

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

- 4 Schad- und Störstoffe in baulichen Anlagen**
- 4.1 Häufig auftretende primäre Schadstoffe**
- 4.2 Sekundäre Schadstoffe
- 4.3 Grenzwerte für Schadstoffe
- 4.4 Störstoffe

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Schadstoffe/Kontaminationen

sind organische oder anorganische Substanzen mit negativen Effekten auf die Gesundheit oder die Umwelt



Müssen vor dem Abbruch entfernt werden!

Unterscheidung zwischen primären und sekundären Schadstoffen

Störstoffe

sind Bestandteile von Bauschutt, die die bautechnischen Eigenschaften negativ beeinflussen, z.B. Gips, Dämmstoffe, Holz



Sollten vor dem Abbruch oder durch die Aufbereitung entfernt werden!

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Schadstoffe im Hochbau:

- Asbest
- Künstliche Mineralfasern (KMF)
- Holzschutzmittel
- Polychlorierte Biphenyle (PCB)
- Polycyclische Kohlenwasserstoffe (PAK)
- Schwermetalle

Schadstoffe im Straßenbau:

- Straßenpech

Häufigster Schadstoff im Hochbau: Asbest

Natürlicher Mineralstoff mit bautechnisch günstigen Eigenschaften wie Nichtbrennbarkeit, chemische Beständigkeit, hohe Hitzebeständigkeit, Isolierfähigkeit, hohe Elastizität und Zugfestigkeit.

Magnesium-Hydrosilikat

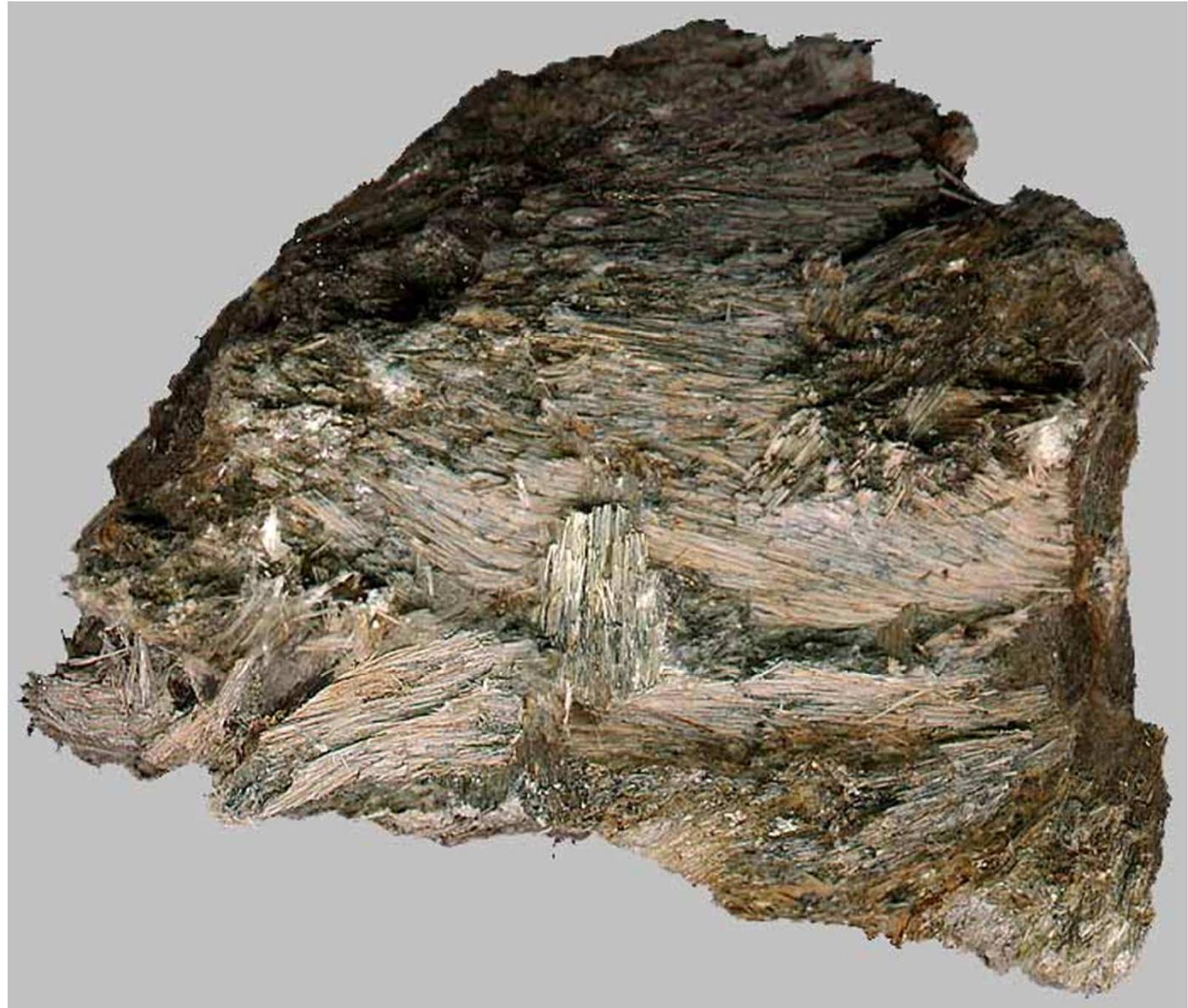
Besonderheit: faserige Ausbildung der Mineralphasen

Einteilung in Asbestgruppen:

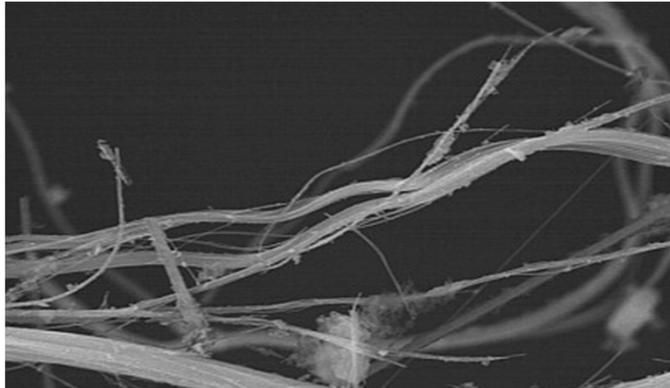
- Serpentinegruppe: Chrysotil (Weißasbest)
- Amphibolgruppe: Anthophyllit, Amosit, Aktinolith, Temolit, Krokydolith (Blauasbest)

