

- 1 Vorschriften zum Recycling
- 1.1 Rechtliche Vorschriften zum Umgang mit Bauabfällen
- 1.2 Bautechnische Vorschriften zu Produkten aus Bauabfällen
- 1.3 Umwelttechnische Vorschriften

Rechtsvorschriften für den Umgang mit Bauabfällen betrachten überwiegend abfallrelevante Gesichtspunkte.

Lediglich die Verdingungsverordnung für Bauleistungen ordnet Recyclingstoffe als Produkte ein.

- ⇒ Wichtige Rechtsvorschriften für den Umgang mit Bauabfällen: siehe Vorlesung C; Kapitel Kreislaufwirtschaft
- ⇒ Klassifizierung von Bauabfällen anhand der im Europäischen Abfallverzeichnis gegebenen Abfallschlüsselnummern
- ⇒ Zuordnung der verschiedenen Bauabfallarten: siehe Vorlesung C; Kapitel Abfallwirtschaftliche Kennzahlen

In der Recyclingpraxis erfolgt die Klassifizierung von Bauabfällen stoff- und herkunftsbezogen. Mindestens folgende Abfallschlüsselnummern sind relevant:

Bodenaushub,
Baggergut,
Gleisschotter
ohne
Schadstoffbe-
lastung
170504/06/08

Straßenaufbruch
aus Beton 170101
Straßenaufbruch
Straßenaufbruch
aus Asphalt 170302

Hochbauschutt aus
Beton bzw. aus
Mauerwerk
170101, 170102,
170103, 170107

Gemischte Bau- u.
Abbruchabfälle
170201/02/03, 1704,
170604, 170802, 170904

- 1 **Vorschriften zum Recycling**
- 1.1 Rechtliche Vorschriften zum Umgang mit Bauabfällen
- 1.2 **Bautechnische Vorschriften zu Produkten aus Bauabfällen**
- 1.3 Umwelttechnische Vorschriften

Bautechnische Vorschriften enthalten Anforderungen an RC-Baustoffe, welche sich von den Anforderungen an natürliche Gesteinskörnungen unterscheiden bzw. darüberhinausgehen.

Erd-, Grund- und Straßenbau

| | |
|-------------------|---|
| Erd- und Grundbau | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, ZTV E-StB 94, Ausgabe 1997, FGSV-Nr. 599. |
| | Technische Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe für den Erdbau im Straßenbau, TL BuB E-StB 07, Bearbeitungsstand April 2008. |
| | Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau, TP BF-StB, Ausgabe 1988 / Fassung 1999, FGSV-Nr. 591. |
| | Hinweise zur Verwendung von recycelten Baustoffen für Erdarbeiten im Straßenbau (nicht im FGSV-Verlag erschienen). |

Technischen Lieferbedingungen legen die technischen Merkmale des gelieferten Produktes fest.

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen: Ergänzung der Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATV) der VOB, Teil C. Letztere bleiben dadurch grundsätzlich unverändert. Inhalte sind z.B. zusätzlich gewünschte Güteprüfungen für Baustoffe und Vorstellungen zu Arten der Bauausführung. ...

Vorlesung D/Kapitel 1: Vorschriften

| | |
|--|---|
| Ungebundene Bauweisen im Straßenoberbau | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, ZTV SoB-StB 04, Ausgabe 2004 / Fassung 2007, FGSV-Nr. 698. |
| | Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau TL Gestein-StB 04; Ausgabe 2004, FGSV-Nr. 613. |
| | Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, TL SoB-StB 04; Ausgabe 2004 / Fassung 2007, FGSV-Nr. 697. |
| | Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Teil Güteüberwachung, TL G SoB-StB 04; Ausgabe 2004 / Fassung 2007, FGSV-Nr. 696. |
| | Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau, TP Gestein-StB, in Vorbereitung, FGSV-Nr. 610. |
| | Merkblatt über die Wiederverwertung von mineralischen Baustoffen als Recycling-Baustoffe im Straßenbau, M RC, Ausgabe 2002, FGSV-Nr. 613/3. |
| | Merkblatt für die Herstellung von Trag- und Deckschichten ohne Bindemittel, Ausgabe 1995, FGSV-Nr. 633. |

Vorlesung D/Kapitel 1: Vorschriften

| | |
|-----------------------|---|
| Asphaltbauweisen | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt, ZTV Asphalt-StB 01, Ausgabe 2001, FGSV-Nr. 799. |
| | Technische Lieferbedingungen für Asphalt im Straßenbau, Teil Güteüberwachung, TLG Asphalt-StB 01, Ausgabe 2001, FGSV-Nr. 790. |
| | Technische Lieferbedingungen für Asphaltgranulat, TL AG-StB 06, Ausgabe 2006, FGSV-Nr. 749. |
| | Merkblatt für die Verwertung von Asphaltgranulat, M VAG, Ausgabe 2000, FGSV-Nr. 754. |
| | Merkblatt für das Fräsen von Asphalt, MFA; Ausgabe 2000, FGSV-Nr. 786/5. |
| | Merkblatt für das Rückformen von Asphaltsschichten, M RF, Ausgabe 2002, FGSV-Nr. 786/1. |
| Teer- / Pechbauweisen | Merkblatt für die Wiederverwendung pechhaltiger Ausbaustoffe im Straßenbau unter Verwendung von Bitumenemulsionen, Ausgabe 1993. |
| | Merkblatt für die Verwertung von Asphaltgranulat und pechhaltigen Straßenbaustoffen in Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln, Ausgabe 2002, FGSV-Nr. 826. |
| | Merkblatt für die Verwertung von pechhaltigen Straßenausbaustoffen und von Asphaltgranulat in bitumengebundenen Tragschichten durch Kaltaufbereitung in Mischanlagen, M VB-K, Ausgabe 2007, FGSV-Nr. 755. |

Vorlesung D/Kapitel 1: Vorschriften

| | |
|-------------------|--|
| Betonbauweisen | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton, ZTV Beton-StB 01, Ausgabe 2001, FGSV-Nr. 899. |
| | Merkblatt zur Wiederverwendung von Beton aus Fahrbahndecken, Ausgabe 1998, FGSV-Nr. 828 |
| | Merkblatt für die Verwendung von Recycling-Baustoffen für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln, MRC-THB, Entwurf Bearbeitungsstand 4.11.2004. |
| Pflasterbauweisen | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, ZTV Pflaster-StB 06, Ausgabe 2006, FGSV-Nr. 699. |
| | Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, TL Pflaster-StB 06, Ausgabe 2006, FGSV-Nr. 643. |
| | Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen, Teil 1: Regelbauweise (Ungebundene Ausführung), M FP 1, Ausgabe 2003, FGSV-Nr. 618/1. |
| | Arbeitspapier Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung, Ausgabe 2007, FGSV-Nr. 618/2. |

