

## Modul C

### Definitionen und Begriffe

---

#### Aufgabe 1

*Ordnen Sie*

- *das Recycling von Frischbeton bei der Transportbetonherstellung*
- *das Recycling von nicht qualitätsgerechten Betonwaren in einem Vorfertigungsbetrieb*
- *den Einsatz von Eigenscherben bei der Glasherstellung*
- *den Einsatz von Rauchgasentschwefelungsgips zur Zementherstellung*
- *den Einsatz von gesammelten Behälterglasscherben zur Glasherstellung*

*den Stoffkreislauf typen betriebsinterne Verwertung (1), betriebsexterne Verwertung (2), Kreisläufe von gebrauchten Produkten (3) zu!*

- *Recycling von Frischbeton: betriebsintern*
- *Recycling von Betonwaren: betriebsintern*
- *Einsatz von Eigenscherben: betriebsintern*
- *Einsatz von Rauchgasentschwefelung: betriebsextern*
- *Einsatz von gesammelten Behälterglasscherben: Kreisläufe von gebrauchten Produkten*

#### Aufgabe 2

*Kennzeichnen Sie den Unterschied zwischen der Wiederverwendung und der Wiederverwertung von Abbruchmaterial!*

*Geben Sie für die Stoffe Porphyr-Straßenpflaster und Bauholz je eine Wiederverwendungs- und eine Wiederverwertungsmöglichkeit an!*

Wiederverwendung, Produktrecycling: Gestalt bleibt erhalten

Wiederverwertung, Materialrecycling: Gestalt wird aufgelöst

Porphyr-Straßenpflaster: Wiederverwendung als Strassenpflaster, Wiederverwertung als Betonzuschlag oder Tragschichtmaterial nach Zerkleinerung und ggf. Siebung

Bauholz: Wiederverwendung als Balken, Hirnholzpflaster u.a., als Rohstoff für die Spanplattenherstellung

#### Aufgabe 3

*Stoffkreisläufe werden nach unterschiedlichsten Gesichtspunkten klassifiziert. Nennen Sie für jede der unten genannten Definitionen ja ein Beispiel:*

1. *nach VDI-Richtlinie 2243 "Konstruieren recyclinggerechter technischer Produkte"*  
*Produktrecycling = Wiederverwendung*  
*Materialrecycling = Wiederverwertung*
2. *nach dem Niveau*  
*Up-Cycling*  
*Recycling*  
*Down-Cycling*

3. *nach den Kategorien für die stoffliche Verwertung*

*werkstoffliche Verwertung*

*rohstoffliche Verwertung*

*energetische Verwertung*

4. *nach der Beziehung zwischen Abfallerzeuger - und -verwerter*

*produktions- bzw. betriebsinterne Kreisläufe,*

*betriebsexternes Recycling.*

nach VDI-Richtlinie 2243 "Konstruieren recyclinggerechter technischer Produkte"

- Produktrecycling = Wiederverwendung → Dachziegel aus dem Rückbau für historische Gebäude zurückgewinnen
- Materialrecycling = Wiederverwertung → Dachziegel zu Körnungen für die Dachbegrünung verarbeiten

nach dem Niveau

- Up-Cycling → Altglas zu Blähglas
- Recycling → Altglas als Rohstoff für die Behälterglasherstellung
- Down-Cycling → Altglas als Verfüllmaterial

nach den Kategorien für die stoffliche Verwertung

- werkstoffliche Verwertung → Einsatz des aus einem aufbereiteten Produkt gewonnenen Materials als Ausgangsstoff für neue Produkte
- rohstoffliche Verwertung → Rückwandlung eines Produkts in seine Ausgangsrohstoffe mit Hilfe chemischer Verfahren
- energetische Verwertung → Nutzung des Energieinhaltes zur Energieerzeugung

nach der Beziehung zwischen Abfallerzeuger - und -verwerter

- produktions- bzw. betriebsinterne Kreisläufe → Recycling von Frischbeton, Recycling von Betonwaren
- betriebsexternes Recycling → Einsatz von Rauchgasentschwefelungsgips

#### **Aufgabe 4**

*Im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz wird für die Entsorgung von Abfällen eine Prioritätenfolge angegeben. Nennen Sie diese Folge. Erläutern Sie die unterschiedlichen Entsorgungsmöglichkeiten am Beispiel Altkunststoff.*

Prioritätenfolge: Abfälle sind in erster Linie zu vermeiden, in zweiter Linie stofflich zu verwerten oder zur Gewinnung von Energie zu nutzen. Die Beseitigung steht an letzter Stelle der Prioritätenfolge.

Beispiel Altkunststoffe

- Vermeidung kann durch Verminderung oder Verzicht auf Verpackungen erreicht werden.
- Stoffliche Verwertung bedeutet die Aufbereitung von Altkunststoffen zu Agglomeraten oder Regranulaten und deren nochmaliger Einsatz zur Produktherstellung.
- Bei der thermischen Verwertung wird der hohe Heizwert der Kunststoffe zur Energieerzeugung genutzt.

## Aufgabe 5

Nennen Sie die Triebkräfte des modernen Recyclings. Unter welchen Standortbedingungen kann das Recycling von Bauabfällen erfolgreich sein?

