

Clever Sortieren und intelligent Analysieren

Dr. Annett Lipowsky IAB Weimar gGmbH
Jenny Götz IAB Weimar gGmbH
Dr. Jan Rybizki IAB Weimar gGmbH



Recycling von Altziegeln

- Substrat im Vegetationsbau
- Rohstoffersatz
- Ziegelkörnungen als Bestandteil von technischen Gesteinskörnungen für die Betonherstellung



Stand der Technik

- Sortierung von Mauerwerkbruch zur Gewinnung von sortenreinen Ziegeln
- **Sortierung/Recycling von Ziegelsand und –mehlen?**



Lösungsvorschlag

- Ziegelmehle als Zementersatzstoff,
z.B.: Ersatz für Steinkohlenflugasche
- Magerungsmittel in der Ziegelproduktion

Voraussetzungen

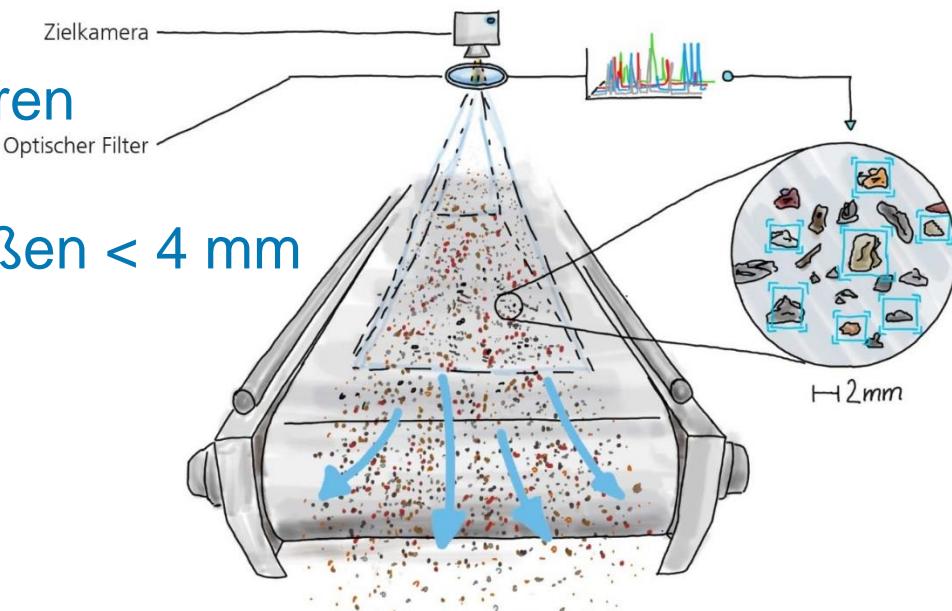
- Aufschluss des Ziegelmauerwerks, davon etwa 30% Feinanteil
- Sortierung des aufgeschlossenen feinkörnigen Mauerwerkbruchs



Trockene und nasse Verfahren nach Stand der Technik ungeeignet

Optische, sensorgestützte Verfahren

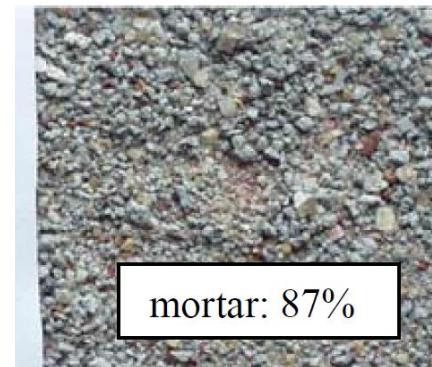
- Entwicklung am Fraunhofer IOSB Karlsruhe für Partikelgrößen < 4 mm
- Nachweis der Machbarkeit nicht erbracht bzw. nicht veröffentlicht



Sortierung von Sanden aus Mauerwerkbruch zur Gewinnung von sortenreinen Ziegelsanden ?

Sortierung anhand der paramagnetischen Eigenschaften

- Erster Hinweis in Dissertation von Weihong Xing 2004, Universität Delft
- Genutzte Apparatur: Frantz Isodynamic Magnetic Separator
- Erster IAB-Tastversuch mit dem Frantz Isodynamic Separator am Institut für Aufbereitungsmaschinen der Bergakademie Freiberg
- Kein Ergebnis