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

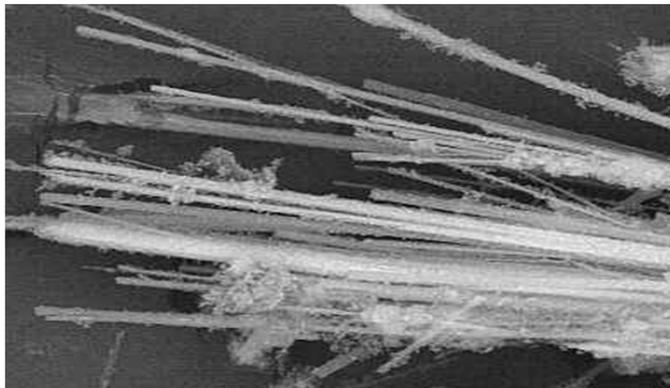
Natürlicher Asbest



Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe



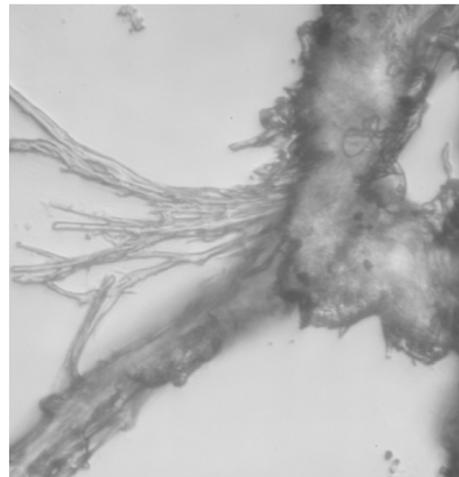
Chrysotil (Weißasbest)
Faserlänge 0,2 - 200 μm
Durchmesser 0,02 - 4 μm



Krokydolit (Blauasbest)
Faserlänge 0,2 - 17 μm
Durchmesser 0,02 - 4 μm



Ausbau des
asbesthaltigen
Dichtstoffes
Morinol



Unterscheidung von Asbestprodukten nach der Rohdichte

Schwach gebundene Asbestprodukte, Rohdichte $< 1000 \text{ kg/m}^3$

- Spritzasbest (Asbestgehalt 100 %)
- Mörtel (ca. 40 %)
- Putze (ca. 20 %)
- Stopfmassen (ca. 40 %)
- Leichtbauplatten (bis 60 %)
- Pappen (ca. 40 %)
- Gewebe, Matten, Schnüre (ca. 100 %)
- Schaumstoffe

Schwachgebundene Asbestprodukte müssen von Fachfirmen mit Zulassung gemäß § 39 der Gefahrstoffverordnung entfernt werden.

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Fest gebundene Asbestprodukte, Rohdichte $> 1400 \text{ kg/m}^3$

- ebene und gewellte Asbestzementprodukte (Asbestgehalt ca. 15 %) als Dachabdeckung, Verkleidungen, Blumenkästen, Trennwände, Fensterbänke etc.
- geformte Asbestzementprodukte wie Rohre für Tiefbau, Abgas, Lüftung
- in brandschutzrelevanten Bauteilen (Feuerschutztüren, Isolation und Dichtungen bei Feuerungsanlagen)
- Nachtspeicheröfen
- Bodenbeläge (ca. 15 %) als Flexplatten, quadratische 50er-Jahre PVC-Bodenbelagsplatten
- Kitte (3-40 %)

Festgebundene Asbestprodukte müssen von Fachfirmen mit entsprechender Sachkunde gemäß TRGS Asbest entfernt werden.

Dichten von Asbestzementfragmenten nach eigenen Messungen

$$\text{Rohdichte}_{\text{OD}} = 1,15 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Rohdichte}_{\text{SSD}} = 1,14 \text{ g/cm}^3$$

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Beispiele für
das Auftreten
von Asbest in
Gebäuden



Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe



Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Fassadenverkleidungen,
Dächer



Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Chronologie des Asbesteinsatzes

1969: Verbot Spritzasbest DDR

1979: Verbot Spritzasbest BRD

1982: Verbot sonstiger schwach gebundener Produkte

1991: Einstellung der Herstellung von Asbestzementprodukten

1992: Verwendungsverbot für Asbestzementprodukten

1994: Herstellungsverbot für Druckrohre

1995: Verwendungsverbot für Druckrohre

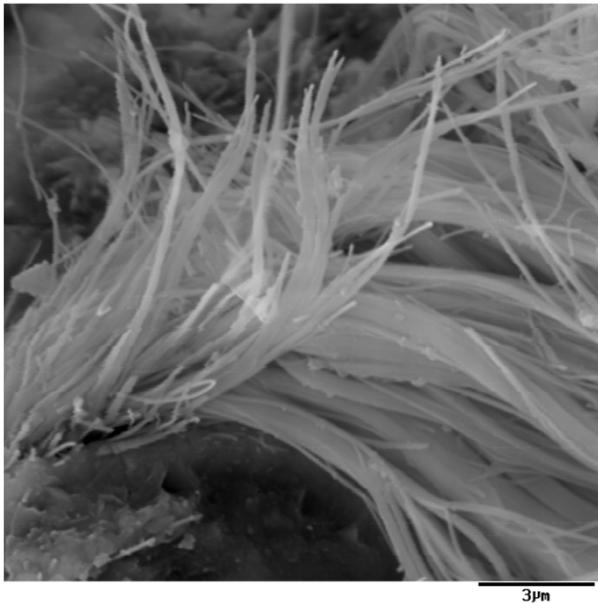
Handelsbezeichnungen für asbesthaltige Produkte

BRD: Eternit, Promabest, it-Dichtungen, Glasal

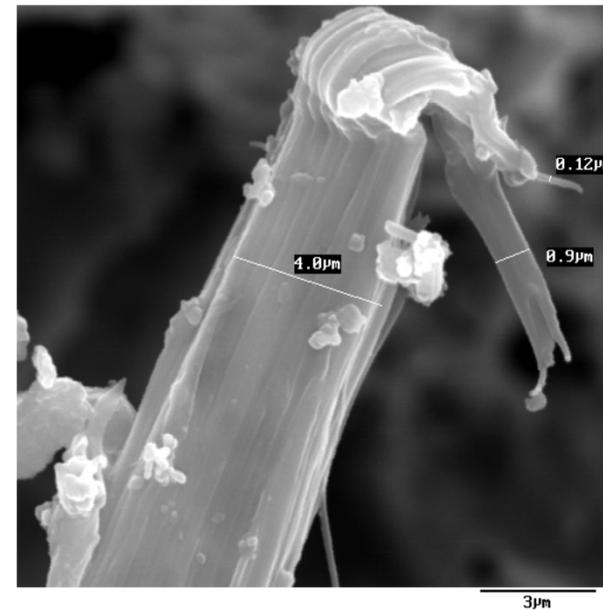
DDR: Baufatherm, Sokalit, Neptunit, Morinol-Kitt

