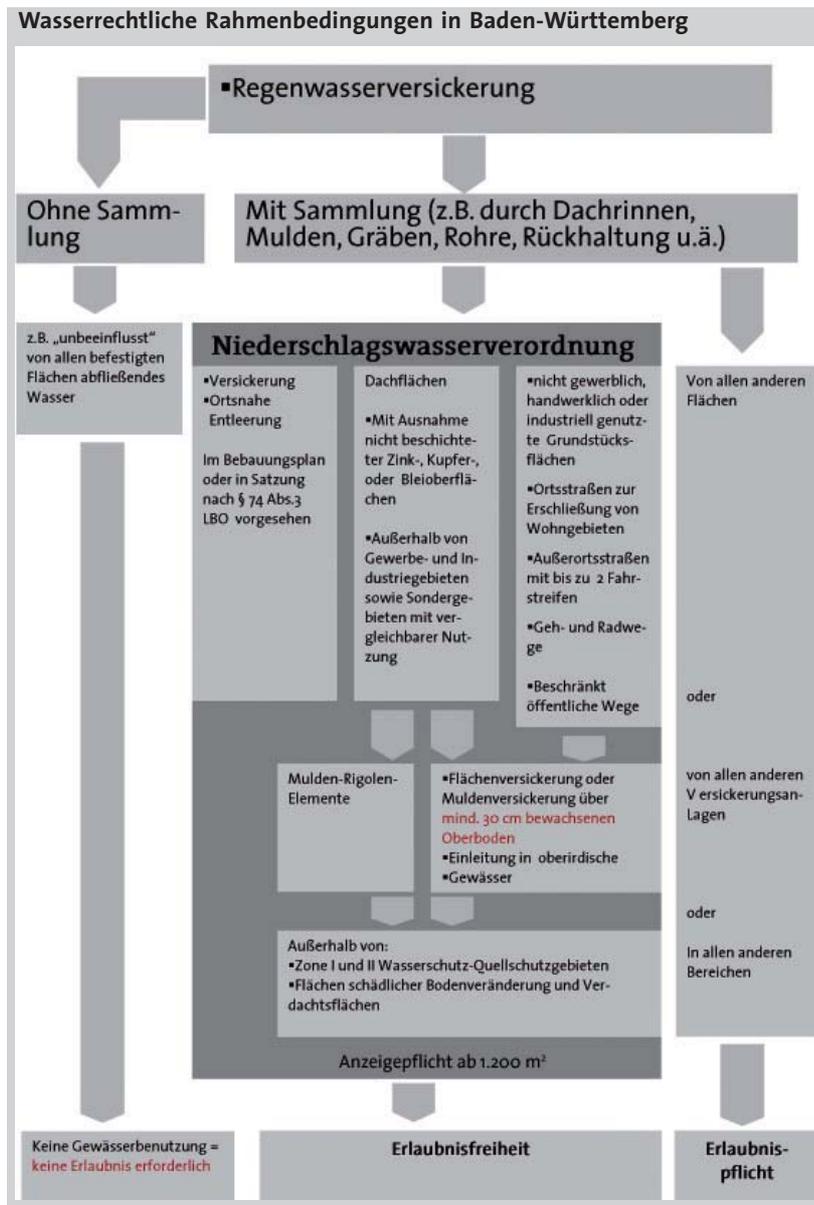
1. Naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung

Die Ansätze der naturverträglichen Regenwasserbewirtschaftung haben das Ziel, den natürlichen, örtlichen Wasserkreislauf möglichst wenig zu beeinflussen. Hierzu ist es erforderlich, das anfallende Niederschlags-

dischen Gewässer nicht nachteilig beeinträchtigt werden.

2. Rechtliche Rahmenbedingungen

Nach § 45 b Abs. 3 Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG) soll Niederschlagswasser versickert oder



wasser dem direkten Abfluss zu entziehen. Der Grundgedanke besteht darin, Abflüsse am Entstehungsort oder in der näheren Umgebung zu vermeiden, zu verringern oder zu verzögern. Dabei darf die Qualität des Grundwassers und der oberir-

ortsnah in ein oberirdisches Gewässer abgeleitet werden, wenn dies mit vertretbarem Aufwand und schadlos möglich ist. Einzelheiten für ein erlaubnisfreies Vorgehen sind in Baden Württem-

berg in der Verordnung über die dezentrale Beseitigung von Niederschlagswasser vom 22.03.1999 geregelt. Danach ist u. a. die Versickerung oder ortsnahe Einleitung in Bäche und Flüsse erlaubnisfrei möglich, wenn die dezentrale Beseitigung des Niederschlagswassers in örtlichen bauplanungs- oder bauordnungsrechtlichen Vorschriften entsprechend festgelegt ist.