Vorversuche mit Magnetscheider am UVR-FIA in Freiberg



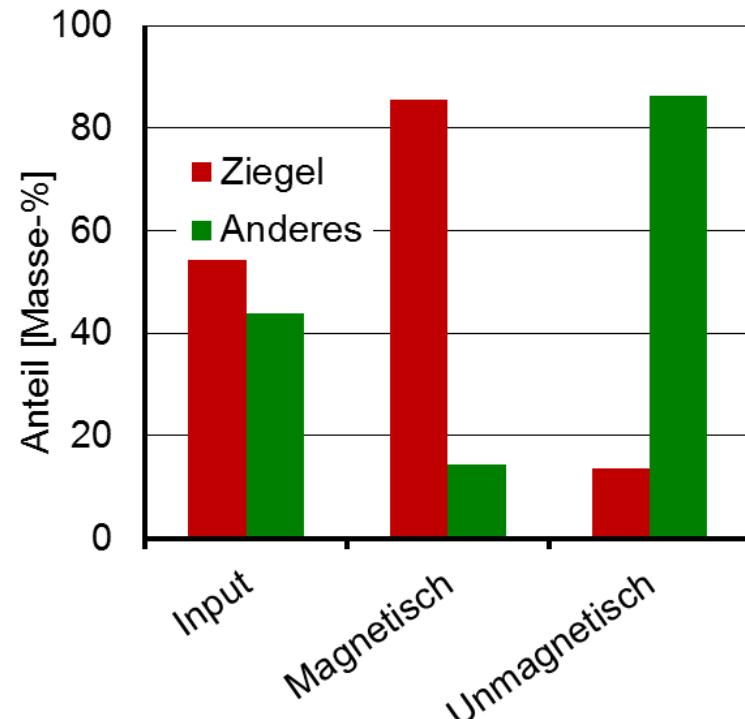
Partikelgrößenverteilung des Aufgabematerials

Partikelgröße des Inputs [mm]			
< 0,1	0,1/0,5	0,5/4	> 4
Anteil [Masse-%]			
16,5	26,8	56,4	0,3

Ergebnisse

Veränderung der Materialzusammensetzung

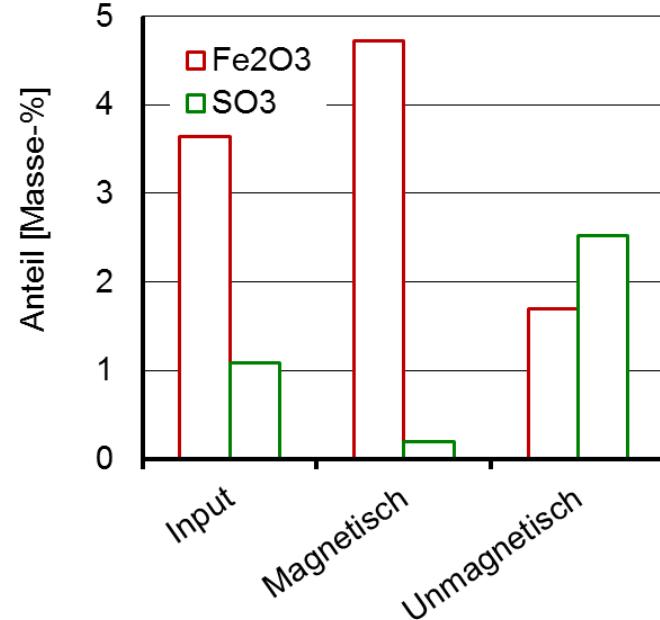
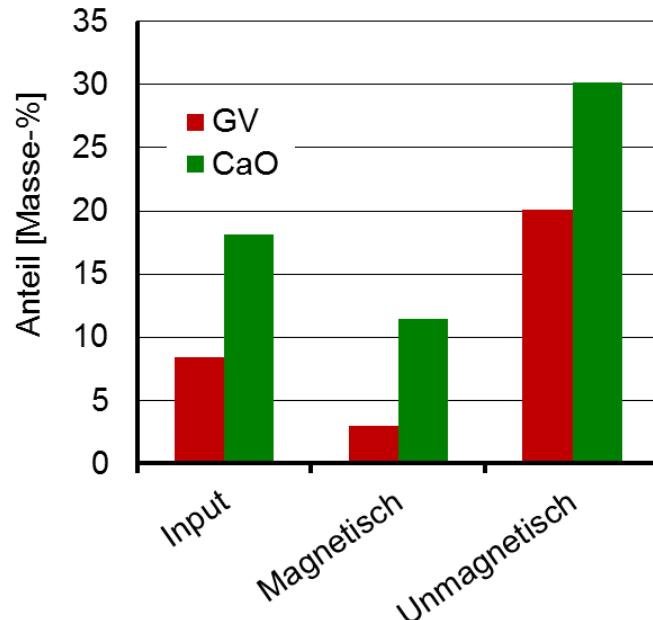
(nach händisch-optischer Auszählung)



Sortierung von Sanden aus Mauerwerkbruch zur Gewinnung von sortenreinen Ziegelsanden ?