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Asbestzementprobe mit
5000-facher Vergrößerung



Asbestfreie
Faserzementprobe mit
5000-facher Vergrößerung



Schnellerkennung von asbesthaltigen Baustoffen mittels Handspektrometer

Grundzüge der Asbesterkennung mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie

Die oben beschriebenen Methoden – bestehend aus Probenahme, Probenpräparation und anschließender Messung – liefern zuverlässige Ergebnisse. Asbestgehalte bis 1 % können nachgewiesen werden. Für Vor-Ort-Untersuchungen mit dem Ziel der Unterscheidung zwischen asbestfreien und asbesthaltigen Dach- oder Fassadenplatten sind sie wenig praktikabel. Für diesen Fall bietet sich die Anwendung von Analysatoren auf der Basis der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIR) an.

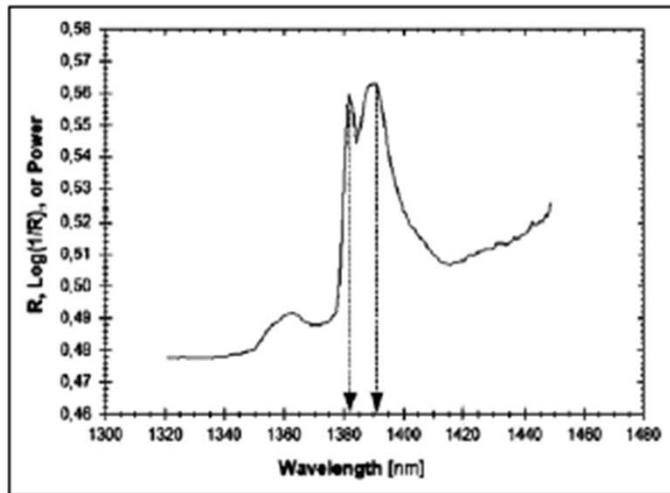
Die NIR-Spektroskopie nutzt den Wellenlängenbereich des elektromagnetischen Spektrums von 800 nm bis 2500 nm. Die zu analysierende, stückige oder pulvrige Probe wird mit Licht bestrahlt. Durch die Adsorption der Strahlung werden die Moleküle der Probe in Schwingungen versetzt. Aus der reflektierten Strahlung, die mit einem Spektrometer analysiert wird, kann auf die molekulare Zusammensetzung der Probe geschlossen werden. Der Schwerpunkt der Anwendung der NIR-Analyse lag bislang auf den Sektoren Landwirtschaft, Lebensmittelindustrie, chemischen Industrie und Pharmazie. Mit dieser Methode können aber auch Mineralien, die OH-Gruppen in ihrer Struktur enthalten, anhand ihrer charakteristischen Spektren erkannt werden [6], [7].



Bei der Identifizierung von Asbest mit dem PHAZIR Asbestos wird das diffus von der Probe reflektierte Licht im Wellenlängenbereich von 1321,1 bis 1448,9 nm analysiert. Durch den Vergleich mit intern gespeicherten Spektren der verschiedenen Asbestminerale kann festgestellt werden, ob Asbest vorhanden ist und welches Asbestmineral vorliegt. Als Nachweisgrenze wird ein Asbestgehalt von 1 % angegeben.

Müller, A.; Seidemann, M.; Schnellert, T.
Schnelle Detektion • Quick detection. Mobile Analysengeräte zur schnellen Bestimmung von Asbest. Zeitschrift AT Mineral Processing Volume 52, I(2011), H. 11, S. 50-63.

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe



NIR-Spektrum eines Gewebes
 mit einem Gehalt an Chrysotil von
 mindestens 40 %



Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Weitere Schadstoffe im Hochbau:

1. Künstliche Mineralfasern (KMF)

Silikatische Fasern der Produktgruppen Glaswolle, Steinwolle, Schlackenwolle. In den letzten Jahren Modifizierung der Herstellung in Richtung besserer Biolöslichkeit.

Anwendungsgebiete sind

- Isoliermaterial (Dachisolierung, Rohrummantelung, etc.)



Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Beispiele für
das Auftreten
von KMF



Chronologie des Einsatzes künstlicher Mineralfasern:

- Herstellungszeitraum und –einbau vor 1996: Alte Mineralwolle mit geringer Biolöslichkeit, Einstufung als krebserzeugend nach Kategorie 2 der TRGS 905
- Ab 1996: Produktion von Mineralfasern der neuen Generation mit hoher Biolöslichkeit, welche als nicht krebserzeugend eingestuft werden.
- Seit Juni 2000: Herstellungs- und Verwendungsverbot für alte Mineralwolle

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

2. Holzschutzmittel

Ölige oder wässrige Substanzen mit Wirkstoffen gegen Insekten-, Schädlings- und Pilzbefall

Wirkstoffe in lösemittelhaltigen Holzschutzmitteln

- Chlornaphthaline
- PCP (Pentachlorphenol)
- Lindan (γ -Hexachlorcyclohexan)
- DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan)
- Chlorthanoil
- Endosulfan
- Tributylzinnverbindungen

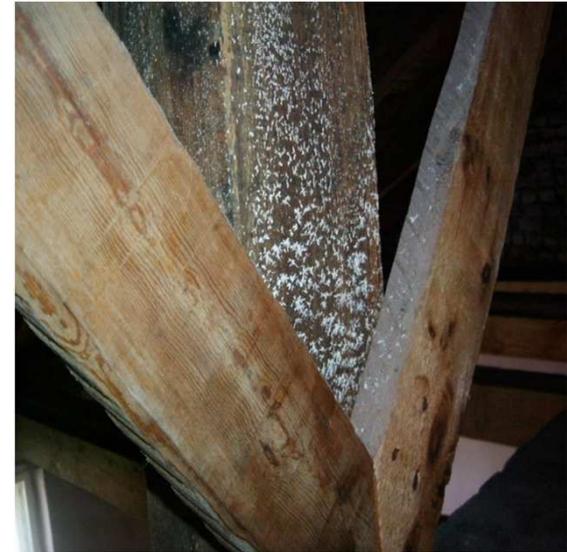
steinkohleteerhaltige Holzschutzmittel

- Teeröle
- Carbolineen
- Teerölpräparate

Wirkstoffe in wasserlöslichen Holzschutzmitteln
Quecksilber, Arsen, Bor, Chrom, Fluorid, Kupfer, Zink