Anforderungskatalog an Gesteinskörnungen nach TL Gestein-StB 04

| Granulometrische Parameter | Stoffliche Anforderungen | Chemische Anforderungen | Widerstandsfähigkeit gegen Beanspruchungen |
|--|---|---|--|
| Anforderungen an grobe und feine Gesteinskörnungen ohne Differenzierung nach der Art der Gesteinskörnung | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Korngruppe/ Lieferkörnung - Korngrößenverteilung - Gehalt an Feinanteilen - Kornform - Anteil gebrochener Oberflächen - Fließkoeffizient von Gesteinskörnungen 0/2 mm | <ul style="list-style-type: none"> - Qualität der Feinanteile - Muschel- schalengehalt - Gehalt an groben organischen Verunreinigungen - erstarrungs- und erhärtungsstörende Bestandteile | <ul style="list-style-type: none"> - Chloride - Säurelösliches Sulfat und Gesamtschwefelgehalt - Alkali-Kieselsäure-Reaktion | <ul style="list-style-type: none"> - Widerstand gegen Zertrümmerung - Widerstand gegen Polieren - Widerstand gegen Oberflächenabrieb - Widerstand gegen Verschleiß - Widerstand gegen Abrieb durch Spikerreifen - Frost-Widerstand - Widerstand gegen Hitzebeanspruchung - Affinität zwischen groben Gesteinskörnungen und Bitumen |
| Spezielle bzw. veränderte Anforderungen an Recycling-Baustoffe | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - stoffliche Zusammensetzung | <ul style="list-style-type: none"> - umweltrelevante Merkmale | <ul style="list-style-type: none"> - Widerstand gegen Zertrümmerung - Frost-Widerstand |

Chronologie der bautechnischen Anforderungen an rezyklierte Gesteinskörnungen für (Hochbau-)Beton

| | | |
|------|---|---|
| 1998 | DAfStb-Richtlinie: Beton mit rezykliertem Zuschlag, Teil 1 und 2 | Festlegungen zur stofflichen Zusammensetzung sowie zu den Höchstanteilen für rezyklierte Zuschläge am Gesamtzuschlag im Beton |
| 2001 | DIN EN 206-1: Beton – Teil 1 | Keine Regelungen zu rezyklierten Gesteinskörnungen, Verweis auf nationale Regelungen oder Eignungsnachweis |
| 2001 | DIN 1045-2: Beton, Deutsche Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1 | Bezug auf die Regelungen der DAfStb-Richtlinie von 1998 |
| 2002 | DIN 4226-100: Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel, Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen. | Definition von vier Liefertypen |
| 2003 | DAfStb-Richtlinie: Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100. | Bezug auf DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 sowie Alkalirichtlinie, Einsatz der Liefertypen 1 und 2 in Abhängigkeit von Expositionsklassen, Ausschluss des Brechsandes < 2 mm |

Vorlesung D/Kapitel 1: Vorschriften

| | | |
|------|--|---|
| 2003 | DIN EN 12620: Gesteinskörnungen für Beton, Deutsche Fassung. Ersatz für DIN 4226-1 und -2. | Hinweis auf ungünstige Eigenschaften von rez. Gesteinskörnungen, Verweis auf nationale Regelwerke |
| 2004 | DIN EN 206-1/A 1: Beton – Teil 1. Ergänzungen und Berichtigungen. | Keine Regelungen zum Einsatz rezyklierte Gesteinskörnungen, Verweis auf nationale Regelwerke |
| 2004 | DIN EN 12620: Gesteinskörnungen für Beton, Deutsche Fassung. Berichtigung 1 | Verweis auf nationale Regelwerke zum Einsatz rezyklierter Gesteinskörnungen oder Sonderverträge nach Eignungsprüfung |
| 2005 | DIN 1045-2/A1: Beton. Deutsche Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1 | Aufnahme von rezyklierten Gesteinskörnungen als geeignet für Beton, Einsatz der Liefertypen 1 und 2 bei Beachtung der DAfStb-Richtlinie |

Anforderungskatalog an rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton

| Granulometrische Parameter | Stoffliche Anforderungen | Chemische Anforderungen | Widerstandsfähigkeit gegen Beanspruchungen |
|---|--|---|---|
| Anforderungen an grobe und feine Gesteinskörnungen ohne Differenzierung nach der Art der Gesteinskörnung | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Korngruppe/ Lieferkörnung - Korngrößenverteilung - Gehalt an Feinanteilen - Kornform - Anteil gebrochener Oberflächen | <ul style="list-style-type: none"> - Qualität der Feinanteile - leichtgewichtige organische Verunreinigungen - erstarrungs- und erhärtungsstörende Bestandteile | <ul style="list-style-type: none"> - Chloride - Säurelösliches Sulfat und Gesamtschwefelgehalt - Alkali-Kieselsäure-Reaktion | Regelanforderung der Kategorie "keine Anforderung" an <ul style="list-style-type: none"> - Widerstand gegen Zertrümmerung - Widerstand gegen Polieren - Widerstand gegen Oberflächenabrieb - Widerstand gegen Verschleiß - Widerstand gegen Abrieb durch Spikerreifen - Frostwiderstand - Frost-Tausalz-Widerstand |
| Spezielle bzw. veränderte Anforderungen an Recycling-Baustoffe | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Kornrohichte - Wasseraufnahme | <ul style="list-style-type: none"> - stoffliche Zusammensetzung | <ul style="list-style-type: none"> - umweltrelevante Merkmale | |

Vorlesung D/Kapitel 1: Vorschriften

- 1 Vorschriften zum Recycling
 - 1.1 Rechtliche Vorschriften zum Umgang mit Bauabfällen
 - 1.2 Bautechnische Vorschriften zu Produkten aus Bauabfällen
 - 1.3 Umwelttechnische Vorschriften

Technische Vorschriften enthalten bereits Anforderungen zur Umweltverträglichkeit für aus Bauabfällen hergestellte Produkte.

Zusätzlich existieren Grenzwerte, die Angaben zu den eluierbaren Gehalten an Sulfat, Chlorid, bestimmten Schwermetallen und Kohlenwasserstoffen machen.

Die Zuordnungswerte wurden mit der Absicht definiert, Wasser und Boden vor schädlichen Einwirkungen zu schützen, wenn das Material so eingebaut wird, dass ein Wasserzutritt möglich ist. Sie enthalten zusätzlich Angaben zu den Einbaubedingungen des Materials.

Chronologie der umwelttechnischen Anforderungen

| | |
|-----------|--|
| 1997 | LAGA-Mitteilung 20 Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln |
| 1998/1999 | Bundes-Bodenschutzgesetz BBodSchG, Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung BBodSchV |
| 2002 | LAWA Grundsätze des vorsorgenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz (GAP) |
| 2004 | LAWA Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) |
| 2003/2004 | Überarbeitete LAGA-Mitteilung 20 Allgemeiner Teil I Technische Regel Boden - Teil II Probenahme und Analytik - Teil III |
| | In der Bearbeitung: Bundesverwertungsverordnung (BverwV) |

Vorlesung D/Kapitel 1: Vorschriften

Länderarbeitsgemeinschaft Abfall

Die Zuordnungswerte werden von Behörden herangezogen, um die Zulässigkeit des Einbaus von RC-Baustoffen unter bestimmten Einbaubedingungen zu beurteilen.

Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen

Technische Regeln

Stand November 2020

Vorlesung D/Kapitel 1: Vorschriften

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 | 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. | | |
| 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 |

EOX: Extrahierbare organisch-gebundene Halogene

PAK: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

PCB: Polychlorierte Biphenyle

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 | [μ 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 | [μ g/l] | 10 | 10 | 40 | 50 |
| Pb | [μ g/l] | 20 | 40 | 100 | 100 |
| Cd | [μ g/l] | 2 | 2 | 5 | 5 |
| Cr _{gesamt} | [μ g/l] | 15 | 30 | 75 | 100 |
| Cu | [μ g/l] | 50 | 50 | 150 | 200 |
| Ni | [μ g/l] | 40 | 50 | 100 | 100 |
| Hg | [μ g/l] | 0,2 | 0,2 | 1 | 2 |
| Zn | [μ g/l] | 100 | 100 | 300 | 400 |
| Phenolindex | [μ g/l] | < 10 | 10 | 50 | 100 |

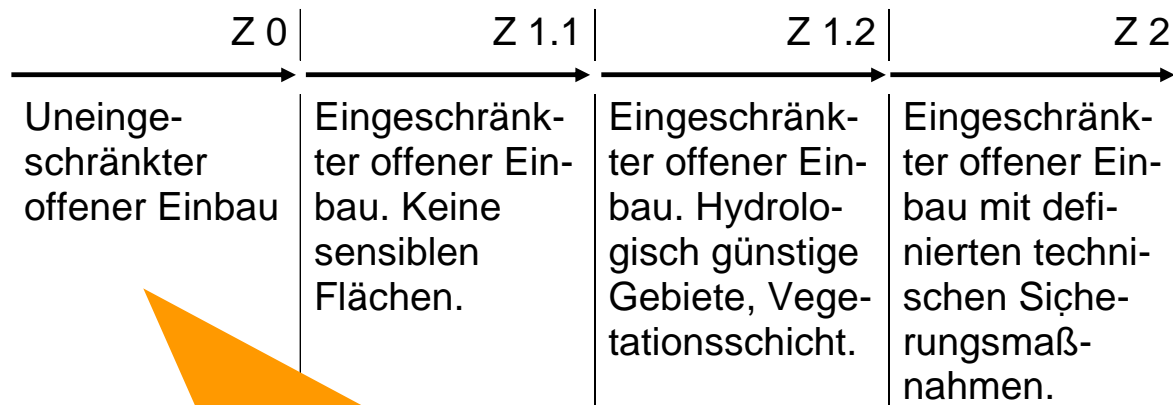
Vorlesung D/Kapitel 1: Vorschriften

Beim Einbau von Recycling-Baustoffen als Schüttgut richten sich die aus Sicht des Umweltschutzes erlaubten Materialqualität daran aus, ob ein Austritt von Schadstoffen in das Grundwasser erfolgen kann. Das hängt wiederum von den Einbaubedingungen ab.

Einbaubedingungen mit geringer Schutzwirkung:
offener Einbau des Recycling-Baustoffs

Einbaubedingungen mit hoher Schutzwirkung:
Einbau unter geschlossener Deckschicht

Einbaubedingungen nach LAGA Z 0



Einsatz erlaubt:

Kinderspielplätze, Bolzplätze, Sportanlagen, nicht versiegelte Schulhöfe
 Klein- und Hausgärten, gärtnerisch und landwirtschaftlich genutzte Flächen
 festgesetzte oder geplante Trinkwasserschutzgebiete oder Heilquellenschutzgebiete
 (Zone I und II)

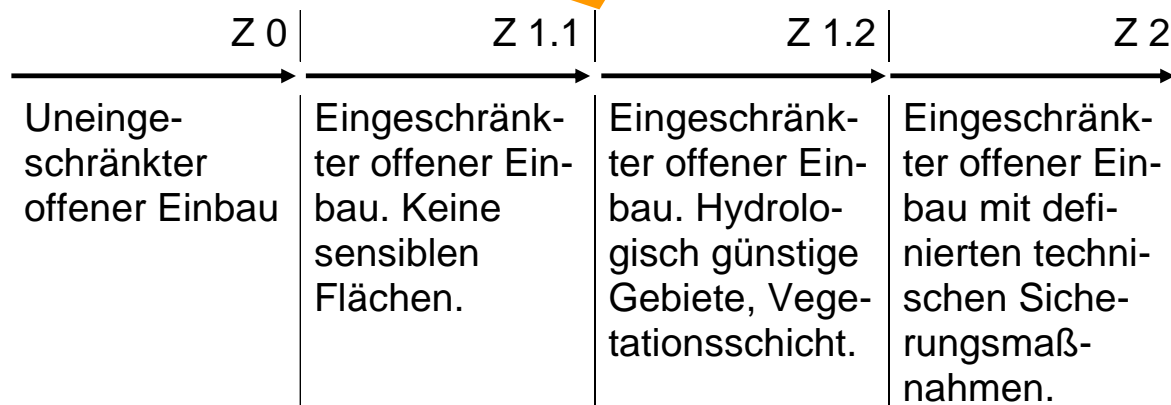
Einbaubedingungen nach LAGA Z 1

Einsatz erlaubt:

bergbauliche Rekultivierungsgebiete, Straßenbau und begleitende Erdbaumaßnahmen, Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen, Parkanlagen mit geschlossener Vegetationsdecke
 Abstand zwischen Schüttkörperbasis und höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 1 m

Einsatz nicht erlaubt:

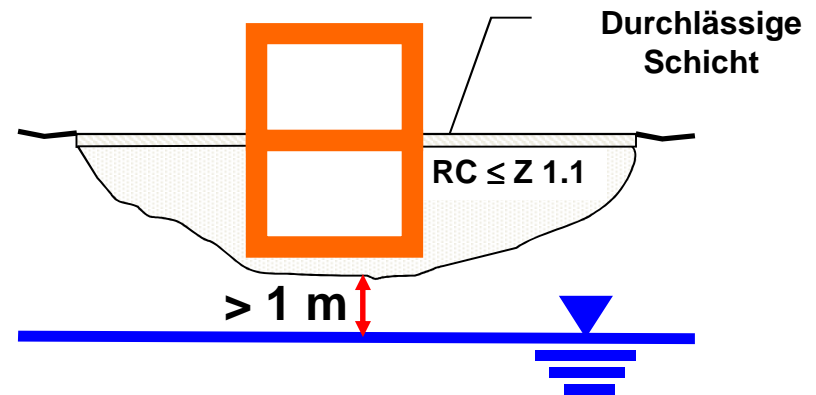
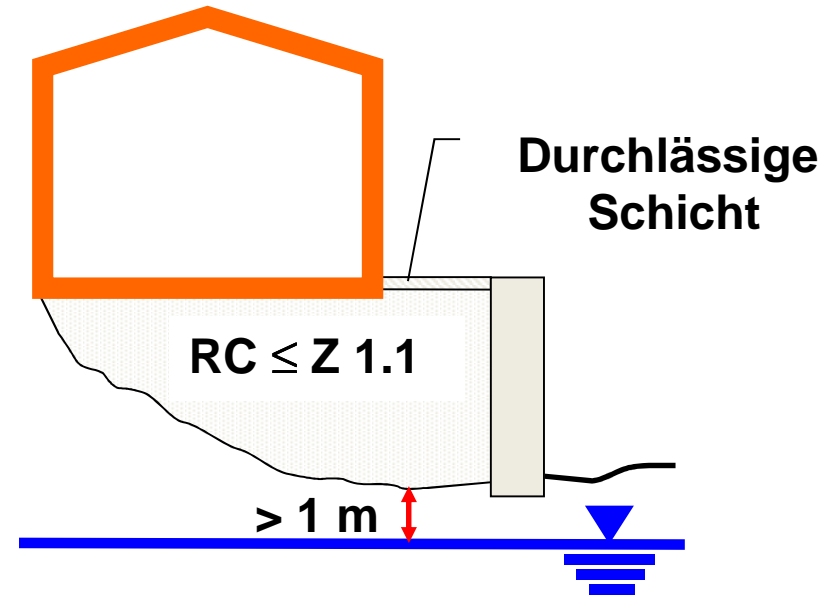
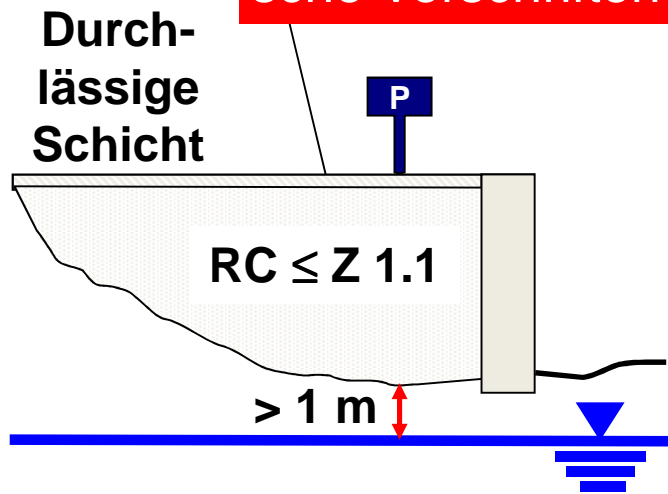
festgesetzte, vorläufig sichergestellte oder fachbehördlich geplante Trinkwasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete, Gebiete mit häufigen Überschwemmungen (z.B. Hochwasserrückhaltebecken, eingedeichte Flächen), besonders sensible Flächen (Z 0)



