

Kupferentfernung mit einem GEH-Kalk-Adsorber

Von Kupfer geläutertes Dachwasser für die Toilettenanlagen der Universität

Erhöhte Kupferkonzentrationen im Wasser sind für Fische und Kleinlebewesen giftig. Erhebliche Mengen von korrodiertem Kupfer werden mit dem Regenwasser von Kupferdächern abgeschwemmt. Bei der Rechtswissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich entfernt ein GEH-Kalk-Adsorber wirkungsvoll das Kupfer aus dem Dachwasser des neuen Kupferdaches. Das Wasser wird anschliessend als Spülwasser für die Toilettenanlagen genutzt.

Kupfer (Cu) ist in der Schweiz das am häufigsten verwendete Metall im Aussenbereich von Gebäuden. Es wird hauptsächlich bei Dachrinnen, Fallrohren und Einkleidungen von Lukarnen eingesetzt, in den letzten Jahren aber vermehrt auch zur Abdeckung ganzer Dächer.

Bei Regen wird korrodiertes Kupfer vom abfliessenden Dachwasser aufgenommen. Dieses wird mit dem darin enthaltenen Kupfer heute grösstenteils in die Schmutzwasserkanalisation und weiter zur Kläranlage geleitet. Die Kupferfracht im Dachwasser ist dabei beachtlich: Bis zur Hälfte des Kupfers, welches

in eine Kläranlage gelangt, stammt vom Dachwasser. In der Kläranlage wird Kupfer zu etwa zwei Dritteln im Klärschlamm gebunden. Der Rest gelangt mit dem gereinigten Abwasser in die Flüsse.

Kupfer im Klärschlamm

Wegen der zu hohen Schwermetallgehalte, unter anderem von Kupfer, ist die Verwendung von Klärschlamm als Dünger in der Landwirtschaft ab dem 1. Oktober 2006 verboten (StoV). Künftig muss Klärschlamm verbrannt werden. Obwohl die Schwermetalle dabei wirkungsvoll zurückgehalten werden können, weist diese Entsorgung einen gewichtigen Nachteil auf: Die im Klärschlamm enthaltenen Nährstoffe wie Phosphor oder Kalium gehen als Dünger verloren.

Qualitätsziele praktisch nicht erreichbar

Das neue Gewässerschutzgesetz verlangt, dass Dachwasser in erster Priorität ver-

Inhaltliche Verantwortung:

Anita Binz-Deplazes
Hochbauamt Stab
Walchstrasse 15
8090 Zürich
Telefon 043 259 29 56
FAX 043 259 51 92
Anita.binz@bd.zh.ch

und

Michele Steiner und Markus Boller
Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG)
Überlandstrasse 133
Postfach 611
8600 Dübendorf
Telefon 01 823 50 46
FAX 01 823 53 89
michele.steiner@eawag.ch
markus.boller@eawag.ch



Das Kupferdach der Rechtswissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich fügt sich harmonisch in die bestehende Überbauung ein.

Quelle: Hochbauamt

ÖKOLOGISCH BAUEN

sickert wird. Ist dies aufgrund geologischer Gegebenheiten nicht möglich, muss Dachwasser direkt oder über die Trennkanalisation in ein Fließgewässer eingeleitet werden. Die Einleitung in die Mischkanalisation – die Zuleitung zur Kläranlage – ist möglichst zu vermeiden. Aus diesen Gründen gelangt kupferhaltiges Dachwasser künftig vermehrt in die Böden von Versickerungsanlagen. In den Bodenschichten dieser Anlagen wird Kupfer mehr oder weniger diffus angereichert. Bei grossflächigen Kupferdächern erreichen die Kupfergehalte in den Bodenschichten dermassen hohe Werte, dass das Bodenmaterial ohne Aufbereitung nicht wieder verwendet werden kann. Wird das Dachwasser in ein Fließgewässer eingeleitet, können insbesondere bei kleineren Flüssen im Wasser und im Sediment Cu-Konzentrationen erreicht werden, die für Fische und Kleinstlebewesen toxisch wirken. Das Qualitätsziel von 0.005 mg Cu pro Liter kann kaum eingehalten werden (vgl. Tabelle unten). Dachwasser mit einer Cu-Konzentration von 1 mg Cu pro Liter erforderte beispielsweise eine über 200-fache Verdünnung mit kupferfreiem Wasser.

