

Modul D

Definitionen und Begriffe

Aufgabe 1

Erläutern Sie folgende Abkürzungen bzw. nennen Sie die Bedeutung der genannten Zahlen bzw. Konstanten

LAGA, FGSV, RRSB, DIN,.....

22,4 l/mol; 9,81 m/s²; 3,14; 2,718 .

LAGA: Länderarbeitsgemeinschaft Abfall

FGSV: Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen

RRSB: Rosin Rammler Sperling und Bennett (Verteilung)

DIN: Deutsches Institut für Normung

Aufgabe 2

In der DIN EN 206-1 ist eine Größengleichung zur Berechnung der Masse einer Sammelprobe (in kg) einer Gesteinskörnung in Abhängigkeit von der maximalen Korngröße D (in mm) und der Schüttdichte δ angegeben:

$$M = 6 \cdot \sqrt{D} \cdot \delta_b$$

Danach ergibt sich für ein 8 mm Größtkorn eine Masse von 24 kg. Wie hoch ist die dieser Berechnung zugrunde liegende Schüttdichte, in welcher Maßeinheit ist sie in die Gleichung einzusetzen?

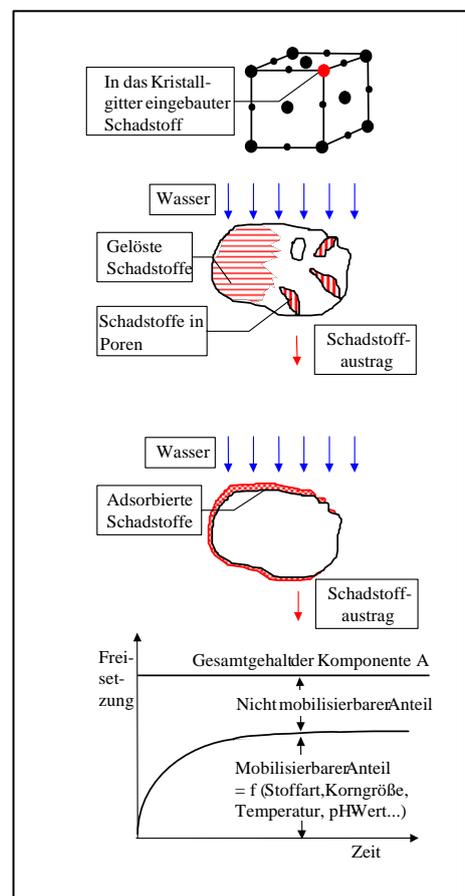
$$\delta_D = \frac{24}{6 \cdot \sqrt{8}} = 1,41$$

Maßeinheit $\rightarrow \delta_D$ in t/m³

Aufgabe 3

In der Abbildung sind mögliche Mechanismen des Schadstoffaustrags aus RC-Baustoffen dargestellt. Erläutern Sie diese. Auf welchen Schadstoffanteil beziehen sich die in der LAGA-Richtlinie angegebenen Zuordnungswerte?

Es sind 4 Zustandsformen von Schadstoffen im Feststoff dargestellt. Mit dem Wasser ausgetragen werden können die gelösten Schadstoffe, die in den Poren enthaltenen Schadstoffe und die adsorbierten Schadstoffe. Auf diese „mobilisierbaren“ Schadstoffanteile beziehen sich die LAGA-Zuordnungswerte.



Recyclingmaterialien im Vergleich

Aufgabe 4

Nennen Sie die Einsatzgebiete für Recyclingbaustoffe aus Asphaltaufbruch, Betonbruch, Mauerwerkabbruch.

Im Tragschichtmaterial aus Betonbruch nach TL Min 2000-StB ist der Gehalt an Asphaltgranulat auf 30 Masse-%, der Gehalt an Kalksandstein, weichgebrannten Ziegeln, Putz auf 5 Masse-% beschränkt. Nennen Sie die Gründe.

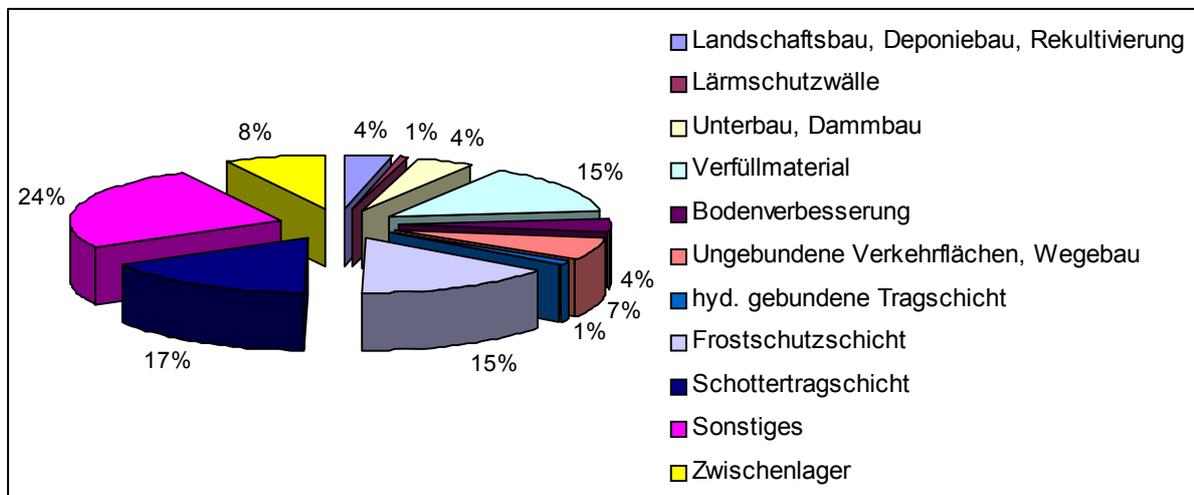
- Asphaltaufbruch: Straßen- und Wegebau
- Betonbruch: Trag- und Frostschutzschichten in Straßen- und Verkehrsflächen
- Mauerwerkbruch: Erd- und Landschaftsbau

Begrenzung des Asphaltgehaltes, um ausreichende Verdichtbarkeit zu gewährleisten.

Begrenzung des Gehaltes an Kalksandstein, weichgebrannten Ziegeln, Putz um Frostwiderstand zu gewährleisten.

Aufgabe 5

Auf nachfolgendem Diagramm sind die gegenwärtig genutzten Verwertungswege für Bauabfälle dargestellt. In welchen Sektoren kann ausschließlich aufbereiteter Betonbruch eingesetzt werden? In welchen Segmenten können Betonbruch und/oder Mauerwerkabbruch Anwendung finden?



Betonbruch für alle Segmente, bevorzugt aber für hydraulisch gebundene Tragschicht, Frostschutzschicht, Schottertragschicht.

Mauerwerkabbruch für Landschaftsbau, Deponiebau bis Bodenverbesserung.

Aufgabe 6

Die Einsatzgebiete für Recycling-Baustoffe werden von der stofflichen Zusammensetzung und der Korngröße des Materials bestimmt. Tragen Sie in die Verwertungsmatrix jeweils das Einsatzgebiet mit den höchsten bautechnischen Anforderungen ein.

	Sand	Splitt
reines Betonrezyklat		

reines Ziegelrezyklat		
Mischrezyklat		

	Sand	Splitt
reines Betonrezyklat	Verfüllungen von Leitungsräben	Rezyklierter Zuschlag
reines Ziegelrezyklat	Sportplatzbau	Substrat für die Dachbegrünung
Mischrezyklat	Landschaftsbau, Deponiebau bis Bodenverbesserung	

Aufgabe 7

Gegeben sind die Rohdichten von Abbruchmaterialien: $2,4 \text{ t/m}^3$; $0,5 \text{ t/m}^3$; $0,5 \text{ t/m}^3$; $1,8 \text{ t/m}^3$; $6,9 \text{ t/m}^3$; $0,95 \text{ t/m}^3$. Ordnen Sie diese Rohdichten den Abbruchmaterialien in der Tabelle zu!

Abbruchmaterial	Rohdichte [t/m^3]
Eisenträger	
Deckenbalken (Holz)	
Mauerwerkbruch	
Porenbetonbruch	
Gipskartonplattenbruch	
Betonstraßenaufbruch	

Abbruchmaterial	Rohdichte [t/m^3]
Eisenträger	6,9
Deckenbalken (Holz)	0,5
Mauerwerkbruch	1,8
Porenbetonbruch	0,5
Gipskartonplattenbruch	0,95
Betonstraßenaufbruch	2,4

Aufgabe 8

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!

In welchem Teilbereich des Bauwesens hat die Wiederverwendung große Bedeutung? Geben Sie hierfür drei Beispiele an!

Porphyr-Straßenpflaster

- Wiederverwendung als Straßenpflaster
- Wiederverwertung als Betonzuschlag nach Aufbereitung

Bauholz

- Wiederverwendung als Balken
- Wiederverwertung in Holzwerkstoffen

Die Wiederverwendung spielt besonders in der Denkmalpflege und Sanierung eine Rolle. Beispiele sind die Wiederverwendung von Dachziegeln, Balken, Dielen, Parkett.

Aufgabe 9

Nennen Sie die Einsatzgebiete für Recyclingbaustoffe aus Asphaltaufbruch, Betonbruch, Mauerwerkabbruch. Geben Sie für jede Materialart mindestens ein Regelwerk an!

Recyclingbaustoffe aus Asphaltaufbruch: Straßen- und Wegebau: Merkblatt für die Verwertung von Asphaltgranulat (M VAG), Ausgabe 2000

Recyclingbaustoffe aus Betonbruch: DAfStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100, Ausgabe März 2003

Recyclingbaustoffe aus Mauerwerkabbruch: DIN 4226-100, Gesteinskörnungen von Beton und Mörtel, Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen, DIN-Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth-Verlag, Berlin 2002

	Vorlesung D: Recycling von Baustoffen	Kap. 1
Straßenbau	Technische Vorschriften für aus Bauabfällen hergestellte Produkte finden zunehmend Eingang in technischen Regelwerke.	
	Richtlinien für die Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau (RG Min-StB 93); Ausgabe 1993/1996	
	Merkblatt zur Wiederverwendung von Beton aus Fahrbahndecken; Ausgabe 1998	
	Technische Prüfvorschriften für Mineralstoffe im Straßenbau (TP Min-StB) 1999; Ausgabe 1999	
	Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau (TL Min StB 2000); Ausgabe 2000	
Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau (RuA-StB 01); Ausgabe 2001		16

	Vorlesung D: Recycling von Baustoffen	Kap. 1
Straßenbau	Merkblatt über die Wiederverwertung von mineralischen Baustoffen als Recycling-Baustoffe im Straßenbau (M RC); Ausgabe 2002	
	Merkblatt für die Wiederverwendung pechhaltiger Ausbaustoffe im Straßenbau unter Verwendung von Bitumenemulsionen; Ausgabe 1993	
	Merkblatt für die Verwertung von Asphaltgranulat (M VAG); Ausgabe 2000	
	Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbaupasphalt im Straßenbau (RuVA-StB 01); Ausgabe 2001	
	Merkblatt für die Verwendung von Ausbaupasphalt und pechhaltigem Straßenaufbruch in Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln; Ausgabe 2002	
Quelle: http://www.fgsv-verlag.de		17

	Vorlesung D: Recycling von Baustoffen	Kap. 1
Hochbau	DAfStb-Baustoffkreislauf-Richtlinie, Teil 1 und 2, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin 1998	
	DIN 4226-100, Gesteinskörnungen von Beton und Mörtel, Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen, DIN-Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth-Verlag, Berlin 2002	
		18

	Vorlesung D: Recycling von Baustoffen	Kap. 1
<p>Die Zuordnungswerte werden von Behörden herangezogen, um die Zulässigkeit des Einbaus von RC-Baustoffen unter bestimmten Einbaubedingungen zu beurteilen.</p> 		<p>Länderarbeitsgemeinschaft Abfall</p> <p>Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen</p> <p>Technische Regeln</p> <p>Stand: November 1998</p>
Quelle: laga_tr_min_abfall.pdf		21

Aufgabe 10

Eines der Ziele des Zerkleinerns ist das Aufschließen von Verbundwerkstoffen.