Vorlesung D/Kapitel 1: Vorschriften

Beispiele für Einbaubedingun-
 gen mit geringer
 Schutzwirkung: offener Einbau
 des Recyc...

Zuordnungswerte Z 1.1
 und Z 2: siehe Kapitel 1
 Vorschriften zum Recyc-
 ling....1.3 Umwelttechni-
 sche Vorschriften



Einbaubedingungen nach LAGA Z 2

Einsatz erlaubt:

Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht (Beton, Asphalt, Pflaster), gebundene Tragschicht unter wenig durchlässiger Deckschicht (Pflaster, Platten), Lärmschutzwahl mit mineralischer Oberflächenabdichtung $d \geq 0,5$ m und $k_f \leq 10^{-8}$ m/s und darüberliegender Rekultivierungsschicht, Straßendamm (Unterbau) mit wasserundurchlässiger Fahrbahndecke und mineralischer Oberflächenabdichtung $d \geq 0,5$ und $k_f \leq 10^{-8}$ m/s im Böschungsbereich mit darüberliegender Rekultivierungsschicht

Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und höchstem zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 1 m

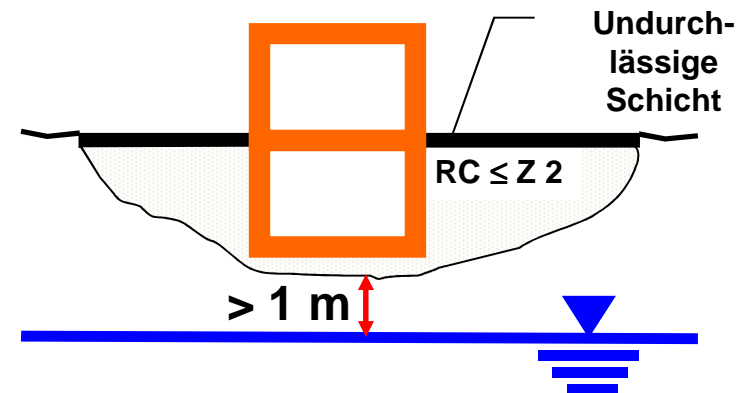
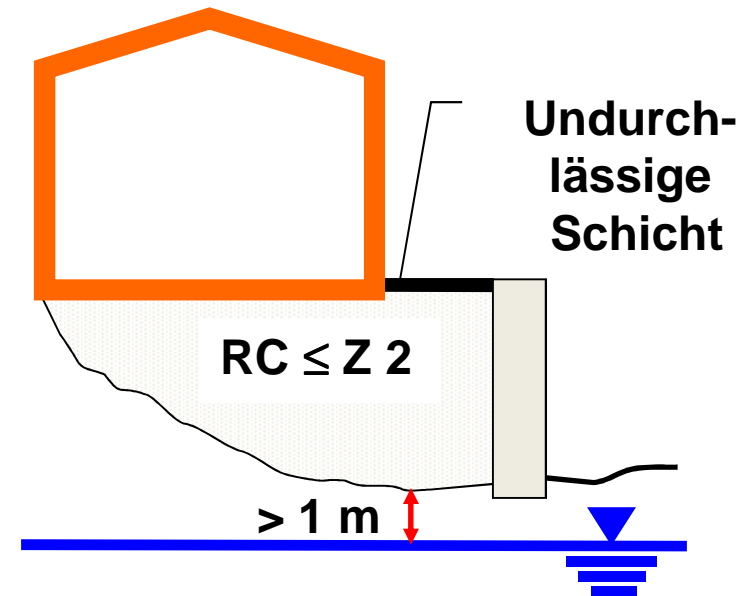
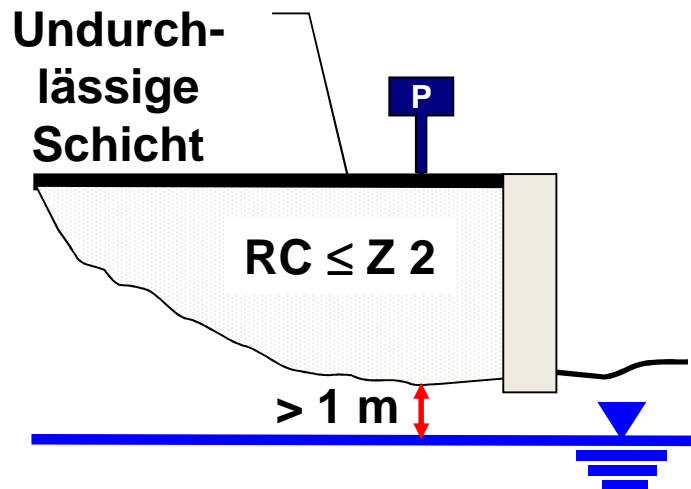
Einsatz nicht erlaubt:

Wasservorranggebiete, Karstgebiete, Dränschichten oder Verfüllung von Leitungsräumen ohne technische Sicherungsmaßnahmen, Flächen nach Z 0 und Z 1

| Z 1.2 | Z 2 |
|--|--|
| <p>eränk- er Ein- erolo- nstige Vege- nicht.</p> | <p>Eingeschränk- ter offener Ein- bau mit defi- nierten techni- schen Siche- rungsmaß- nahmen.</p> |

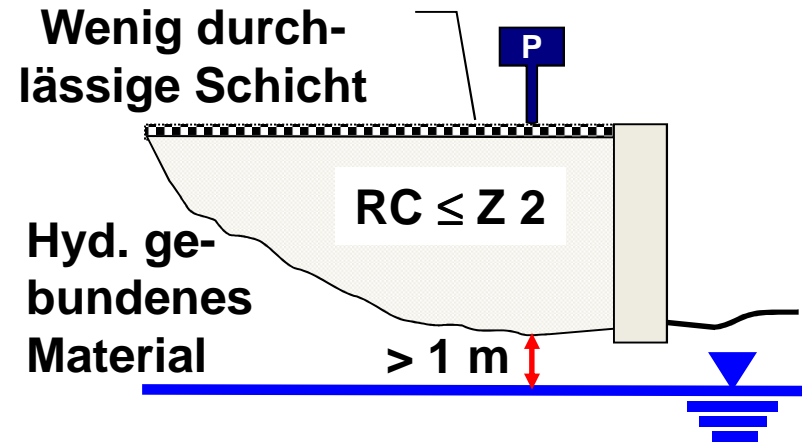
Vorlesung D/Kapitel 1: Vorschriften

Beispiele für Einbaubedingungen mit hoher Schutzwirkung: Einbau des Recycling-Baustoffs unter undurchlässiger Beton- oder Asphaltdeckschicht