	Vorlesung C: Abbruch und Rückbau	Kap. 1
<p>Triebkräfte des Recyclings</p> <p>Recycling nach dem 2. Weltkrieg wegen            Rohstoffbedarf &gt; Rohstoffaufkommen            Baustoffbedarf &gt; Baustoffaufkommen            Transportbedarf &gt; Transportaufkommen            Deponieraumbedarf spielt keine Rolle</p> <p>Modernes Recycling wegen            Deponieraumbedarf &gt; Deponieraumaufkommen            Rohstoffbedarf &gt; Rohstoffaufkommen            Herstellungs- und Transportaspekte spielen i.d.R. keine Rolle            Umweltschutzaspekte spielen eine Rolle</p>		
		10

	Vorlesung C: Abbruch und Rückbau	Kap. 2			
<p>Triebkräfte des Recyclings von CDW an verschiedenen Standorten im Vergleich</p>					
<p>Bevölkerungsdichte</p> <p>Verfügbare Rohstoffe</p>					
Area code	Population density	Natural raw materials deposits	Level of Industrialization	Example	Prospects of Successful recycling of C&D waste
I	High	Adequate	High	Many cities in EU, USA and the Far East, e.g. Hong Kong (China), Copenhagen (Denmark)	+++
II	High	Adequate	Low	Many megacities in the Third World: Mexico City (Mexico), Jakarta (Indonesia)	+++
III	High	Scarce	High	Amsterdam (The Netherlands)	++++
IV	High	Scarce	Low	Dacca (Bangladesh), Calcutta (India), Shanghai (China)	++++
V	Low	Adequate	High	Rural Scandinavia	++
VI	Low	Adequate	Low	Rainforests and mountain regions in developing countries	+
VII	Low	Scarce	High	Kuwait Abadan/ Khorramshahr (Iran)	+++
VIII	Low	Scarce	Low	Steppelands or sandy deserts or tundras in developing countries	+

## Aufgabe 6

Worin besteht der Unterschied zwischen einem Abfall und einem daraus hergestellten Produkt?

Durch die Aufbereitung erlangt das Produkt einen positiven Marktwert im Vergleich zum Ausgangszustand „Abfall“, der einen negativen Marktwert aufweist.

Weitere Kriterien für den Produktstatus sind:

- Bautechnische Eigenschaften der RC-Baustoffe sind mit den Eigenschaften der zu substituierenden Primärrohstoffe vergleichbar
- Umwelttechnische Eigenschaften erfüllen die Anforderungen
- RC-Baustoff wird in güteüberwachtem Betrieb hergestellt
- RC-Baustoff wird deklariert: das jeweilige Anwendungsgebiet ist genau angegeben

## Aufgabe 7

Was sind „Abfallwirtschaftliche Kennzahlen“? Wozu dienen sie?

Abfallwirtschaftliche Kennzahlen dienen der Beschreibung von Abfällen nach Menge und Art.

Aufkommenskennzahlen machen Aussagen zur absoluten oder spezifischen Menge an Bauabfällen. Sie dienen

- zur Planung von Kapazitäten für die Verwertung oder Beseitigung
- zur Abschätzung des Substitutionspotentials
- zur Ermittlung von Recyclingquoten.

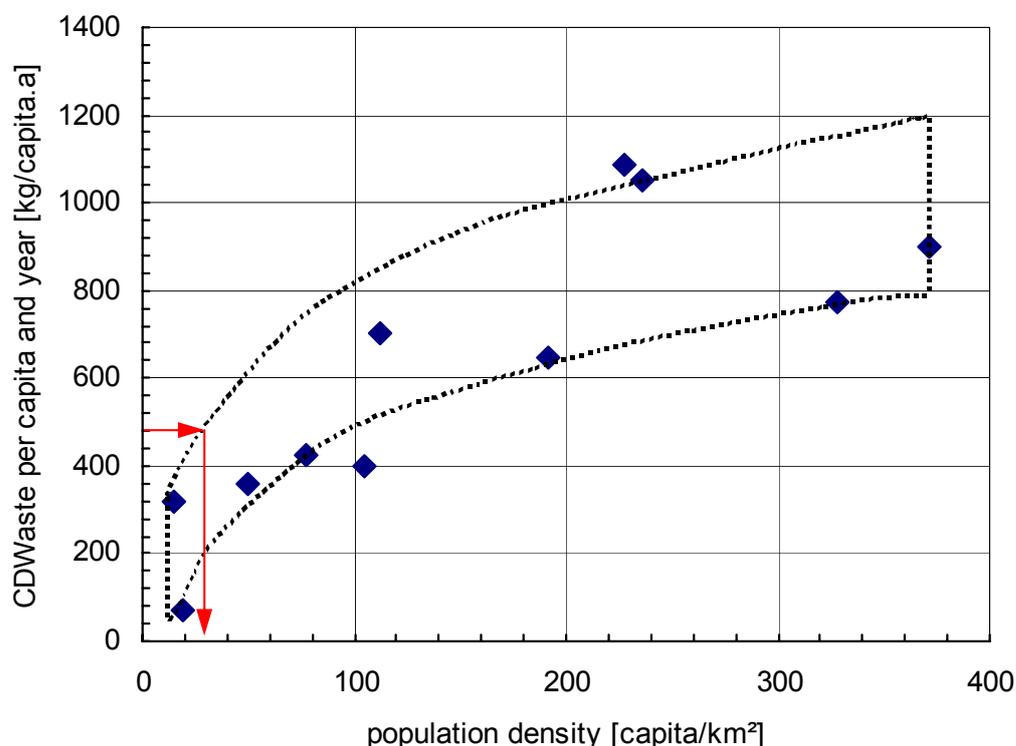
Abfallschlüssel dienen der Strukturierung des Abfallaufkommens nach Arten, was hinsichtlich der Entsorgung notwendig ist.

