

# Entwicklung eines Trennverfahrens für gipskontaminierten Betonbruch

Dipl.-Ing. Thomas Schnellert

Dipl.-Ing. Kati Kehr

Prof. Dr.-Ing. habil. Anette Müller

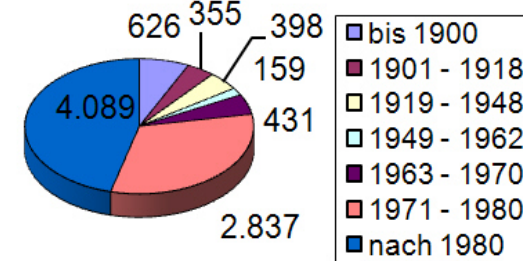
Fachtagung Recycling R'10

Weimar, 22. / 23.09.2010

## ○ Ausgangssituation: Abbruch von Wohngebäuden in Fertigteilbauweise

- Abriss von Gebäuden der letzten Generation  
z. B. Plattenbautyps P 2
- Stoffliche Zusammensetzung des Abbruchmaterials
  - rechnerisch:  
Gehalt an gipshaltigen Baustoffen:
    - 3,1 M-% aus Anhydritestrich
    - 6,6 M-% aus Anhydritestrich + gipshaltige Sanitärzelle
  - [Mettke, A.; u.a.: Schlussbericht zum Forschungsvorhaben „Rückbau industrieller Bausubstanz“ TU Cottbus 2008]
  - experimentell:

Abgang von Wohnungen in 2005 in Thüringen nach Baualter



	Mittelwert	Standardabweichung	Variationskoeffizient	Min	Max
	[Masse-%]		[%]	[Masse-%]	
Beton und Gesteinskörnung	<b>93,75</b>	1,70	1,81	90,49	95,39
Ziegel, Klinker, Steinzeug	<b>2,85</b>	1,59	55,73	1,20	6,18
Gipsbaustoffe	<b>2,73</b>	1,11	40,52	<b>1,80</b>	<b>5,35</b>
Andere Bestandteile	<b>0,65</b>	0,21	31,63	0,36	0,96

○ Ausgangssituation: Abbruch von Wohngebäuden in Fertigteilbauweise

- Abriss von Gebäuden der letzten Generation  
z. B. Plattenbautyps P 2
- Stoffliche Zusammensetzung des Abbruchmaterials
  - rechnerisch:  
Gehalt an gipshaltigen Baustoffen:
    - 3,1 M-% aus Anhydritestrich
    - 6,6 M-% aus Anhydritestrich + gipshaltige Sanitärzelle



[Mettke, A.; u.a.: Schlussbericht zum Forschungsvorhaben „Rückbau industrieller Bausubstanz“ TU Cottbus 2008]

- experimentell:

	Mittelwert	Standardabweichung	Variationskoeffizient	Min	Max
	[Masse-%]		[%]	[Masse-%]	
Beton und Gesteinskörnung	<b>93,75</b>	1,70	1,81	90,49	95,39
Ziegel, Klinker, Steinzeug	<b>2,85</b>	1,59	55,73	1,20	6,18
Gipsbaustoffe	<b>2,73</b>	1,11	40,52	<b>1,80</b>	<b>5,35</b>
Andere Bestandteile	<b>0,65</b>	0,21	31,63	0,36	0,96

○ Ausgangssituation: Abbruch von Wohngebäuden in Fertigteilbauweise

- Abriss von Gebäuden der letzten Generation  
z. B. Plattenbautyps P 2
- Stoffliche Zusammensetzung des Abbruchmaterials
  - rechnerisch:  
Gehalt an gipshaltigen Baustoffen:
    - 3,1 M-% aus Anhydritestrich
    - 6,6 M-% aus Anhydritestrich + gipshaltige Sanitärzelle



[Mettke, A.; u.a.: Schlussbericht zum Forschungsvorhaben „Rückbau industrieller Bausubstanz“ TU Cottbus 2008]

- experimentell:

	Mittelwert	Standardabweichung	Variationskoeffizient	Min	Max
	[Masse-%]		[%]	[Masse-%]	
Beton und Gesteinskörnung	<b>93,75</b>	1,70	1,81	90,49	95,39
Ziegel, Klinker, Steinzeug	<b>2,85</b>	1,59	55,73	1,20	6,18
Gipsbaustoffe	<b>2,73</b>	1,11	40,52	<b>1,80</b>	<b>5,35</b>
Andere Bestandteile	<b>0,65</b>	0,21	31,63	0,36	0,96

## ○ Auswirkungen von Gipsbestandteilen im Betonbruch

- Treiberscheinungen durch Volumenzunahme bzw. Entfestigung:
  - Ettringitbildung -  $3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{ CaSO}_4 \cdot 32 \text{ H}_2\text{O}$
  - Thaumasitbildung -  $\text{CaSiO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 16 \text{ H}_2\text{O}$
- Elution sulfathaltiger Komponenten

## ○ Anforderungen an RC- Material hinsichtlich des Gipsgehaltes

	stoffliche Anforderung	Sulfat
DIN 4226-100 (Typ 1: Betonsplitt/Betonbrechsand)	Gruppe „Stückgips + Fremdbestandteile“ < 0,2 M-%	< 0,8 M-% (säurelöslich)
TL Gestein-StB	Gruppe „Mineralische Leicht- und Dämmstoffe“ < 1,0 M-%	
LAGA	keine Anforderung	600 mg/l ( $\text{SO}_4^{2-}$ im Eluat)

- Folge:

- Nach aktuellen Vorschriften zur Verwertung (DIN 4226-100, TL-Gestein StB, LAGA) ist die Verwendung des Plattenbaumaterial in gebundenen oder ungebundenen Anwendungen ohne eine Abtrennung der Gipsbestandteile nicht zulässig

- Zielstellung:

- Entwicklung und Erprobung eines Trennverfahrens für Beton-Gips-Gemische basierend auf einer Modifikation der Nasssetztechnik



Warum nicht mit herkömmlicher  
Setztechnik?



