

Abbrucharbeiten und Recyclingbeton vor dem Hintergrund der Sulfatproblematik

Dr.-Ing. Karin Weimann

BAM – Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung
Fachgruppe 4.4 Thermochemische Reststoffbehandlung und Wertstoffrückgewinnung

Überblick

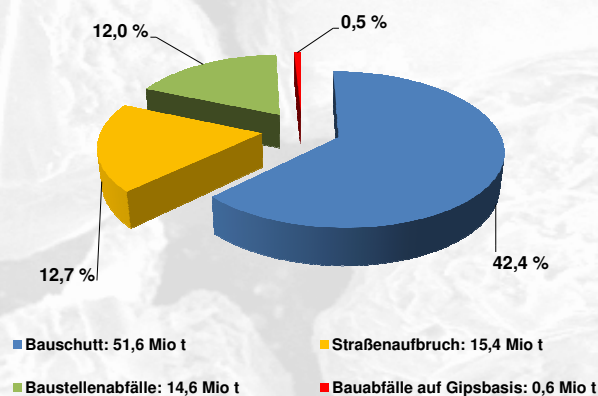
- Hintergrund – Sulfate in Baurestmassen
- Rezyklierte Gesteinskörnungen für Recyclingbeton
- Aktuelle Entwicklungen (rechtliche Rahmenbedingungen)
- Rückbau-/Abbruchmethoden – selektive Abbrüche
- Bauschuttzubereitung
- Zusammenfassung und Ausblick

Hintergrund: Sulfate in Baurestmassen

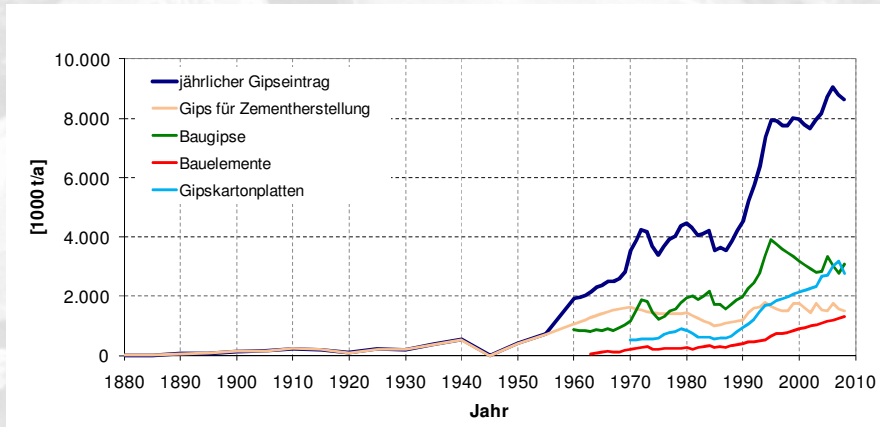
- nachweisbar in Bauschutt: Feststoff und Eluat
- Zement- und Betonherstellung
 - Betonzusatzmittel (Beschleuniger: Erstarren des Betons)
 - Reduktionsmittel (Chromatreduktion)
- **Indikator für Gips**
 - Innenausbau

Mineralische Bauabfälle ohne Bodenaushub 2012

[Quelle: 9. Monitoring-Bericht Bauabfälle, Kreislaufwirtschaft Bau (KWB), 2015]