- Was wird unter dem Begriff „Aufschließen“ verstanden?
- Welche Arten des Materialverbunds treten bei Baustoffen auf? Nennen Sie mindestens zwei typische Verbundarten.
- Was ist der Unterschied zwischen selektivem und summativem Zerkleinern?

Erläutern Sie, wie die Trennung des aufgeschlossenen Gemischs technisch erfolgen kann!

Aufschließen: Zerlegung eines Verbundwerkstoffes in seine Komponenten, z. B. durch Zerkleinerung.

Beton kann näherungsweise als Verbundwerkstoff mit isotropem Gefüge, Mauerwerk als Schichtverbundwerkstoff betrachtet werden. Gipskartonplatten können als Beispiel für eine Oberflächenbeschichtung dienen.

Selektives Zerkleinern bedeutet, dass eine Komponente des Verbundes leichter zerkleinerbar ist und sich deshalb in der feinen Fraktion anreichert. Beim summativen Zerkleinern bestehen keine Unterschiede in der Zerkleinerbarkeit, es treten keine gravierenden Unterschiede in den Korngrößenverteilungen beider Komponenten auf.

Das aufgeschlossene Gemisch kann bei selektiver Zerkleinerung durch Siebung getrennt werden. Bei summativer Zerkleinerung muss die Trennung anhand anderer Merkmale – beispielsweise Dichte oder Farbe – erfolgen.

Wiederverwertung von Ausbauphosphat

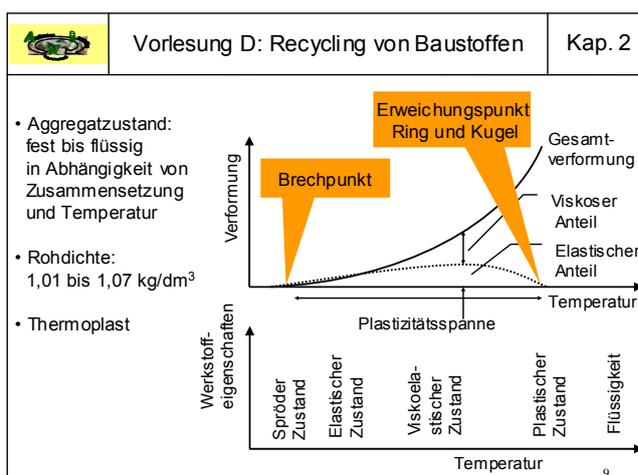
Aufgabe 11

Welches sind die beiden Hauptbestandteile von Bitumen? Woraus setzen sie sich zusammen?

Disperse Phase: Hochmolekulare Verbindungen zu Asphalt-Micellen mit Molekularmassen von bis zu 100.000 agglomeriert
 Dispersionsmittel: intercellare Maltenphase, Molekularmasse 500-1000

Aufgabe 12

Skizzieren Sie die Abhängigkeit $Verformung = f(Temperatur)$ von Bitumen. Geben Sie die Lage des Brechpunktes und des Erweichungspunktes Ring und Kugel an! Welches Werkstoffverhalten wird durch diese Punkte beschrieben?



Brechpunkt: Übergang spröde → elastisch

Erweichungspunktes Ring und Kugel: Übergang visko-elastisch → plastisch

Aufgabe 13

Was ist das charakteristische Merkmal von Thermoplasten?

Thermoplasten sind Kunststoffe, die bei Wärme weich und verformbar werden und bei Gebrauchstemperaturen formstabil.

Aufgabe 14

Durch welche Effekte wird die mögliche Anzahl von Recyclingzyklen von Asphalten begrenzt?

Die Anzahl der Zyklen wird durch Alterungsvorgänge begrenzt. Unterschieden wird zwischen

- physikalischer Alterung durch Verdunstung der leichtflüchtigen Ölanteile
- chemischer Alterung durch Oxidation
- Strukturalterung durch Vergrößerung der Asphaltene

Aufgabe 15

Asphaltstraßen können Bitumen oder Pech als Bindemittel enthalten. Welche Unterschiede bestehen zwischen diesen Bindemitteln? Beschreiben Sie die Herstellung und die Hauptbestandteile beider Materialien. In welchem anderen Baumaterial kann ebenfalls Pech (Teer) enthalten sein?

Bitumen wird durch Destillation aus Erdöl hergestellt. Es enthält keine umweltschädigen Bestandteile. Der Gehalt an Benzo(a)pyren als Leitverbindung für PAK beträgt 1 bis 5 ppm.

Pech wird aus Steinkohlenrohteer, welches durch Verkokung von Steinkohle gewonnen wird, durch fraktionierte Destillation hergestellt. Von Pech können Gesundheits- und Umweltgefährdungen ausgehen. Der Gehalt an Benzo(a)pyren beträgt 5000 bis 10000 ppm.

Pech kann ebenfalls in Dachbahnen und in Parkettklebern vorhanden sein.

Aufgabe 16

Warum ist der Erweichungspunkt RuK beim Wiedereinsatz von Ausbauasphalt ein wichtiges Qualitätskriterium? Welche Grenze muss eingehalten werden?

Der Erweichungspunkt RuK beschreibt den Übergang vom visko-elastisch zum plastischen Zustand. Er ist ein für die Verarbeitbarkeit und die Wirksamkeit des Bindemittels wichtiges Kriterium. Mit ansteigendem Erweichungspunkt wird das Bindemittel „härter“. Dadurch wird das Mischgut schlechter verarbeitbar und das Bindemittel weniger für die Verbindung der Mineralstoffe wirksam. Der Erweichungspunkt RuK sollte nicht über 70 °C liegen.

Aufgabe 17

Nennen Sie zwei In-Place-Recyclingverfahren! Welche Schritte werden dabei durchlaufen?

In-Place-Verfahren: Ausbauasphalt wird ohne oder mit zusätzlichem Mischgut vor Ort verarbeitet. Mögliche Qualitätsverbesserung ist begrenzt. Drei Verfahren sind möglich:

- Reshape: Rückformen der Oberfläche ohne Zugabe von zusätzlichem Material.

- Repave: Rückformen der Oberfläche, zusätzliches Material wird „heiß in heiß“ eingebaut.
- Remix: Rückformen mit Zugabe von zusätzlichem Mischgut, das mit dem ausgebauten Granulat vermischt wird, danach erfolgt der Einbau des Gemisches.

Aufgabe 18

Nennen Sie zwei In-Plant-Recyclingverfahren! Bei welchen Verfahren kann der Anteil an zugegebenen Ausbauasphalt am höchsten sein?

Variante 1: Chargenmischanlage mit chargenweiser Zugabe von kaltem Asphaltgranulat, Erwärmung des Asphaltgranulats durch die heißen Mineralstoffe. Zugabemengen ca. 30 %.

Variante 2: Chargenmischanlage mit kontinuierlicher Zugabe von in einer Paralleltrommel aufgeheiztem Asphaltgranulat. Erwärmung des Asphaltgranulats in gesonderter Vorrichtung unabhängig vom Primärmaterial. Zugabemengen bei Asphalttragschichten bis zu 80 %.

Aufgabe 19

Die mögliche Zugabemenge $Z_{mög}$ an Ausbauasphalt kann durch folgende Beziehung berechnet werden:

$$Z_{mög} = \frac{\text{const} \cdot T_{zul}}{a_{max}} \cdot 100$$

Was bedeuten in dieser Gleichung T_{zul} und a_{max} ?

Durch den Faktor „const“ wird berücksichtigt, in welcher Schicht das Material eingebaut wird. Vergleichen Sie den für Trag-, Tragdeck- und Foundationsschichten gültigen Faktor mit dem Wert, der für Deck- und Binderschichten gilt.

T_{zul} : zulässige Gesamttoleranz des jeweiligen Merkmals entsprechend ZTV

a_{max} : Spannweite des jeweiligen Merkmals (RuK, Bindmittelgehalt, Kornanteile < 0,09 mm; 0,09 - 2 mm, > 2 mm)

const = 0,5 für Trag-, Tragdeck- und Foundationsschichten

const = 0,33 für Deck- und Binderschichten

Die Zugabemenge in Trag-, Tragdeck- und Foundationsschichten kann höher sein als die in Deck- und Binderschichten.

Aufgabe 20

Asphaltgranulat soll zur Herstellung von Asphalttragschichtmischgut verwendet werden. Die mögliche Zugabemenge $Z_{mög}$ an Ausbauasphalt kann durch folgende Beziehung berechnet werden:

$$Z_{mög} = \frac{\text{const} \cdot T_{zul}}{a_{max}} \cdot 100$$

T_{zul} folgt aus der entsprechenden ZTV, die Spannweiten der Eigenschaften folgen aus Eignungsprüfungen (siehe Tabelle).

<i>Merkmal</i>	<i>RuK</i>	<i>Bindemittelgehalt</i>	<i>Füllergehalt < 0,09 mm</i>	<i>Kornanteil 0,09-2 mm</i>	<i>Kornanteil < 2 mm</i>
	<i>[°C]</i>	<i>[M.-%]</i>	<i>[M.-%]</i>	<i>[M.-%]</i>	<i>[M.-%]</i>
<i>T_{Zul}</i>	8,0	1,2	10	-	18
<i>Spannweite</i>	6,0	1,2	6,3	7,8	9,4

Berechnen Sie die Zugabemenge an Ausbauasphalt nach der gegebenen Beziehung.

RuK $Z_{mög} = 66,7 \%$
 BM $Z_{mög} = 50 \%$
 Füller $Z_{mög} = 64 \%$
 < 2 mm $Z_{mög} = 95,7 \%$

Die tatsächlich zugesetzte Menge richtet sich nach dem geringsten für $Z_{mögl}$ errechneten Wert, also 50 %.

Aufgabe 21

Straßenpech darf ab 1987 nicht mehr für die Herstellung von Bitumen eingesetzt werden. Warum? Wie ist vorzugehen, wenn pechhaltiges Material bei der Erneuerung einer Straße vorgefunden wird?

Straßenpech enthält PAK's, die krebserzeugend und erbgutverändern sind. Straßenpechhaltiger Ausbauasphalt darf nur im Kaltverfahren verarbeitet und nicht in Trinkwasserschutzgebieten eingesetzt werden. Er kann entweder ungebunden oder gebunden mit Bitumenemulsionen, hydraulischen Bindemitteln oder Kombinationen unter dichten Deckschichten eingebaut werden.