- Herausforderung an die Setztechnik
  - Dichteunterschiede der Ausgangsmaterialien

Dichtequotienten zur Beurteilung der Sortierbarkeit von Gips-Beton-Gemischen in Setzmaschinen					
	Rohdichte	Rohdichte	Sortierquotient für die Trennung zwischen		
Selektierte Partikelart	OD	SSD <sup>1</sup>		OD	SSD
	[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]			
Gips aus Badzellenmaterial	1,55	<b>1,88</b>	Betonbruch A – Gips Badzelle	2,60	<b>1,70</b>
Gips aus Fußbodenestrich	1,90	<b>2,08</b>	Betonbruch A – Gips Fußbodenestrich	1,59	<b>1,39</b>
Betonbruch A	2,43	<b>2,50</b>	Betonbruch Plattenbau – Gips Badzelle	2,25	<b>1,57</b>
Betonbruch aus Plattenbaubeton	2,24	<b>2,38</b>	Betonbruch Plattenbau – Gips Fußbodenestrich	1,38	<b>1,28</b>

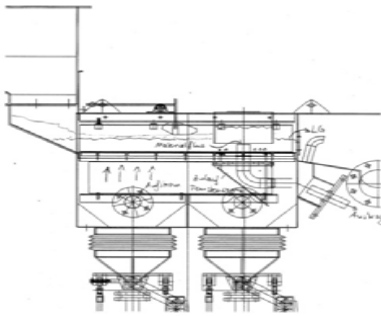
<sup>1</sup>: berechnet unter Annahme vollständiger Wassersättigung aller im Korn vorhandenen Poren

$$q = \frac{\rho_H - \rho_{FI}}{\rho_L - \rho_{FI}}$$

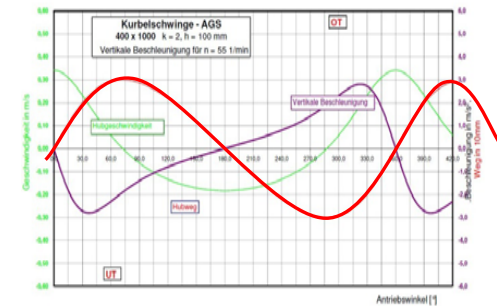
$q < 1,5$  durch Setzen keine Trennung möglich

- $\rho_H$  : Dichte schwere Komponente
- $\rho_L$  : Dichte leichte Komponente
- $\rho_{FI}$  : Dichte Fluid

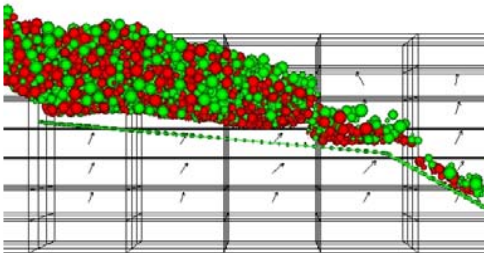
- Entwicklung, Bau und Erprobung einer modifizierten Nasssetzmaschine
  - Entwicklung der Trenntechnik (Funktionsmuster „Triple A“)



- Maschinentechnische Auslegung



- Prozesssimulation mit der Software Particle Flow Code (PFC)

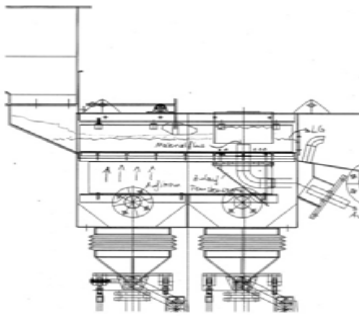


- Technische Umsetzung (Gipsabtrennung)