Die hier angesprochenen Regelungen und Verordnungen gelten aber nicht für Ableitung von Regenwasser in die Kanalisation.

Niederschlagswasser von Dachflächen aus Kupfer und Zink können weiterhin entsprechend der kommunalen Entwässerungssatzung in die Kanalisation eingeleitet werden.

Erlaubnispflichtig ist u. a. die dezentrale Beseitigung von Niederschlagswasser von natürlich oxidierenden (bewitterten) – unbeschichteten kupfer- und zinkgedeckten Dächern. Die zuständigen Wasserbehörden der Stadt- und Landkreise haben dann die Pflicht zu prüfen, ob die geplante Entwässerungsform für solche Abflüsse umweltgerecht möglich ist.

Eine Möglichkeit ist, solche Abflüsse in einer bewachsenen Mulde schadlos zu versickern (siehe Ziffer 11).

Die Versickerung von Abflüssen von Dächern mit üblichen Flächenanteilen aus Kupfer und Zink, wie z.B. Gauben, Eingangsüberdachungen, Erker, Dachrinnen, etc., sind nicht als erlaubnispflichtig einzustufen.



3. Bauleitplanung

Die Einleitung in ein oberirdisches Gewässer und die Versickerung sind dann erlaubnisfrei möglich, wenn die erforderlichen Maßnahmen zur dezentralen Regenwasserbeseitigung

in bauplanungsrechtlichen oder bauordnungsrechtlichen Vorschriften enthalten sind. Diesen fällt die Aufgabe zu, die Anforderungen für die naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung zu definieren. Um einen nachhaltigen Schutz von Boden, Grundwasser und Oberflächengewässer zu erreichen, müssen entsprechende Festsetzungen im Bebauungsplan (B-Plan) erfolgen.

Die Elemente der naturverträglichen Regenwasserbewirtschaftung wie reduzierte Versiegelung von Flächen, Regenwassernutzung, Verdunstung, Versickerung, Retention und ortsnahe Einleitung in oberirdische Gewässer dürfen sich nicht nur auf Neuplanungen beschränken, sondern sollen verstärkt auch in der bestehenden Bebauung umgesetzt werden.

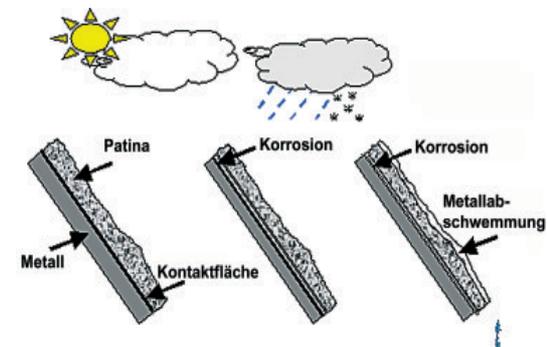
mehreren Grundstücken bzw. Einzugsgebieten zusammengefasst und einer gemeinsamen Versickerungsanlage zugeführt, spricht man von zentralen Anlagen.

Eine breitflächige Versickerung über die bewachsene Bodenschicht ist immer anzustreben.

Durch die dabei stattfindenden Filter- und Sorptionsvorgänge erfolgt ein effektiver Grundwasserschutz. Die lokale Grundwasserneubildung wird erhöht und Abwasseranlagen sowie oberirdische Gewässer werden entlastet. Der Boden übernimmt dabei eine Filterfunktion und ist Teil der Abwasserbehandlungsanlage.

Die Abschwemmrate ist die entscheidende Größe für den Eintrag in die Umwelt.

Durch Witterungseinflüsse kann ein Teil dieser Schutzschicht aufgelöst und von der Oberfläche abgeschwemmt werden. Nur diese geringen freigesetzten Metallteile bezeichnet man als Metallabschwemmung.



Patina und Abschwemmung

Der Schwefeldioxidgehalt der Atmosphäre ist der dominierende Einflussfaktor auf den Korrosionsprozess. Mit dem starken Rückgang der SO_2 -Gehalte in der Luft haben auch die Korrosionsraten stark abgenommen. Die Abschwemmraten liegen deshalb heute erheblich niedriger als bei den geschätzten Daten, die früher als Grundlage für gesetzliche Maßnahmen und Verordnungen dienten und auf alten Gesamtkorrosionsraten basierten.

Man begegnet immer wieder dem Vorurteil, dass die bloße physikalische Einordnung als Schwermetall bereits ein hohes Maß an Toxizität impliziert. Man bezeichnet als Schwermetalle alle Metalle, die ein spezifisches Gewicht über ca. $4,5 \text{ g/cm}^3$ haben. In diese Gruppe gehören Silber, Gold, Platin ebenso wie Kupfer, Eisen und Zink. Der Begriff sagt alleine etwas über die Dichte, nicht aber über die Toxizität (Giftigkeit) eines Metalls aus.