Ergebnisse

Veränderung der chemischen Zusammensetzung



Magnetsortierer im Recyclingtechnikum

- Vorversuche bei der Firma Eriez in Großbritannien:
Trennbarkeit nachgewiesen
- Beschaffung des
„RARE EARTH ROLL SEPARATOR“



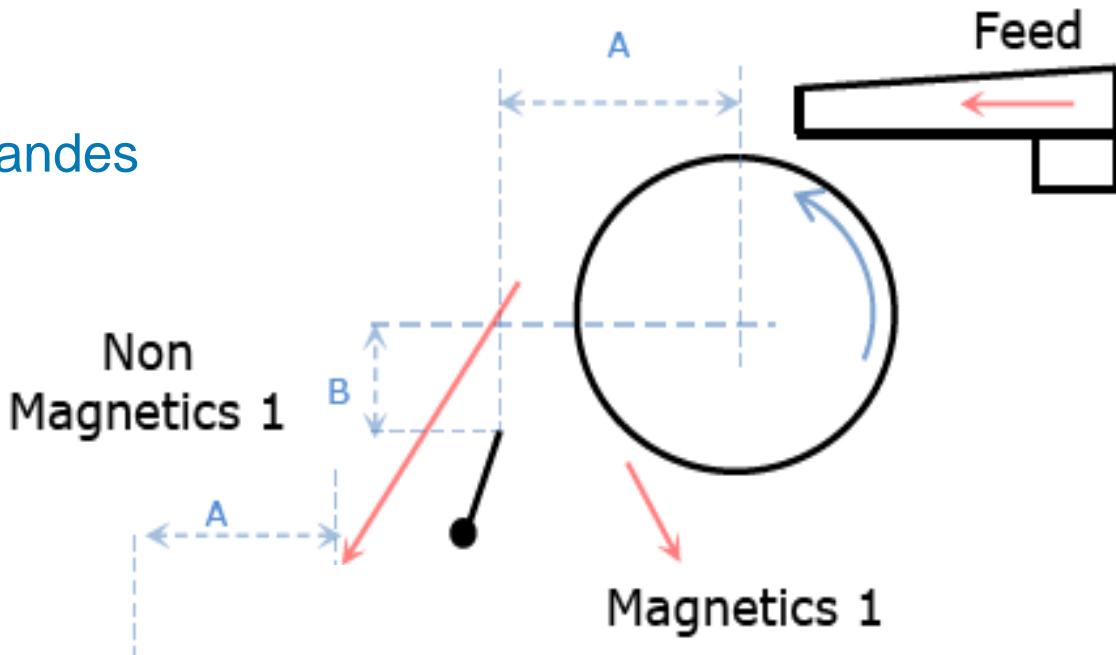
Modelmischungen

- Mischungen aus 50 M.% Beton und 50 M.% Ziegel
- Ziegel mit unterschiedlichen Fe_2O_3 -Gehalten: 3,15 M.-% bis 7,73 M.-%
- Beton mit unterschiedlicher Zusammensetzung (Zement, Gesteinskörnung)
- Verwendete Körnungen:
0,063/0,5 mm; 0,5/1,0 mm; 1,0/2,8 mm



Einstellungen am Sortierer:

- Vibrogeschwindigkeit
- Rollengeschwindigkeit
- Stärke des Fördergurtbandes
(Magnetstärke)
- Splittereinstellung