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Beispiele für das
Auftreten von
Holzschutzmitteln



Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Anwendungsgebiete

- Holzbauteile im Außenbereich (Fassadenbekleidungen, Terrassen, Wintergärten und Pergolen)
- Konstruktionshölzer für tragende Teile
- Holzfenster und Außentüren aus Holz

Chronologie

- Anwendung von Lindan in Deutschland in Land- und Forstwirtschaft nach wie vor zugelassen, in Einzelfällen noch in Holzschutzmitteln eingesetzt
- Anwendung von DDT in der BRD seit 1974 verboten
- Produkt Hylotox mit ca. 4 % Lindan und DDT in der DDR bis 1990 uneingeschränkt eingesetzt
- Herstellung, Inverkehrbringen und Anwendung von PCP seit 1989 verboten

3. Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Organische Verbindung mit sehr guten technischen Eigenschaften

- wie Alters- und Oxidationsbeständigkeit
- gute chemische Stabilität gegenüber Säuren und Basen
- elektrische Isoliereigenschaften
- gute Wärmeleitung
- geringe akute Toxizität
- preisgünstige Herstellung
- keine korrosiven Wirkungen
- Wasserunlöslichkeit
- Stabilität gegen Hitze und Licht
- Feuerfestigkeit und
- Schwerentflammbarkeit

Beträchtliche Risiken führten zum PCB- Verbot

- schwer biologisch abbaubar (persistent)
- Anreicherung in der Nahrungskette infolge der guten Fettlöslichkeit
- chronisch toxisch
- im Brandfall Bildung von Dioxinen und Furanen
- ubiquitär

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Anwendungsgebiete

- dauerelastische Fugenmassen
- Verguss- und Spachtelmassen, Dichtungsmassen, Kitte, Klebstoffe
- Kabelummantelungen
- als Flammenschutzmitteln in Anstrichstoffen
- Kondensatoren in Leuchtstoffröhren älteren Herstelungsdatums
- Sekundärkontaminationen von Transformatoren auf umgebende Bauteile

Chronologie

- seit 1978 Anwendung auf geschlossene Systeme beschränkt
- seit 1983 nicht mehr hergestellt
- 1989 Verwendungsverbot

4. Polycyclische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Gruppe von Einzelverbindungen, die bei Verbrennungsprozessen unter Luftmangel entstehen. PAKs sind Bestandteil von Steinkohlenteer-Produkten oder treten als sekundäre Schadstoffe nach Bränden auf. Bitumen als Produkt der Erdöldestillation enthält nahezu keine PAKs.

Anwendungsgebiete

- Teerkleber für Parkett und andere Fußbodenbeläge
- Teerpappen
- Teerkork
- Schutzanstriche
- Steinkohlenteeröl in Holzschutzmitteln

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Beispiele für das Auftreten von PAK



Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Blei

- Pigment in Rostschutzanstrichen und Malerfarben

Cadmium

- Pigment in Kunststoffen, Stabilisator in PVC

Chrom

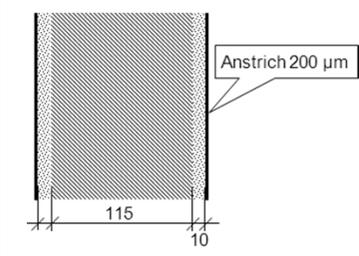
- Farbpigment, Holzschutzmittelbestandteil

Zink

- Farbpigment

Quecksilber

- Holzschutzmittel



	Dicke [mm]	Rohdichte [kg/dm ³]	Anteile [kg/kg]
Leichte Wand			
Wand	115	0,38	0,6815
2xGipsputz	20	1,004	0,3131
2xAnstrich	0,04	0,85	0,0053
Schwere Wand			
Wand	115	1,899	0,9144
2xGipsputz	20	1,004	0,0820
2xAnstrich	0,04	0,85	0,0014

Quellen:

Seeman, Axel

Arbeitshilfe Kontrollierter Rückbau:

Kontaminierte Bausubstanz

Erkundung, Bewertung, Entsorgung

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2003

Häufigster Schadstoff im Straßenbau: Straßenpech

Pyrolyseprodukt von Steinkohle, enthält polycyclische Kohlenwasserstoffe (PAK), die als krebserzeugend eingestuft sind und Phenole, die toxisch sind.

Unterscheidung zwischen Bitumen aus der Erdöldestillation und Pech aus der Steinkohlenverkokung:

- Bitumen enthält keine umweltschädigen Bestandteile.
Gehalt an Benzo(a)pyren 1 bis 5 ppm.
- Umweltgefährdungen gehen von Pech (früher Teer) aus.
Gehalt an Benzo(a)pyren 5000 bis 10000 ppm.

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Anwendung

Eingesetzt als Tränkspritzung, in Teersand, als Bitumen-Teergemisch in Trag-, Binder- und Deckschichten, als PVC-Teer für heiß gespritzte Oberflächenbehandlungen, als Teerschlämme für Antipetrolbeschichtungen

Chronologie

seit 1987 nicht mehr im Einsatz

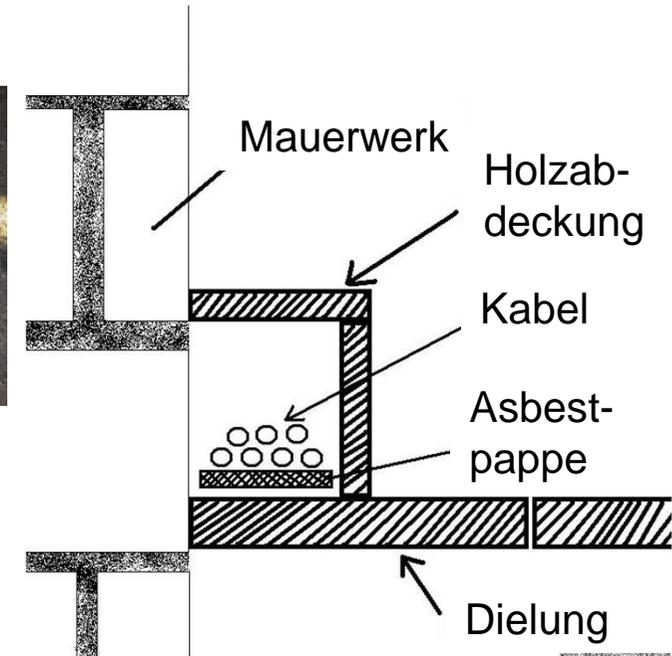
Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Beispiele