Kupfer und Zink sind ubiquitär, d.h. überall in unserer Umwelt vorhanden. Dabei handelt es sich selten um reines Metall. Vielmehr liegen Zink und Kupfer in der Regel in gebundener Form von Mineralien und Erzen vor. Gelöste Metalle sind von Natur aus in den meisten Gewässern in geringen Konzentrationen mit regional sehr stark schwankenden Konzentrationen als essentielle Elemente vorhanden.



Zentrale Versickerungsmulde

4. Versickerung erwünscht 5. Die Abschwemmrate

Wenn die örtlichen Gegebenheiten es zulassen und keine Gefährdung des Grundwassers zu befürchten ist, kann das gesamte abfließende Niederschlagswasser versickert werden. Man unterscheidet zwischen dezentralen und zentralen Versickerungseinrichtungen. Erfolgt die Versickerung auf dem Grundstück, auf dem das Niederschlagswasser anfällt, handelt es sich um eine dezentrale Anlage. Werden Abflüsse von

Werden natürlich oxidierende Metalle der Bewitterung ausgesetzt, bilden diese eine Schutzschicht, die den metallischen Kern schützt. Diese Schutzschicht ist der Grund für die Langlebigkeit von Kupfer und Zink in der Außenhaut von Gebäuden. Möchte man den Prozess der Patina-Bildung nicht abwarten, kann eine vorbewitterte Metalldeckung verwendet werden, die bereits die gewünschte grüne (Kupfer) oder graue (Zink) Färbung aufweist.

6. Natürlicher Kreislauf

Aufnahme, Speicherung und Ausscheidung von Kupfer und Zink sind natürliche Vorgänge beispielsweise in der Pflanzenwelt. Die Aufnahme erfolgt im Frühjahr während der Vegetationsperiode (Wachstumsperiode). Danach sind die Metalle teilweise in den Blättern gespeichert. Im Herbst und Winter werden sie wieder aus dem Laub an die Umwelt abgegeben. Diesen Prozess kann man an den Metallkonzentrationen in unseren Oberflächengewässern und den oberen Schichten der Waldböden ablesen.

7. Zink und Kupfer sind essentielle, also lebensnotwendige Stoffe

Sie werden z.B. in der Landwirtschaft gezielt zur Verbesserung der Bodeneigenschaften eingesetzt oder müssen von außen mit der Nahrung zugeführt werden, da sie in den Organismen selbst nicht gebildet werden können. Beim Menschen, wie in allen lebenden Organismen, müssen sie in bestimmten Konzentrationen vorhanden sein, um die Steuerung des Stoffwechsels zu gewährleisten. Die lebensnotwendigen Metalle Kupfer und Zink werden nicht immer in gleich bleibender Menge angeboten. Das unterschiedliche Angebot wird bei den Organismen in einem Regelsystem ausgeglichen. Dadurch entsteht ein artspezifisches Gleichgewicht, die Homöostase. Diese steuert die Aufnahme, Speicherung und Ausscheidung und stellt sicher, dass in einem Organismus bei einem erhöhten Bedarf auch mehr aufgenommen werden kann. Aufgrund dieser Reaktion findet bei essentiellen Metallen keine Bioakkumulation, also keine Anreicherung in der Nahrungskette statt.

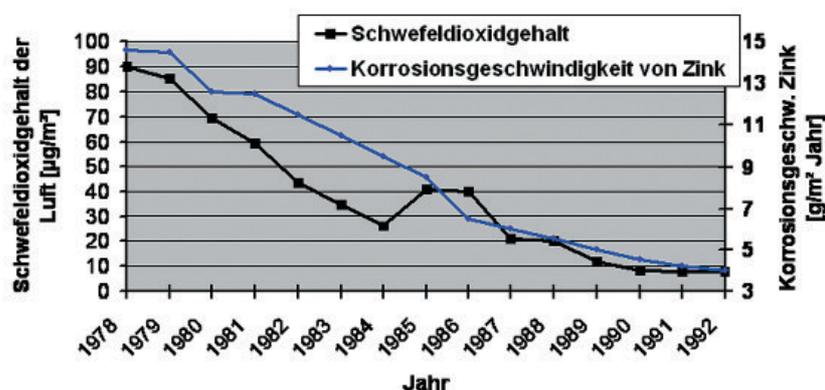
Gleichwohl können zu hohe Konzentrationen auch toxisch wirken und bei Überschreitung der rechtlich verbindlichen Grenzwerte im Wasser- und Bodenschutzrecht bei der Versickerung oder der Einleitung in ein oberirdisches Gewässer als kritisch eingestuft werden.