Ergebnisse „Upcyclingtechnologien“

Ausgangsmaterial 50/50
0,063 – 0,5 mm

Ausgangsmaterial 50/50
0,5 – 1,0 mm

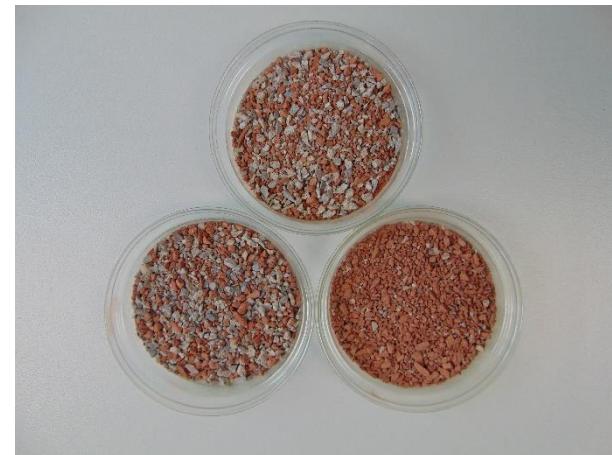
Ausgangsmaterial 50/50
1,0 – 2,8 mm



non-mag. mag.
Material Material



non-mag. mag.
Material Material

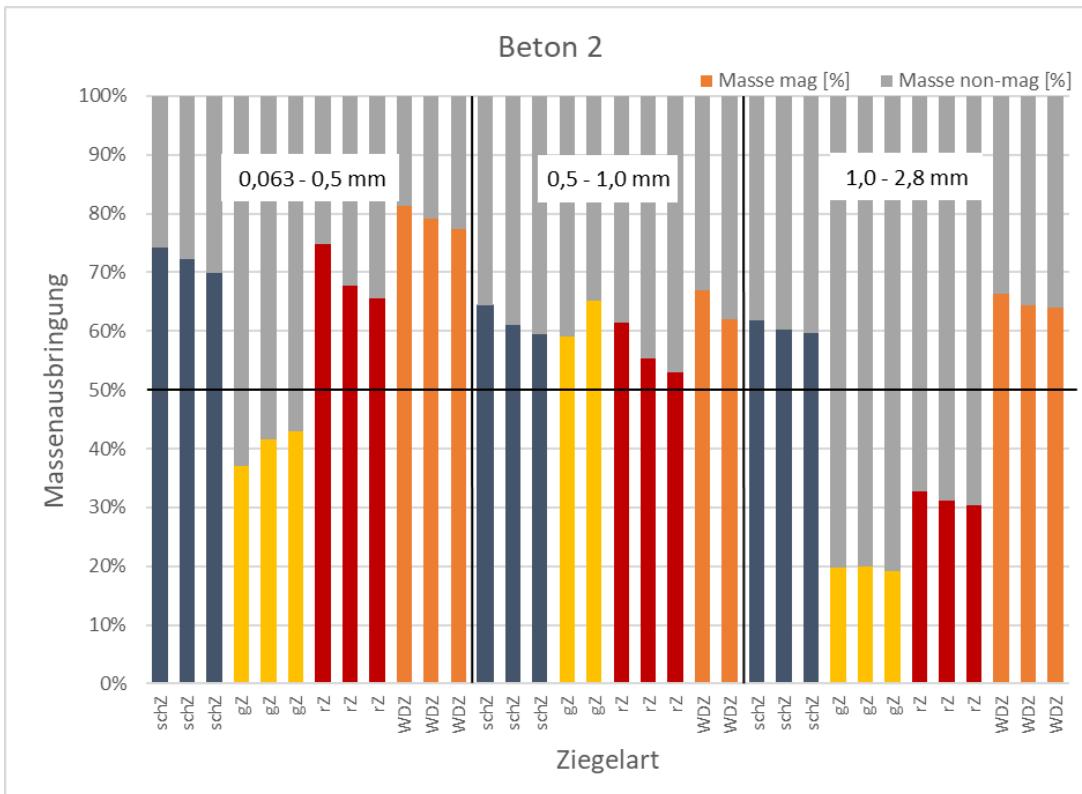


non-mag. mag.
Material Material

Aufgabe 50 M.% Beton + 50 M.% Ziegel

Massenausbringen an
magnetisch-angereichertem
Produkt ist abhängig von:

- Ziegelart/-sorte (Fe_2O_3 -Gehalt)
- Partikelgröße
- Beton



Auswertung über Glühverlust

	M _{mag}	M _{unmag}	GV _{mag}	GV _{unmag}
	[g]	[g]	[M.-%]	[M.-%]
GM162	360,3	437,5	2,3	7,0
GV	Ziegel 1,92 M.-%		Beton: 8,46 M.-%	

Gesamtbilanz (Beispiel Versuch GM 162)

$$m_{magnetisch} = m_{Zmag} + m_{Bmag} = 360,3 \text{ g}$$



“Glühverlustbilanz”

$$m_{magnetisch} * GV_{magnetisch} = m_{Zmag} * GV_{Ziegel} + m_{Bmag} * GV_{Beton}$$