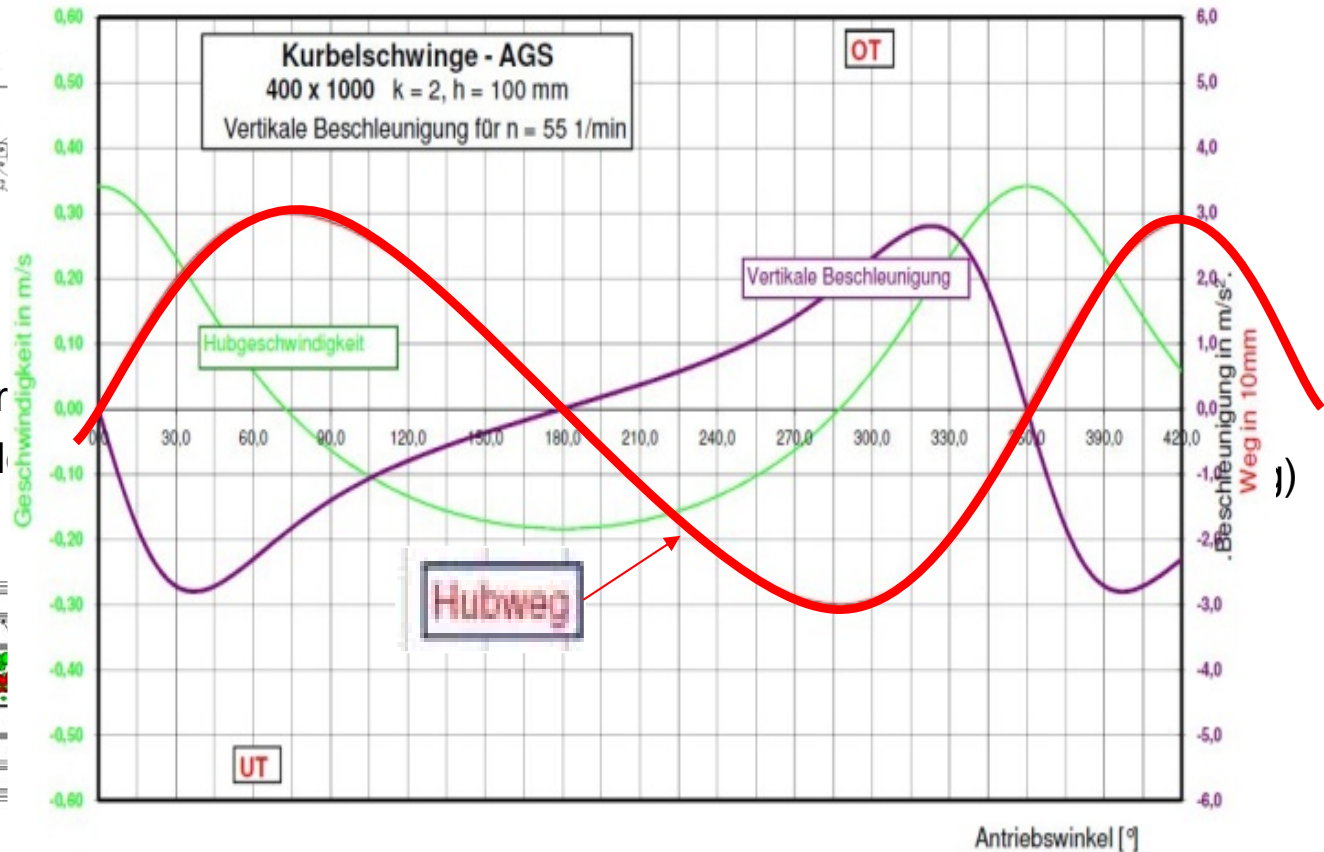
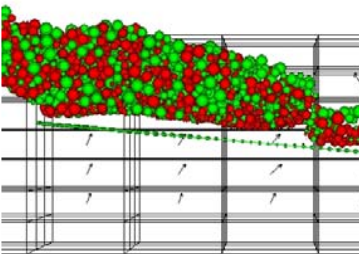




- Entwicklung, Bau und Erprobung einer modifizierten Nasssetzmaschine
  - Entwicklung der Trenntechnik (Funktionsmuster „Triple A“)



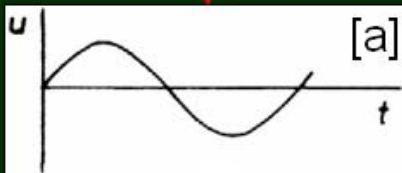
- Prozesssimulation mit Software Particle Flow



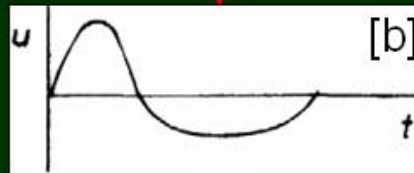
## Versuche zur Optimierung der Setzmaschinenteknik

### ➤ Einfluss des Setzhubdiagramms

harmonische Schwingung



asymmetrische Schwingung



### ➤ Untersuchung weiterer Einflussfaktoren wie:

- Hub
- Dichteunterschiede
- Frequenz
- Setzdauer

- Versuchsstand auf der Deponie in Erfurt





- Versuchsstand auf der Deponie in Erfurt



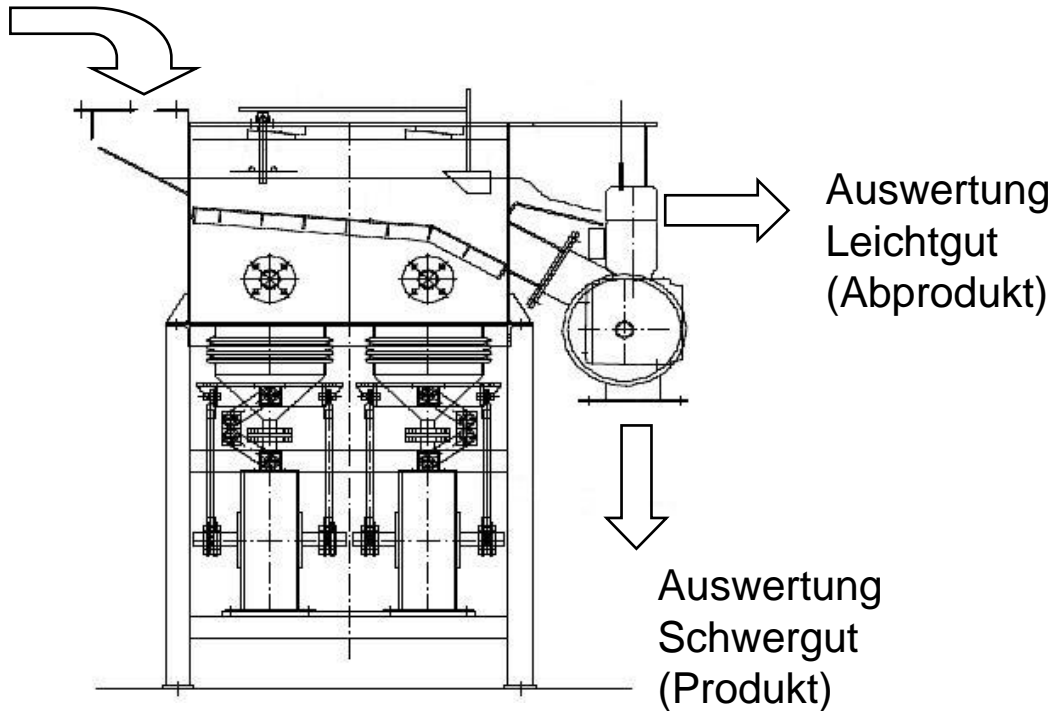
- Versuchsüberblick (gesamt)