8. Aktuelle Untersuchungen

Von den festhaftenden Korrosionsprodukten (Patina-Schutzschicht) wird nur ein vergleichsweise geringer Teil mit dem Regenwasser abgeschwemmt. Wie viel Kupfer und Zink von Dächern abgeschwemmt wird und die Auswirkungen davon, wurde von Prof. Hullmann und seinen Mitarbeitern im Sachstandsbericht „Einsatz von Kupfer und Zink bei Dächern, Dachrinnen und Fallrohren“ im Jahre 2001 und in der Studie „Natürlich oxidierende Metalloberflächen – Umweltauswirkungen beim Einsatz von Kupfer und Zink in Gebäudehüllen“ im Jahre 2003 veröffentlicht:

Gefahr für die menschliche Gesundheit zu erwarten ist. Die mittleren Zinkkonzentrationen in Dachablaufwässern metallgedeckter Dächer liegen unter dem Richtwert der bisherigen Trinkwasserverordnung.

Dachflächen haben nur einen sehr geringen Anteil an den Gesamteinträgen von Kupfer und Zink in die Umwelt. Nach einer aktuellen Untersuchung des Umweltbundesamtes sind lediglich 2 % auf Dachflächen aus Kupfer und Zink zurückzuführen. Der in den Boden gelangende Anteil ist mit weniger als einem halben Prozent noch geringer.



Wechselwirkungen zwischen SO_2 -Gehalt der Luft und Korrosionsgeschwindigkeit von Zink (Stockholm 1978 – 1992)

Untersuchungen haben gezeigt, dass nur ca. 53% der in der Außenhaut von Gebäuden eingesetzten Kupfer- oder Zinkflächen einer Bewitterung ausgesetzt sind. Nur dieser Anteil kann einer Betrachtung von Abschwemmungen zugrunde gelegt werden. (Hullmann & Kraft, 2002).

Die Metall-Abschwemmungen von Dächern sind in den letzten Jahrzehnten dank stark reduzierter Schwefeldioxid-Konzentrationen (minus 75% in den letzten 20 Jahren) in der Atmosphäre massiv gesunken und werden in der Zukunft noch weiter abnehmen.

Konzentrationen von Kupfer in Dachablaufwässern metallgedeckter Dächer liegen unter dem Grenzwert der novellierten Trinkwasserverordnung (Leuenberger-Minger, Faller & Richner, 2002). Für Zink wurde der Richtwert in der aktuellen, seit 2003 gültigen, Trinkwasserverordnung sogar aufgehoben, da von diesem Stoff keine

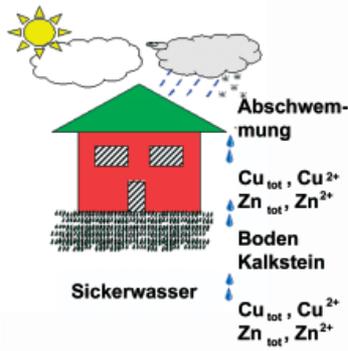
Die geringen Mengen Kupfer und Zink, die gelöst oder als Metallverbindungen bei der Regenwasserversickerung in den Boden gelangen, können zu keiner Schädigung von Menschen führen (Hullmann & Lichtnecker, 2002).

In der aktuellen Bundes-Bodenschutzverordnung sind wegen der Essentialität von Kupfer und Zink (lebensnotwendige Spurenelemente) keine Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch abgeleitet.

Auf Grund ihrer Filterfunktion werden Versickerungsflächen dabei als technische Anlagen eingestuft! Der Boden und die zurückgehaltenen Stoffe sind Teile dieser Abwasseranlagen (DWA Arbeitsblatt A 138).

Eine Verlagerung von Kupfer und Zink aus dem Boden einer Versickerungsmulde in das Grundwasser wird aufgrund der Bindung an Tonminerale, Eisenoxide und organischer Substanz verhindert. Daher dienen bewachsene Böden als Filter.

Kupfer- und Zinkabschwemmung - 7,5 Jahres Feldstudie



Marktübliche Werkstoffe

- Jährliche Abschwemmraten
- Metallkonzentrationen im Abchwemmwasser
- Metallbindungsverhalten
- Bioverfügbarkeit gegenüber Bakterien
- Umwelttoxizität bei Algen

Kupfer- und Zinkabschwemmung - Laborstudie

- Wirklichkeitsnahe Nachbildung von Regenereignissen
- Regenparameterabhängigkeit
- Momentane Abschwemmungen während des Regens
- Modellvorhersagen der Abschwemmraten

Umwelteinwirkungen der Kupfer- und Zinkabschwemmung - Laborstudie

- Rückhaltevermögen
- Änderungen der Metallbindung und der Verfügbarkeit
- Metallkonzentrationen im Sickerwasser
- zukünftige Mobilisierung

Metalle können nur dann in Organismen Wirkungen hervorrufen, wenn sie bioverfügbar sind. Im Boden und im Wasser ist immer nur ein Bruchteil des vorhandenen Kupfers und Zinks bioverfügbar. Der größte Teil ist an organische Substanz oder mineralische Partikel gebunden und kann nicht aufgenommen werden. Zu dieser Thematik laufen weitere große Forschungsvorhaben auf europäischer Ebene (Risk-Assessment, Biotic Ligand Model).