	mg Cu/l
Qualitätsziel für Fließgewässer (Gewässerschutzverordnung, GschV)	0,005*
Dachwasser, Dach ohne Kupfer	0,010 – 0,050
Dachwasser, Dachrinne und Fallrohr aus Kupfer	0,1 – 6
Dachwasser Kupferdach > 500 m ²	0,7 – 50

Qualitätsziel und Kupferkonzentrationen in Dachwasser.* Totales Kupfer. Quelle: EAWAG

Der GEH-Kalk-Adsorber – die Barriere für Kupfer

Die einfachste Lösung der Kupferproblematik liegt auf der Hand: Auf die grossflächige Verwendung von Kupfer und Titanzink für Dächer und Fassaden ist zu verzichten, wie dies die KBOB/IPB empfiehlt. Alternative Metalle wie Aluminium zeichnen sich durch eine wesentlich geringere Korrosion aus und haben weniger bedenkliche Korrosionsprodukte. Kann auf den grossflächigen Einsatz von Kupfer nicht verzichtet werden,

Die Dachwasseraufbereitungsanlage mit Adsorber bei der rechtswissenschaftlichen Fakultät

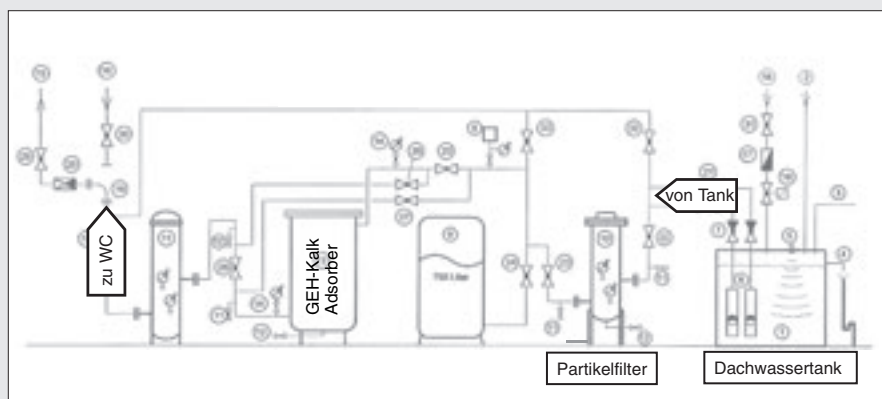
- Regenwassertank, Nachspeisung**
 Der Regenwassertank umfasst ein nutzbares Volumen von 36 m³. Zwar wäre ein grösseres Volumen sinnvoll gewesen, konnte aber aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse nicht realisiert werden. Bei hoher Belegung des Gebäudes werden für die WC- und Pissoirspülung täglich ca. 5 m³ Liter Wasser benötigt. Der gefüllte Tank reicht demnach für etwa 7 Tage. Bei zu geringem Niederschlag wird Trinkwasser direkt in den Tank eingespiesen. Schätzungsweise die Hälfte bis zwei Drittel des benötigten Spülwassers kann durch Regenwasser abgedeckt werden.
- Die Partikelabtrennung**
 Förderpumpen leiten das Wasser vom Tank durch einen Partikelfilter. Dieser besteht aus einem Regenwasserfilter mit einer Maschenweite von weniger als 1 µm. Damit werden beispielsweise Blütenstaub oder Russpartikel wirkungsvoll zurückgehalten. Diese können ansonsten das Dachwasser und die Toilettenanlagen verfärben, aber auch den Lack der sanitären Einrichtungen angreifen. Der Partikelfilter verhindert zudem die Verstopfung des GEH-Kalk-Adsorbers.
- Der GEH-Kalk-Adsorber**
 Der GEH-Kalk-Adsorber ist nach dem Partikelfilter im Hauptstrom angeordnet. Das gesamte Spülwasser, also auch das eingespiesene Trinkwasser, fliesst durch den Adsorber (vgl. Foto). Dies dient dazu, bei anhaltenden Trockenperioden von mehreren Wochen Stillstandzeiten des Adsorbers zu vermeiden, die unerwünschte Reaktionen bewirken könnten. Der Adsorber wird von oben nach unten durchströmt. Falls er trotz des Partikelfilters verstopfen sollte, sind Vorrichtungen für eine Rückspülung installiert.