Versuch	Parameter
<b>Maschineneinstellung</b>	
V 1	Gemisch [Masse-%] Betonsorte A + Ziegel + Gipsbaustoff aus Badzelle 60 + 20 + 20
V 2	
V 3	
V 4	
V 5	
<b>Korngrößeneinfluss</b>	
V 6	Gemisch [Masse-%] Betonsorte A + Ziegel + Gipsbaustoff aus Badzelle 60 + 20 + 20
<b>Mehrfachdurchlauf</b>	
V 7	Gemisch [Masse-%] Betonsorte A + Ziegel + Gipsbaustoff aus Badzelle 60 + 20 + 20

Versuch	Parameter
<b>Betongemisch mit variablen Gipsgehalten</b>	
V 8	Betonsorte A + Gipsbaustoff aus Badzelle
V 9	Betonsorte A + Gipsbaustoff aus Fußbodenestrich A
<b>Betonqualitäten</b>	
V 10	Bahnschwellenbeton (Betonsorte A) mit Magerbeton (Betonsorte B) gemischt
<b>Praxisgemische</b>	
V 11	Plattenbaumaterial 4/45 mm
V 12	Mauerwerkabbruch
V 13	Gipsbaustoff aus Fußbodenestrich B Setzbethöhe 95 mm.
V 14	Plattenbaumaterial 0/63 mm
V 15	Gipsbaustoff aus Fußbodenestrich B Setzbethöhe 76 mm

## ○ Analysenmethoden

Aufgabematerial



- Massenbilanzen
- Siebanalyse
- Sortieranalyse
- Rohdichteanalyse

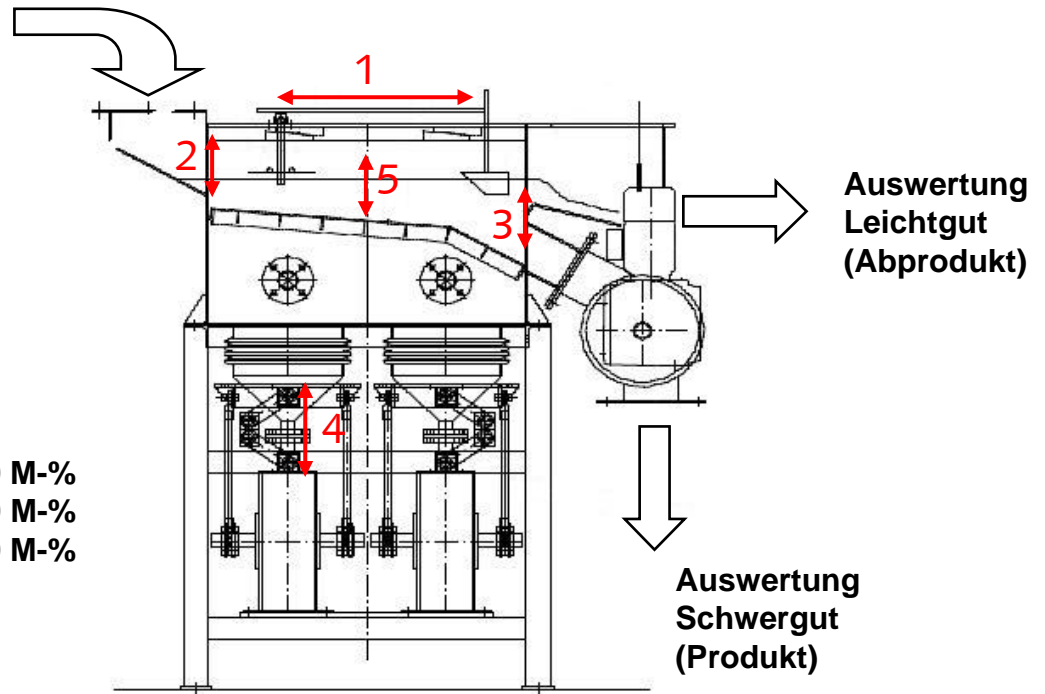
- Ergebnisse der Beton – Gips – Trennung
  - Einfluss der Maschineneinstellung