Ein Museum in Sachsen-Anhalt

Asbestpappen zwischen
Dielung und Kabeln

Haack Abbruch GmbH/Newsletter Nov. 2006



Ein Kaufhaus in Hannover

Verkleidung von Stahl-
unterzügen durch
schwachgebundenen Asbest



Haack Abbruch GmbH/Newsletter
März 2007

Ein Grundstück mit Stall in Brandenburg:
Stalldach aus
Wellasbestplatten

Haack Abbruch GmbH/Newsletter Juli 2007



Alles für'n Euro

Deckenverkleidung aus faserarmierten Gipsplatten, Planasbestplatten
und Dämmung aus KMF

Haack Abbruch GmbH/Newsletter Nov.2007

Einbau von Blendrahmen-Türen

Fixierung mit asbesthaltigem Morinokitt

Haack Abbruch GmbH/Newsletter Januar 2008

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Was steckt dahinter?

Zementgebundener Fliesenkleber mit
Asbestfasern

Haack Abbruch GmbH/Newsletter März 2008



Gar nicht so selten?

Asbesthaltige Pappen
(=schwachgebundene
Asbeste) unterhalb von
Holzfensterbänken für den
Brandschutz



Haack Abbruch GmbH/Newsletter Mai 2008

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Asbest oder nicht, das ist hier die Frage...

Gips mit einer Glasfaserarmierung

Haack Abbruch GmbH/Newsletter Juli 2008

Was blüht uns denn da schon wieder?

Schwachgebundene Asbeste in Form von Sokalitplatten

Haack Abbruch GmbH/Newsletter September 2008

Eine 3 mm starke Teerpappe unter dem Estrich

Abdichtung aus Teerpappe unterhalb einer Estrichschicht +
Sekundärkontamination der Rohdecke

Haack Abbruch GmbH/Newsletter November 2008

Teerkorkplatten auf dem Dach, wo ist das Problem?

Teerkork: Baustoff zur Wärme- bzw. Schallisolierung. Kleine Korkbruchstücke mit einem Bindemittel aus PAK-haltigem Steinkohlenteerpech verbunden

Haack Abbruch GmbH/Newsletter Januar 2009

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Die Sorge mit der Entsorgung

Mit Holzschutzmittel verunreinigte Deckenschüttung im Dachgeschoß

Haack Abbruch GmbH/Newsletter März 2009

PCP- Sanierung schief gegangen..

PCP-haltiges Holzschutzmittel auf Dachstuhl,
Dachschalung und Dielung

Haack Abbruch GmbH/Newsletter Mai 2009

Bilanz

6 x Asbest, 2 x Holzschutzmittel,

1 x Künstliche Mineralfasern

2 x Teerpappe



Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

- 4 Schad- und Störstoffe in baulichen Anlagen
 - 4.1 Häufig auftretende primäre Schadstoffe
 - 4.2 **Sekundäre Schadstoffe**
 - 4.3 Grenzwerte für Schadstoffe
 - 4.4 Störstoffe

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Neben Schadstoffen als Bestandteile von Baustoffen können Kontaminationen infolge der Nutzung auftreten. Zu diesen sekundären Schadstoffen zählen

- Schwermetalle Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Hg, As
- Chloride Cl⁻
- Sulfat SO₄²⁻
- verschiedene Kohlenwasserstoffverbindungen

Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) treten auf

- in Löse- und Entfettungsmitteln
- als Kältemittel in Kühlaggregaten

Benzol, Toluol, Xylol (BTX-Aromaten) treten auf

- in Löse- und Entfettungsmitteln
- in Kerosin

Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) treten auf

- in Kerosin, Benzin, Dieselöl, Heizöl, Schmieröl, Paraffin, Wachs

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Entsprechend der Anwendung können die organischen Sekundärschadstoffe an folgenden Standorten auftreten:

- Textilreinigungsbetriebe
- Kühlhäuser
- in der Nähe von Heizöl-/Kraftstofftanks und Brennstofflagern
- in der Nähe von Heizungsanlagen
- in Garagen, Autowerkstätten, Hydraulikanlagen
- an anderen Orten, an denen Mineralöl-Kohlenwasserstoffe eingesetzt wurden

PAKs und Ruß als Sekundärschadstoffe treten auf

- in Schornsteinen und Kaminen
- bei Brandschäden

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

„Hitliste“ der zu erwartenden Schadstoffe an Industrialtstandorten

Altlastenverdächtige Standorte	Schadstoffe
Erzbergbau, Metallverhüttung, Umschmelzwerke, Gießereien, Oberflächenbehandlungsbetriebe und Härtereien, Metallverarbeitung	Schwermetalle, Säuren/Basen, organische Lösungsmittel (besonders Oberflächenveredlung und Härtereien)
Herstellung von Batterien, Akkumulatoren	Schwermetalle, Säuren/Basen
Gaswerke, Kokereien, Mineralölverarbeitung und -lagerung	Schwermetalle, alle wasserwirtschaftlich relevanten, organischen Stoffe wie Phenol, PCB, PAK
Herstellung von Dünger	einige Schwermetalle, Säuren/Basen, Ammonium
Herstellung von Glas	einige Schwermetalle
Herstellung von anorganischen Grundstoffen und Chemikalien	Schwermetalle, organische Lösungsmittel
Herstellung von organischen Grundstoffen, Chemikalien und Produkten wie Pharmazeutika, Kunststoffe, Farben und Lacke, Pflanzenschutzmittel, Schädlingsbekämpfungsmittel, Gummi, Papier, Pappen, Textilien	Schwermetalle, alle wasserwirtschaftlich relevanten organischen Schadstoffe
Herstellung von Speiseölen und Fetten	Nickel, Säuren/Basen, organische Lösungsmittel

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Am häufigsten genannte Bauwerke, die Schadstoffe in den Bauschutt eintragen

- Tankstellen und Fahrzeugpflegedienste
- Militärstandorte
- Schornsteine



Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

- 4 Schad- und Störstoffe in baulichen Anlagen
 - 4.1 Häufig auftretende primäre Schadstoffe
 - 4.2 Sekundäre Schadstoffe
 - 4.3 Grenzwerte für Schadstoffe**
 - 4.4 Störstoffe

Grenzwerte für Schadstoffe

- Schutz von Grundwasser und Boden als Ziele
- Abgestufte Anforderungen in Abhängigkeit von den Einbaubedingungen

Ein Recyclingbaustoff ist in der Regel ein mineralischer Stoff aus den Hauptbestandteilen der Erdkruste. Des Weiteren enthält er fest in die Struktur eingebaute Nebenbestandteile, zu denen auch Schwermetalle gehören können. Für die umwelttechnische Bewertung sind nicht diese immobilen Schadstoffe von Interesse sondern die eluierbaren, mobilen Bestandteile, die in das Grundwasser oder den Boden gelangen können.