### Aufgabe 8

Die Menge an Bauabfällen (CDW) betrug 1996 in den USA 135.530.000 t/a. Die Einwohnerzahl belief sich auf 280.000.000. Die mittlere Einwohnerdichte liegt bei 30 E/km<sup>2</sup>, die entsprechenden Werte für die Bundesstaaten bewegen sich zwischen < 5 und > 250 E/km<sup>2</sup>.

Errechnen Sie die spezifische Menge von CDW pro Jahr und Einwohner und vergleichen Sie sie mit den Werten für unterschiedliche europäische Länder. Wie passt der errechnete Wert zu der Funktion zwischen spezifischer Menge CDW und der Bevölkerungsdichte, wie sie für Europa gilt?

Pro-Kopf-Aufkommen an Bauabfall in den USA: 482 kg/E-a.



### Aufgabe 9

Vergleichen Sie die Aufkommenszahlen für folgende Stoffströme miteinander: Aufkommen an Bauabfällen, Aufkommen an Siedlungsabfällen, Verbrauch an Steine- und Erden-Rohstoffen

- Pro-Kopf-Aufkommen an Bauabfall für Mitteleuropa: 700 kg/E-a

- Pro-Kopf-Aufkommen an Siedlungsabfällen (1993): 540 kg/E·a
- Verbrauch an Steine-und Erden-Rohstoffen in D: 770 Mio. t

Pro-Kopf-Aufkommen an Bauabfall > Pro-Kopf-Aufkommen an Siedlungsabfällen <<  
Verbrauch an Steine-und Erden-Rohstoffen

### **Aufgabe 10**

*Erläutern Sie die Begriffe*

- *Konventioneller Abbruch*
- *Kontrollierter Rückbau (= systematischer, selektiver, recyclinggerechter Abbruch).*

Konventioneller Abbruch: Zertrümmerung eines Bauwerks ohne vorherige Demontage von Bauteilen oder Baustoffen

Kontrollierter Rückbau(= systematischer, selektiver, recyclinggerechter Abbruch): Schadstoffhaltige Bauteile oder Baustoffe werden ausgebaut. Wieder verwendbares wird geborgen. Die Gewinnung möglichst getrennter Materialfraktionen wird angestrebt.

### **Aufgabe 11**

*Ein 3stöckiges Gebäude mit einem Bruttorauminhalt von 2000 m<sup>3</sup> wird in einer Stadt abgerissen. Die Lagerfläche, die für den Bauabfall erforderlich ist, soll vor Abruchbeginn abgeschätzt werden. Die spezifische Abfallmenge beträgt 400 kg/m<sup>3</sup> Bruttorauminhalt. Nehmen Sie einen kreisförmigen Schüttkegel mit einer Maximalhöhe von 6 m an. Wie groß ist der Durchmesser des Schüttkegels, wenn die Dichte des Materials 1t/m<sup>3</sup> beträgt?*

Menge an Bauschutt  $M = 400 \text{ kg/m}^3 \cdot 2000 \text{ m}^3 = 800000 \text{ kg}$

Volumen des Bauschutts  $V = 800 \text{ m}^3$

Volumen eines Kreiskegels  $V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{12}$

Durchmesser  $d = 22,6 \text{ m}$

## **Planung**

---

### **Aufgabe 12**

*Vor dem Abbruch eines Bauwerkes müssen bestimmte Planungsschritte durchlaufen werden. Nennen Sie diese 6 Schritte.*

1. Ermittlung der bautechnischen Zustandsgrößen
2. Ermittlung der Bedingungen an der Abbruchbaustelle
3. Ermittlung der umwelttechnischen Zustandsgrößen
4. Erstellen von Entsorgungskonzepten
5. Erarbeitung eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzplanes und einer Abbruchanweisung
6. Einholung der Abbruchgenehmigung

### Aufgabe 13

Was wird unter dem Begriff „Entsorgen“ verstanden?

Entsorgen: Verwerten oder Beseitigen

### Schad- und Störstoffe

---

### Aufgabe 14

Erläutern Sie die Begriffe

- Störstoffe
- Schadstoffe

im Bauabfall zu Verwertung!

Schadstoffe/Kontaminationen sind organische oder anorganische Substanzen mit negativen Effekten auf die Gesundheit oder die Umwelt.

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

### Aufgabe 15

Nennen Sie drei Schadstoffarten, die in Hochbau vorgefunden werden können. In welchen Funktionen wurden sie eingesetzt? An welchen Standorten werden häufig Schadstoffe gefunden?