$$m_{Zmag} = \frac{360,3 * (8,46 - 2,3)}{(8,46 - 1,92)} = 341,0 \text{ g}$$

$$m_{Bmag} = 360,3 - 341,0 = 19,3 \text{ g}$$

Beispieldmischung GM 162

Aufgabe-
material

50 M.%

Ziegel

50 M.%

Beton

Masseausbringung
Sortierer

45,2 M.%

mag

54,8 M.%

non-mag

Verlust

Reinheits-
berechnung aus
Glühverlust

Beton mag 5 M.%

95 M.%

Ziegel mag

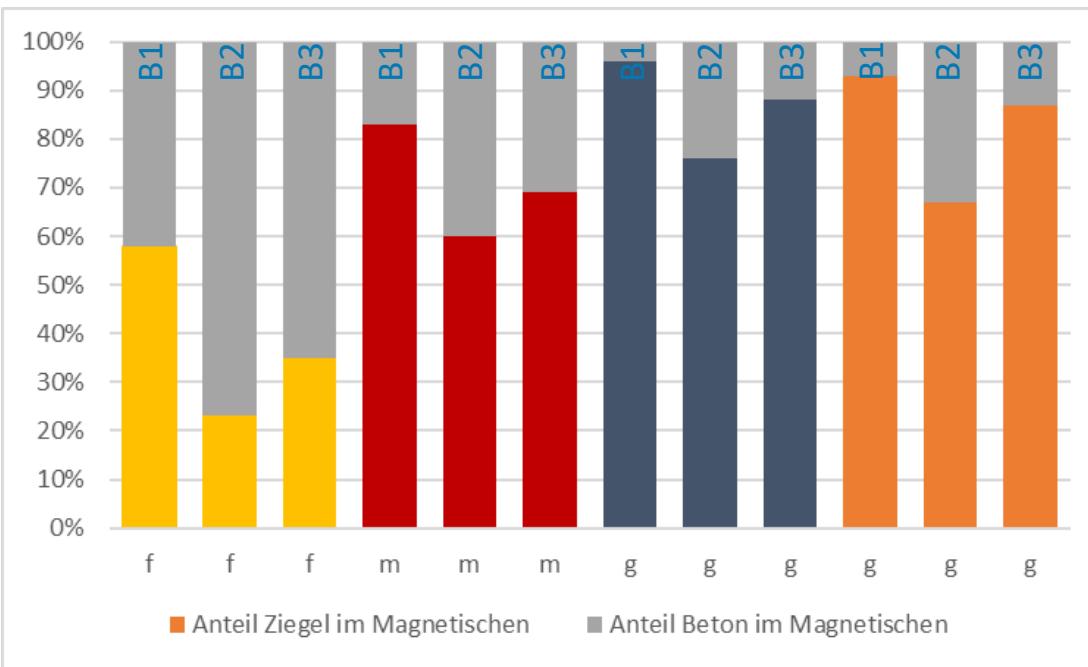
87 M.%

Beton non-mag

Verlust
Ziegel non-mag 13 M.%



Auswertung magnetisches Material



- Feinfraktion (0,063 - 0,5 mm)
keine Anreicherung von Ziegel
im mag. Material
- Anreicherung von bis zu 90%
Ziegel im mag. Material der
Fraktionen 0,5 - 1,0 mm und
1,0 - 2,8mm
- Abhängigkeit vom Ziegel- und
Betonmaterial (Fe_2O_3 -Gehalt)

Ausgangsmaterial
reiner Ziegel???



Optische Sortierung am Mikroskop
Fraktion 1,0 – 2,8mm
ca. 4500 Partikel gezählt

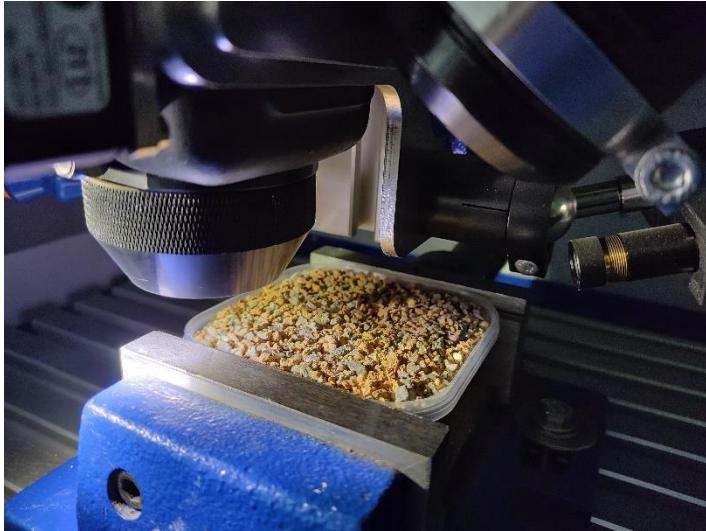


Qualitätskontrolle im laufenden Prozess ohne Einbeziehung der Glühverluste des Reinmaterials Ziegel und Beton

LIBS???

Optische Analyse mittels KI???