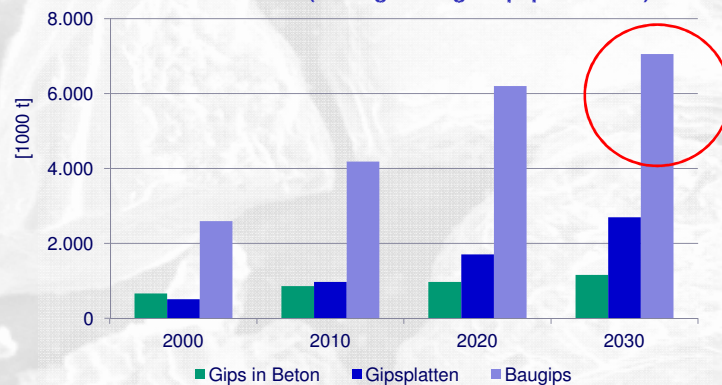


Jährlicher Verbrauch an Gips in Deutschland



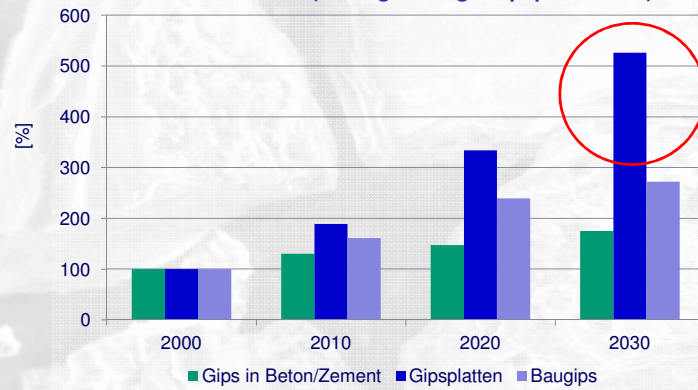
Quelle: bis 1997 Bundesverband Baustoffe und Erden e.V., ab 2003 Statistisches Bundesamt

Prognose für den Gipsaustrag basierend auf der Lebensdauer (Datengrundlage Gipsproduktion)



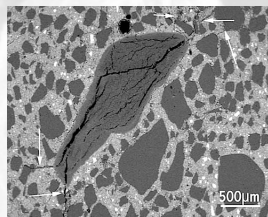
Quellen: Bauhaus-Universität Weimar (2010), M. Arendt, Dissertation (2000)

Prognose für den Gipsaustrag basierend auf der Lebensdauer (Datengrundlage Gipsproduktion)



Quellen: Bauhaus-Universität Weimar (2010), M. Arendt, Dissertation (2000)

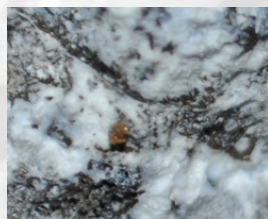
Bautechnische Auswirkungen in Beton



Quelle: //www.nacht.org/visual-inspection-concrete.htm

Bildung von **Ettringit**:

- Sulfatreiben
- Reaktion von Zementklinker mit Sulfaten im pH-Bereich von 9-12
- **Volumenvergrößerung**
- **Gefügestörungen**, Rissbildungen



Quelle: //www.steine-und-minerale.de/bilder.php

Bildung von **Thaumasit**:

- Reaktion von SiO_2 und Carbonaten mit Sulfaten unterhalb von 15°C
- **Volumenvergrößerung**
- **Gefügestörungen**, Auflösung der Zementsteinmatrix

Boden- und Grundwasserschutz

- mögliche Beeinflussung der Bodenbeschaffenheit durch den Eintrag von eluierbaren Sulfaten aus (RC-)Baustoffen
- Eintrag von eluierbaren Sulfaten über das Sickerwasser ins Grundwasser

Qualität von rezyklierten Gesteinskörnungen

- Qualitätskriterien für Gesteinskörnungen DIN EN 12620
 - geometrische Anforderungen: Kornform, Korngrößenverteilung,...
 - physikalische Anforderungen: Rohdichte, Wasseraufnahme,...
 - chemische Anforderungen: Chloride, säurelösliches Sulfat,...
- Besondere Kriterien für rezyklierte Gesteinskörnungen
 - **Sortenreinheit:** Anforderungen an die Zusammensetzung (Gips < 1 M.-%), ...
 - Wasserlösliches **Sulfat**, wasserlösliches Chlorid,...

Mantelverordnung

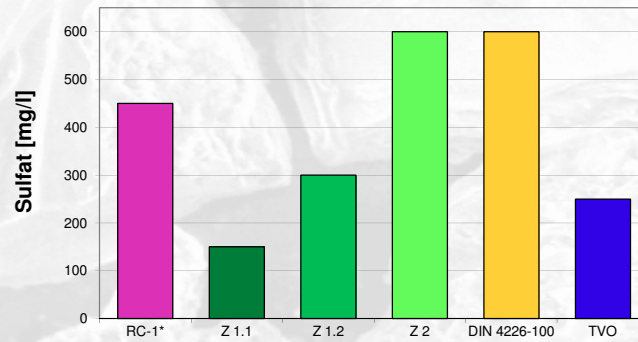
- Grundwasserverordnung
- Deponieverordnung
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
- Ersatzbaustoffverordnung
 - Bodenmaterial (BM)
 - Verschiedene Schlacken (z.B. SWS)
 - Hüttensand (HS)
 - Gleisschotter (HS)
 - Recyclingbaustoffe (RC)
 - ...

Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV)

(aktueller Entwurf Oktober 2012)

- veränderte Anforderungen an den Sulfatgehalt in Eluaten aus Bauschutt (und andere Parameter z.B. V)
- veränderte Anforderungen an die Probenvorbereitung (W/F 2:1 statt wie bisher 10:1)
- Unterschiede zur Deponieverordnung
- Umfangreiche Anforderungen an den Einbau der unterschiedlichen Ersatzbaustoffe
- ...

Grenzwerte für Sulfat in Eluaten aus RC-Baustoffen



RC-1*: nach Ersatzbaustoffverordnung (Entwurf von Oktober 2012): Material verliert Abfalleigenschaft

Abbruchverfahren

- **Mechanische Verfahren:**
 - Abtragen, Fräsen, Schälen, Schleifen
 - Abgreifen, Schneiden, Sägen, Bohren
 - Stemmen, Hämmern
 - Einschlagen, Eindrücken, Einreißen
- Hydrodynamische Verfahren
 - Hochdruckwasserstrahlen
- Thermische Verfahren
- Chemische Verfahren (Sprengen)



Abbruchverfahren – selektiver Rückbau

Im Rahmen eines selektiven Abbruchs können alle Techniken eingesetzt werden. Ziel ist die Rückgewinnung von sortenreinen und schadstoffarmen Baustoffen.

Wichtig sind **Reihenfolge** und **Vorgehensweise**.

Entscheidend für das Vorgehen und die damit verbundenen Qualitäten und Verwertungsmöglichkeiten der gewonnenen RC-Baustoffe sind:

- Vorerkundung
- Planung und Ausschreibung
- Vorarbeiten

Rückzubauende Sulfatquellen (Innenausbau)

- Gipsputze und sonstige Gipse (z.B. Spachtelgipse)
- gipshaltige Estriche
 - Fließestrich
 - Trockenestrich
- raumauskleidende Elemente
 - Gipsplatten
 - Gipsfaserplatten
 - Gips-Wandbauplatten

Rückbau / Ausbau per Hand

- **Gipsfaserplatten**
enthalten RC-Papierfasern, eingesetzt für die Beplankung und Verkleidung von Decken und Wänden sowie als Wärmedämmplatten oder als **Trockenestrich**
- **Gipsplatten**
kartonummantelt, verwendet als Wand- und Deckenplatten
- **(Gips-Wandbauplatten)**
massive Ausführung können zur Errichtung von Innenwänden verwendet werden

Abbruch mit handgeführten Werkzeugen Abtragen – Fräsen / Stemmen

- Fließestrich
- Gipsputze (Spachtelgipse)
- (Gips-Wandbauplatten)

 **Beton in Kombination mit anderen Baustoffen**

Beton in Kombination mit anderen Baustoffen

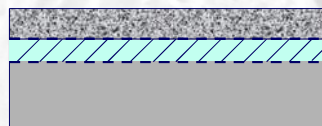
Estriche auf Calciumsulfatbasis:

- schwimmender Estrich
(Verlegung von Estrich auf Dämmschicht)
- Verbundestrich
Trennung nur schwer möglich

Beton in Kombination mit anderen Baustoffen

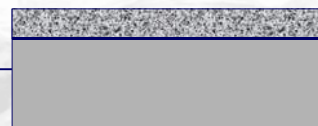
Estriche auf Calciumsulfatbasis:

Estrich auf Dämmschicht



- Im selektiven Rückbau grundsätzlich trennbar

Verbundestrich



- Im selektiven Rückbau nur schwer trennbar
- gemeinsame Zerkleinerung
- Dichttrennung kaum möglich