Aufgabe 22

Warum darf pechhaltiger Asphalt nicht im Warmverfahren verarbeitet werden? Warum ist der Einsatz in Trinkwasserschutzgebieten untersagt?

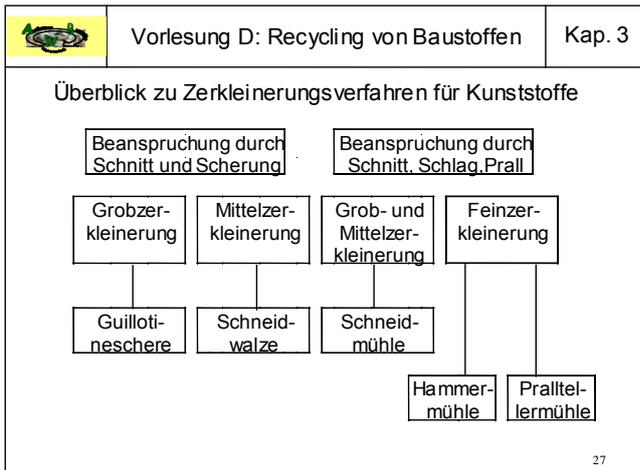
Die Verarbeitung im Warmverfahren scheidet aus, weil Gesundheitsbeeinträchtigungen des Anlagenpersonals durch entstehende Benzoldämpfe auftreten können. Der Einsatz in Trinkwasserschutzgebieten ist wegen der krebserzeugenden und erbgutverändernden Wirkung der PAK's untersagt.

Wiederverwertung von Kunststoff

Aufgabe 23

Nennen Sie je zwei Zerkleinerungsaggregate für die Grob- und Feinzerkleinerung von Plaste.

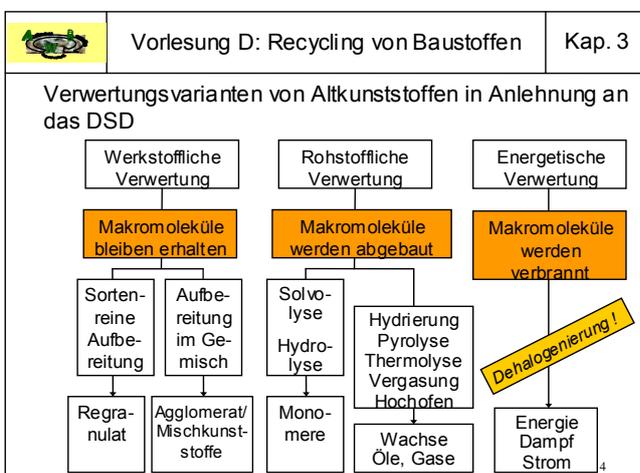
Wie unterscheiden sich die Zerkleinerungsaggregate für Altholz oder Plaste von denen für mineralischen Bauschutt?



Kunststoffe zeigen visko-elastisches Verformungsverhalten. Ihr Zerkleinerungswiderstand hängt folglich von der Temperatur und der Beanspruchungsgeschwindigkeit ab. Deshalb müssen bei der Kunststoffzerkleinerung andere oder modifizierte Beanspruchungsarten im Vergleich zu mineralischen Stoffen zur Anwendung kommen. Bei der Grob- und Mittelzerkleinerung sind das Schnitt und Scherung, bei der Feinzerkleinerung zusätzlich Prall und Schlag.

Aufgabe 24

Nennen Sie die drei vom DSD definierten Verwertungsvarianten von Altkunststoffen. Charakterisieren Sie diese Varianten im Hinblick auf die strukturbildenden Makromoleküle der Kunststoffe.



Aufgabe 25

Welche Kunststoffart dominiert in Verpackungsabfällen, welche in Bauabfällen?

Verpackungsabfälle: Polyethylen (LDPE+HDPE) als kurzlebige Kunststoffe
 Bauabfälle: Polyvinylchlorid PVC als langlebiges Produkt

Aufgabe 26

Die Eigenschaften von Kunststoffabfällen ergeben sich aus den Eigenschaften der Primärkunststoffe und den während des Gebrauchs eingetretenen Veränderungen.

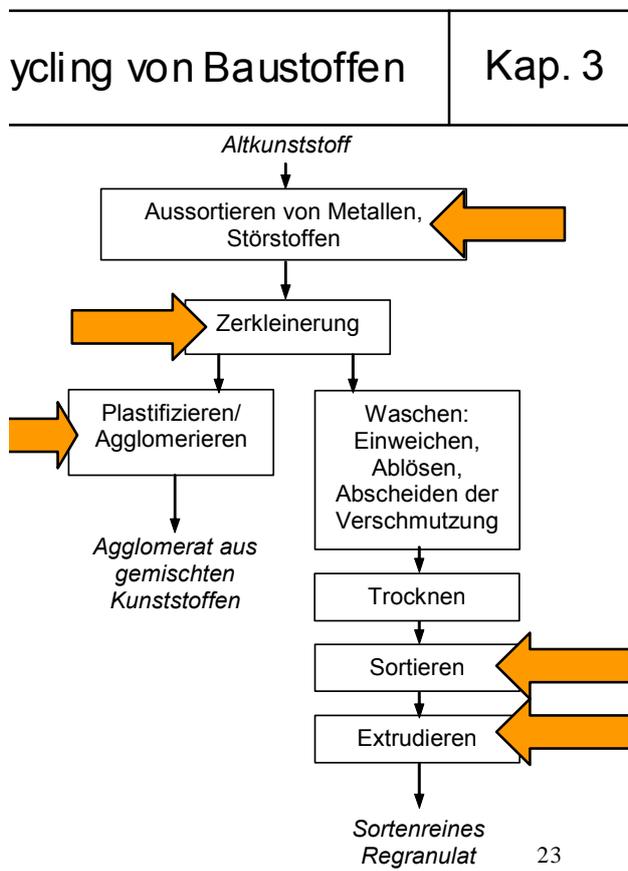
Nennen Sie diese Eigenschaften bzw. die Veränderungen. Welche davon können durch mechanische Verfahren rückgängig gemacht werden?

	Vorlesung D: Recycling von Baustoffen	Kap. 3
Eigenschaften von Kunststoffabfälle ergeben sich aus den Eigenschaften der Primärkunststoffe und den während des Gebrauchs eingetretenen Veränderung		
Relevante Eigenschaften der Primärkunststoffe <ul style="list-style-type: none"> • Verträglichkeit • Schmelzverhalten • mech. Eigenschaften • Alterung 	Während des Gebrauchs eingetretene Veränderungen <ul style="list-style-type: none"> • Vermischung von Sorten und Typen • Vermischung mit anderen Stoffen • Verschmutzung 	
18		

Durch mechanische Verfahren können die Verschmutzungen entfernt, Fremdstoffe aussortiert und nach Kunststofftypen getrennt werden. Gleiche Typen mit unterschiedlichen Additiven sind schwierig zu trennen.

Aufgabe 27

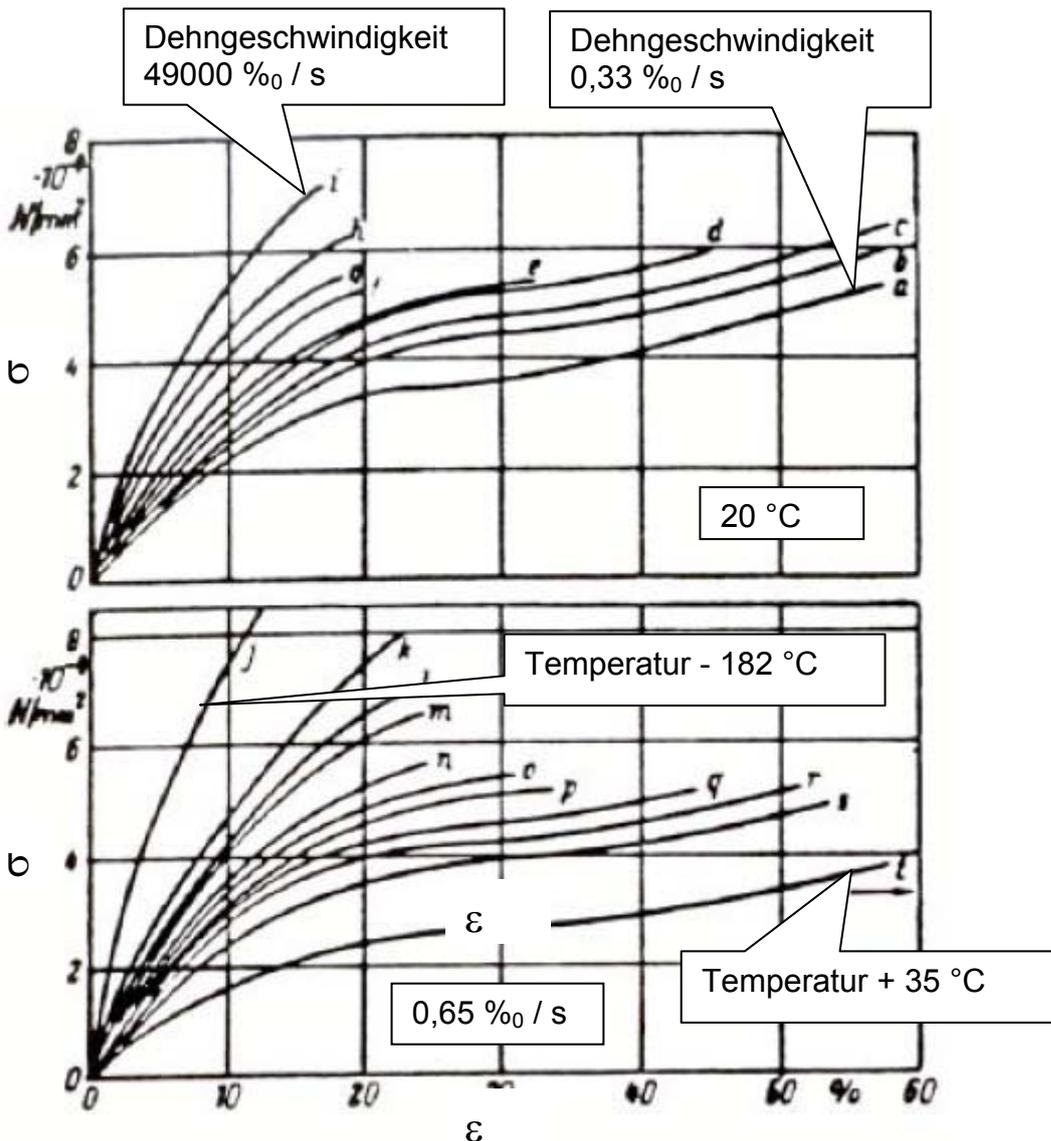
Welche Verfahrensschritte werden bei der Aufbereitung gebrauchter Kunststoffe durchlaufen?



Aufgabe 28

Skizzieren Sie das Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Kunststoffen mit der Dehngeschwindigkeit und der Temperatur als Parameter. Was folgt daraus für die Zerkleinerung von Kunststoffen?

Bei hohen Beanspruchungsgeschwindigkeiten und niedrigen Temperaturen ist das Verformungsverhalten nahezu linear. Die Bruchdehnung ist deutlich zurückgegangen. In diesem Zustand ist der Zerkleinerungswiderstand der Kunststoffe geringer.