**Modellmischung**

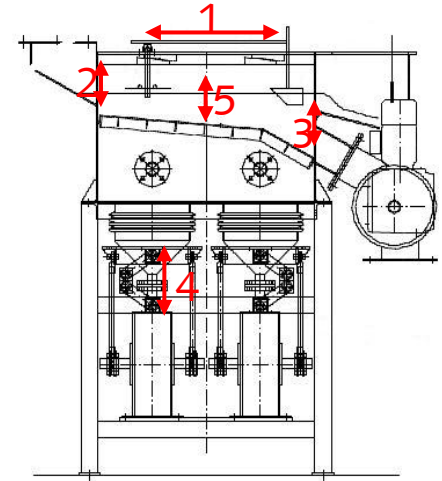
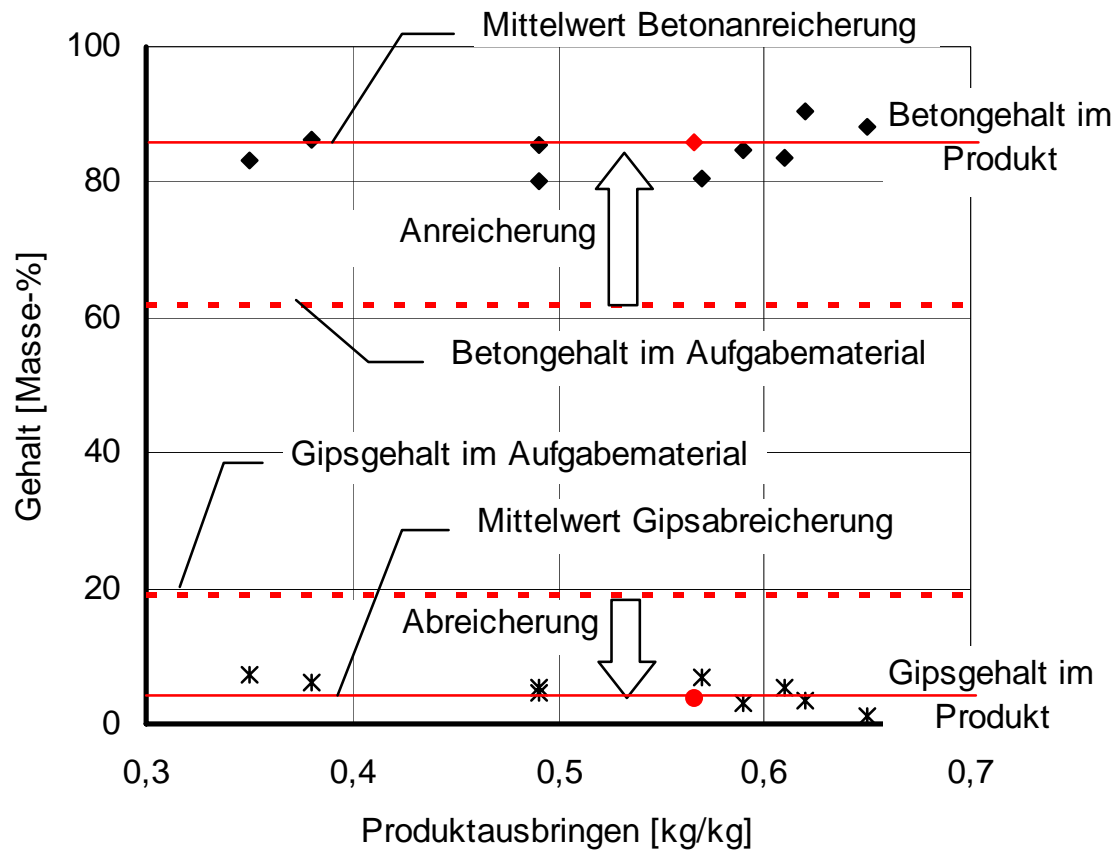
**Betonsorte A  
+ Ziegel  
+ Gipsbaustoff aus Badzelle**

60 M-%  
20 M-%  
20 M-%



## Ergebnisse der Beton – Gips – Trennung

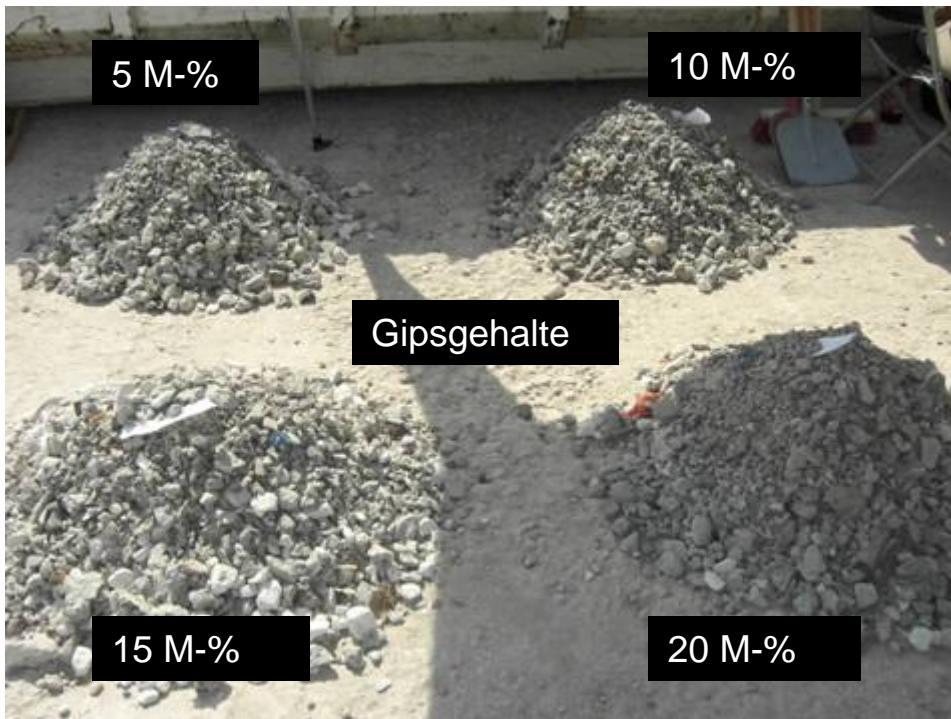
- Einfluss der Maschineneinstellung



**Veränderungen der Beton- und Gipsgehalte durch den Setzprozess in Abhängigkeit vom Produktausbringen bei verschiedenen Maschineneinstellungen**



- Ergebnisse der Beton – Gips – Trennung
  - Einfluss der Gipsgehalte und Gipsart