Asbest, z.B. in schwach gebundenen Asbestprodukten zum Brandschutz;  
PCB, z.B. in dauerelastischen Fugenmassen  
PAK in Teerkleber für Parkett

Standorte: Tankstellen und Fahrzeugpflegedienste, Militärstandorte, Schornsteine

### Aufgabe 16

Die Produktion eines Baustoffs soll aus Primärrohstoffen und recycletem Material erfolgen. Die zu erzeugende Produktmenge liegt bei 100.000 t/a. Der Sulfatgehalt im Produkt ist auf 1,0 % begrenzt, um bautechnische Auswirkungen zu vermeiden. Wieviel an Recyclingmaterial mit einem Sulfatgehalt von 2 % könnte maximal zugegeben werden, ohne den Sulfatgrenzwert zu überschreiten? Der Primärrohstoff hat einen Sulfatgehalt von 0,2 %.

$$\begin{aligned} \text{Massebilanz} \quad c_{RC} \cdot M_{RC} + c_{\text{Primär}} \cdot M_{\text{Primär}} &= c_{\text{Produkt}} \cdot M_{\text{Produkt}} \\ M_{RC} + M_{\text{Primär}} &= M_{\text{Produkt}} = 100.000 \text{ t/a} \end{aligned}$$

$$M_{RC} = M_{\text{Produkt}} \cdot (c_{\text{Produkt}} - c_{\text{Primär}}) / (c_{RC} - c_{\text{Primär}}) = 44.444 \text{ t/a}$$

### Aufgabe 17

Fensterabrissholz mit einem Chromgehalt von 7,7 mg/kg soll energetisch verwertet werden. Der Anlageninput beträgt 7,0 t/h, der Output liegt bei 60 kg/t Input, dabei teilt sich der Output im Verhältnis 5:1 auf Rostasche und Filterasche auf. Wie hoch ist der

*maximale Chromgehalt in der Filterasche, wenn angenommen wird, dass kein Chrom in der Rostasche verbleibt?*

Input: 7,0 t/h = 7000 kg/h

Output: 360 kg/h davon 300 kg/h Rostasche und 60 kg/h Filterasche

Chrombilanz:  $7,7 \text{ mg/kg} \cdot 7000 \text{ kg/h} = x \cdot 60 \text{ kg/h}$

$$x = 898,3 \text{ mg/kg}$$

### **Aufgabe 18**

*Problematische Substanzen in Bauabfällen sind u. a. solche, die in das Grundwasser oder in die Luft am Arbeitsplatz abgegeben werden und dort zu Schadstoffkonzentrationen führen. Zu dieser Gruppe gehören Asbest, polycyclische, aromatische Kohlenwasserstoffe und polychlorierte Biphenyle. Charakterisieren Sie diese Schadstoffe hinsichtlich Aggregatzustand und chemischer Zusammensetzung: In welchen Bauteilen oder Baustoffen müssen diese Substanzen beim Gebäuderückbau erwartet werden?*

Asbest: Faserförmiger Feststoff, hergestellt aus einem natürlichen Rohstoff, Hauptbestandteile MgO, SiO<sub>2</sub> und Wasser, Magnesiumsilikathydrat.

Schwach gebundene Asbestprodukte, Rohdichte < 1000 kg/m<sup>3</sup> sind z.B. Spritzasbeste.

Fest gebundene Asbestprodukte, Rohdichte > 1400 kg/m<sup>3</sup> sind z.B. gewellte oder ebene Bauplatten, Fugenkitte.

Polycyclische, aromatische Kohlenwasserstoffe: Über Ecken und Kanten verknüpfte Benzolringe. Entstehen bei Verkokungsprozessen, d.h. thermischen Prozessen ohne Luftzufuhr. PAKs sind in Steinkohlenteer-Produkten enthalten. PAK-haltige Produkte sind Straßenpech, Teerkleber für Parkett und andere Fußbodenbeläge, Teerpappen, Teerkork, Schutzanstriche, Steinkohlenteeröl in Holzschutzmitteln.

Polychlorierte Biphenyle: Flüssigkeit mit hoher Viskosität, bestehend aus chlorierten Biphenolen der Summenformel C<sub>12</sub>H<sub>(10-x)</sub>Cl<sub>x</sub>. Chlorgehalt bewegt sich zwischen 18,8 und 71,2 %.

Verbindung mit sehr guten technischen Eigenschaften wie Alterungsbeständigkeit, elektrische Isolierfähigkeit, Schwerentflammbarkeit und preiswerte Herstellung. Einsatz erfolgte in dauerelastischen Fugenmassen, als Flammenschutzmitteln in Anstrichstoffen, in Schallschutzdeckenplatten.

### **Aufgabe 19**

*Zu den problematischen Substanzen in RC-Baustoffen müssen wassergefährdende Stoffe wie Sulfate, Chloride, Schwermetalle und ausgewählte organische Verbindungen gezählt werden. Nennen Sie mindestens 5 Schwermetalle, für die in den Technischen Regeln der LAGA für Bauschutt Zuordnungswerte genannt sind! Was bedeutet die Abkürzung LAGA?*

Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Nickel, Zink

LAGA: Länderarbeitsgemeinschaft Abfall

## Aufgabe 20

Erläutern Sie den Unterschied zwischen primären und sekundären Schadstoffen. Welche primären Schadstoffe spielen beim Abbruch von Hochbauten eine Rolle? Nennen Sie mindestens drei und deren bevorzugte Einsatzgebiete.

Primäre Schadstoffe: In den eingesetzten Baustoffen von vorn herein enthaltene Substanzen mit schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit oder die Umwelt.