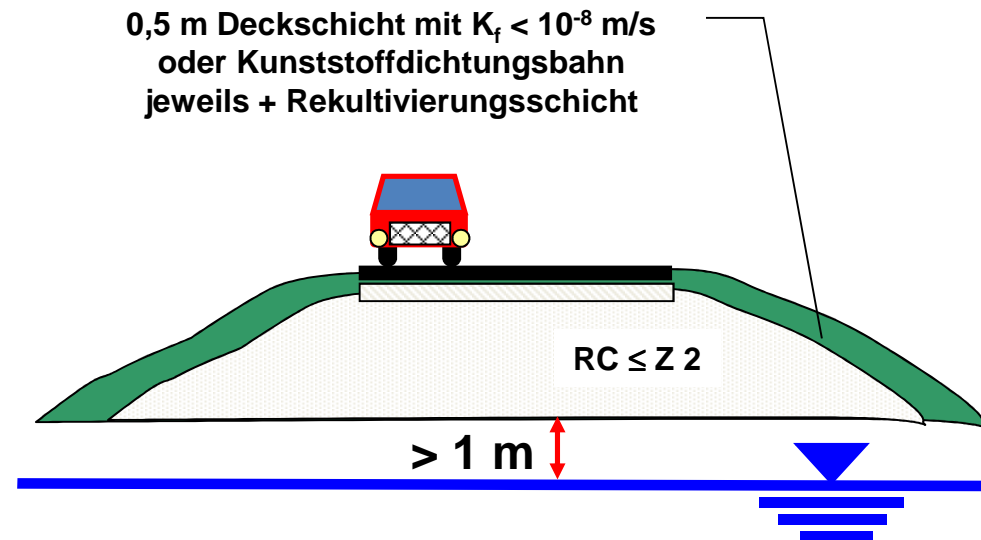


Vorlesung D/Kapitel 1: Vorschriften

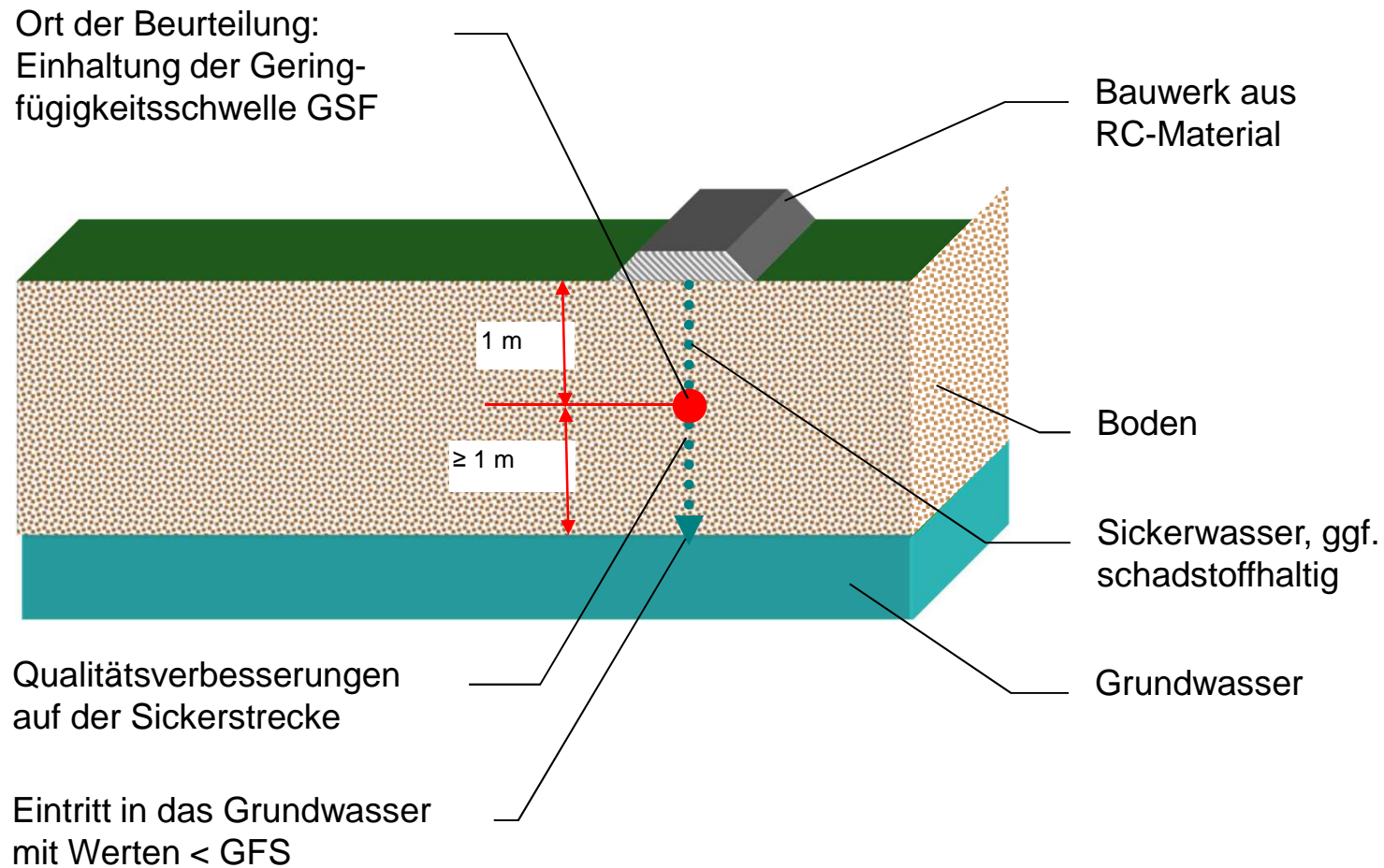
Beispiel für Einbaubedingung mit hoher Schutzwirkung: Einbau des RC-Baustoffs unter wenig durchlässiger Deckschicht + hydraulische Bindung des Materials



Beispiel für Einbaubedingung mit hoher Schutzwirkung: Einbau des RC-Baustoffs unter wenig durchlässiger Deckschicht + Rekultivierungsschicht



Ableitung der Grenzwerte der Ersatzbaustoffverordnung nach dem Geringfügigkeitsschwellenkonzept



Schritte der Grenzwertableitung

1. Schritt: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten

Prämisse: Durch (Bau-) Maßnahmen darf es zu keiner schädlichen Veränderung der Beschaffenheit des Grundwassers kommen.

Diese Prämisse wird erfüllt, wenn die sogenannten Geringfügigkeitsschwellenwerte eingehalten werden.

Die Ableitung der Geringfügigkeitsschwellenwerte erfolgt anhand von human- und ökotoxikologischen Betrachtungen.

2. Schritt: Empirische und theoretische Modellierung von Schadstofffreisetzung und –transport

Die Freisetzung der Schadstoffe aus dem Ersatzbaustoff und der Transport der Schadstoffe in das Grundwasser werden modelliert.