In einem aktuell veröffentlichten Forschungsvorhaben von Frau Prof. Odnevall Wallinder von der königlichen technischen Hochschule (KTH), Abteilung für Korrosionswissenschaften in Stockholm, wurde das Verhalten von Kupfer und Zink in Böden untersucht. Es zeigte sich, dass natürliche Böden ein hohes Rückhaltevermögen für Kupfer und Zink haben und beide Metalle sich nur in den obersten Bodenschichten anreichern.

9. Kupfer und Zink sind ökologische Baustoffe

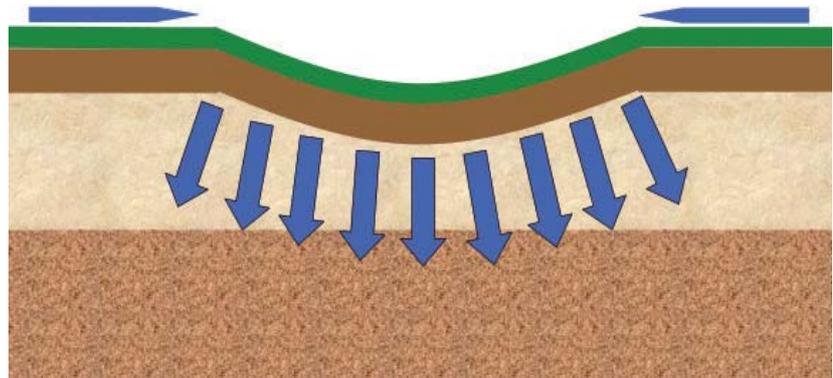
Die von Prof. Hullmann et al. (2003) veröffentlichten Daten belegen, dass die seit langem für besonders dauerhafte Bauteile in Dächern und Fassaden und für die Regenwasserableitung eingesetzten Metalle Kupfer und Zink auch unter Beachtung ökologischer Gesichtspunkte für ihre Einsatzbereiche in hohem Maße geeignet sind.

In der umfassenden Bewertung des gesamten Lebenszyklus – Rohstoffgewinnung, Verarbeitung, Nutzung und Recycling – können Kupfer und Zink als besonders nachhaltige und umweltfreundliche Baustoffe bezeichnet werden.

Baumetalle aus Kupfer und Zink sind unbegrenzt recycelbar und werden zu über 90% wieder aufbereitet!

Mit den Werkstoffen Kupfer und Zink wird seit Jahrhunderten hervorragende Architektur gestaltet. Nicht zuletzt durch ihre lange Lebenserwartung und vorzügliche Gestaltbarkeit werden sie von Architekten und Bauherren geschätzt und sind unverzichtbar.

Die positiven Materialeigenschaften und der hohe Korrosionswiderstand einer sich natürlich bildenden Patina



Versickerung des Niederschlagswassers in einer Sickermulde

sorgen dafür, dass fachmännisch verarbeitetes Kupfer und Zink seine Vorteile über eine Nutzungsdauer von Generationen bewahrt.

10. Muldenversickerung

Die Versickerung über eine Mulde ist baulich die einfachste und kostengünstigste Variante und bietet viele Gestaltungsmöglichkeiten. Sie ist insbesondere in ländlichen Gebieten mit ausreichendem Platz problemlos zu gestalten.