Aufgabe 29

Welche Sortiermerkmale können bei der Kunststoffsortierung genutzt werden? Welches sind die dazugehörigen Verfahren?

Dichte \rightarrow Schwimm-Sink-Scheidung, Hydrozyklon, Sortierzentrifuge

Benetzbarkeit \rightarrow Flotataion

elektrostatische Eigenschaften \rightarrow Kammerscheider, Koronawalzenscheider

chemische Zusammensetzung → Automatische Klaubung (Nah-Infrarot)

Aufgabe 30

Verschiedene Kunststoffarten können aufgrund ihrer Dichteunterschiede mittels Schwimm-Sink-Scheidung getrennt werden.

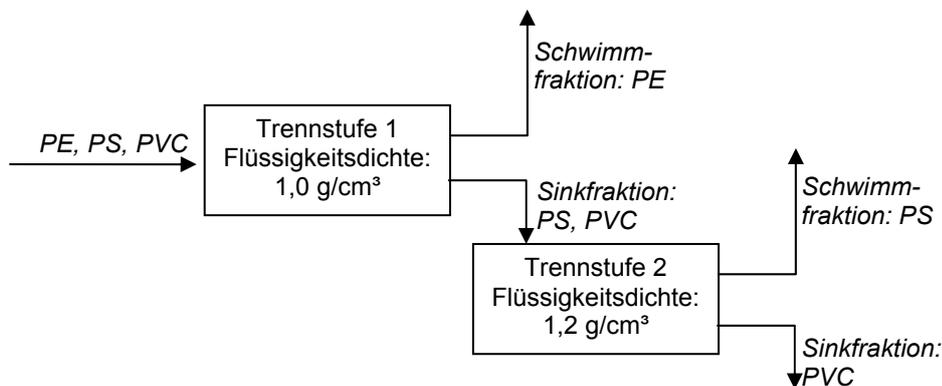
Kunststoff	Dichte [g/cm ³]
Polypropylen (PP)	0,90 - 0,91
Polyethylen (PE)	0,91 - 0,96
Polystyrol (PS)	1,05
Polyvinylchlorid (PVC)	1,38 - 1,55
Polyethylenphthalat (PET)	1,37
Polyamid 6 (PA 6)	1,13
Acrylnitril/Butadien/Styrol (ABS)	1,04 - 1,06
Polyoxymethylen (POM)	1,41 - 1,42

Entwerfen Sie mögliche Verfahrensabläufe der Trennung, wenn ein Gemisch aus Polyethylen (PE), Polysterol (PS) und Polyvinylchlorid (PVC) vorliegt, das in seine Bestandteile aufgetrennt werden soll. Wie viele Trennbehälter werden benötigt? Geben Sie die Dichten der Trennflüssigkeiten an.

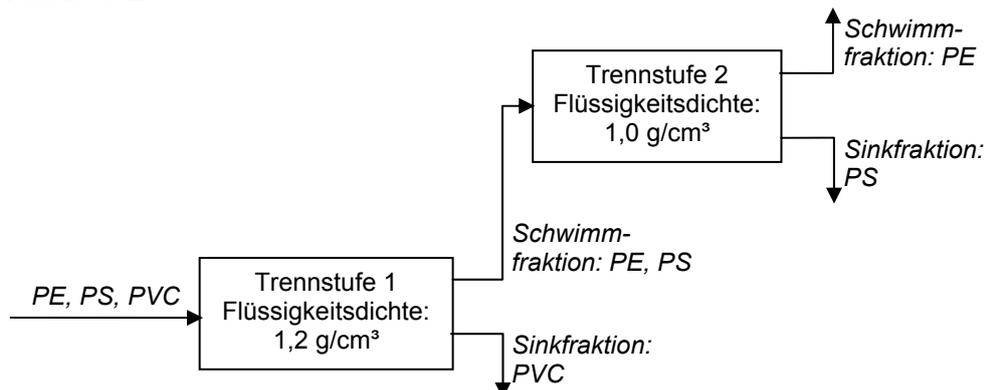
Welche Variante ist zu wählen, wenn in dem Gemisch PVC mit 70 % dominiert und die Größe der Schwimm-Sink-Scheider minimiert werden soll?

Es werden zwei Trennbehälter benötigt. Die günstigere Variante ist es, zunächst den großen Massenstrom PVC abzutrennen und anschließend den kleineren Massenstrom PE + PS zu trennen.

Variante 1



Variante 2



Aufgabe 31

Warum werden Kunststoffabfälle am Ende der Aufbereitung agglomeriert oder regranuliert? Was sind die Merkmale dieser beiden Verfahrensschritte?

Agglomerieren und Regranulieren haben das Ziel eine höhere Schüttdichte und eine einheitliche Kornform zu erreichen. Das Regranulieren, bei welchem die Kunststoffpartikel in einem Extruder geschmolzen, zu einem Strang ausgeformt und anschließend durch einen Heiß- oder Kaltabschlag zu Granulat umgeformt werden, bewirkt zusätzlich eine Homogenisierung und eine Reinigung, wenn die Extrusion eine Schmelzfiltration einschließt.

Aufgabe 32

Nennen Sie die Qualitätsmerkmale, die Kunststoffagglomerate nach den Vorgaben des DKR aufweisen müssen.

Qualitätsanforderungen an Agglomerate entsprechend DKR (Deutsche Gesellschaft für Kunststoff-Recycling mbH)

- Korngröße < 10 mm
- Restfeuchte < 1,0 Masse-%
- Chlorgehalt < 2,0 Masse-%
- Schüttgewicht > 300 kg/m³
- Aschegehalt < 4,5 Masse-%
- Metallgehalt < 3,0 Masse-%

Aufgabe 33

In Kunststoffagglomeraten sind der Chloridgehalt und der Aschegehalt begrenzt. Welche Bestandteile sollen damit ausgeschlossen werden?

PCV und mineralische Verunreinigungen

Aufgabe 34

Für welche Einsatzgebiete eignen sich Produkte aus Altkunststoffen? Warum werden beim stofflichen Recycling von Altkunststoff oftmals Produkte mit größeren Wandstärken und nicht filigrane Produkte hergestellt?

Aus Altkunststoffen werden hauptsächlich Produkte für den Garten- und Landschaftsbau, den Hoch-, Tief- und Straßenbau, für Aufgaben im Wasserbau und in der Landwirtschaft hergestellt. Größere Wandstärken werden bevorzugt, weil dadurch zurückgebliebene Verunreinigung den Herstellungsprozess weniger stören und auch bei ungünstigeren mechanischen, chemischen und thermischen Eigenschaften gebrauchstüchtige Produkte hergestellt werden können.

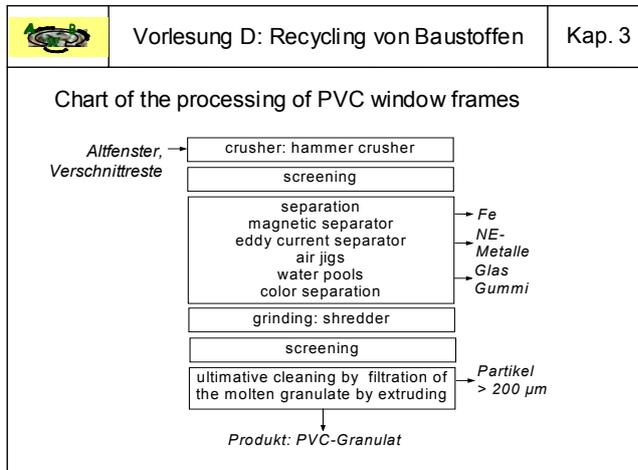
Aufgabe 35

Nennen Sie die drei chemischen Hauptbestandteile von PVC. Welche Bauprodukte können aus PVC hergestellt werden?

C, H, > 50 % Cl. Bauprodukte sind PVC-Rohre, Fußbodenbelege, Dachbahnen, Fensterrahmen

Aufgabe 36

Skizzieren Sie den Ablauf der Aufbereitung von PVC-Fenstern. Welche Sortierverfahren werden eingesetzt?



Wiederverwertung von Betonbruch

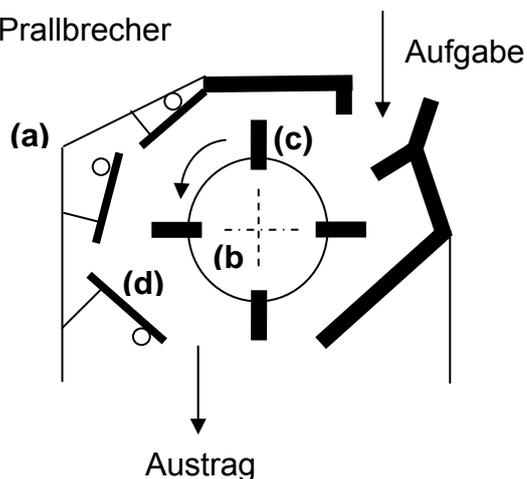
Aufgabe 37

Beim Abbruch eines stillgelegten Industrierwerkes fallen große Mengen an Betonschutt an, die vor Ort in einer mobilen Aufbereitungsanlage mit Prallbrecher zerkleinert werden sollen.

- Nennen Sie einen wichtigen Vorteil, den das Vor-Ort-Recycling mit sich bringt.
- Erläutern Sie den Aufbau und die Funktionsweise eines Prallbrechers anhand einer Skizze. Warum wird der Prallbrecher in der Bauschutttaufbereitung bevorzugt eingesetzt; nennen Sie zwei Gründe!
- Eine Wiederverwertung des Betons kann durch Schadstoffe verhindert werden. Nennen Sie drei Arten von Kontaminationen, die typisch in alten Produktionsanlagen auftreten!

Das Vor-Ort-Recycling hat den Vorteil, dass der Transportaufwand minimiert wird. Das geschieht in doppelter Hinsicht. Zum einen werden keine Transporte zu einer stationären Recyclinganlage erforderlich. Zum anderen werden Rohstofftransporte vermieden, wenn das aufbereitete RC-Material anstelle des Primarrohstoffes eingesetzt werden kann.

Skizze Prallbrecher



- (a) Gehäuse
- (b) Rotor oder Prallwalze
- (c) Palleisten
- (d) Prallplatten, Prallwerke

Der Prallbrecher wird bevorzugt, weil er ein Produkt mit einer Durchgangskennlinie erzeugen kann, die der für Tragschichtmaterial geforderten Kennlinie entspricht. Sieblinienkorrekturen sind also nicht erforderlich. Weiterer Vorteil ist der hohe Anteil an kubischen Körnern, die im Prallbrecher auch bei ungünstig geformten plattigen Aufgabematerial erzeugt werden.

Mögliche Schadstoffe sind: Kohlenwasserstoffe aus Fetten, Ölen und Treibstoff, Pech in Klebern und Anstrichen, PAK und Ruß in Feuerungsanlagen, Asbest in Dichtungen, als Dacheindeckung...

Aufgabe 38

Unter Betonbruch wird

- *Betonaufbruch aus dem Rückbau von Straßen und Verkehrsfläche und*
 - *Betonabbruch aus dem Rückbau von Hochbauten*
- verstanden.