Diese Modellierung liefert die Begründung für die medianschutzbezogenen Einbauwerte und das Messverfahren das für die Bewertung der Schadstoffkonzentration im Ersatzbaustoff geeignet ist.

3. Schritt: Ableitung von medianschutzbezogenen Einbauwerten

4. Schritt: Entwicklung eines Messverfahrens zur Ermittlung der Schadstofffreisetzung

1. Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten

Mögliche Methoden

- Orientierung an den regionalen geogenen Hintergrundwerten
- Wirkungsbezogene Ableitung durch
 - ⇒ Experimentelle Ermittlung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen
 - ⇒ Epidemiologische Studien

Dosis-Wirkungs-Beziehungen

Unterscheidung zwischen
human- und ökotoxikologischer
Berwertung

Basis: tierexperimentelle Studien

Probleme:

- Extrapolation von hohen Dosen im Versuch auf realistische Dosen in der Umwelt
- Extrapolation vom Versuchstier auf den Menschen

Epidemiologische Studien

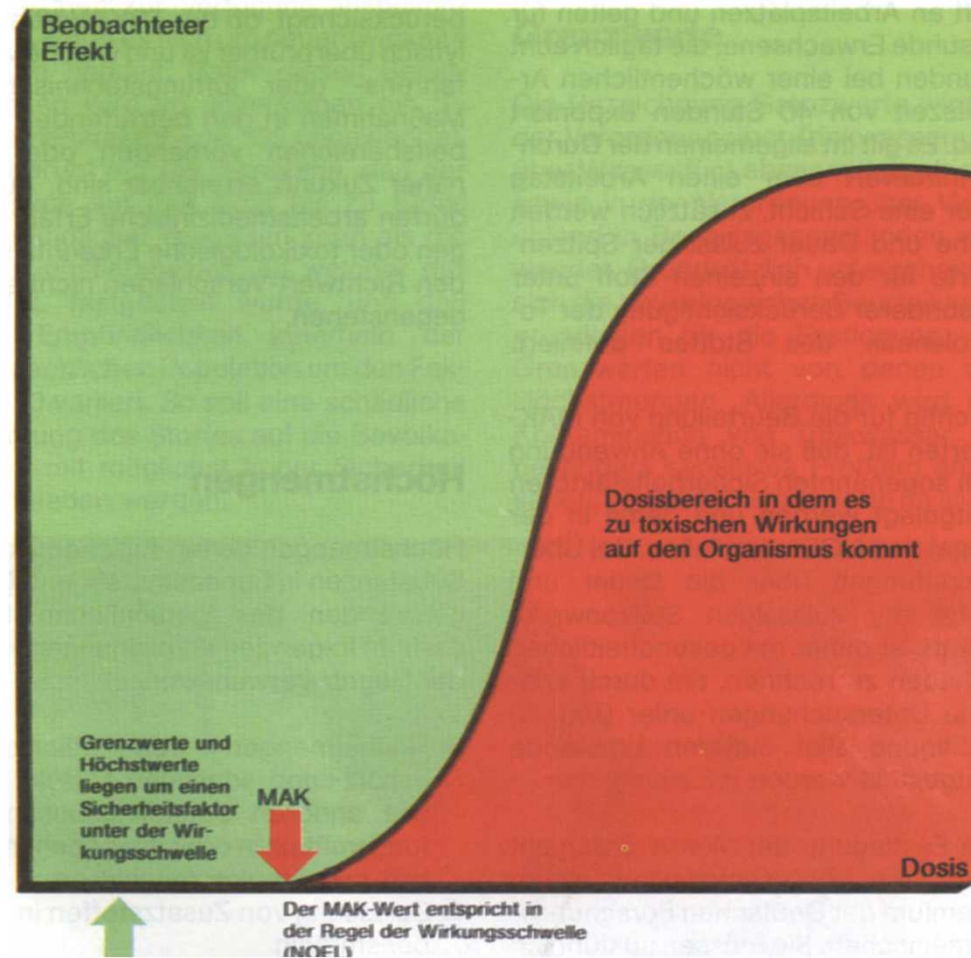
Basis: Befunde an exponierten
Personen

Probleme:

- Genaue Abschätzung der Expositionshöhe wegen der i.d.R. langen Zeitspanne zwischen Exposition und Erkrankung nicht möglich
- Gleichzeitiges Wirken mehrerer Komponenten möglich
- Vergleichsgruppen ohne Exposition kaum verfügbar

Dosis-Wirkungs-Beziehungen für toxische Stoffe

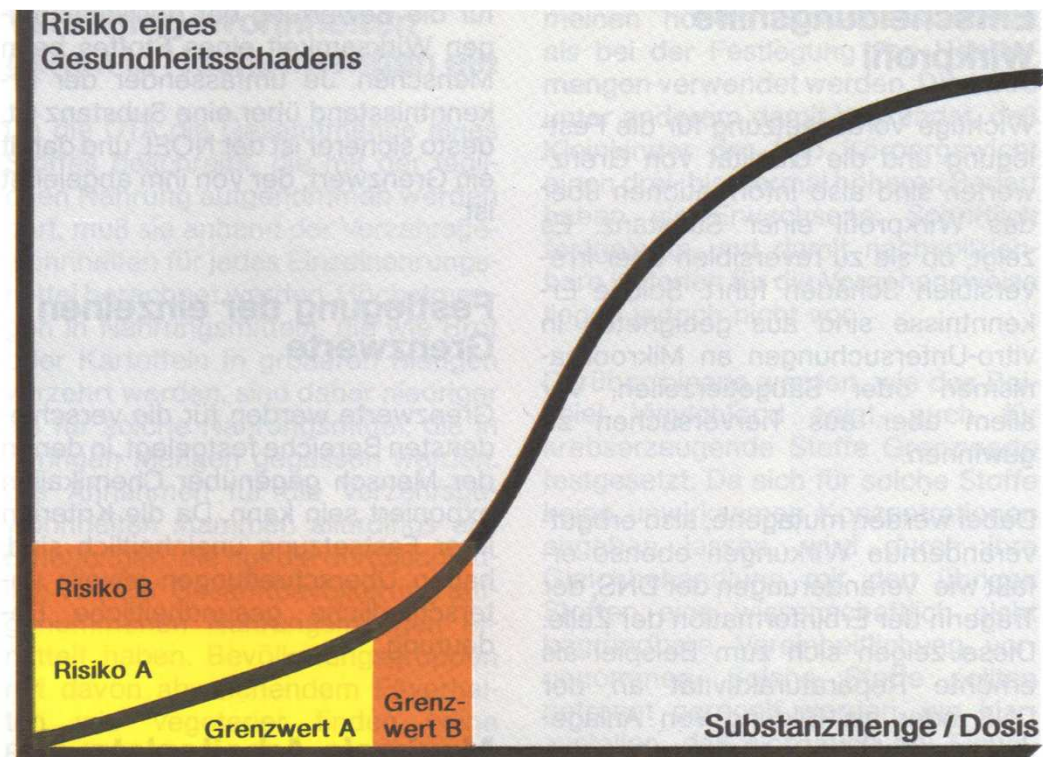
Substanzen, die weder krebserregend, noch erbgutschädigend sind, haben eine Wirkungsschwelle. Sie wird meist im Tierversuch als diejenige Dosis bestimmt, unterhalb derer keine Wirkung mehr erkennbar ist. Grenzwerte und Höchstwerte für Chemikalien in Lebensmitteln, Trinkwasser und Luft, die für die Gesamtbevölkerung gültig sind, liegen mit einem großen Sicherheitsabstand unterhalb der Wirkungsschwelle des betreffenden Stoffes. Sie werden in Dosisbereichen festgesetzt, in den toxische Wirkungen nicht zu erwarten sind.