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Zuordnungswerte Feststoff für Recyclingbaustoffe/nicht aufbereiteten Bauschutt

Parameter Feststoff		Zuordnungs-klasse			
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
As ²⁾	[mg/kg]	20			
Pb ²⁾	[mg/kg]	100			
Cd ²⁾	[mg/kg]	0,6			
Cr _{gesamt} ²⁾	[mg/kg]	50			
Cu ²⁾	[mg/kg]	40			
Ni ²⁾	[mg/kg]	40			
Hg	[mg/kg]	0,3			
Zn ²⁾	[mg/kg]	120			
KW	[mg/kg]	100	300 ¹⁾	500 ¹⁾	1.000 ¹⁾
PAK nach EPA	[mg/kg]	1	5 (20) ³⁾	15 (50) ³⁾	75 (100) ³⁾
EOX	[mg/kg]	1	3	5	10
PCB	[mg/kg]	0,02	0,1	0,5	1

1) Überschreitungen durch Asphaltanteile stellen kein Ausschlusskriterium dar.
 2) Bei Verwendung für Rekultivierungszwecke und Geländeauffüllungen gelten die Zuordnungswerte Z 1.1 und Z1.2 für Boden.
 3) Im Einzelfall kann bis zu den in Klammern genannten Wert abgewichen werden.

EOX: Extrahierbare organisch-gebundene Halogene

PAK: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

PCB: Polychlorierte Biphenyle

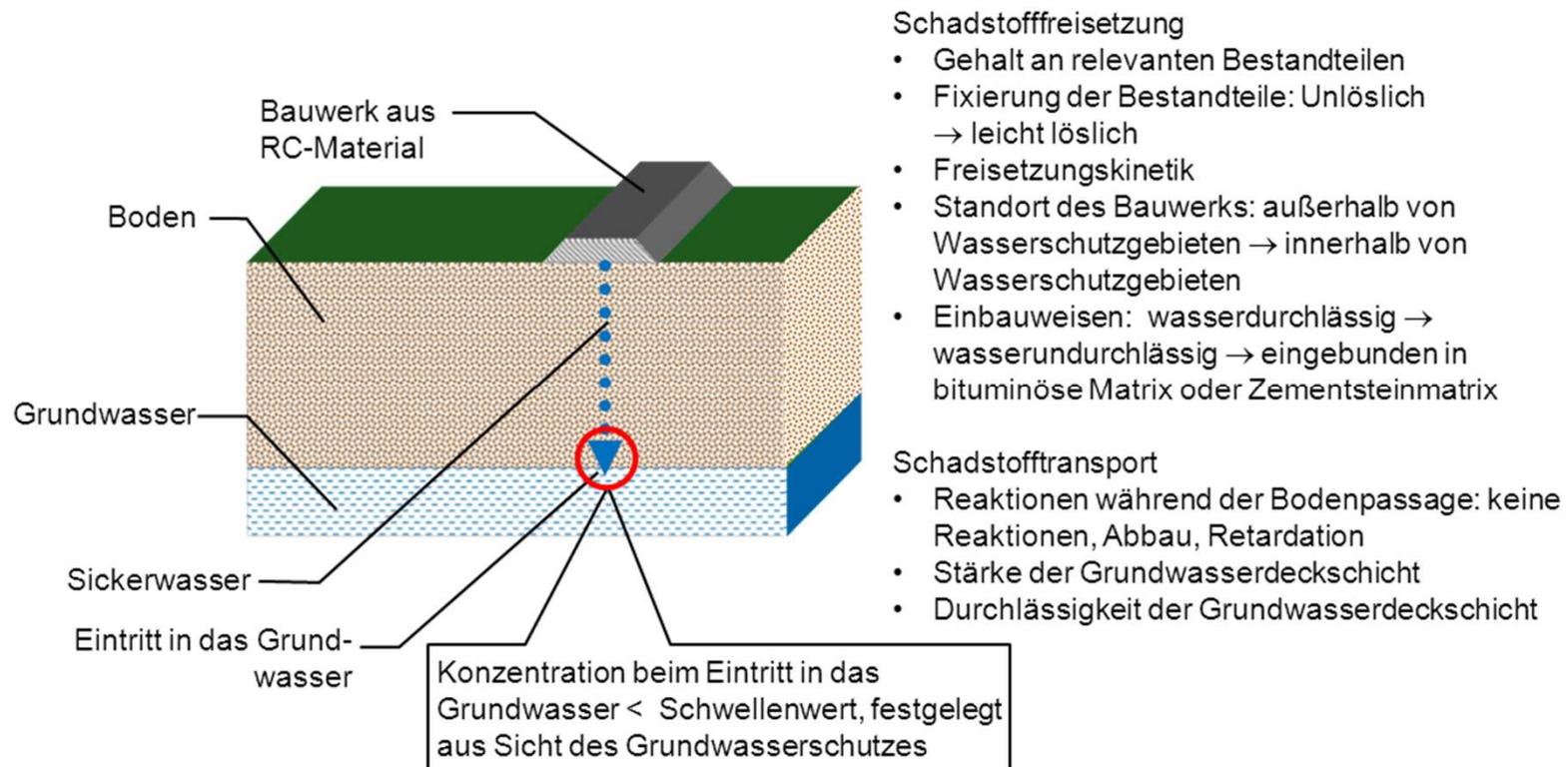
Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Zuordnungswerte Eluat für Recyclingbaustoffe/nicht aufbereiteten Bauschutt