Qualitätssicherung durch LIBS

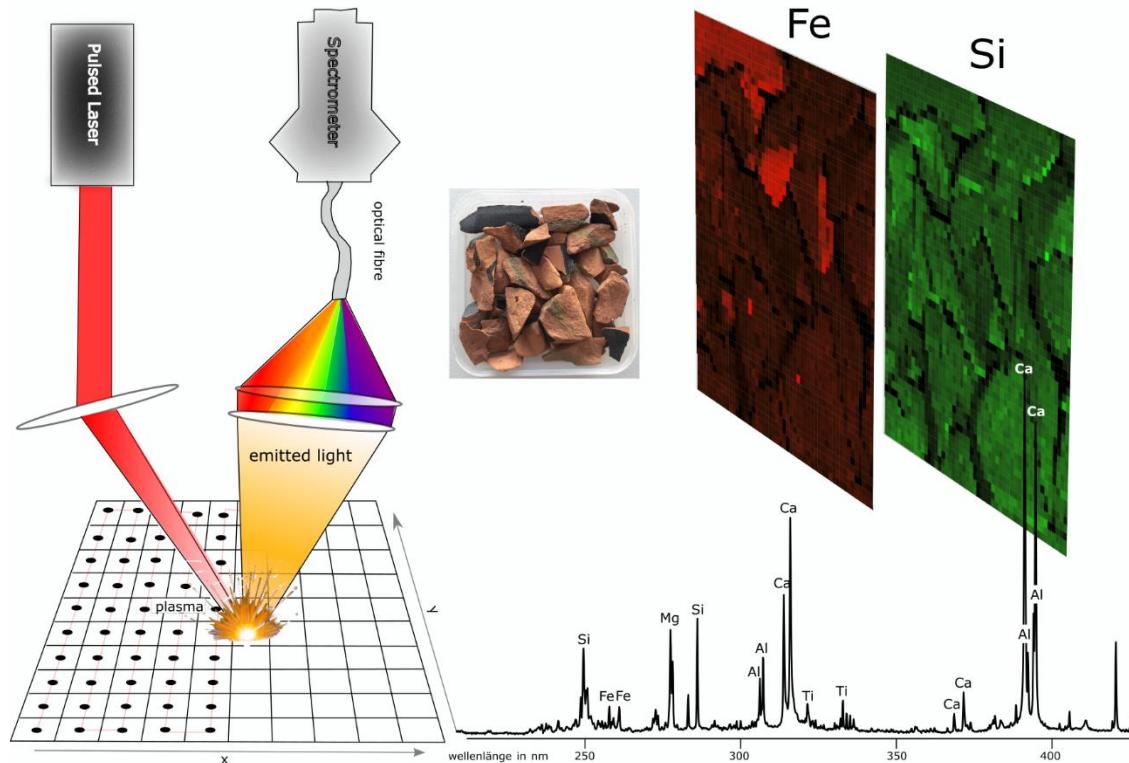


Eingegebene Probe in Messkammer

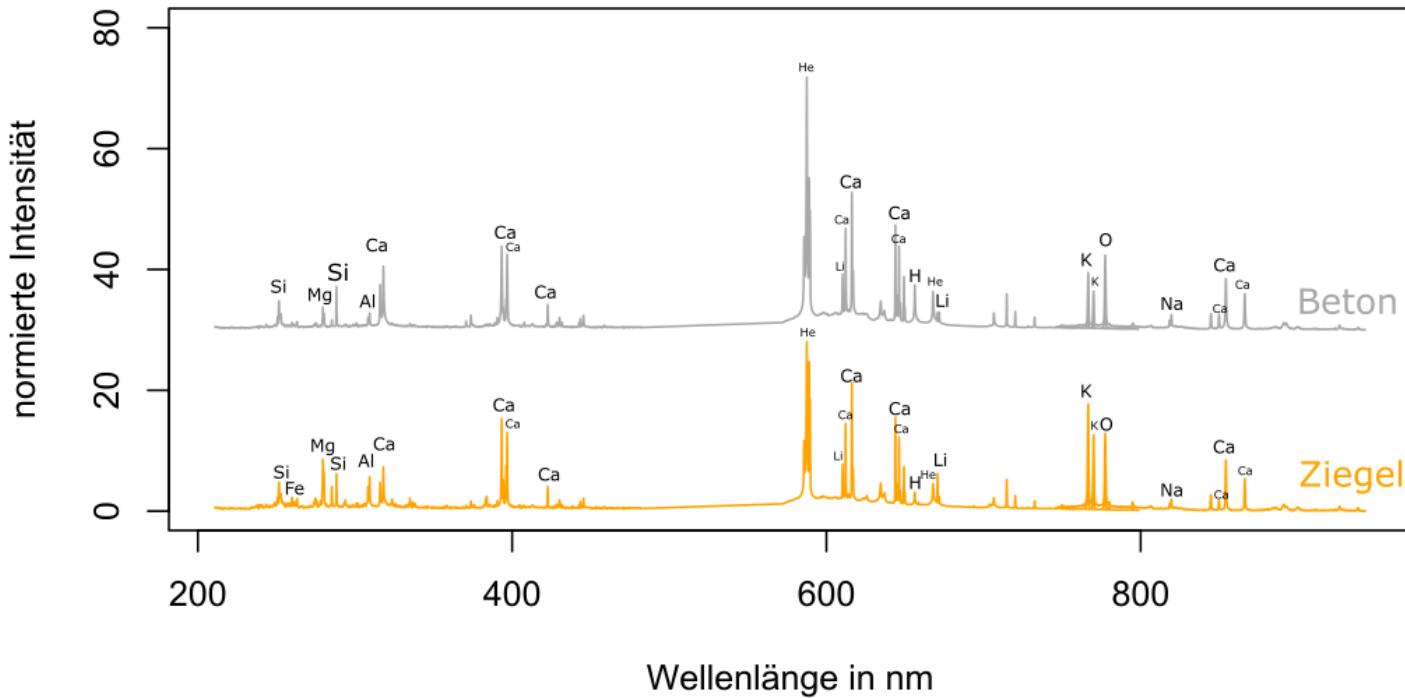


LIBS am IAB

Messverfahren



Beton- und Ziegelspektrum