Geben Sie für diese beiden Stoffarten die in der Tabelle abgefragten Merkmale an.

	<i>Betonaufbruch</i>	<i>Betonabbruch</i>
<i>Unterscheiden sich beide Materialien in der Kornrohdichte?</i>		
<i>Geben Sie den Bereich der Kornrohdichte an.</i>		
<i>Welche Störstoffe sind zu erwarten?</i>		
<i>Welche Schadstoffe können auftreten?</i>		
<i>Welches sind die bevorzugten Einsatzgebiete?</i>		
<i>Welche Regelwerke gelten?</i>		

	Betonaufbruch	Betonabbruch
Unterscheiden sich beide Materialien in der Kornrohdichte?	Keine Unterschiede	
Geben Sie den Bereich der Kornrohdichte an.	Sande: 1,81 – 2,31 g/cm ³ Splitte: 1,86 – 2,59 g/cm ³	
Welche Störstoffe sind zu erwarten?	ev. Holz, Asphalt	Andere mineralische Baustoffe, Leichtbaustoffe, Holz, Glas....
Welche Schadstoffe können auftreten?	PAK's in Pech, Chlorid	Mineralfasern, Sulfat, PAK's,
Welches sind die bevorzugten Einsatzgebiete?	Tragschichten im qualifizierten Straßenbau	Wegebau, Verfüllungen, Überschüttungen...
Welche Regelwerke gelten?	TL Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau, Ausgabe 2000 LAGA-Mitteilungen	Merkblatt über die Verwendung von industriellen Nebenprodukten im Straßenbau, Teil Wiederverwendung von Baustoffen, Ausgabe 1985. LAGA-Mitteilungen

Aufgabe 39

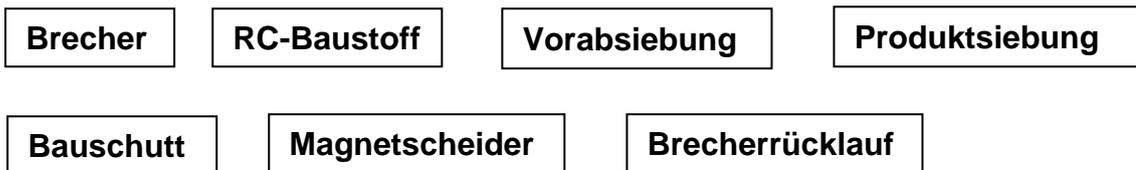
Für aus Betonbruch hergestellte Zuschläge gibt es im Wesentlichen drei Einsatzgebiete. Nennen Sie diese Gebiete. Bei welchen Einsatzgebieten dominieren die bautechnischen Anforderungen, bei welchen die umwelttechnischen? Begründen Sie Ihre Aussage.

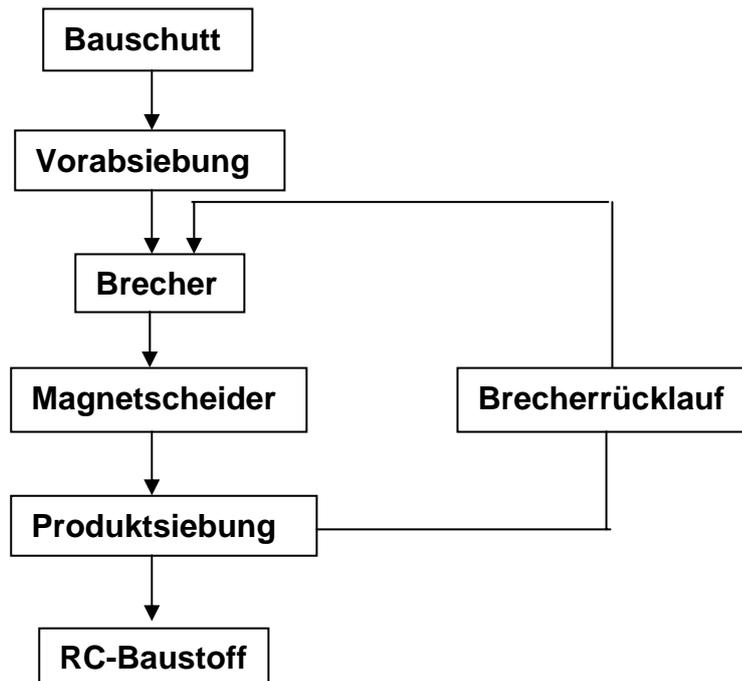


Betonbruch, der als rezyklierter Zuschlag eingesetzt werden soll, muss strenge bautechnische Anforderungen erfüllen. Da das Material in eine Zementsteinmatrix eingebunden wird, die den Schadstoffaustrag verhindert, sind die umwelttechnischen Anforderungen geringer. Bei den ungebundenen Anwendungen wie Untergrundverbesserungen etc, die außerdem durch keine wasserundurchlässige Deckschicht vor dem Wasserzutritt geschützt sind, bestehen die höchsten wasserwirtschaftlichen Anforderungen. Hier sind die bautechnischen Anforderungen gering.

Aufgabe 40

Aus Betonaufbruch soll ein Tragschichtmaterial mit der Körnung 0/45 mm hergestellt werden. Welche Komponenten muss eine entsprechende Aufbereitungsanlage unbedingt enthalten, wenn dieses Material hergestellt werden soll? Stellen Sie die einzelnen Komponenten zu einem Fließbild zusammen!





Aufgabe 41

Nennen Sie die Vorteile von Beton-RC-Material aus Betonaufbruch in Tragschichten des Straßenbaus gegenüber natürlichen Mineralstoffen.

Das Material steht Vor-Ort zur Verfügung. Es nimmt bei gleicher Masse ein größeres Volumen ein, ist also ergiebiger. Es treten Selbsterhärtungseffekte auf.

Aufgabe 42

Ein Gütekriterium für rezyklierte Zuschläge ist die Kornrohddichte. Wie hoch muss diese sein, damit Betonsplitt/Betonbrechsand die Anforderung entsprechend DIN 4226-100 erfüllt?

$\geq 2000 \text{ kg/m}^3$

Aufgabe 43

Berechnen Sie die Rohddichte eines rezyklierten Zuschlagkorns aus Altbeton, welches zu 10 Masse-% aus Zementstein (Rohddichte $1,8 \text{ g/cm}^3$) und zu 90 Masse-% aus Kies besteht.

Leiten Sie dafür eine Beziehung ab, mit der sich die Rohddichte des Korns aus seiner Zusammensetzung und den Rohdichten der Bestandteile berechnen lässt.



$$m_{\text{Ges}} = m_{\text{G}} + m_{\text{ZS}}$$

$$V_{\text{Ges}} = V_{\text{G}} + V_{\text{ZS}}$$

$$\text{Dichte des Kompositkorns } \rho_{\text{Ges}} = \frac{m_{\text{G}} + m_{\text{ZS}}}{V_{\text{G}} + V_{\text{ZS}}}$$

$$\text{Zuschlag } \rho_{\text{G}} = \frac{m_{\text{G}}}{V_{\text{G}}}$$

$$\text{Zementstein } \rho_{\text{ZS}} = \frac{m_{\text{ZS}}}{V_{\text{ZS}}}$$

$$\text{Gehalt Zuschlag } a_{\text{G}} = \frac{m_{\text{G}}}{m_{\text{G}} + m_{\text{ZS}}}$$

$$\text{Gehalt Zementstein } a_{\text{ZS}} = \frac{m_{\text{ZS}}}{m_{\text{G}} + m_{\text{ZS}}}$$

$$\rho_{\text{Ges}} = \frac{\rho_{\text{G}}}{1 + a_{\text{ZS}} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{G}}}{\rho_{\text{ZS}}} - 1 \right)}$$

$$\rho_{\text{Ges}} = \frac{2,6}{1 + 0,1 \cdot \left(\frac{2,6}{1,8} - 1 \right)} = 2,49 \text{ g/cm}^3$$

Aufgabe 44

Vergleichen Sie folgende Eigenschaften von rezyklierten Zuschlägen mit den Zeichen "<", ">", "≈".

- Rohdichten von Sanden, Splitten und Ausgangsbeton
- Wasseraufnahme von Sanden und Splitten.

Begründen Sie die Unterschiede.

$$\text{Rohdichte}_{\text{Ausgangsbeton}} \approx \text{Rohdichte}_{\text{Splitt}} > \text{Rohdichte}_{\text{Sand}}$$

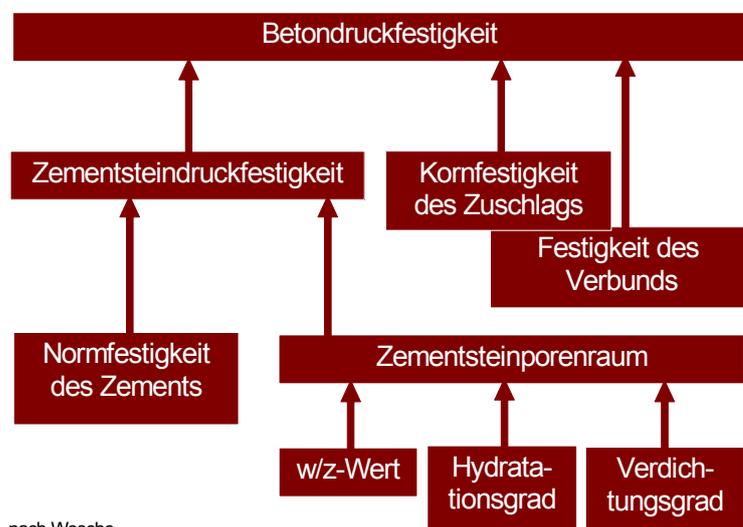
$$\text{Wasseraufnahme}_{\text{Splitt}} < \text{Wasseraufnahme}_{\text{Sand}}$$

Die Unterschiede sind durch die Anreicherung des poröseren Zementsteins in den feinen Fraktionen begründet.

Aufgabe 45

In der Abbildung sind die Einflüsse auf die Betondruckfestigkeit bei Verwendung natürlicher Zuschläge dargestellt. Bei welchen Einflüssen treten Veränderungen auf, wenn rezyklierte Zuschläge aus Altbeton verwendet werden?

Unterschiede treten beim w/z-Wert und bei der Kornfestigkeit des Zuschlags auf. Außerdem verändert sich die Zusammensetzung. Der Zementsteinge-



nach Wesche

halt nimmt zu, weil zusätzlich zu dem neuen Zementstein noch alter Zementstein enthalten ist.