#### Modellmischung I – IV

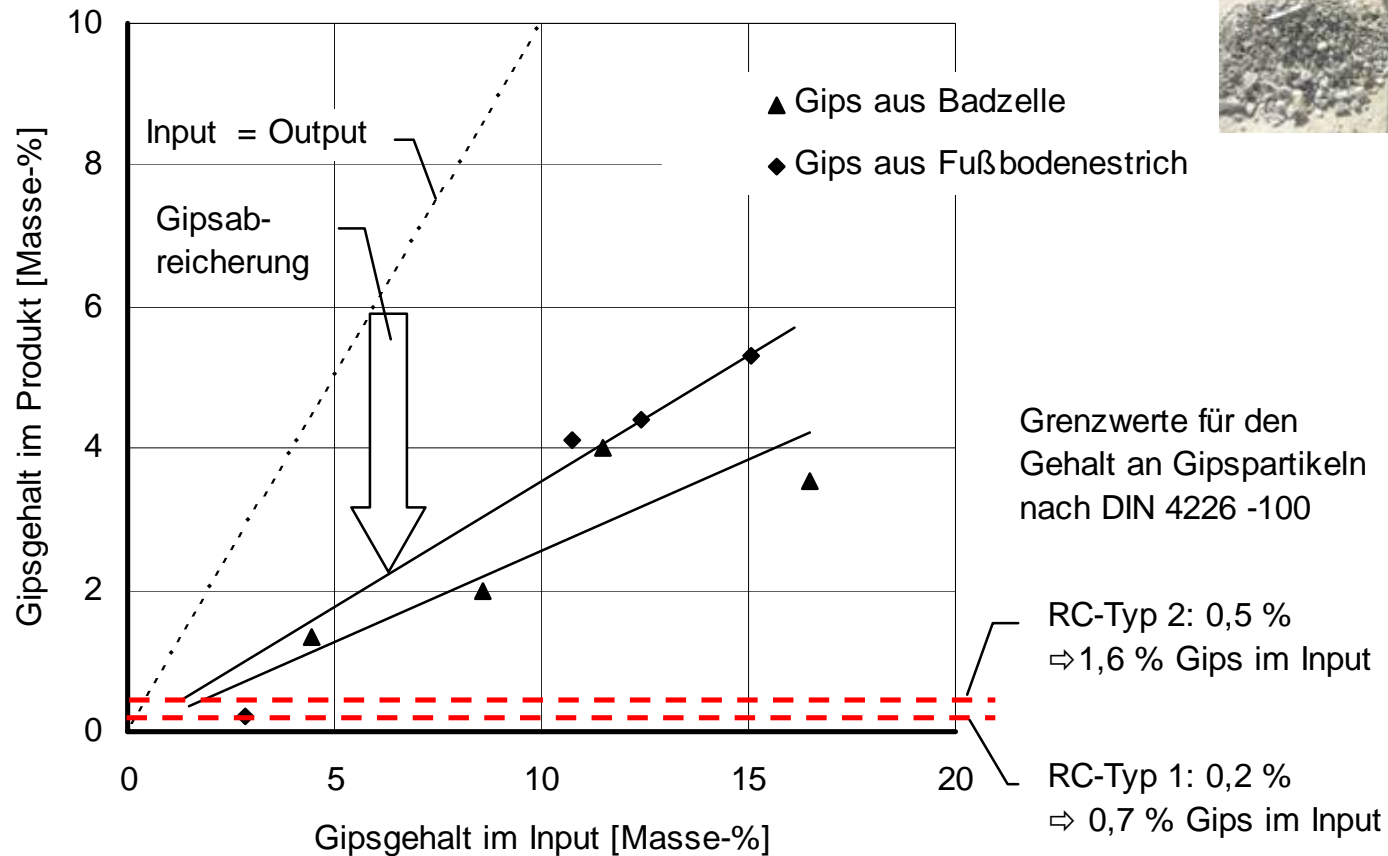
**Betonsorte A**                    95 - 80 M-%  
 + Gipsbaustoff aus Badzelle        5 - 20 M-%

#### Modellmischung V – VIII

**Betonsorte A**                    95 - 80 M-%  
 + Gipsbaustoff aus Estrich        5 - 20 M-%

## Ergebnisse der Beton – Gips – Trennung

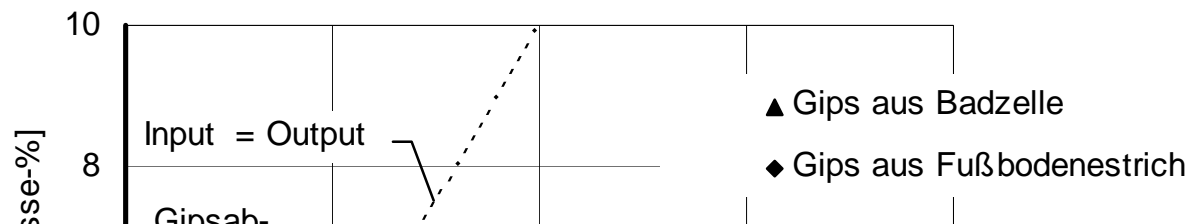
- Einfluss der Gipsgehalte und Gipsart



Veränderungen der Gipsgehalte im Produkt in Abhängigkeit vom Gipsgehalt im Aufgabematerial

Ergebnisse der Beton – Gips – Trennung

- Einfluss der Gipsgehalte und Gipsart



**Dichtequotienten zur Beurteilung der Sortierbarkeit von Gips-Beton-Gemischen in Setzmaschinen**

Selektierte Partikelart	Rohdichte	Rohdichte	Sortierquotient für die Trennung zwischen	
	OD [g/cm <sup>3</sup> ]	SSD <sup>1</sup> [g/cm <sup>3</sup> ]	OD	SSD
Gips aus Badzellenmaterial	1,55	<b>1,88</b>	Beton A - Gips Badzelle	2,80 / 1,70
Gips aus Estrich	1,90	<b>2,08</b>	Beton A - Gips Estrich	1,59 / 1,39
Beton aus Beton A	2,43	<b>2,50</b>	Beton Plattenbau - Gips Badzelle	2,25 / 1,57
Beton aus Plattenbaubeton	2,24	<b>2,38</b>	Beton Plattenbau - Gips Estrich	1,38 / 1,28

<sup>1</sup>: berechnet unter Annahme vollständiger Wassersättigung aller im Korn vorhandenen Poren

Veränderungen der Gipsgehalte im Produkt in Abhängigkeit vom Gipsgehalt im Aufgabematerial