Sekundäre Schadstoffe: Durch die Bauwerksnutzung oder Havarien eingetragene oder gebildete Substanzen mit schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit oder die Umwelt.

## Aufgabe 21

Eine Tankstelle soll abgerissen werden, um für eine Straße eine zusätzliche Fahrspur zu schaffen. Der Belag der Tankstelle besteht aus Beton gebildet. Das Gebäude, das zur Station gehört, ist ebenfalls aus Beton. Ist es angebracht, beide Betonbrüche zu mischen, oder sollen sie separat gelagert werden? Geben Sie Gründe für Ihre Entscheidung.

Nein, der Betonbelag ist i.d.R. mit Kohlenwasserstoffen verunreinigt und muss deshalb von der Verwertung ausgeschlossen werden. Dagegen ist eine solche Kontamination bei dem Gebäude nicht zu erwarten. Vorgehensweise: Getrennt abbrechen, aufbereiten und lagern. Danach Probenahme und analytische Untersuchungen. In Abhängigkeit von dem Ergebnis Entsorgungswege festlegen.

## Aufgabe 22

Die im Bild dargestellte Betondecke wird ohne Selektion der Bestandteile abgebrochen. Berechnen Sie die Zusammensetzung des Bauschutts in Masse-%. Für den Anhydritestrich im erhärteten Zustand wird von einer Zusammensetzung von 1 Teil Bindemittel (Sulfatgehalt von 45 %) und 2 Teilen Zuschlag (sulfatfrei) ausgegangen.

	2,5 cm Anhydritestrich	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] 2000
	12 cm EPS	20
	20 cm Beton	2400

Lässt sich das aufbereitete Material ohne Sortierung für die Herstellung von Beton mit rezykliertem Zuschlag entsprechend der DAfStb-Richtlinie einsetzen?

Folgende Anforderungen sind nach der DAfStb-Richtlinie einzuhalten:

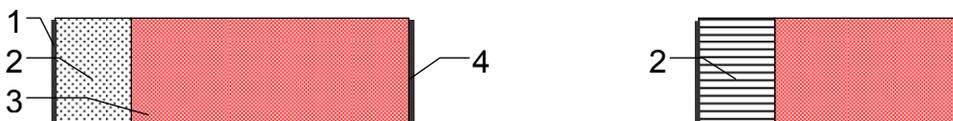
- mineralische Bestandteile (z.B. Porenbeton, Leichtbeton, Ziegel) und Asphalt  $\leq 5,0$  Masse-%
- nicht mineralische Bestandteile (z.B. Holz, Pflanzenreste, Dämmstoffe, Isoliermaterial, Papier etc.) und Glas  $\leq 0,2$  Masse-%
- SO<sub>3</sub>-Gehalt  $\leq 1$  Masse-%

	Flächenmasse = Schichthöhe * Rohdichte [kg/m <sup>2</sup> ]	Zusammensetzung [M.-%]
Estrich	50	9,4
EPS	2,4	0,5
Beton	480	90,2
Summe	532,4	100,1

Sulfatgehalt: 1,41 %. Die Anforderungen werden nicht erfüllt.

### Aufgabe 23

Nennen Sie 3 Grundsätze für ein recyclinggerechtes Konstruieren. Vergleichen Sie die unten angegebenen Wandkonstruktionen hinsichtlich der verwertbaren Anteile und der Anteile, die deponiert werden müssen. Die Anteile sind in Masse-% aus den gegebenen Dichten und Schichtstärken zu berechnen.



1	1,5 cm Oberputz	1200 kg/m <sup>3</sup>	1	1,5 cm Mineralputz	1200 kg/m <sup>3</sup>
2	10 cm Unterputz (75 Vol.-% EPS)	EPS 20kg/m <sup>3</sup> Putz 1200 kg/m <sup>3</sup>	2	10 cm PS- Hartschaumplatte	20 kg/m <sup>3</sup>
3	36,5 cm Hochloch- ziegel	1200 kg/m <sup>3</sup>	3	24 cm Hochlochziegel	1200 kg/m <sup>3</sup>
4	1,5 cm Putz	1200 kg/m <sup>3</sup>	4	1,5 cm Putz	1200 kg/m <sup>3</sup>

### Aufgabe 24

Der Chloridgehalt eines Betonstrassenaufbruchs beträgt 0,05 Masse-%. Bei der Elution nach dem DEV-S4-Verfahren geht das gesamte Chlorid in Lösung. Berechnen Sie die Konzentration, die sich einstellt und ordnen Sie das Material einer der in den technischen Regeln der LAGA genannten Zuordnungsklassen zu.

Beim DEV-S4-Verfahren werden 100 g Bauschutt mit 1000 g H<sub>2</sub>O eluiert. Für die Zuordnungswerte gilt:

	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
Chlorid [mg/l]	≤ 10	≤ 20	≤ 40	≤ 150

Woher könnte das Chlorid in dem Betonaufbruch stammen?

$$c_{Cl} = \frac{0,05gCl}{100gBauschutt} \cdot \frac{1000gH_2O}{1gH_2O} = 50 \text{ mg/l} \rightarrow \text{Z 2. Das Chlorid könnte aus Streusalzen stammen.}$$

## Abbruch von Straßen und Verkehrsflächen

---

### Aufgabe 25

Welche Abbruchtechniken, können für eine Rekonstruktion einer Straße verwendet werden, wenn es sich um eine komplette Erneuerung handelt?