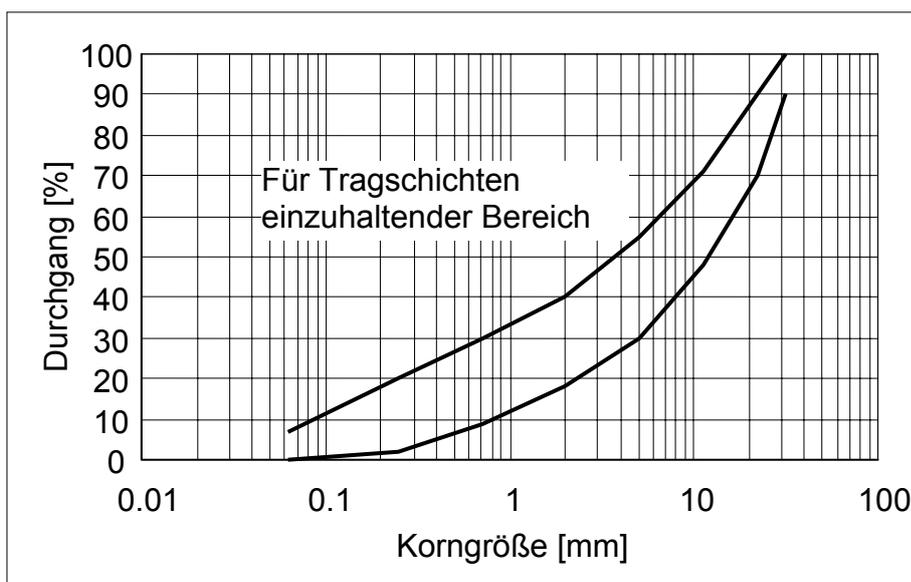
Aufgabe 46

Ein RC-Baustoff aus Beton soll vollständig und auf möglichst hohem Niveau verwertet werden. Folglich wird das gebrochene Material in die Fraktionen 0/4 mm und 4/32 mm getrennt. Der Sand wird einem Kalksteinsplitt zugegeben. Die Mischung wird als Tragschichtmaterial verwertet. Das grobe Material wird mit natürlichem Sand gemischt und als Betonzuschlag eingesetzt. Bei beiden Anwendungen ist eine definierte Sieblinie einzuhalten.

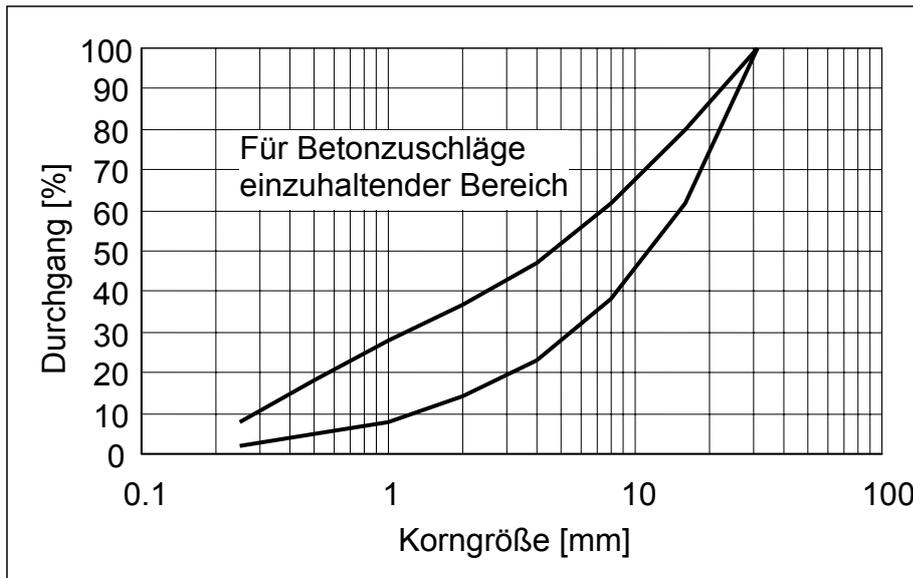
- Errechnen Sie die Korngrößenverteilungen der Fraktionen 0/4 mm und 4/32 mm, die aus dem RC-Material 0/32 mm bei einer scharfen Siebtrennung bei 4 mm erzeugt werden.
- Errechnen Sie die Korngrößenverteilungen des Tragschichtmaterials (60 % Kalkstein + 40 % RC-Sand) und vergleichen Sie die resultierende Kurve mit den Anforderungen.
- Errechnen Sie die Korngrößenverteilung des RC-Zuschlages (48% Natursand + 52 % RC-Splitt) und vergleichen Sie die resultierende Kurve mit den Anforderungen.

Korngrößenverteilung für die drei Materialien

Korngröße [mm]	RC Material 0/32	Kalkstein 0/32	Natursand 0/8
	Durchgang [%]		
0.125	0	0	0
0.25	1	2	5,3
0.5	5,5	5	13,2
1	22,6	8	21,0
2	32,7	14	36,8
4	45,8	23	60,5
16	83,5	62	100
32	100	100	



Korngrößenverteilung des Tragschichtmaterials 0/32 mm



Korngrößenverteilung für den Betonzuschlag 0/32 mm

Trennung des RC-Materials in Fraktionen

Korngröße [mm]	Durchgang [%]		
	RC Material 0/32	Fraktion 0/4	Fraktion 4/32
0.125	0	0	
0.25	1	2.2	
0.5	5.5	12.0	
1	22.6	49.3	
2	32.7	71.4	
4	45.8	100	0
8	64.6		34.8
16	83.5		69.6
32	100		100

Zugabe der Sandfraktion zu Kalkstein

Kornklassen [mm]	Anteile [%]			Korngröße [mm]	Durchgang [%]
	Fraktion 0/4	Kalkstein 0/32	40 % Sand + 60 % Kalkstein		
0.125/0.25	2.2	2	2.08	0.125	0
0.25/0.5	9.8	3	5.72	0.25	2.08
0.5/1	37.3	3	16.72	0.5	7.80
1/2	22.1	6	12.44	1	24.52
2/4	28.6	9	16.84	2	36.96
4/8		19	11.4	4	53.80
8/16		20	12	8	65.20
16/32		38	22.8	16	77.20
Summe	100.0	100		32	100

Mischung Natursand und RC-Splitt

Kornklassen [mm]	Anteile [%]			Korngröße [mm]	Durchgang [%]
	Natursand 0/8	RC-Splitt 4/32	48 % Sand + 52 % Splitt		
0.125/0.25				0.125	
0.25/0.5				0.25	
0.5/1				0.5	
1/2				1	
2/4				2	
4/8				4	
8/16				8	
16/32				16	
Summe				32	

Vergleich der berechneten Mischungssieblinie (hinterlegt) mit der grafischen Darstellung der Durchgangskennlinie für das Tragschichtmaterial und den Betonzuschlag.

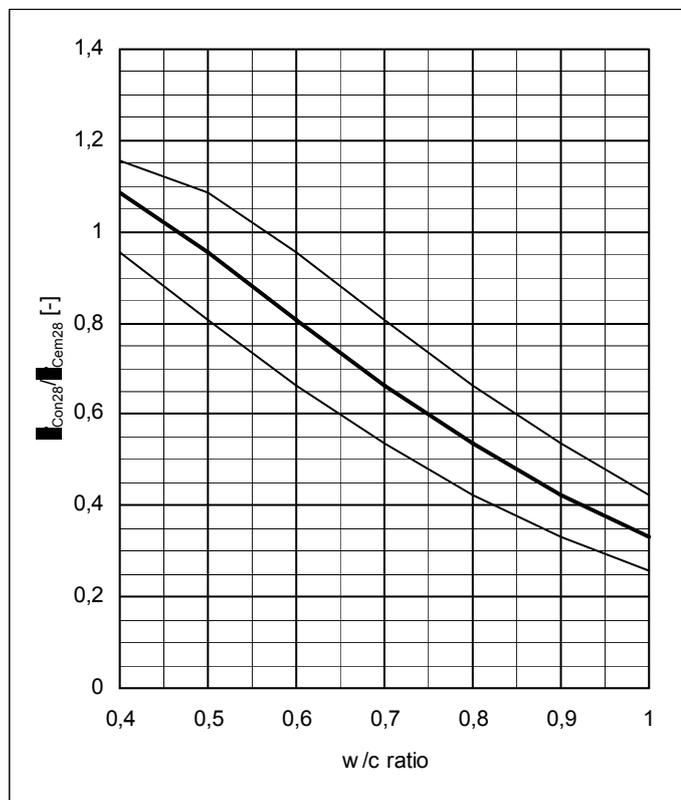
Aufgabe 47

Es ist die Mischungsberechnung für einen Beton mit grobem RC Zuschlag vorzunehmen. Ausgangsstoffe sind

- Zuschlag nach Sieblinie B 32, Anteil 0/4 mm 35 %, Anteil 4/32 mm 65 %
- RC-Splitt 4/32, Trockenrohdichte = 2.30 kg/dm^3 , Reindichte = 2.65 kg/dm^3
- Natursand 0/4, Trockenrohdichte = 2.65 kg/dm^3 , Reindichte = 2.65 kg/dm^3
- Zement: CEM I, Druckfestigkeit nach 28 Tagen 45 N/mm^2 , Dichte = 3.1 kg/dm^3

Die Betonfestigkeit nach 28 Tagen soll 35 N/mm^2 betragen. Die Berechnungen sind mit einem Wassergehalt 180 kg/m^3 durchzuführen.

Durch die Poren des RC-Zuschlags gelangt zusätzliche Porosität in den Beton. Errechnen Sie die Menge dieser Poren pro Kubikmeter Beton und stellen Sie diesen Wert der „normalen“ Zementsteinporosität gegenüber.



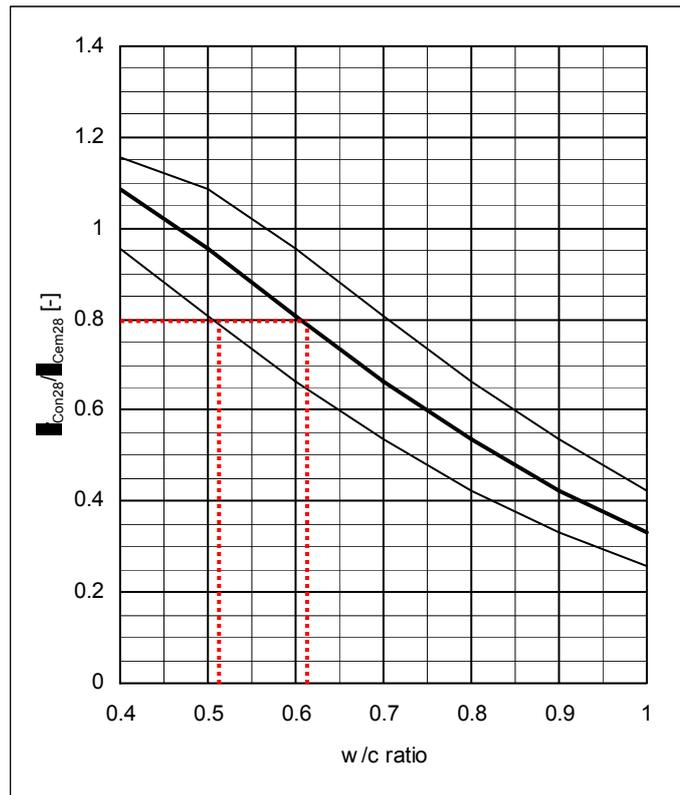
Verhältnis Betonfestigkeit zu Zementfestigkeit = $35 \text{ N/mm}^2/45 \text{ N/mm}^2 = 0.78$

$m_W = v_W = 180 \text{ kg/m}^3 \text{ Beton}$

Aus der Abbildung folgt das Wasser/Zementverhältnis zu 0.51 bzw. 0.61. Daraus ergibt sich die Zementmenge m_Z bzw. deren Volumenanteil v_Z .