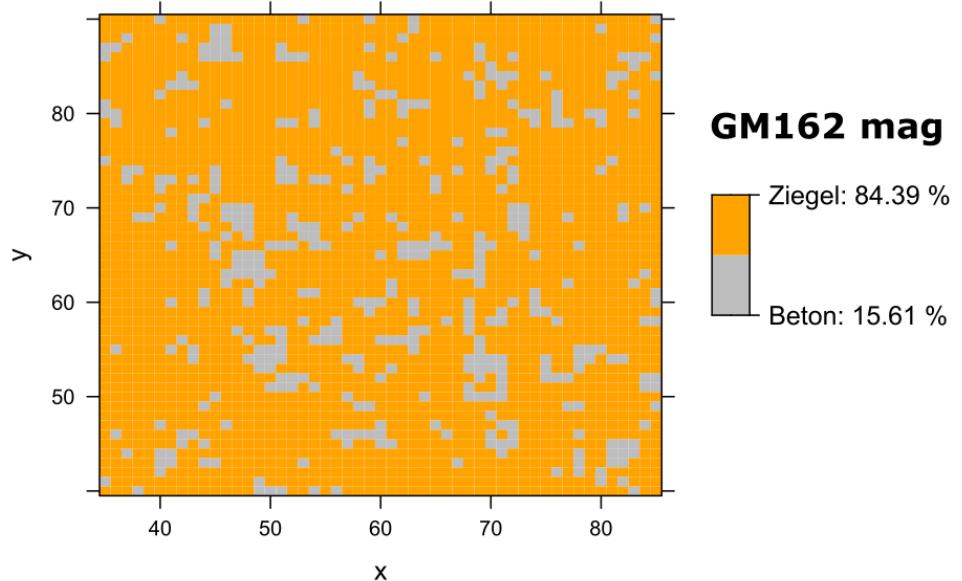
Traningsdatenbank aufbauen anhand von möglichst vielen unterschiedlichen Betonen und Ziegeln



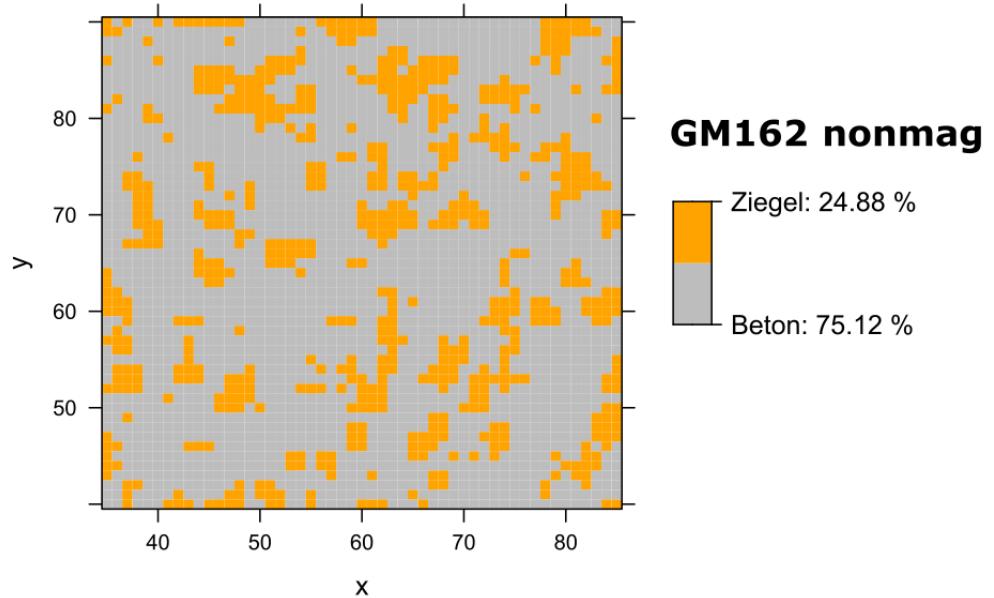
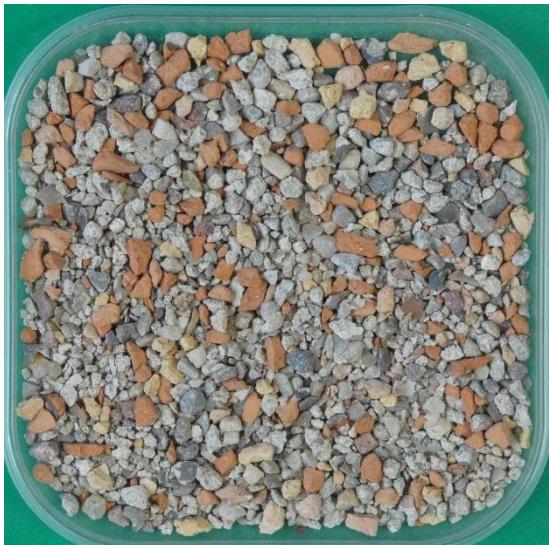
GM162 magnetisch