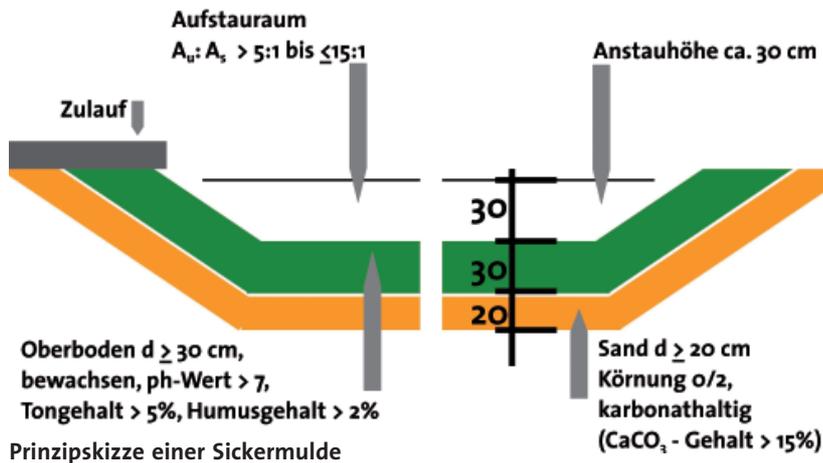
Das Niederschlagswasser wird von den befestigten Flächen in flache, begrünte Bodenvertiefungen abgeleitet und kurzzeitig zwischengespeichert, bevor es in den Untergrund versickert. Richtig geplante und ausgeführte Mulden sind keine feuchten Pfützen, sondern ausgesprochene Trockenstandorte, in denen das Wasser bei starken Regenereignissen nur kurzfristig sichtbar ist. Bei geringen Niederschlägen ist in der Regel kein Wasser in der Mulde sichtbar.

Mulden können auf Grund der geringen Tiefe und der Bepflanzung problemlos in Privatgärten und Grünanlagen integriert werden. Die belebte Bodenschicht einer Mulde gewährleistet eine dauerhaft sehr gute biologische Reinigung der Niederschlagswassers, wobei auch ungelöste Stoffe zurückgehalten werden. Deshalb eignet sich diese Versickerungsform, mit modifiziertem Aufbau insbesondere auch für Kupfer- und Zinkdächer (sh.Kapitel 11). Dies wurde in verschiedenen wissenschaftlichen Untersuchungen bestätigt. Weitere Feldstudien laufen derzeit.

11. Sickermulde für Kupfer- und Zinkdachflächen

In Baden-Württemberg wird die Versickerung von Abflüssen von kupfer- und zinkgedeckten Dächern über die entsprechend aufgebaute Sickermulde als geeignete Behandlungsmaßnahme vom Umweltministerium befürwortet.

Entsprechende Vorgaben und Ausschreibungstexte zur Sickermulde für Kupfer- und Zinkdachflächen wurden vorbereitet, erste Pilotprojekte gestartet und derzeit in der Praxis erprobt.



Gut geeignet sind Böden mit geringem Grobsand und Schluffanteil. Der Boden soll einen hohen Anteil an organischer Substanz und Tonmaterialien aufweisen, der pH-Wert sollte zwischen 7 und 8 liegen. Die Größe der Mulde richtet sich nach der zu entwässernden Fläche, der Sickerfähigkeit des Bodens sowie den örtlichen Niederschlagsgegebenheiten.

Als Faustformel sollte ca. 10% der zu entwässernden Flächen als Muldenfläche zur Verfügung stehen. Das Niederschlagswasser wird in einer Geländemulde zwischengespeichert und verzögert über ca. 30 cm belebte Bodenzone (bewachsener Mutter-

boden) sowie eine carbonathaltige Sandschicht mit 20 cm Stärke in den Untergrund abgeleitet.

Vorteile der Sickermulde

- sehr gute biologische Reinigung
- auch ungelöste Stoffe werden in der Mulde zurückgehalten.
- gute Speicher- bzw. Retentionswirkung
- geringer Herstellungsaufwand
- großer Einsatzbereich
- hohe Lebensdauer
- geringer Wartungsaufwand

Die Initiative PRO METALLDACH Kupfer und Zink

KUPFER
Initiative PRO METALLDACH
ZINK

Zu den Aufgaben der Initiative gehören die Information über die aktuellen Untersuchungsergebnisse und die ökologischen Anforderungen an Metaldächer, der wissenschaftliche Austausch mit den zuständigen Behörden, die Kooperation mit den Regelwerks-Gremien sowie die Beratung bei aktuell anstehenden Entscheidungen vor Ort. Gestartet wurde das Projekt im Jahre 2002 unter dem Dach der Wirtschaftsvereinigung Metalle in enger Abstimmung mit den Verbänden des Handwerks in den Bundesländern Baden-Württemberg und Bayern.

Ausblick

Derzeit erforscht und entwickelt die Industrie neue technische Lösungen zur Reduzierung des Metalleintrags. An verschiedenen Versuchsstandorten werden unterirdische Versickerungs- und Filteranlagen für Dachabläufe erprobt, um Alternativen mit geringem Platzbedarf, z. B. im Stadtgebiet, anbieten zu können. Gleichzeitig werden bestehende Versickerungsanlagen dahingehend untersucht, in welcher Form die Kupfer- und Zinkabschwemmungen im Boden gebunden werden und ob eine Verlagerung ins Grundwasser zu beobachten ist. Aktuelle große Forschungsvorhaben auf europäischer Ebene untersuchen die Bioverfügbarkeit von Kupfer und Zink in Gewässern, im Sediment und im Boden. Die Ergebnisse werden dann bei den entsprechenden Gremien auf Bundes- und Landesebene präsentiert und diskutiert.