Der Abbruch kann mittels Belagschäler oder mittels Fallgewicht erfolgen. Ebenfalls möglich ist ein Schollenufbruch mittels Schaufel am Hydraulikbagger.

### Aufgabe 26

Ein Bauunternehmen bewirbt sich um den Auftrag für die Grunderneuerung einer Ortsverbindungsstraße von 1.700 m Länge. In der Ausschreibung ist die Wiederverwertung der alten Zementbeton-Fahrbahndecke (Dicke 20 cm, Breite 6,0 m) vorgeschrieben.

Es ist geplant, den aufgebrochenen Deckenbeton in einer mobilen Aufbereitungsanlage auf eine Körnung 0/56 mm zu zerkleinern und als Material für die Frostschuttschicht des neuen Straßenaufbaus einzusetzen. Die Dicke der Frostschuttschicht soll 35 cm bei 6,0 m Einbaubreite betragen. Die Einbaumasse des RC - Materials wird mit 665 kg/m<sup>2</sup> angegeben.

- Berechnen Sie, auf welcher Länge das aufbereitete Ausbaumaterial als Frostschuttschicht wiedereingebaut werden kann!
- Wie viel Tonnen Schotter müssen bei gleichem Einbaugewicht zugekauft werden?

Die Mietkosten für die mobile Brech-Sieb-Anlage betragen 6,50 €/t. Kalkulieren Sie die Kosten für geplanten Einsatz sowie die Einsatzdauer in Tagen bei einem mittleren Durchsatz von 150 t/h und einer täglichen Betriebszeit von 8 h!

Masse des Ausbaubetons

$$m_{AB} = l * b * \rho_B \quad \text{Die Kenntnis der Rohdichte von Beton wird vorausgesetzt.}$$
$$m_{AB} = 1.700 \text{ m} * 6,0 \text{ m} * 2,3 \dots 2,5 \text{ t/m}^3$$
$$m_{AB} = 4.896 \text{ t}$$

Fläche Wiedereinbau

$$A = m_{AB} / \text{flächenbezogene Einbaumasse}$$
$$A = 4.896 \text{ t} / 0,665 \text{ t/m}^2$$
$$A = 7.362 \text{ m}^2$$
$$l = 7.362 \text{ m}^2 / 6,0 \text{ m} = 1227 \text{ m}$$

Zukauf Schotter

$$m_{\text{Schotter}} = A_{\text{Rest}} / \text{flächenbezogene Einbaumasse}$$
$$m_{\text{Schotter}} = b * l_{\text{Rest}} / \text{flächenbezogene Einbaumasse}$$

Mietkosten

### Aufgabe 27

Für den Grundausbau einer Ortsverbindungsstraße muss die alte Betondecke (d = 20 cm) auf einer Länge von 2.450 m aufgebrochen werden. Die Fahrbahn ist 5,50 m breit. Es wurde festgelegt, das Aufbruchmaterial vor Ort in einer mobilen Recycling-

anlage zu zerkleinern und für einen späteren Einsatz auf dem nahen Firmengelände zu lagern.

- Ermitteln Sie die Aufbruchmasse, die zerkleinert werden muss!
- Für welche Einsatzzwecke könnte das gebrochene Material verwendet werden, ohne das eine zusätzliche Produktzertifizierung in bautechnischer Hinsicht notwendig ist?
- Nennen Sie drei Beispiele! Nennen Sie zwei Einsatzfelder von aufbereitetem Betonabbruch, für die eine Produktzertifizierung erfolgen muss!

Für das Bauschuttrecycling sind die mobilen Anlagen in der Regel entweder mit einem Backenbrecher oder einem Prallbrecher ausgestattet. Für welchen Typ würden Sie sich im Anwendungsfall ohne Zertifizierung entscheiden? Nennen Sie zwei Gründe!

Masse des Ausbaubetons

$$m_{AB} = l * b * d * \rho_{\text{Beton}}$$

$$m_A = 2.450 \text{ m} * 5,50 \text{ m} * 0,2 \text{ m} * (\approx)2,4 \text{ t/m}^3$$

$$m_A = 6.468 \text{ t}$$

Einsatzzwecke ohne Produktzertifizierung

(Leistungs-)Grabenverfüllung

Lärmschutzwälle/Aufschüttungen

Bodenaustausch

Bodenverfestigung

Hinterfüllungen

Befestigung untergeordneter Wege, wie Baustraßen etc.