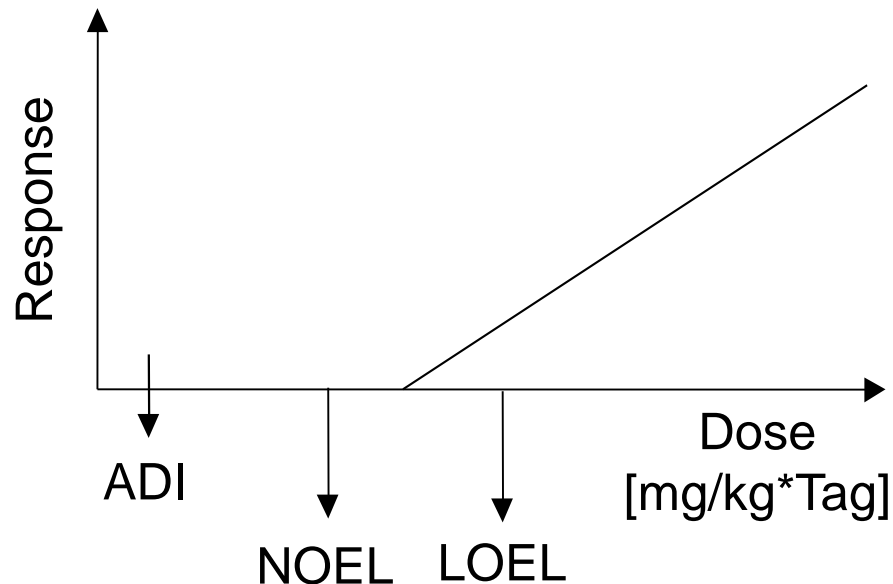
entnommen aus: gsf mensch+umwelt, 5. Ausgabe, Februar 1989

Dosis-Wirkungs-Beziehungen für krebserregende Substanzen

Für krebserregende Substanzen gibt es keinen Schwellenwert. Auch kleinste Mengen führen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu Schäden. Mit zunehmender Dosis, die auch durch wiederholten Kontakt zustande kommen kann, steigt das Risiko, an einem Tumor zu erkranken. Grenzwerte für krebserregende Substanzen haben den Sinn, die Gefährdung in engem Rahmen zu halten, können sie jedoch nicht gänzlich ausschließen.



Aus Dosis- Wirkungs- Beziehungen abgeleitete Kennwerte



DTA: duldbare tägliche Aufnahmemenge (entspricht dem ADI-Wert der WHO).

LO(A)EL: lowest observed (adverse) effect level (niedrigste Dosis, die zur Registrierung eines (Schad)effektes führte)

NO(A)EL: no observed (adverse) effect level (höchste Dosis, die noch nicht zur Registrierung eines (Schad)effektes führte)

ADI : acceptable daily intake (entspricht im Deutschen der duldbaren täglichen Aufnahmemenge DTA)

Vorlesung D/Kapitel 1: Vorschriften

DTA: Schätzwert für die Menge eines Stoffes in der Nahrung, die lebenslang durch den Menschen ohne erkennbares Gesundheitsrisiko aufgenommen werden kann. Bezieht sich auf Zusatzstoffe und Rückstände.

TDI: tolerable daily intake (tolerierbare tägliche Aufnahmemenge). Vergleichbar mit DTA, bezieht sich aber auf Verunreinigungen von Nahrungsmitteln oder Trinkwasser.

DTA/TDI aus LOEL durch Einbeziehung von Sicherheitsfaktoren SF_i zur Absicherung definierter Extrapolationsschritte von den Versuchsdaten auf die Allgemeinbevölkerung Einschließlich besonders empfindlicher Sub-Kollektive berechnet.

Die Versuchsdaten werden durch das Produkt der Einzelfaktoren (SF_i) geteilt, um zum DTA/TDI-Wert zu gelangen.

SF1: LOEL \rightarrow NOEL (SF_b)

SF2: subchronisch oder subakut \rightarrow chronisch (SF_a)

SF3: Tier \rightarrow Mensch (SF_c)

SF4: durchschnittlich Empfindliche \rightarrow besonders Empfindliche (SF_d)

SF5: Karzinogenitätsverdacht, fehlende Untersuchungen, uneindeutige Ergebnisse

$SF_i \leq 10$

$SF = SF_b * SF_a * SF_c * SF_d * SF_5 \leq 10\ 000$.

Beispiel

Nickel (Ni)

Humantoxikologischer Kennwert aus Fütterungsstudie an Ratten NOAEL → 5 mg/kg*d

Umrechnung mit SF = 1000 auf TDI → 5 µg/kg*d

Annahmen: 10 % des TDI stammen aus Trinkwasser
Tägliche Trinkwassermenge 2 L

Körpergewicht 60 kg

$$\begin{aligned} \text{Tolerierbarer Ni-Gehalt im Trinkwasser} &= \frac{0,1 \cdot 5 \mu\text{g}}{\text{kg} \cdot \text{d}} \cdot 60 \text{kg} \cdot \frac{\text{d}}{2 \text{L}} \\ &= 15 \mu\text{g} / \text{L} \end{aligned}$$

Epidemiologische Studien

Grundlage sind Analysen der Häufigkeit, mit welcher bestimmte Krankheiten in bestimmten Bevölkerungsgruppen auftreten.

Schwierigkeit besteht darin geeignete Vergleichsgruppen zu finden.

Beispiel: Vergleich des Lungenkrebsrisikos in einer Stadt mit hoher Luftverschmutzung mit einer Stadt mit geringeren Luftverschmutzungen. Obwohl Randbedingungen (Raucheranteil, Altersstruktur, Arbeitsumwelt) berücksichtigt wurde, kann das Ergebnis verfälscht sein, wenn z.B. eine Stadt in einem Gebiet mit hoher Radonbelastung aus dem Untergrund liegt, während die andere in einem Urstromtal liegt.

Geringfügigkeitsschwellenwerte

Anorganische Parameter

| Anorganische Parameter | Geringfügigkeitsschwellenwert (µg/L) |
|---|--------------------------------------|
| Antimon (Sb) | 5 |
| Arsen (As) | 10 |
| Barium (Ba) | 340 |
| Blei (Pb) | 7 |
| Bor (B) | 740 |
| Cadmium (Cd) | 0,5 |
| Chrom (Cr III) | 7 s. Anhang 3 |
| Kobalt (Co) | 8 |
| Kupfer (Cu) | 14 |
| Molybdän (Mo) | 35 |
| Nickel (Ni) | 14 |
| Quecksilber (Hg) | 0,2 |
| Selen (Se) | 7 |
| Thallium (Tl) | 0,8 |
| Vanadium (V) ¹⁾ | 4 |
| Zink (Zn) | 58 |
| Chlorid (Cl ⁻) | 250 mg/L |
| Cyanid (CN ⁻) | 5 (50) s. Anhang 3 |
| Fluorid (F ⁻) | 750 |
| Sulfat (SO ₄ ²⁻) | 240 mg/L |