Informationen

Diverse Broschüren und Fachberichte zu der aktuellen Lage, zu den zitierten Untersuchungen, die Vorgaben und der Ausschreibungstext zur Sickermulde werden Interessenten gerne zur Verfügung gestellt.



Muster-Ausschreibungstext: Sickermulde für Kupfer- und Zinkdachflächen

Vorbemerkungen:

Für die oberirdische Versickerung des abfließenden Niederschlagswassers von unbeschichteten Metaldachflächen (z.B. aus Kupfer oder Zink) kommen die Mulden- und die Beckenversickerung in Frage. Die Bemessung kann nach dem Arbeitsblatt ATV-DVWK A 138 und der Broschüre „Naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung“ des Landes Baden-Württemberg erfolgen.

Die Art und die Größe richtet sich nach der zu entwässernden Fläche und der Sickerfähigkeit des Bodens. Als Faustformel sollte 10% der versiegelten Fläche als Versickerungsfläche zur Verfügung stehen.

Für die Muldenversickerung gilt: $5 < A_u : A_s < 15$,

für die Beckenversickerung gilt: $15 < A_u : A_s < 50$.

Pos. 1

Bewuchs im Baufeld entfernen. Mulden-Pflanzfläche von Unrat, Laub und sonstigen Stoffen reinigen. Material aufnehmen und entsorgen. Das Material geht in das Eigentum des AN über.

Pos. 2

Eventuell vorhandene Grassoden mind. in einer Stärke von 10 cm aufnehmen und fachgerecht seitlich lagern

Pos. 3

Mulde profilgerecht ausheben. Mutterboden abtragen und seitlich lagern, Bodenaushub an der tiefsten Stelle bis 80 cm unter Geländeoberkante. Aushubmaterial geht in das Eigentum des AN über und ist zu entsorgen.

Pos. 4

Sand, Körnung 0/2 (sh. Sieblinie), karbonathaltig (CaCO_3 - Gehalt $> 15\%$), im Muldenbereich andecken. Im Böschungsbereich mit Neigung 1:2 andecken. Andeckung: 20 cm. Verdichtung: mit Glattmantelwalze trittfest abwalzen.

Pos. 5

Den seitlich gelagerten Oberboden im Mulden-Bereich profilgerecht andecken, Andeckung: 30 cm. Bodengruppe 4 nach DIN 18915, T1: ph-Wert > 7 , Tongehalt $> 5\%$, Humusgehalt $> 2\%$. Bodendurchlässigkeit zwischen $k_f \leq 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ und $k_f \geq 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$. Wenn der anstehende Boden diese Kriterien nicht erfüllt, muss er abtransportiert und entsprechendes Material antransportiert werden.

Verdichtung: mit Glattmantelwalze trittfest abwalzen

Pos. 6

Oberboden im Böschungsbereich andecken. Böschungsneigung 1:2. Andeckung 30 cm. Bodengruppe 4 nach DIN 18915 T1: ph-Wert > 7 , Tongehalt $> 5\%$, Humusgehalt $> 2\%$. Bodendurchlässigkeit zwischen $k_f \leq 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ und $k_f \geq 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$. Verdichtung: mit Glattmantelwalze trittfest abwalzen

Pos. 7

Angleichen des Substrates an Überläufe. Höhendifferenz zur Fließrinne: bis 30 cm

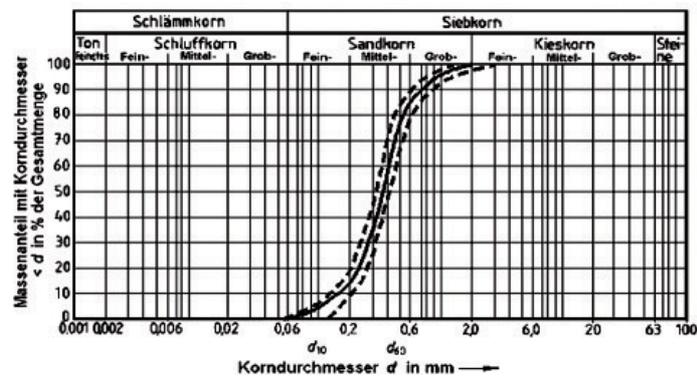
Pos. 8

Ansaat von 30 g Rasensamen/qm, andecken und glatt walzen. Alternativ: Wiederverwendung der abgehobenen Grassoden.