Der Anteil an Zuschlag ist entsprechend der Summenformel $v_{\text{Beton}} = v_Z + v_W + v_G$ die Differenz zu 1 m^3 .

v_Z, v_W, v_G : Volumenanteile Zement, Wasser und Zuschlag pro $\text{m}^3 \text{ Beton}$



$m_W = 180 \text{ kg/m}^3$	m_Z	$v_Z \text{ [dm}^3/\text{m}^3]$	$v_W \text{ [dm}^3/\text{m}^3]$	$v_G \text{ [dm}^3/\text{m}^3]$
0.51	$m_W/0.51 = 353 \text{ kg/m}^3$	$113,8 \text{ dm}^3/\text{m}^3$	180	706,2
0.61	$m_W/0.61 = 295 \text{ kg/m}^3$	$95,2 \text{ dm}^3/\text{m}^3$	180	724,8
			Natursand [dm ³ /m ³]	RC-Splitt [dm ³ /m ³]
0.51			247,2	459
0.61			253,7	471,1

Eintrag zusätzlicher Porosität durch den RC-Splitt

Porosität RC-Splitt

$$\varepsilon_{\text{RC-Splitt}} = 1 - \rho_{\text{Roh}}/\rho_{\text{Rein}} = 0,13 \text{ dm}^3\text{Poren/dm}^3\text{Splitt}$$

Porositätszunahme Beton

$$\begin{aligned} \Delta \varepsilon_{\text{Beton}} &= \varepsilon_{\text{RC-Splitt}} * v_{G,\text{RC-Splitt}} \\ &= 0,13 \text{ dm}^3\text{Poren/dm}^3\text{Splitt} * 482,8 \text{ dm}^3\text{Splitt/m}^3\text{Beton} \\ &= 62,8 \text{ dm}^3\text{Poren/m}^3\text{Beton} \end{aligned}$$

Porosität aus dem Wasserüberschuss $w/z > 0,4$

Vereinfachte Berechnung aus

$$\Delta w/z = 0,51 - 0,4 = 0,11 \rightarrow \varepsilon_{\Delta w/z} = 38,8 \text{ dm}^3\text{Poren/m}^3\text{Beton}$$

$$\Delta w/z = 0,61 - 0,4 = 0,21 \rightarrow \varepsilon_{\Delta w/z} = 62 \text{ dm}^3\text{Poren/m}^3\text{Beton}$$

Aufgabe 48

Berechnen Sie die Chloridkonzentration im Eluat in mg/l, wenn ein Altbeton mit einer Chloridbelastung von 0,06 % untersucht wird und das gesamte Chlorid in Lösung geht. Die Elution erfolgt nach dem DEV-S4-Verfahren, bei dem 100 g Probematerial in 1 Liter H₂O eluiert werden.

$$\text{Chloridkonzentration} = \frac{0,06 \text{ g Cl}}{100 \text{ g Probe}} \cdot \frac{100 \text{ g Probe}}{1 \text{ l H}_2\text{O}} = 0,06 \text{ g/l}$$

Aufgabe 49

Betonabbruch aus einem Gebäudeabbruch enthält Gipsbaustoffe. Der daraus hergestellte RC-Baustoff soll als Tragschichtmaterial eingesetzt werden. Kann der SO_4^{2-} -Zuordnungswert im Eluat für Recyclingbaustoffe eingehalten werden, wenn 60 % des Sulfatgehaltes des Feststoffs von 0,6 M-% SO_3 im DEV-S4-Verfahren als SO_4^{2-} in Lösung gehen.

Der Grenzwert für den Gehalt des eluierten Stoffes beträgt 600 mg SO_4^{2-} mg/l für Baustoffe der Zuordnungskategorie Z 2. Beim DEV-S4-Verfahren werden 100 g Bauschutt mit 1000 g H₂O eluiert.

Die Molmassen betragen 32 g/mol für S, 32 g/mol für O₂.

$$\text{Sulfatkonzentration} = \frac{0,6 \cdot 0,6 \text{ g SO}_3}{100 \text{ g Probe}} \cdot \frac{100 \text{ g Probe}}{1 \text{ l H}_2\text{O}} \cdot \frac{96 \text{ SO}_4^{2-} \text{ g mol}}{\text{mol } 80 \text{ SO}_3 \text{ g}} = 0,155 \text{ g/l}$$

Aufgabe 50

In einem Recyclingbeton wurden 50 % des Zuschlags (Sand und Kies mit einer Reindichte von 2,65 g/cm³ und einer Rohdichte von 2,65 g/cm³) durch RC-Zuschlag ($\rho_{\text{Rein}} = 2,55 \text{ g/cm}^3$ und $\rho_{\text{Roh}} = 2,20 \text{ g/cm}^3$) ersetzt. Welche zusätzliche Porosität in dm³ wird dadurch pro m³ Beton eingetragen, wenn der Gesamtzuschlaggehalt 1800 kg/m³ beträgt?

Porosität RC-Zuschlag

$$\varepsilon_{\text{RC-Splitt}} = 1 - \rho_{\text{Roh}} / \rho_{\text{Rein}} = 0,137 \text{ dm}^3 \text{ Poren} / \text{dm}^3 \text{ Splitt}$$

Porositätszunahme Beton

$$\Delta \varepsilon_{\text{Beton}} = \varepsilon_{\text{RC-Splitt}} \cdot m_{\text{G,RC-Splitt}} / \rho_{\text{Roh, RC-Splitt}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,137 \text{ dm}^3 \text{ Poren} / \text{dm}^3 \text{ Splitt} \cdot 0,5 \cdot 1800 \text{ kg Splitt} / \text{m}^3 \text{ Beton}}{2,20 \text{ kg Splitt} / \text{dm}^3 \text{ Splitt}} \\ &= 56,0 \text{ dm}^3 \text{ Poren} / \text{m}^3 \text{ Beton} \end{aligned}$$

Wiederverwertung von Mauerwerkbruch

Aufgabe 51

Aus Mauerwerkbruch, der in der Dachbegrünung eingesetzt werden soll, kann mineralisches Schüttgut für Dränschüttungen oder Dachgärtnererde hergestellt werden. Beschreiben Sie den Verfahrensablauf, der erforderlich ist, um diese beiden Produkte herzustellen.

Um das mineralische Schüttgut, das als Dränmaterial verwendet werden soll, herzustellen muss der ziegelreiche Mauerwerkbruch folgende Prozessstufen durchlaufen:

Zerkleinerung → Eisenabscheidung durch Magnetabscheider → Klassierung in Fraktionen 0/4 mm, 4/8 mm, 8/16 mm, > 16 mm → Rückführung des Materials > 16 mm.

Das Material 0/4 mm kann in Dränschichten nicht verwendet werden. Die Fraktionen 4/8 mm, 8/16 mm werden durch Windsichtung von leichten Störstoffen befreit und können dann als Dränmaterial eingesetzt werden.

Bei der Herstellung von Dachgärtnererde wird dem aufbereiteten Material Reifkompost aus organischen Bestandteilen, Ton und Faserstoffen zugegeben.

Aufgabe 52

Bei der Dachbegrünung wird zwischen intensiver und extensiver Begrünung unterschieden. Erläutern Sie die Unterschiede!

	Vorlesung D: Recycling von Baustoffen	Kap. 5		
Beispiel Dachbegrünung				
Unterscheidung zwischen Extensivbegrünungen und Intensivbegrünung				
<table border="0"><tr><td style="background-color: #FFD700; padding: 5px;">Extensivbegrünungen<ul style="list-style-type: none">• flächige Vegetationsbestände mit Sukkulente, Kräutern und Gräsern• ein- oder zweischichtig aufgebaut• Wuchshöhen unter ca. 50 cm• zusätzliche, auf das Dach aufgebrachte Lasten ca. 50 – 150 kg/m²</td><td style="background-color: #FFD700; padding: 5px;">Intensivbegrünungen<ul style="list-style-type: none">• Stauden und Gehölze, im Einzelfall auch Bäume• mehrschichtiger Aufbau• Lasten > 150 kg/m²</td></tr></table>			Extensivbegrünungen <ul style="list-style-type: none">• flächige Vegetationsbestände mit Sukkulente, Kräutern und Gräsern• ein- oder zweischichtig aufgebaut• Wuchshöhen unter ca. 50 cm• zusätzliche, auf das Dach aufgebrachte Lasten ca. 50 – 150 kg/m²	Intensivbegrünungen <ul style="list-style-type: none">• Stauden und Gehölze, im Einzelfall auch Bäume• mehrschichtiger Aufbau• Lasten > 150 kg/m²
Extensivbegrünungen <ul style="list-style-type: none">• flächige Vegetationsbestände mit Sukkulente, Kräutern und Gräsern• ein- oder zweischichtig aufgebaut• Wuchshöhen unter ca. 50 cm• zusätzliche, auf das Dach aufgebrachte Lasten ca. 50 – 150 kg/m²	Intensivbegrünungen <ul style="list-style-type: none">• Stauden und Gehölze, im Einzelfall auch Bäume• mehrschichtiger Aufbau• Lasten > 150 kg/m²			
38				

Aufgabe 53

Ziegelreiche RC-Baustoffe können in vegetationstechnischen Anwendungen Verwendung finden. Was versteht man unter vegetationstechnischen Anwendungen? Nennen Sie zwei Beispiele.

Vegetationstechnische Anwendungen sind Anwendungen, bei welchen Baustoff und Konstruktion so beschaffen sein müssen, dass darauf ein Pflanzenwachstum möglich ist. Beispiele sind

- Dach- und Bauwerksbegrünungen
- Baumsubstrate insbesondere im Bereich von Stadtstraßen
- Schotterrassen in ein- oder zweischichtiger Bauweise für gelegentlich benutzte Parkflächen und Notfahrbereiche

Aufgabe 54

Mauerwerkssplitt/Mauerwerkbrechsand ist als rezyklierte Gesteinskörnung Typ 3 in DIN 4226/100 enthalten. Welche Kornrohdichte muss dieses Material mindestens aufweisen?

≥ 2000 kg/m³

Aufgabe 55

Gips im Bauschutt führt zu Einsatzbeschränkungen sowohl aus bau- als auch umwelttechnischer Sicht. Nennen Sie die Ursachen für die Einsatzbeschränkungen. Die Grenzwerte bzw. Zuordnungswerte, die einzuhalten sind, betragen beispielsweise

- 1 Masse%
- Z0 50 mg/l
- Z2 600 mg/l.

Für welche Einsatzgebiete gelten sie?

Aus bautechnischer Sicht ergibt sich die Begrenzung des Gipsgehaltes aus der Tatsache, dass erhöhte Sulfatgehalte zu Treiberscheinungen führen können, wenn der aufbereitete Bauschutt als rezyklierter Zuschlag eingesetzt werden soll. Bei Einsatz als Tragschichtmaterial kann Gips bei Zutritt von Wasser gelöst werden, was einerseits zu Beeinträchtigungen der Raumbeständigkeit führen kann. Andererseits kann der gelöste Gips ins Grundwasser ausgetragen werden, was aus Gründen des Schutzes von Grundwasser und Boden nicht akzeptiert werden kann.