Parameter Eluat		Zuordnungsklasse			
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH- Wert		7-12,5	7-12,5	7-12,5	7-12,5
el. Leitfähigkeit	[$\mu\text{S/m}$]	500	1.000	2.000	3.000
Cl ⁻	[mg/l]	10	20	40	150
SO ₄ ²⁻	[mg/l]	50	75	150	600
As	[$\mu\text{g/l}$]	10	10	40	50
Pb	[$\mu\text{g/l}$]	20	40	100	100
Cd	[$\mu\text{g/l}$]	2	2	5	5
Cr _{gesamt}	[$\mu\text{g/l}$]	15	30	75	100
Cu	[$\mu\text{g/l}$]	50	50	150	200
Ni	[$\mu\text{g/l}$]	40	50	100	100
Hg	[$\mu\text{g/l}$]	0,2	0,2	1	2
Zn	[$\mu\text{g/l}$]	100	100	300	400
Phenolindex	[$\mu\text{g/l}$]	< 10	10	50	100

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

In Bearbeitung: Bundeseinheitliche Neuregelung für Grenzwerte und Einbaubedingungen
 Basis: Wissenschaftliche Ableitung der Grenzwerte für Schadstoffe



Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Staffelung der RC-Baustoffe in drei Klassen

- RC-1: praktisch kein Unterschied zu natürlichen Mineralstoffen
- RC-2: geringer Unterschied zu natürlichen Mineralstoffen
- RC-3: beherrschbarer Unterschied zu natürlichen Mineralstoffen

Einsatztabellen: Schutz durch Einbaubedingungen und „Grundwasserereichbarkeit“ als Leitgrößen für die verwertbaren RC-Klassen

Ersatzbaustoff: RC-1							
Einbauweise Ausschnitt RC-1		Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht außerhalb von Wasserschutzbereichen			innerhalb von Wasserschutzbereichen		
		un- günstig	günstig		günstig		
			Sand	Lehm/Schluff /Ton	WSG III A HSG III	WSG III B HSG IV	Wasservor- ranggebiete
		1	2	3	4	5	6
1	Decke bitumen- oder hydraulisch gebunden	+	+	+	A	A	A
2	Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A
3	Unterbau unter Fundament- oder Bodenplatten	+	+	+	+	+	+
4	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
5	Bodenverfestigung unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Fortsetzung Ausschnitt RC-1

12	Bodenverbesserung unter geb. Deckschicht	+ ¹⁾	+	+	BU ¹⁾	U ¹⁾	+
13	Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Deckschicht	+ ¹⁾	+	+	BU ¹⁾	U ¹⁾	+
14	Dämme oder Wälle gemäß Bauweisen A-D nach MTSE sowie Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich in analoger Bauweise	+	+	+	+	+	+
14a	Damm oder Wall gemäß Bauweise E nach MTSE	+	+	+	+	+	+
15	Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
16	Deckschicht ohne Bindemittel	+	+	+	+	+	+
17	ToB, Bodenverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1m Dicke ab Planum sowie Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel	+ ²⁾	+ ³⁾	+	BU ^{2) 3)}	U ^{2) 3)}	+ ³⁾
18	Bauweisen 17 unter Plattenbelägen	+ ²⁾	+ ³⁾	+	BU ^{2) 3)}	U ^{2) 3)}	+ ³⁾
19	Bauweisen 17 unter Pflaster	+ ²⁾	+	+	BU ²⁾	U ²⁾	+
20	Verfüllung von Leitungsgräben unter Deckschicht ohne Bindemittel	+ ²⁾	+ ³⁾	+	-	U ^{2) 3)}	+ ³⁾
21	Verfüllung von Leitungsgräben unter Plattenbelägen	+ ²⁾	+ ³⁾	+	-	U ^{2) 3)}	+ ³⁾
22	Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	+ ²⁾	+	+	-	U ²⁾	+
23	Hinterfüllung von Bauwerken und Dämme im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden sowie Hinterfüllung in analoger Bauweise zu MTSE E	+ ²⁾	+	+	BU ²⁾	U ²⁾	+
24	Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	+ ²⁾	+	+	BU ²⁾	U ²⁾	+

1) zulässig, wenn Chrom_{ges} ≤ 110 µg/L und wenn PAK15 ≤ 2,3 µg/L, 1) innerhalb von Wasserschutzgebieten: wenn 1) erfüllt ist, ist RC-1 zulässig ohne Einschränkungen; wenn 1) nicht erfüllt ist, gelten die aufgeführten Einschränkungen;

2) zulässig, wenn Chrom_{ges} ≤ 15 µg/L und wenn Kupfer ≤ 30 µg/L und wenn Vanadium ≤ 30 µg/L und wenn PAK15 ≤ 0,3 µg/L, 2) innerhalb von Wasserschutzgebieten: wenn 2) erfüllt ist, ist RC-1 zulässig ohne Einschränkungen, wenn 2) nicht erfüllt ist, gelten die aufgeführten Einschränkungen;

3) zulässig, wenn Vanadium ≤ 65 µg/L und wenn PAK15 ≤ 4,5 µg/L, 3) innerhalb von Wasserschutzbereichen: wenn 3) erfüllt ist, ist RC-1 zulässig mit den aufgeführten Einschränkungen, wenn 3) nicht erfüllt ist, gilt in Wasservorranggebieten „U“, ansonsten ist RC-1 nicht zulässig.

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Ausschnitt RC-3

12	Bodenverbesserung unter geb. Deckschicht	-	+ ¹⁾	+	BÜ ¹⁾	Ü ¹⁾	+ ¹⁾
13	Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Deckschicht	-	+ ¹⁾	+	BU ¹⁾	U ¹⁾	+ ¹⁾
14	Dämme oder Wälle gemäß Bauweisen A-D nach MTSE sowie Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich in analoger Bauweise	+	+	+	-	U	+
14a	Damm oder Wall gemäß Bauweise E nach MTSE	-	+	+	-	U	+
15	Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen	-	+	+	-	+	+
16	Deckschicht ohne Bindemittel	-	-	+	-	-	U
17	ToB, Bodenverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1m Dicke ab Planum sowie Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel	-	-	-	-	-	-
18	Bauweisen 17 unter Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
19	Bauweisen 17 unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
20	Verfüllung von Leitungsgräben unter Deckschicht ohne Bindemittel	-	-	-	-	-	-
21	Verfüllung von Leitungsgräben unter Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
22	Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
23	Hinterfüllung von Bauwerken und Dämme im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden sowie Hinterfüllung in analoger Bauweise zu MTSE E	-	K ²⁾	+	BKU ²⁾	U ²⁾	+ ²⁾
24	Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	-	M	-	-	MU

1) zulässig, wenn Vanadium $\leq 1.100 \mu\text{g/L}$, 1) innerhalb von Wasserschutzbereichen: wenn 1) erfüllt ist, ist RC-3 zulässig mit den aufgeführten Einschränkungen, wenn 1) nicht erfüllt ist, gilt in Wasservorranggebieten „U“, ansonsten ist RC-3 nicht zulässig;

2) zulässig, wenn „K“ und wenn Vanadium $\leq 1.200 \mu\text{g/L}$, ohne „K“ nicht zulässig, 2) innerhalb von Wasserschutzbereichen: wenn 2) erfüllt ist, ist RC-3 zulässig mit den aufgeführten Einschränkungen, wenn 2) nicht erfüllt ist, gilt in Wasservorranggebieten „U“, ansonsten ist RC-3 nicht zulässig.