- Ergebnisse der Beton – Gips – Trennung
  - Trennbarkeit von Praxisgemischen



**Praxisgemisch**

**4/45 mm**

**Beton und Gesteinskörnung**

**93,8 M-%**

**Ziegel, Klinker, Steinzeug**

**2,8 M-%**

**Gipsbaustoffe**

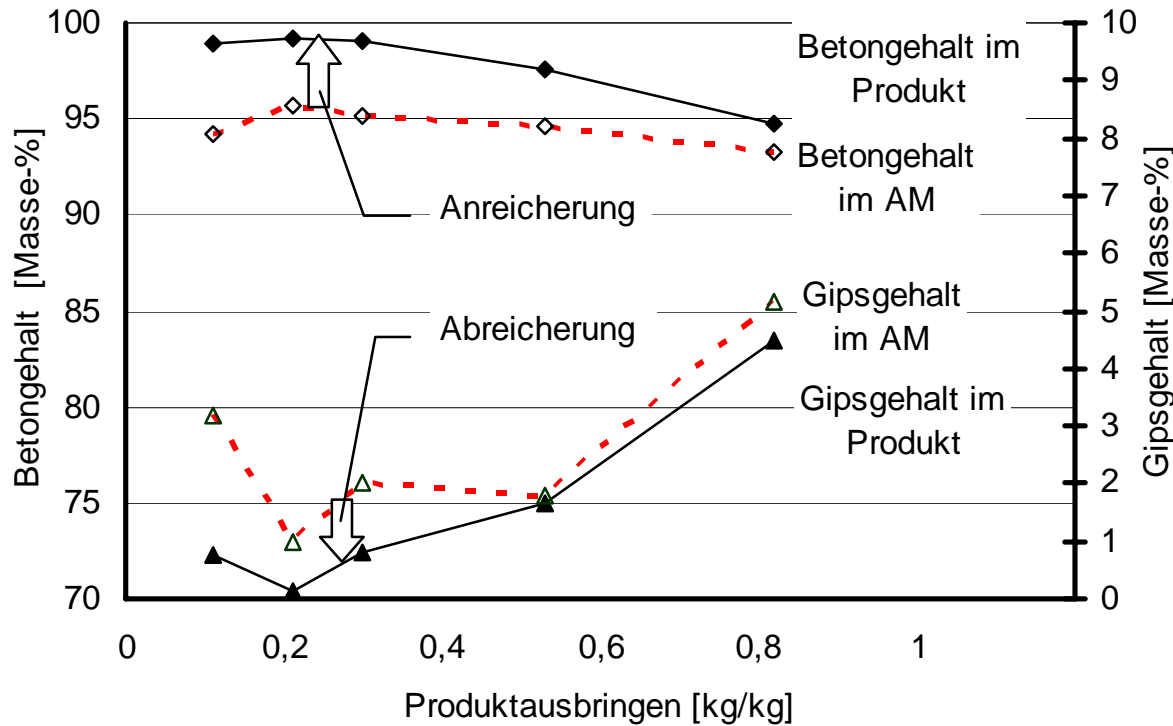
**2,7 M-%**

**Andere Bestandteile**

**0,7 M-%**

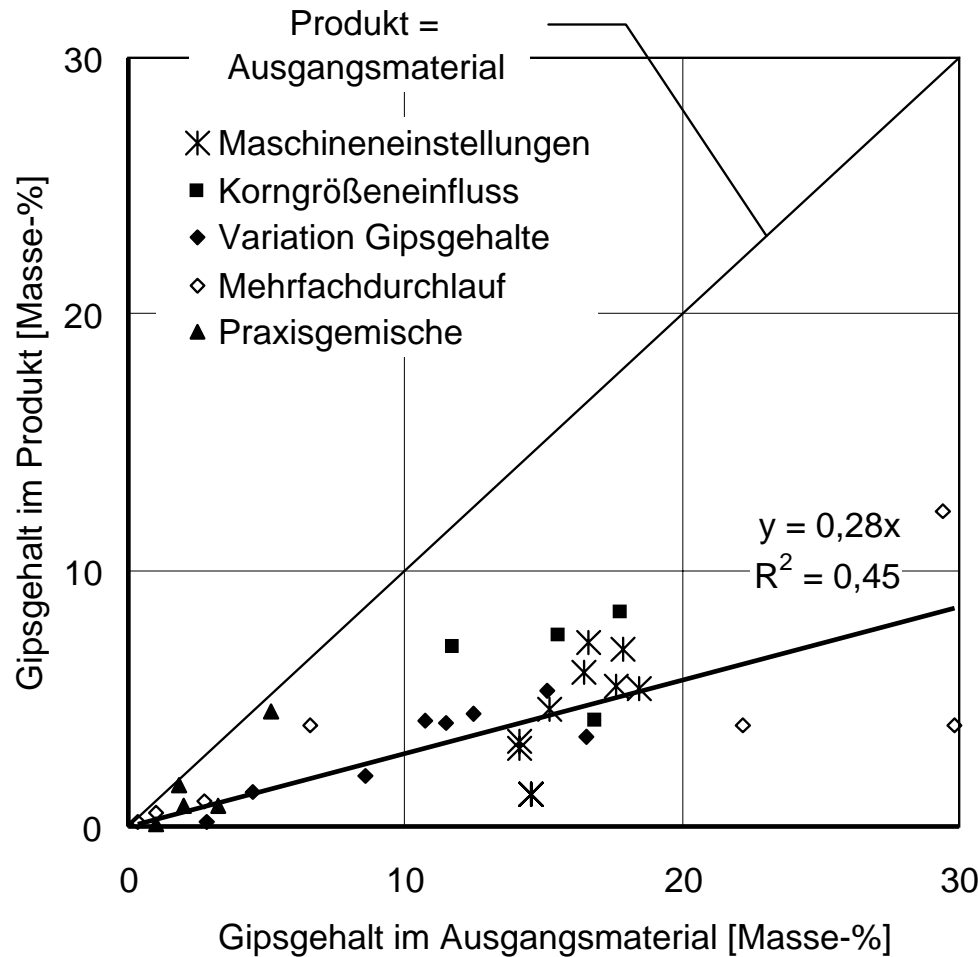
## Ergebnisse der Beton – Gips – Trennung