Einsatzzwecke mit Produktzertifizierung

RC-Schotter für Tragschichten

Zuschlag für RC-Beton

Backenbrecher, weil

- keine hohe Produktqualität erforderlich
- preisgünstig

### **Aufgabe 28**

Bei der Erneuerung einer 6-spurigen Autobahn in einem urbanen Ballungszentrum besteht entweder die Möglichkeit den Betonaufbruch auf eine 30 km entfernte Deponie zu fahren, oder nach Aufbereitung vor Ort als Tragschichtmaterial direkt wiederzuverwerten. Bei der Deponierung des Materials ist zusätzlich der Mineralstoffbedarf aus einem 40 km entfernten Steinbruch zu decken. Wie hoch ist die Energieeinsparung pro t Material durch Vor-Ort-Recycling, wenn näherungsweise davon ausgegangen wird, dass die Aufbereitung des Betonaufbruchs sich hinsichtlich des notwendigen Energieeinsatzes nicht von der Aufbereitung des Primärrohstoffes unterscheidet und die Abfall- und Rohstofftransporte einen Energieverbrauch von 0,25 kWh/t\*km aufweisen.

$$\text{Einsparung} = 0,25 \text{ kWh/t*km} * 2 * (30+40) \text{ km} = 35 \text{ kWh/t}$$

## Abbruch von Hochbauten

---

### Aufgabe 29

Nennen Sie das Abbruchverfahren, welches beim Abriss von Plattenbauten dominiert! Welche weiteren mechanischen Abbruchverfahren sind Ihnen bekannt? Nennen Sie weitere drei Verfahren!

Der Abbruch mit hydraulischen Zangen und Scheren dominiert beim Abbruch von Plattenbauten. Weitere Verfahren sind der Abbruch mittels Hämmern an Hydraulikbaggern, der Abbruch mittels Stahlkörper am Seilbagger, der Abbruch durch Abgreifen.

### Aufgabe 30

Im Rahmen der Sanierung eines innerstädtischen Wohnhauses ist in der Hoflage ein ungenutztes älteres Fabrikationsgebäude abzubrechen. Das Aufmaß des mehrstöckigen Gebäudes ergab einen Bruttorauminhalt von 2500 m<sup>3</sup>. Für Produktionsbauten dieser Art ist beim Abriss mit einem Aufkommen an mineralischem Bauschutt von 275 kg je m<sup>3</sup> umbauten Raum zu rechnen.

- Wie viel Tonnen mineralischen Bauschutts werden beim Abbruch anfallen?
- Wie viele LKW-Fuhren (Ladefähigkeit: 16 m<sup>3</sup>) müssen für den Abtransport des mineralischen Bauschutts kalkuliert werden, wenn die Schüttdichte dieses Transportgutes mit etwa 500 kg/m<sup>3</sup> angenommen wird?

Abbruchmasse

$$m = V \cdot \rho = 2.500 \text{ m}^3 \cdot 275 \text{ kg/m}^3 = 687.500 \text{ kg} = 687,5 \text{ t}$$

Anzahl der Fuhren zum Abtransport

$$\text{Zuladung auf einen LKW: } m = 16 \text{ m}^3 \cdot 0,5 \text{ t/m}^3 = 8 \text{ t}$$

$$\text{bezogen auf Gesamttransportmasse: } n_{\text{LKW}} = 687,5 \text{ t} / 8 \text{ t} \approx 86 \text{ Fuhren}$$

### Aufgabe 31

Ein mehrgeschossiges Mietshaus aus der Gründerzeit, an welchem in den letzten Jahrzehnten keinerlei bauliche Veränderungen mehr vorgenommen wurden, soll abgebrochen werden. Die beim Abbruch anfallenden Materialien sollen weitgehend dem Baustoffrecycling zugeführt werden.

- Nennen Sie mindestens zwei Abbruchbaustoffe, die typisch für Gebäude aus der genannten Bauzeit sind und geben Sie jeweils eine Möglichkeit der Wiederverwertung an!
- Geben Sie drei Bauteile an, für die eine Wiederverwendung in Frage kommt!
- Geben Sie zwei mögliche Verunreinigungen des anfallendes Altholzes an, die eine stoffliche Wiederverwertung bzw. eine Wiederverwendung verbieten. Was kann mit den verunreinigten Holzabfällen noch geschehen?
- Nennen Sie fünf mechanische Abbruchverfahren! Welchem Verfahren ist bei dem genannten Objekt der Vorzug zu geben? Geben Sie einen Grund dafür an!

Typische Abbruchbaustoffe

Abbruchbaustoff	Verwertungsmöglichkeit
Mauerwerkabbruch aus Ziegeln	Splitt und Schotter für Wegebau, als Verfüllungsmaterial u.a.
Holz	Zuschlag für Spanplattenherstellung

	lung Kompostherstellung thermische Verwertung
Metalle aus Rohrleitungen etc.	Schrottzugabe bei Stahlherstellung

Baustoffe für die Wiederverwendung  
Türen, Treppen; Balken; Dachziegel, Mauerziegel u.a.

Altholz kann durch Beschichtungen, Verleimungen, Anstrichstoffe oder Holzschutzmittel verunreinigt sein. Eine stoffliche Verwertung ist nicht möglich bei Hölzern, die halogenorganische Beschichtungen aufweisen oder mit Holzschutzmitteln behandelt wurden. Solche Abfälle sind in einer thermischen Anlage zu beseitigen.

### Aufgabe 32

*Die Abbildung zeigt ein erfolgloses Sprengen eines Silos in Weimar am 1/22/01.*



*Wählen Sie eine verwendbare Methode für den kompletten Abriss aus den folgenden Möglichkeiten:*

- *Umziehen des Silos mit einem Seilzug zur linken Seite*
- *Betreten des Gebäudes, Bohren von neuen Sprenglöcher, Befüllen mit Explosivstoff und erneutes Sprengen*
- *Abriss mit der Abrissbirne*
- *Abriss mit hydraulischen Zangen und Scheren*

*Geben Sie Gründe für Ihre Wahl.*

Umziehen des Silos mit einem Seilzug zur linken Seite oder der Abbruch mit hydraulischen Zangen und Scheren wären mögliche Varianten. Das Betreten des Gebäudes scheidet aus Gründen des Arbeitsschutzes. Das Einschlagen mittels Stahlkörper ist wegen der geringen Effektivität nicht geeignet.