- 1 Masse%: Bautechnischer Grenzwert für SO_3 nach DIN 4226-100, gilt für rezyklierte Zuschläge
- Z0 50 mg/l: Umwelttechnischer Grenzwert für SO_4^{2-} im Eluat nach LAGA, gilt für den ungeschützten, offenen Einbau auf sensiblen Flächen
- Z2 600 mg/l: Umwelttechnischer Grenzwert für SO_4^{2-} im Eluat nach LAGA, gilt für den eingeschränkten offenen Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen

Aufgabe 56

Geben Sie die Hauptbestandteile von Mauerwerkbruch an. Welche davon sind für die niedrige Rohdichte und die hohe Wasseraufnahme des Materials verantwortlich?

Hauptbestandteil von Mauerwerkbruch ist Ziegel mit ca. 50 %. Weitere Bestandteile sind Beton und Gesteinskörnungen sowie Putz, Mörtel, Kalksandstein, Porenbeton, Leichtbeton, haufwerksporiger Beton, poröse Schlacken, Bimsstein. Die niedrige Rohdichte und die hohe Wasseraufnahme werden von vom Ziegel selbst sowie von den porösen Bestandteilen wie Putz, Mörtel, Porenbeton, Leichtbeton, poröse Schlacken, Bimsstein verursacht.

Aufgabe 57

Welche Eigenschaften von Rezyklaten aus Mauerwerkbruch werden durch eine Nassaufbereitung verbessert?

Die Gehalte an leichten Störstoffen und an eluierbaren Bestandteilen wie Sulfat und Chlorid werden gesenkt.

Aufgabe 58

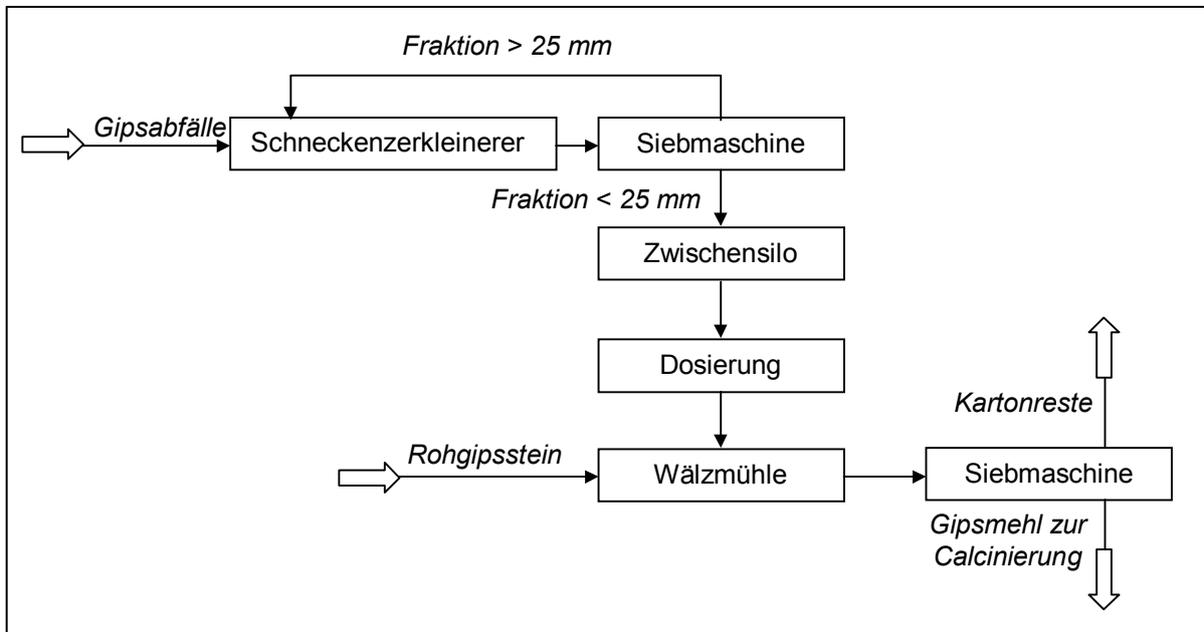
Das Material, welches beim Abbruch von zwei Ziegelschornsteinen entsteht, wird zu einem Rezyklat aufbereitet, welches die bautechnischen Anforderungen an ein Verfüllmaterial erfüllt. Trotzdem ist es nicht erlaubt, dieses Material uneingeschränkt einzusetzen. Geben Sie die Gründe an.

In Schornsteinen lagern sich infolge der Nutzung PAK's und Ruß ab, so dass die umwelttechnischen Zuordnungswerte nicht eingehalten werden können.

Aufgabe 59

Skizzieren Sie den Verfahrensablauf für die Aufbereitung von Gipskartonplatten, wie er gegenwärtig in der Gipsindustrie zum Recyceln produktionsinterner Abfälle eingesetzt wird. Welche Aufgabe kommt dabei der Zerkleinerung in der Wälzmühle zu?

Verfahrensablauf



Die Wälzmühle hat die Aufgabe den Rohgipsstein gemeinsam mit den Gipsabfällen zu zerkleinern. Dadurch wird gleichzeitig eine intensive Vermischung erreicht. Die unterschiedliche Zerkleinerbarkeit von Gips und Karton führt außerdem dazu, dass sich der Karton in der groben Fraktion anreichert und deshalb durch Siebung abgetrennt werden kann.

Aufgabe 60

Vom theoretischen Standpunkt aus ist Baugips ein Material, das einen geschlossenen Kreislauf ermöglicht, weil das erhärtete Produkt in seiner Zusammensetzung genau dem Ausgangsmaterial für die Herstellung von Gipsbindern entspricht. Unter praktischen Gesichtspunkten kann dieser Kreislauf nicht realisiert werden, weil der Baugips im Bauschutt in der Regel mit anderen Baustoffen vermischt vorliegt. Trotzdem muss der Gips daraus abgetrennt werden, weil ein zu hoher Sulfatgehalt die Verwertung des gesamten Bauschutts in Frage stellen kann.

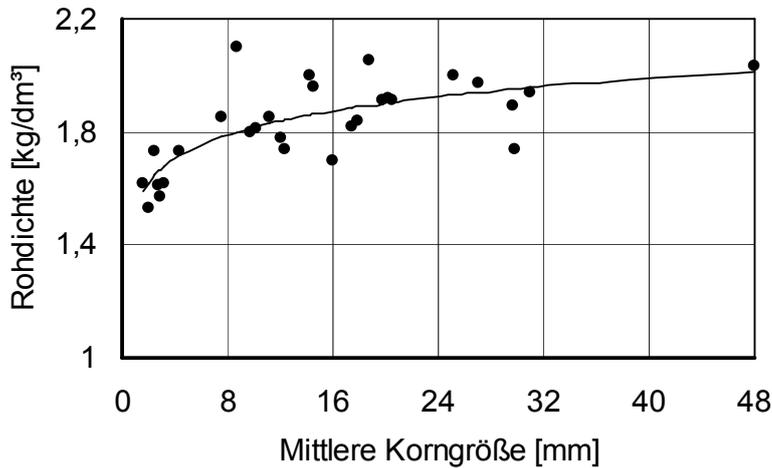
Der Sulfatgehalt (SO_3) der dargestellten Wandkonstruktion ist zu berechnen. Es soll angenommen werden, dass der Gipsputz reines Dihydrat ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$, SO_3 -Gehalt von Dihydrat = 46,5 %) ist. Welche Einschränkungen ergeben sich aus dem Sulfatgehalt?



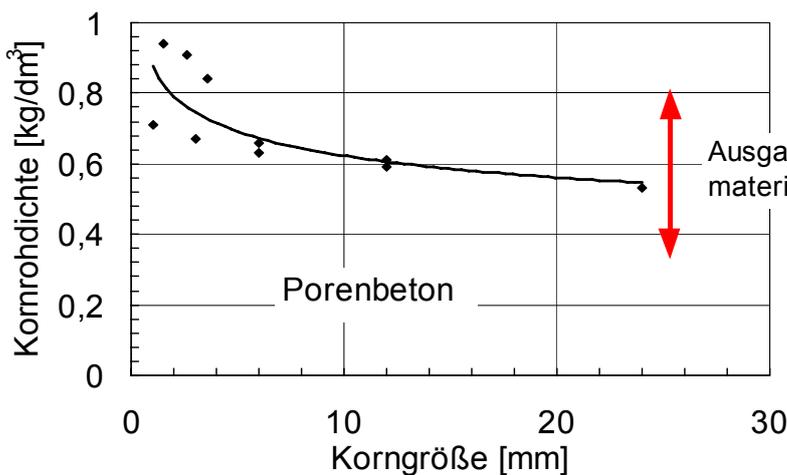
1	1,5 cm Kalk-Zement- Putz	1.0 g/cm ³
2	36,5 cm Betonstein	1.6 g/cm ³
3	1,5 cm Gipsputz	1.8 g/cm ³

Aufgabe 61

Die meisten Recycling-Baustoffe weisen eine ausgeprägte Abhängigkeit zwischen Rohdichte und Korngröße auf. Typisch ist die Zunahme der Rohdichte mit zunehmender Korngröße wie sie für Mauerwerkbruch im oberen Bild dargestellt ist. Darunter ist diese Abhängigkeit für Porenbeton dargestellt. Geben Sie die Gründe für den unterschiedlichen Verlauf der Funktionen an.



Mauerwerkbruch



Porenbetonbruch

Die Unterschiede liegen in der Zusammensetzung und in der Porengröße begründet. Beim Mauerwerkbruch, der ein Gemisch verschiedener Wandbaustoffe sowie Mörtel und Putz ist, reichern sich die weniger festen Bestandteile mit geringerer Rohdichte in den feineren Fraktionen an. Die Porengrößen der Hauptbestandteile von Mauer-

Aufgabe 64

Wieviel der beim Brechprozess entstehenden Sandfraktion < 4 mm kann in der Behälterglasherstellung eingesetzt werden? Was kann aus dem Rest hergestellt werden?

5 % kann eingesetzt werden. Aus dem Rest kann z.B. Blähglasgranulat hergestellt werden.

Wiederverwertung von Altholz

Aufgabe 65

*Nennen Sie je drei Beispiele für die Wiederverwertung **und** die Wiederverwendung von Altholz!*

Wiederverwertung. Altholz als Rohstoff für die Spanplattenherstellung, als Bestandteil von Kompost, als Rohstoff für die Herstellung von Holzkohle

Wiederverwendung: Hauseingangstüren in ihrer ursprünglichen Funktion, Dachbalken als Balken, Kurzhölzer wie Riegel und Kopfbänder oder Verschnittabfälle als Hirnholzpflaster

Aufgabe 66

Altholz kann stofflich oder energetisch verwertet werden oder es muss thermisch behandelt werden, um die Rückstände anschließend beseitigen zu können. Was ist das Kriterium, von welchem abhängt, ob eine Verwertung oder Beseitigung erfolgen muss?

	Vorlesung D: Recycling von Baustoffen	Kap. 6
<p>Verwertungstechnologien hängen vom Schadstoffgehalt des Gebrauchtholzes ab : Unbelastetes oder wenig belastetes Holz kann stofflich oder energetisch verwertet werden. Hoch belastetes Holz muß beseitigt werden.</p>		
1		

Altholz mit halogenorganischen Verbindungen oder mit Holzschutzmitteln behandeltes Holz ist von der Verwertung ausgeschlossen.