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

- 4 Schad- und Störstoffe in baulichen Anlagen
 - 4.1 Häufig auftretende primäre Schadstoffe
 - 4.2 Sekundäre Schadstoffe
 - 4.3 Grenzwerte für Schadstoffe
 - 4.4 Störstoffe**

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Definition des Begriffs „Störstoffe“ hängt von dem Einsatzgebiet ab, für welches die Recyclingbaustoffe vorgesehen sind.

Orientierung an folgenden Vorschriften möglich:

- Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau TL Gestein-StB 04; Ausgabe 2004
- Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau TL SoB-StB 04; Ausgabe 2004
- DIN 4226 Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel - Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Stoffliche Zusammensetzung nach TL Gestein-StB 04, Recycling-Baustoff RC

	[M.-%]
Asphaltgranulat im Anteil > 4 mm	≤ 30
Klinker, Ziegel und Steinzeug im Anteil > 4 mm	≤ 30
Kalksandstein, Putze und ähnliche Stoffe im Anteil > 4 mm	≤ 5
Mineralische Leicht- und Dämmbaustoffe im Anteil > 4 mm	≤ 1
Fremdstoffe wie Holz, Gummi, Kunststoffe und Textilien im Gemisch	≤ 0,2

Anforderungen nach DIN 4226-100, Rezyklierte Gesteinskörnungen

	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
	Betonsplitt/ Beton- brechsand	Bauwerksplitt/ Bauwerk- brechsand	Mauerwerk- splitt/Mauer- werkbrechsand	Mischsplitt/ Mischbrech- sand
Bestandteile	[Masse-%]			
Beton und Gesteins- körnungen nach DIN 4226-1	≥ 90	≥ 70	≤ 20	≥ 80
Klinker, nicht poro- sierter Ziegel	≤ 10	≤ 30	≥ 80	
Kalksandstein			≤ 5	
Andere mineralische Beimengungen	≤ 2	≤ 3	≤ 5	≤ 20
Asphalt	≤ 1	≤ 1	≤ 1	
Fremdbestandteile	≤ 0,2	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 1
Kornrohdichte	[kg/m ³]			
	≥ 2000	≥ 2000	≥ 1800	≥ 1500

Gips stellt Schad- und Störstoff dar:
SO₃-Gehalt < 1 M.-%
Stückgips-Gehalt < 0,2 M.-%

Andere mineralische
Beimengungen wie
porosierter Ziegel,
Leichtbeton,
haufwerksporiger Beton,
Putz, Mörtel, poröse
Schlacken, Bimsstein

Fremdbestandteile wie
Glas, NE-Metallschlacke,
Stückgips, Gummi,
Kunststoff, Metall, Holz,
Pflanzenreste, Papier,
Sonstiges.

Vergleich der Zusammensetzung eines 5-geschossigen P2-Standardgebäudes mit den Anforderungen



Variante 1

Zusammensetzung wie
im Ausgangszustand

Variante 2

Zusammensetzung durch
Sortierung verändert

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Variante 1.1: Zusammensetzung wie im Ausgangszustand

Beton u. Gesteinskörnungen:
Beton + Schlackensand + Kies
+ Terazzo = 93,6 %

Zuordnung entsprechend
TL Gestein 2004

Anforderungen erfüllt ?

Andere min. Bestandteile:
Estrich 3,2 %

Fremdbestandteile: Holz +
Glas + Mineralwolle + Kamelit
+ Dämmstoffe + PVC = 1,3 %

mineralische Leicht- und Dämm-
baustoffe max. 1 M.-%: nein

Fremdstoffe max. 0,2 M.-%: nein

Estrich darf nicht als Anhydrit-Estrich vorliegen

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Variante 1.2: Zusammensetzung wie im Ausgangszustand

Beton u. Gesteinskörnungen:
Beton + Kies = 86,6 %

Andere min. Bestandteile:
Terazzo + Schlackensand
= 7 %

Fremdbestandteile: Holz +
Estrich + Glas + Mineralwolle
+ Kamelit + Dämmstoffe +
PVC = 4,5 %

Zuordnung entsprechend DIN 4226

Anforderungen erfüllt ?

Beton + Gesteinskörnungen
 ≥ 90 M.-%: nein

Andere min. Beimengungen
 ≤ 2 M.-%: nein

Asphalt ≤ 1 M.-% ✓

Fremdbestandteile $\leq 0,2$ M.-%: nein

Estrich darf nicht als Anhydrit-Estrich vorliegen

Vorlesung C/Kapitel 4: Schad- und Störstoffe

Variante 2: Zusammensetzung durch Sortierung verändert
Welche Stoffe müssen unbedingt abgetrennt werden?

	Volumen [m ³]	Dichte [kg/m ³]	Masse [kg]	Anteile		Anteile ohne Metalle, Schadstoffe und Störstoffe [Masse-%]
				[Masse-%]	[Vol-%]	
Terrazzo	42,1	2200	92620	3,9	3,7	4,0
Holz	22,3	800	17816	0,7	2,0	
Glas	1,9	2500	4625	0,2	0,2	
Estrich/Anhydrit	42,8	1800	77040	3,2	3,8	3,3
Mineralwolle	21,5	300	6450	0,3	1,9	
Kamilithplatten andere Dämmstoffe	2,6 58,7	300 30	777 1761	0,032 0,073	0,2 5,2	
Schlackensand	30,1	2500	75125	3,1	2,7	3,2
Kies	20,8	2500	52000	2,2	1,8	
PVC-Rohr	0,6	1400	791	0,033	0,0	2,2
Stahlrohre	0,0	7800	70	0,003	0,0	
Bewehrung (2,2 % von Beton)	5,7	7800	44638	1,9	0,5	
Beton	882,2	2300	2029000	84,4	78,0	87,2
Summe	1131,1		2402713			
Kontrolle				100,0	100,0	100,0