Bisher sind jedoch keinerlei entsprechende Probleme aufgetreten.

- Probenahmestellen und Durchflussmessung**
 Vor und nach der Partikelabtrennung sowie vor und nach dem Adsorber sind Probenahmestellen angeordnet. Diese ermöglichen, Analysen der Kupferkonzentration vorzunehmen und die Wirkungsgrade der einzelnen Komponenten zu berechnen. Das im Gebäude installierte Leitsystem erfasst und registriert die gesamte Spülwassermenge sowie die zur Ergänzung benötigte Trinkwassermenge. Als Differenz ergibt sich der durch das Regenwasser gelieferte Anteil.

Anlage	Kupferfläche des Daches	935 m ²
	Nutzbares Volumen Regenwassertank	36 m ³
	Nutzbare jährliche Regenwassermenge	ca. 1100 m ³
	Pumpendruck	6 bar
	Anlagekosten: ca. Fr. 70.000.–	
Adsorber	Adsorber: Granuliertes Eisenhydroxid (GEH), Kalkgranulat	
	Mischverhältnis	1:1
	GEH und Kalkmengen (je)	300 kg
	Material Gehäuse	Chromstahl
	Beschickung	top-down
Entsorgung GEH und Kalk: VVS-Code 3030		

Kennzahlen des GEH-Kalk-Adsorber bei der rechtswissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich. Quelle: Hochbauamt



Schema der Dachwasseraufbereitungsanlage mit Adsorber.

Quelle: Aquring Dällikon AG

Rechtliche Grundlagen zum Adsorber-Einsatz

Gemäss der Regenwasserentsorgungs-Richtlinie (2002) des Verbandes der Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) müssen Adsorber dann eingesetzt werden, wenn die Kupferfläche am Dach grösser ist als 50 m² bzw. 500 m². Der erste Wert gilt, wenn das Dachwasser versickert wird, der zweite bei der Einleitung in ein Fliessgewässer. Im Kanton Zürich ist diese Richtlinie für wasser- und gewässerschutzrechtliche Beurteilungen zu beachten. Für die Einleitung von Industrieabwasser in die öffentliche Kanalisation schreibt die Gewässerschutzverordnung (GschV) einen Maximalwert für Kupfer von 1 mg/l vor. Unbehandeltes Dachwasser von grossflächigen Kupfereindeckungen kann diesen Wert überschreiten. Im Sinne des Vorsorgeprinzips ist der Einsatz eines Adsorbers deshalb sinnvoll.

sind Adsorbersysteme die einzige Möglichkeit, den Eintrag von Kupfer in Böden und Flüsse zu mindern. Für die zahlreichen, gesamthaft jedoch bedeutenden kleinflächigen Anwendungen von Kupfer, wie beispielsweise für Fallrohre, erweisen sich Adsorbersysteme allerdings als unverhältnismässig. In diesen Fällen lässt sich die Umweltbelastung durch die Wahl eines anderen Materials einfach reduzieren.

Seit 1997 sucht die EAWAG eine einfach zu realisierende Möglichkeit, um das Kupfer aus Dach- und Fassadenabflüssen zu entfernen. Weil Kupfer im Dachwasser hauptsächlich in gelöster Form vorkommt, ist ein Adsorptionsverfahren erforderlich. Dabei wird Kupfer an ein spezielles Material gebunden und damit aus dem Dachwasser entfernt. Der Adsorber den die EAWAG inzwischen entwickelt hat, besteht im Wesentlichen



Der GEH-Kalk-Adsorber an der Universität Zürich erreicht für die Kupfer- und Zinkentfernung einen Wirkungsgrad von über 99%. Quelle: Aquaring Dällikon AG

Das Projekt Regenwassernutzung Universität Zürich, Rämistrasse 74	
Bauherrenvertretung:	Baudirektion Kanton Zürich, Hochbauamt
Projektleitung	René Strehler, Baubereich 2, Peter Meier (Gebäudetechnik), Anita Binz-Deplazes (Fachstelle Ökologie)
Ausführung der Anlage und technische Darstellungen:	Aquaring Dällikon AG, Rolf Graf

aus granuliertem Eisenhydroxid (GEH). Dieses ist in der Lage, Kupfer schnell und in hohen Mengen zu binden. Um die GEH-Schicht zu stabilisieren, wird Kalkgranulat beigemischt. Mit dem GEH-Kalk-Adsorber steht somit ein wirksames System zur Kupferentfernung aus Dachwasser zu Verfügung.