Pos. 9

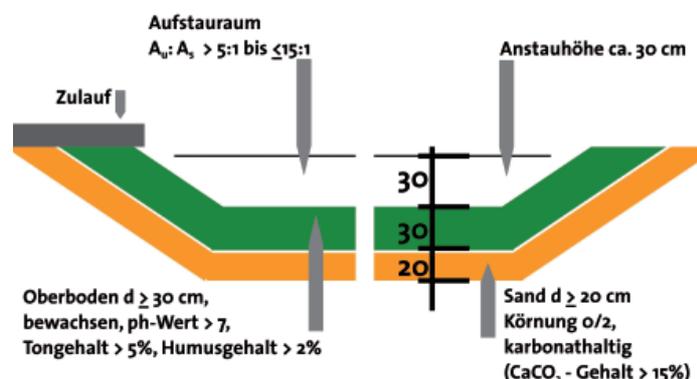
Herstellung eines Zulaufs, z.B.: Pflasterrinne für die oberflächige Zuleitung: m - Länge; drei-Steinbreit, Tiefe 2-3 cm, Gefälle 0,5 %. Verlegung in Magerbeton
Einbau eines Fallrohrbogens 67° in das Fallrohr.

Sieblinie



Prinzipische Sickermulde für Kupfer- und Zinkdachflächen

Bodenpassage durch 30 cm bewachsener Oberboden
Bodendurchlässigkeit zwischen $k_f \leq 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ und $k_f \geq 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ sowie zusätzlicher Filterschicht 20 cm karbonathaltiger Sand



Kontakte:

Baden-Württemberg:

Peter Strobel
Merklinger Str. 30
D- 71263 Weil der Stadt
Tel.: +49 (0)7033 303 49 90
Fax: +49 (0)7033 303 49 95
E-Mail: p.strobel@rooftech.de



Bayern:

Dipl.- Ing. Hanns-Christoph Zebe
Tel: +49 (0)631 310 35 16
Fax: +49 (0)631 310 90 487
E-Mail: zebe@ki-ze.de



Wirtschaftsvereinigung Metalle:

Rainer Buchholz
Wallstraße 58/59
D - 10179 Berlin
Tel.: +49 (0)30 - 72 62 07 - 120
Fax.: +49 (0)30 - 72 62 07 - 25 120
E-mail: buchholz@wvmetalle.de
Homepage: <http://www.wvmetalle.de>

Literatur:

- Heinz Hullmann (2003): Natürlich oxidierende Metalloberflächen – Umwelt- auswirkungen beim Einsatz von Kupfer und Zink in Gebäudehüllen. Fraunhofer IRB Verlag
- Hiller, D.; Winzig, G. & C. Dornauf (2001): Bodenchemische Untersuchungen von Versickerungsanlagen als Grundlage für eine nachhaltige Niederschlagswasserbewirtschaftung im Sinne des Boden- und Grundwasser- schutzes. Abschlussbericht an das MUNLV NRW, Universität Essen.
- Leuenerberger-Minger A. U., Faller M. & Richner P. (2002): Runoff of copper and zinc cause by atmospheric corrosion. Materials and Corrosion 53, WILEY-VCH Verlag GmbH, 157-164
- Lichtnecker H. & Hullmann, H. (2002): Biologische Wirkungen von Kupfer und Zink. Metall, 5/2002
- Bertling S., Odnevall Wallinder I., Leygraf C., Berggren D. Königlich Technischen Hochschule (KTH) . Abteilung für Korrosionswissenschaften, Stockholm (2002): Immobilization of copper in runoff water from roofing materials by limestone, soil and concrete. 15th Int.Corr. Congr., Paper 44, Granda, Spain 2002
- Bertling, S., Odnevall Wallinder, I., Leygraf, C., and Berggren, D. Königlich Technischen Hochschule (KTH) . Abteilung für Korrosionswissenschaften, Stockholm (2002): Environmental Effects of Zinc Runoff from Roofing Materials – A New Multidisciplinary Approach. Outdoor and Indoor Atmospheric Corrosion, ASTM STP 1421, H. E. Townsend, Ed., American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2002
- Özgen, A. ; Gantner, K. & W. Hegemann (2001): Schadstoffrückhalt im Regenwassersickerschacht. GWF Wasser, Abwasser 142, Nr. 7, S. 474-478
- Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 138, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Januar 2002
- Umweltministerium Baden-Württemberg: Naturverträgliche Regenwasser- bewirtschaftung – Leitfaden, Stuttgart 1999
- Regierungspräsidium Karlsruhe, Bernd Haller: Naturverträgliche Regenwasser- bewirtschaftung – Hinweise für Gemeinden und Planer, 2003

www.umweltforum-kupfer-zink.de

Eine Initiative der Industrie in Zusammenarbeit
mit dem verarbeitenden Handwerk