### Aufgabe 33

Vergleichen Sie die Kosten eines Abbruchs nach folgenden, zwei Szenarien:

- *Selektiver Rückbau hinsichtlich der verwendeten Hauptbaumaterialien (Beton und Mauerwerk). Das Gesamtmaterial kann wiederverwertet werden.*
- *Abbruch ohne Betrachtung der unterschiedlichen Arten des Baumaterials. 90 % des Mischmaterials können wiederverwertet werden, 10 % müssen deponiert werden.*

Das Gebäude, das abgerissen wird, hat ein Volumen von 4000 m<sup>3</sup>, folglich entsteht 1600 t Bauabfall . Es besteht aus 60 % bewehrtem Beton und 40 % Ziegelmauerwerk.

Kosten Abbruch/Rückbau	Selektiver Rückbau	Abbruch
Beton	150 €/t	50 €/t
Mauerwerk	60 €/t	15 €/t
Annahmegebühren	Reiner Betonbruch	3 €/t
	Reiner Mauerwerkbruch	4 €/t
	Mischabbruch	8 €/t
Kosten für die Deponierung		125 €/t

### Aufgabe 34

*Gebäudespezifische Kennzahlen stellen einen Zusammenhang zwischen der Kubatur eines Bauwerkes und der entstehenden Bauabfallmenge her. Dabei können sich solche Kennzahlen sowohl auf den Neubau oder die Sanierung als auch auf den Komplettabbruch beziehen. Ordnen Sie die folgenden Kennzahlen*

- *0,025-0,05 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>UR*
- *0,1-0,3 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>UR*
- *0,1-0,3 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>UR*

*den verschiedenen genannten Bautätigkeiten zu.*

- 0,025-0,05 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>UR: Neubau
- 0,1-0,3 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>UR: Sanierung oder Komplettabbruch

### Aufgabe 35

*Ein Abbruchunternehmer verfügt über einen Seilbagger und einen Hydraulikbagger. Nennen Sie die Anbaugeräte, für welche diese Grundgeräte geeignet sind?*

Anbaugeräte für den Seilbagger: Stahlkörper, Greifer.

Anbaugeräte für den Hydraulikbagger: Hämmer, Zangen und Scheren, Tieflöffel, Abbruchstiel, Greifer.

### Aufgabe 36

*Der Abbruch eines Plattenbaus soll in möglichst kurzer Zeit und mit möglichst geringen Belästigungen der Anwohner erfolgen. Es stehen folgende Verfahren und Abbruchwerkzeuge zur Auswahl:*

Verfahren	Werkzeug
Schlagen und Hämmern	• Abbruchhämmer
Press- und Scherschneiden	• Abbruchzangen und Abbruchscheren
Abbrechen	• Abgreifen
	• Einschlagen mit Stahlmasse
	• Eindrücken
	• Einreißen mit Seilzug
Mechanisches Fräsen und Schälen	
Mechanisches Sägen	

Wählen Sie das Verfahren aus, dass die o.g. Anforderungen am besten erfüllt. Begründen Sie warum die anderen Verfahren weniger geeignet sind.

Press- und Scherschneiden mit Abbruchzangen und Abbruchscheren ist das zu bevorzugende Verfahren.

Abbruchhämmer scheiden wegen der Bauhöhe aus. Abgreifen ist bei Stahlbeton wenig effektiv. Einschlagen mit Stahlmasse ist ebenfalls wenig effektiv und kann zu instabilen Zwischenzuständen führen. Eindrücken und Einreißen sind eher für weniger massive Bauten mit geringerer Bauhöhe geeignet.

### Aufgabe 37

Für einen kontrollierten Rückbau ist die Planung der benötigten Container vorzunehmen. Markieren Sie in der Tabelle, welche Bauabfallarten in den gleichen Containern abgelegt werden können. Wie viele 10 m<sup>3</sup>-Container werden für die jeweiligen Bauabfallarten benötigt.

Lfd. Nummer	Bauteil	Masse [t]	Lagerungsdichte [t/m <sup>3</sup> ]	
1.	Parkett, lackiert	3,2	0,15	
2.	PVC, vollflächig verklebt	1,8	0,30	
3.	Teppich vollflächig verklebt	0,2	0,30	
4.	Bitumenschichten auf dem Dach	22,0	0,30	
5.	Diverse Aluminiumrahmen	6,0	0,15	
6.	Stahltür	0,2	0,20	
7.	Zargen der Stahltür	0,7	0,20	
8.	Fensterleibung (Stahl)	2,1	0,20	
9.	Toilettentrennwände	2,0	0,15	
10.	Holztüren	2,0	0,15	
11.	Zargen (Holz)	1,3	0,15	
12.	Holzvertäfelung (Wand) d	4,0	0,15	
13.	Betontreppe	55,0	1,2	
14.	Treppenbeläge Kunststoff	2,0	0,30	
15.	Holzvertäfelung (Decke)	84,0	0,15	
16.	Treppengeländer (Holz)	0,5	0,15	