Ein Kupferdach für die Rechtswissenschaftliche Fakultät

Parallel zur Hofüberdachung wurde das Gebäude der rechtswissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich an zwei Seiten um zwei Geschosse aufgestockt. Auf ein Kupferdach konnte aus städtebaulichen und architektonischen Gründen nicht verzichtet werden, da zahlreiche Gebäude in der Umgebung mit Kupfer eingedeckt sind. Das rund 1000 m² grosse, teilweise vorpatinierte Kupferdach des Universitätsgebäudes integriert sich harmonisch ins Stadtbild. Zudem ist Kupfer als Dachmaterial einfach zu verarbeiten.

Im Wissen der hohen Kupferfrachten kontaktierte die Fachstelle Ökologie des Hochbauamtes bereits 2002 die EAWAG, um den Einbau eines GEH-Kalk-Adsorbers zu diskutieren. Dieser musste in die bereits bei der Projekteingabe vorgesehene Regenwassernutzungsanlage für die Pissoir- und WC-Spülungen integriert werden können. So wurde in Zusammenarbeit mit der EAWAG und einer Fach-

unternehmung für Dachwasseraufbereitung die Planung für eine Pilotanlage zur Kupferentfernung aus dem Dachwasser an die Hand genommen, die mit einer Regenwassernutzungsanlage kombiniert ist.

Effiziente Entfernung von Kupfer und Zink

Bisher wurden 580 m³ Wasser durch den Adsorber geleitet. Er hat dabei eine sehr gute Leistung erbracht. Für die Kupferentfernung konnten Wirkungsgrade von über 99% ermittelt werden (vgl. Tabelle). Auch Zink, welches ausschliesslich über die atmosphärische Deposition in Dachwasser gelangt, wurde zu über 99% eliminiert. Diese hohen Wirkungsgrade sind grösstenteils auf den Adsorber zurückzuführen, denn die Wirkung des Partikelfilters für den Kupfer- und Zinkrückhalt ist sehr gering.

Aufgrund der Durchflussmenge und deren Kupfergehalt lässt sich die Standzeit des Adsorbermaterials ermitteln; im Falle der Pilotanlage ergibt dies ca. 6 Jahre. Danach muss das Adsorbermaterial – die GEH-Kalkschicht – ersetzt werden. Das ausgewechselte, mit Kupfer und anderen Schwermetallen beladene GEH muss als Sonderabfall entsorgt werden. Eine Kupferrückgewinnung ist prinzipiell möglich, heute finanziell jedoch nicht rentabel. Für die Entsorgung wie auch für die Wartung und Kontrolle sollte bei Adsorbersystemen ein All-in-One-Service gewährleistet sein, indem der Lieferant der Anlage für alle diese Aufgaben verantwortlich ist.

Bisherige Dachwassermenge in 7 Monaten	580	m ³
Zulaufkonzentrationen (Bei Regen)	Cu: 1–1,6 Zn: 0,1–0,2	mg pro Liter
Ablaufkonzentrationen (Cu und Zn)	< 0,005	
Bisheriger Wirkungsgrade (Cu und Zn)	> 99	%
Berechnete Standzeit	ca. 6	Jahre

Leistungskennzahlen des Adsorbers.

Quelle: EAWAG

Weitere Informationen

- Adsorbersysteme zur Reinigung von Regenwasserabflüssen, EAWAG – PEAK Kurs A 25/04.
- KBOB, 2001. Metalle für Dächer und Fassaden. KBOB Empfehlung 2001/1. Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes; www.kbob.admin.ch/de/index.htm

Internet-Eingangsportal zu kantonalen Informationen und Dienstleistungen im Umweltschutz



...eine Internet-Seite, die sich zu besuchen lohnt!

www.umweltschutz.zh.ch