$\text{SO}_3 \gg 1 \text{ M.-%}$
Eluat = ?? mg/l

Nach C. Müller (ibac):
<http://www.b-i-m.de/projekte/projframe.htm>

Beton in Kombination mit anderen Baustoffen



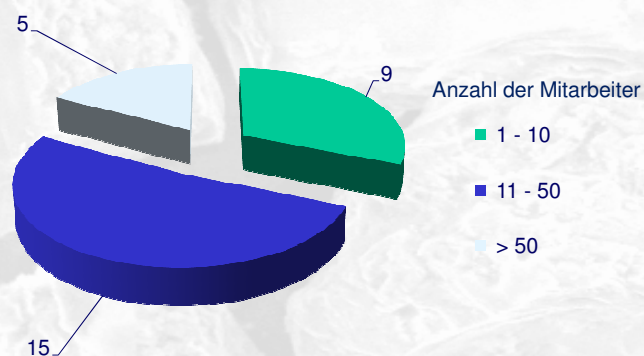
Quelle: Knauf „Auftrag von Maschinenputzgips“

Gipswand- und Gipsdeckenputze

- gute Haftung am Untergrund und hygroskopisch
- problematisch beim Abtrag
- im selektiven Rückbau nur schwer trennbar
- erschwerte Arbeitsbedingungen
- intensive Zerkleinerung bei der Bauschutt-aufbereitung kann erfolgreich sein

Relevanz von Abbruch- / Rückbauverfahren

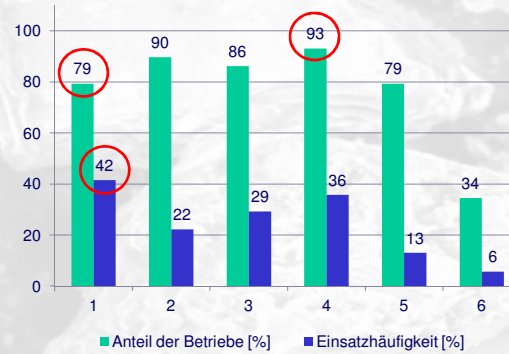
Ergebnisse einer Unternehmensbefragung* (2010)



*in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Abbruchverband, Köln

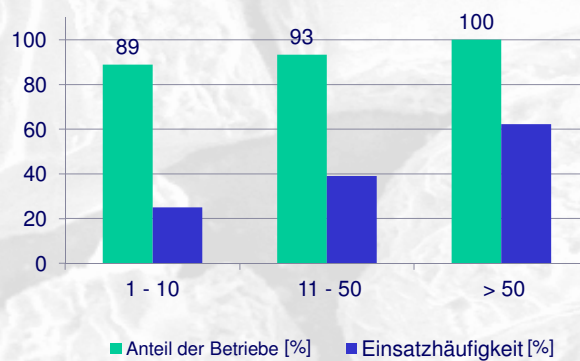
Relevanz von Abbruch- / Rückbauverfahren

1. Schneiden mit Zangen, Scheren oder Abgreifen
2. Nutzung von Abbruchhämmern
3. Einschlagen, Eindrücken, Einreißen
4. Handabbruch und Kleingeräte
5. Sägen, Fräsen
6. Sprengen



Relevanz von Abbruch- / Rückbauverfahren

Separater Rückbau gipshaltiger Bereiche (nach Betriebsgröße)



Bauschuttbereitung - Verfahrensführung

In Abhängigkeit von den jeweiligen Rahmenbedingungen

Zerkleinerung / Aufschluss:

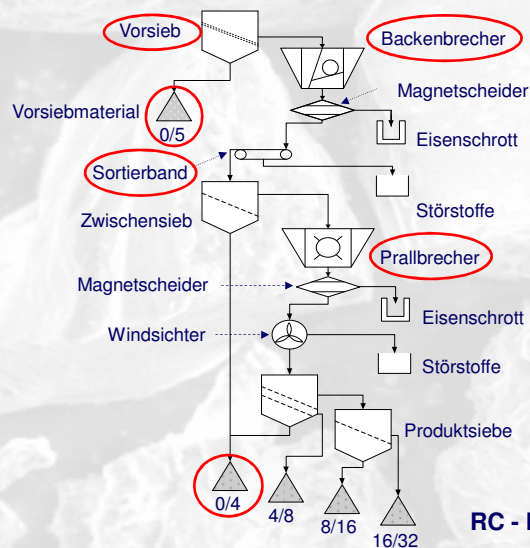
- Brecher – mobil oder stationär

Klassierung:

- Siebanlagen – mobil oder stationär

Sortierung:

- trockene Aufbereitung (z.B. Klauben, Windsichtung, Magnetabscheidung)
- Nassaufbereitung (z.B. Setztechnik, Schwertwäscher)
- *optional, überwiegend in stationären Anlagen*



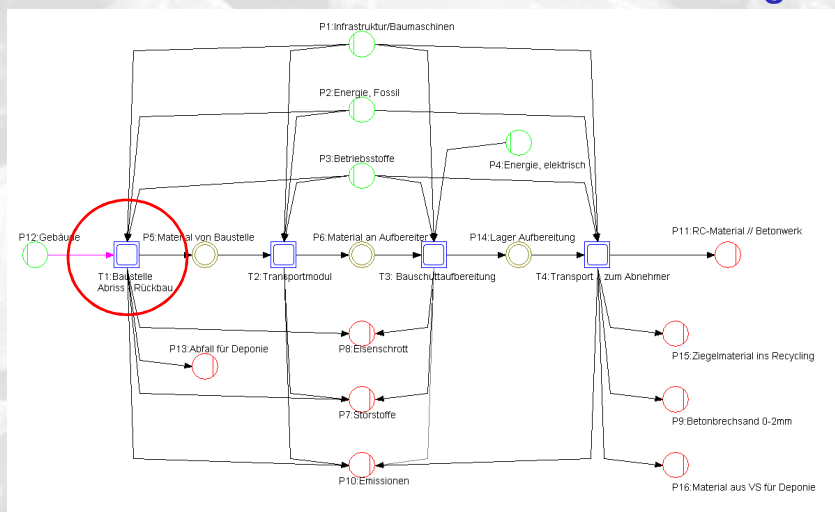
Stationäre Bauschutt- Aufbereitung

RC - Körnungen

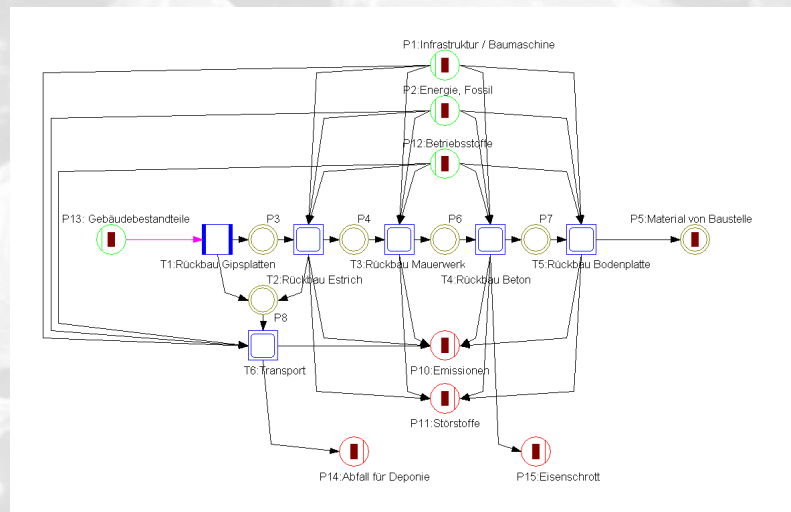
Ökobilanzielle Betrachtungen

- Festlegung des Untersuchungsrahmens für die ökobilanzielle Bewertung
- Entwurf eines modularen Modells für die Herstellung von RC-Körnungen aus Altbeton
- Untersuchung unterschiedlicher Szenarien
- Ökobilanzieller Vergleich von optimiert gewonnenen RC-Baustoffen mit Referenzmaterial