Organische Parameter

| Organische Parameter | Geringfügigkeitsschwellenwert (µg/L) |
|---|--------------------------------------|
| Σ PAK ¹⁾ | 0,2 |
| Anthracen, Benzo[a]pyren, Dibenz(a,h)anthracen | jeweils 0,01 |
| Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]-fluoranthren, Benzo[ghi]perylen, Fluoranthren, Indeno(123-cd)pyren | jeweils 0,025 |
| Σ Naphthalin u. Methylnaphthaline | 1 |
| Σ LHKW ²⁾ | 20 |
| Σ Tri- und Tetrachlorethen | 10 |
| 1,2 Dichlorethan | 2 |
| Chlorethen (Vinylchlorid) | 0,5 |
| Σ PCB ³⁾ | 0,01 |
| Kohlenwasserstoffe ⁴⁾ | 100 |
| Σ Alkylierte Benzole | 20 |
| Benzol | 1 |
| MTBE | 15 |
| Phenol ⁵⁾ | 8 |
| Nonylphenol | 0,3 |
| Σ Chlorphenole | 1 |
| Hexachlorbenzol | 0,01 |
| Σ Chlorbenzole | 1 |
| Epichlorhydrin | 0,1 |

2. Modellierung von Schadstofffreisetzung und –transport

Modellierung der Vorgänge entlang des Weges des Sickerwassers vom Austritt aus der Quelle bis zum Eintritt in das Grundwasser

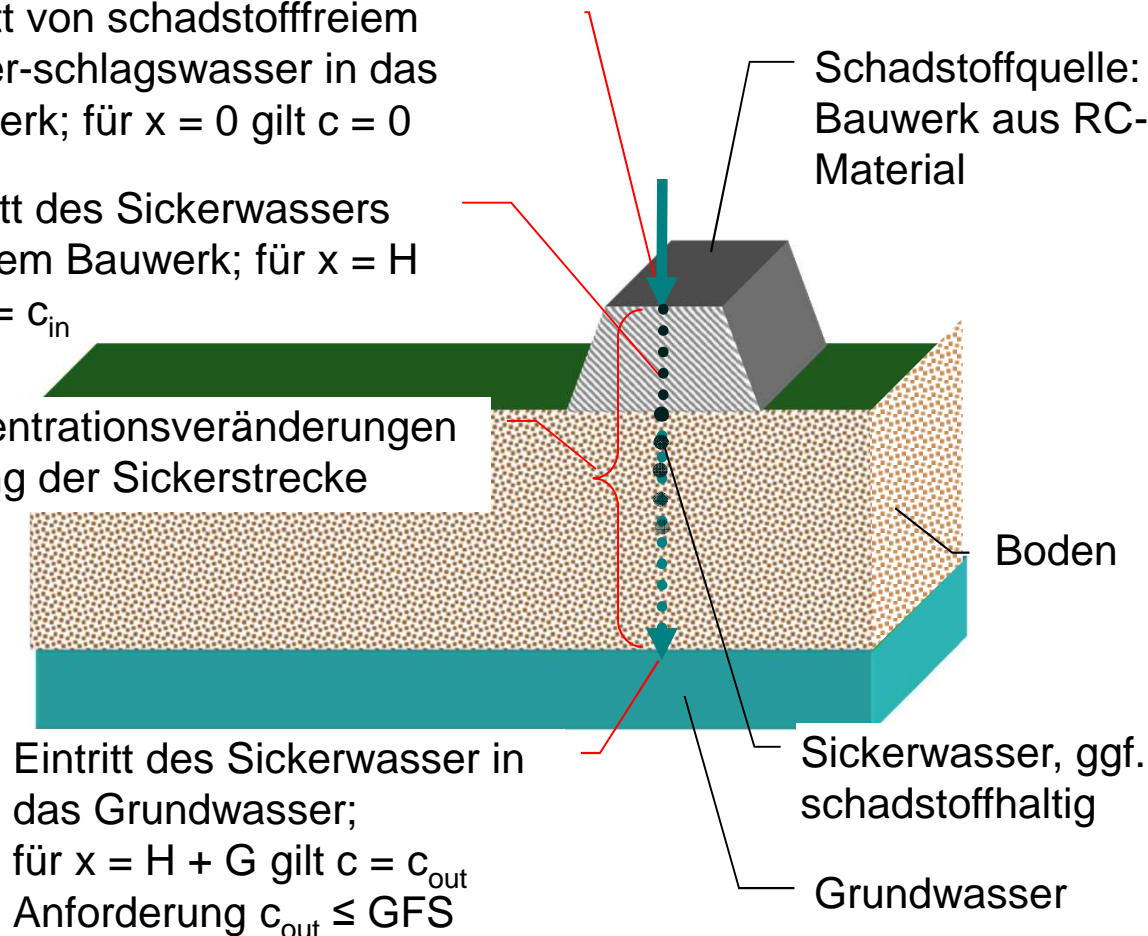
Freisetzungs- und die Transportvorgänge hängen ab vom betrachteten Schadstoff, vom Schadstofflieferanten und von der Bodenbeschaffenheit entlang der Sickerstrecke

Vereinfachte Darstellung der Veränderungen der Schadstoffkonzentration entlang des Transportweges

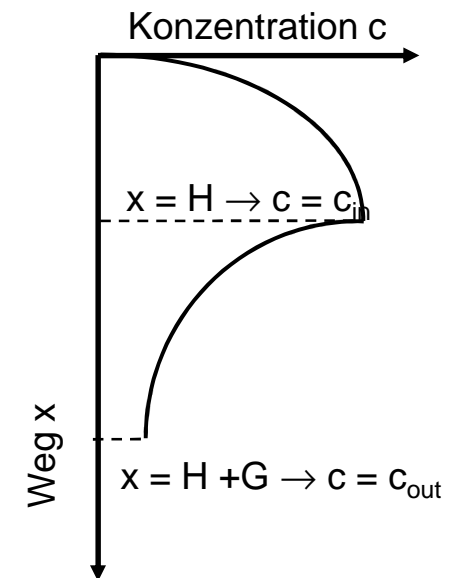
Eintritt von schadstofffreiem Niederschlagswasser in das Bauwerk; für $x = 0$ gilt $c = 0$

Austritt des Sickerwassers aus dem Bauwerk; für $x = H$ gilt $c = c_{in}$

Konzentrationsveränderungen entlang der Sickerstrecke



Eintritt des Sickerwasser in das Grundwasser; für $x = H + G$ gilt $c = c_{out}$
 Anforderung $c_{out} \leq GFS$



3. Ableitung von medianschutzbezogenen Einbauwerten

Übertragung der Ergebnisse der Modellierung von Freisetzung und Transport auf technische Einbaubedingungen unter Berücksichtigung von

- Standorteigenschaften der Einbauorte hinsichtlich Grundwasserabstand und Bodenbeschaffenheit
- Einbauweise hinsichtlich Wasserdurchlässigkeit

4. Entwicklung eines Messverfahrens zur (realitätsnahen) Schadstoffbestimmung der Ausgangsmaterialien

In den LAGA-Vorschriften verwendetes Schütteleluatverfahren DEV S4 (Wasser-Feststoffverhältnis von 10:1) gibt das Auslaugverfahren der Schadstoffe durch das Sickerwasser nicht ausreichend repräsentativ wieder.

Ersatz der S-4-Elution durch ein Säulenverfahren mit einem Wasser-Feststoffverhältnis von 2:1.