- Trennbarkeit von Praxisgemischen



**Veränderungen der Beton- und Gipsgehalte durch den Setzprozess in Abhängigkeit vom Produktausbringen bei den Praxisgemischen**

Ergebnisse der Beton – Gips – Trennung



Zusammenfassende Gegenüberstellung der Gipsgehalte der Produkte mit den Gipsgehalten der Ausgangsmaterialien

- Ergebnisse der Beton – Gips – Trennung
  - Trennbarkeit von Praxisgemischen

Veränderungen der Zusammensetzung von Plattenbaumaterial durch die Setzsartierung und erreichbares Produktausbringen			
	Mittel	Min	Max
	Gips [Masse-%]		
Gehalt im Ausgangsmaterial	<b>2,7</b>	1,8	5,4
Gehalt nach einmaligen Durchlauf	<b>0,8</b>	0,5	1,5
Gehalt nach zweimaligen Durchlauf	<b>0,2</b>	0,1	0,4
	Beton [Masse-%]		
Gehalt im Ausgangsmaterial	<b>93,8</b>	90,5	95,4
Gehalt nach einmaligem Durchlauf	<b>99,0</b>	97,4	99,8
Gehalt nach zweimaligem Durchlauf	<b>100</b>	100	100
	Ausbringen [-]		
nach einmaligem Durchlauf	<b>0,78</b>	0,79	0,75
nach zweimaligem Durchlauf	<b>0,62</b>	0,63	0,59

## ○ Zusammenfassung

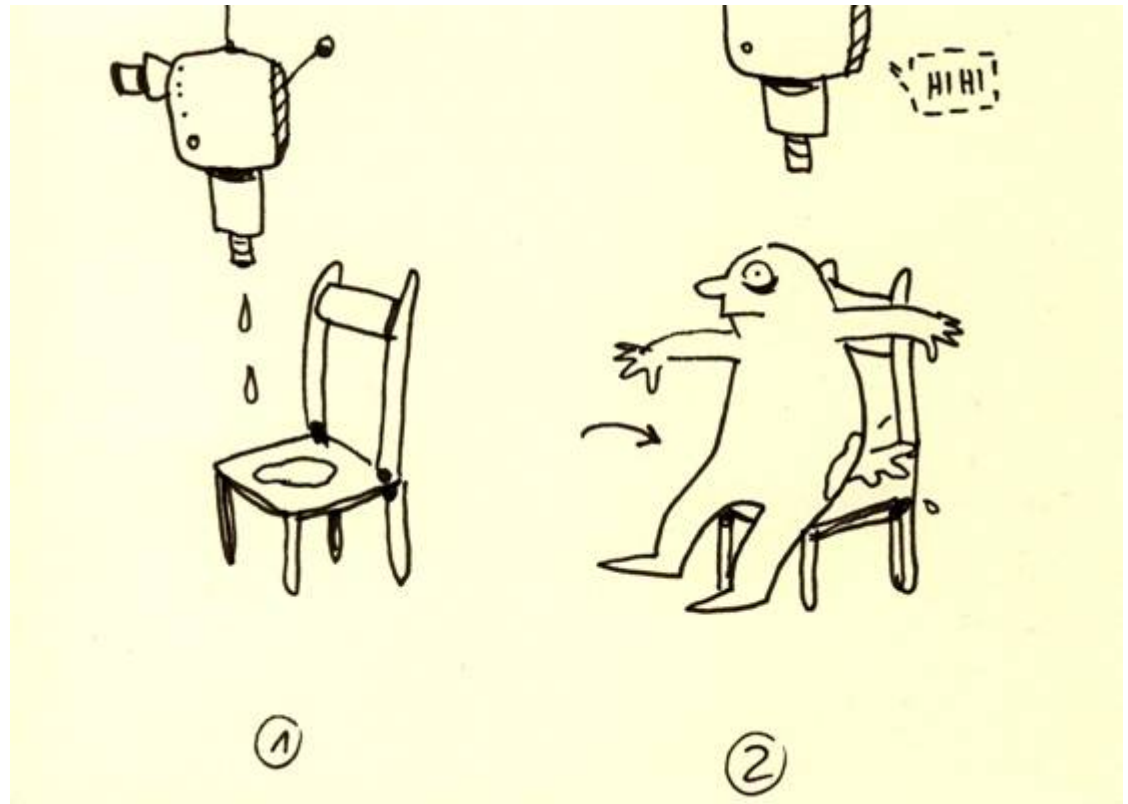
- Abbruchmaterial aus Plattenbauten - zu hoher Anteil von gipshaltigen Materialien
- Abtrennung der Gipsbestandteile erforderlich
- Nasssetzmaschine „Triple A“ - Abtrennung der Gipsbestandteile
- Gipsgehalte sinken von 2,7 M-% im Mittel auf:
  - 0,8 M-% nach einmaligem Durchlauf
  - 0,2 M-% nach zweimaligem Durchlauf
- Einfluss auf die Gipsabtrennung:
  - die wirksamen Dichteunterschiede der zu trennenden Materialien
  - die Einstellungen der Maschine
  - die Gipsgehalte im Inputmaterials
  - die Korngröße des Inputmaterials
- Masseausbringen an Produkt zwischen min. 11 M-% und max. 85 M-%
- Rohdichteerhöhung und Vergrößerung der Korngrößenverteilung im Produkt gegenüber dem Ausgangsmaterial





# ILLUMAT

- ein Automat für Spontanzeichnungen





gefördert durch:



Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit!

<http://www.uni-weimar.de/Bauing/aufber/>