Grundmodell der ökobilanziellen Betrachtung



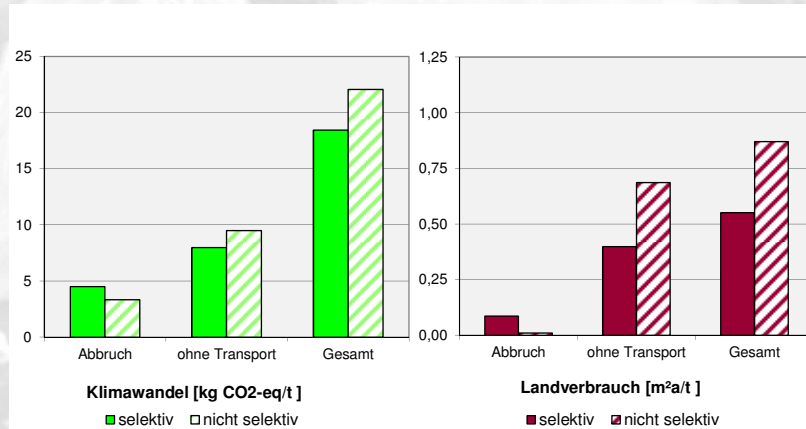
Subnetz: Baustelle Abriss / Rückbau



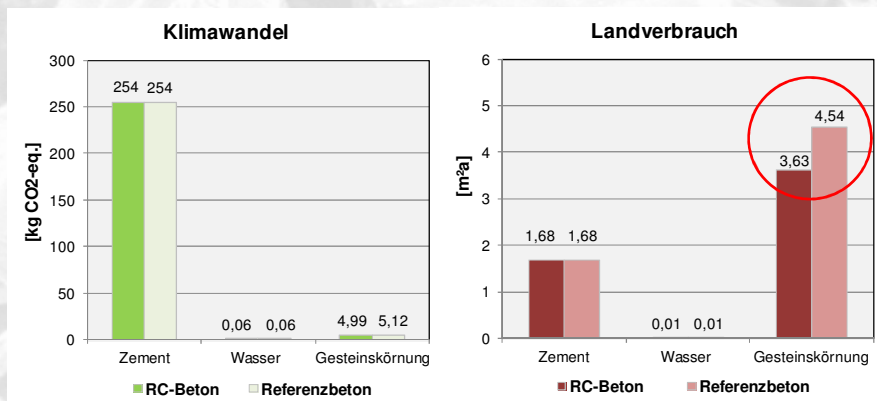
Ökobilanzielle Bewertung

- Energieverbrauch und CO₂-Emissionen dominieren die ökobilanziellen Auswirkungen aller Szenarien
- Landverbrauch ist die Wirkungskategorie, in der die größten Unterschiede zwischen den Szenarien festgestellt wurden
- Selektive Abbrüche sind mit höherem Aufwand verbunden
- Großer Einfluss des Transportaufwands
- Einzelfallbetrachtung sinnvoll

Entstehung der Umweltwirkungen (Szenario Abbruch/Rückbau eines Plattenbaus)



Vergleich RC- Beton / Referenzbeton (1 m³ Beton mit anteilig 20% RC-Gesteinskörnung)



Zusammenfassung:

- Sulfate in Bauschutt:
 - entstammen größtenteils gipshaltigen Materialien des Innenausbaus
 - können in Beton zu Gefügeveränderungen führen
- Abbruch/Rückbau gipshaltiger Bauteile
 - selektiv mit mechanischen Methoden (händisch, maschinell) möglich, jedoch nicht in allen Fällen ausreichend
 - Planung und Einsatz der Rückbaumethoden unter Berücksichtigung einer anschließenden Bauschuttzubereitung
 - ökobilanziell können selektive Vorgehensweisen vorteilhaft sein

Ausblick:

- Ansatz schon bei der Ausschreibung:
 - Ausschreibung der Erfassung sulfathaltiger Bauteile
 - Ausschreibung des gezielten Rückbaus von Gipsplatten und gipshaltigen Estrichen unter Berücksichtigung der Randparameter
 - (späteren Rückbau schon bei Planung und Bau berücksichtigen)
- Sorgfältige Kosten-Nutzen Abwägung:
 - ökologische Folgen:
Sulfate in RC-Gesteinskörnung versus Energieverbrauch etc.
 - ökonomische Folgen:
zusätzliche Maßnahmen können zu Zusatzkosten führen
 - soziale Folgen:
körperliche Belastungen für Mitarbeiter möglichst gering halten etc.



Quelle: W. Werner (2009)

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

karin.weimann@bam.de