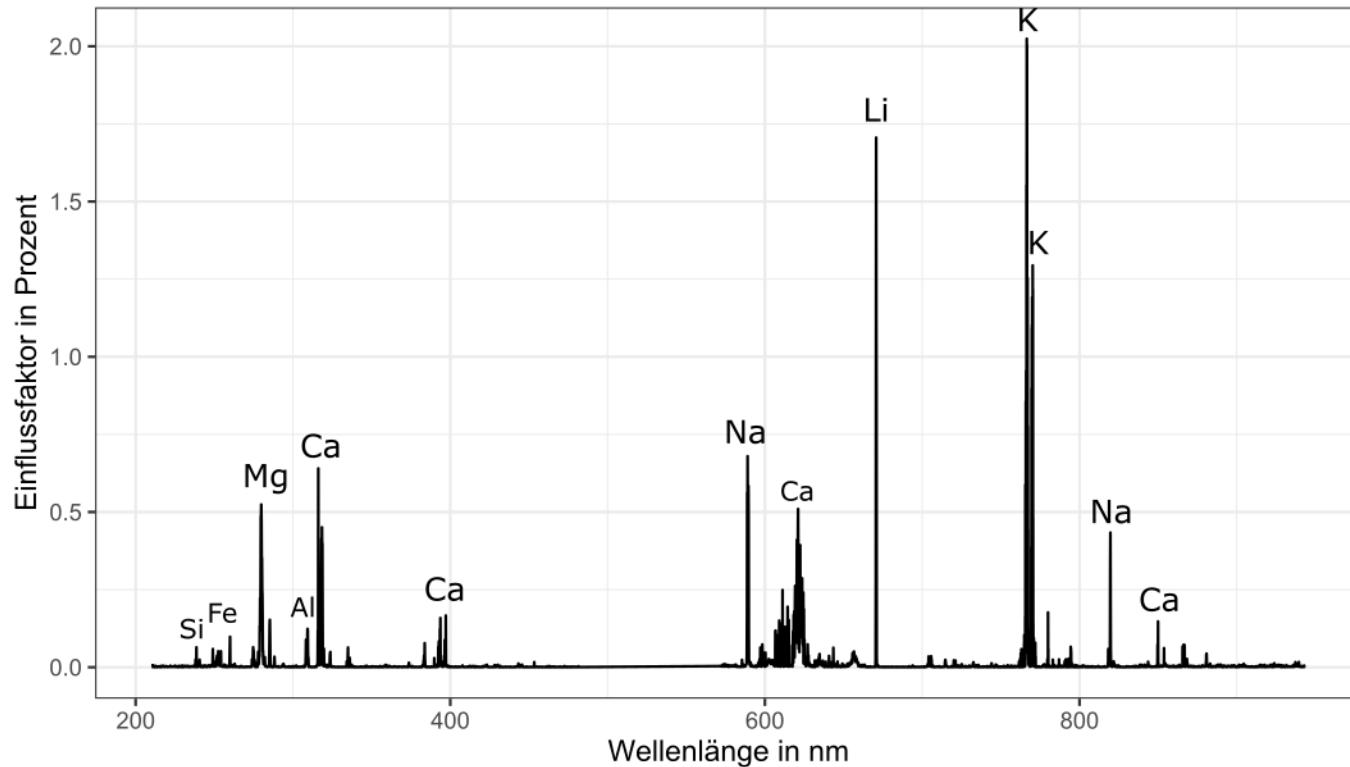
GM162 magnetisch



GM162 nicht magnetisch



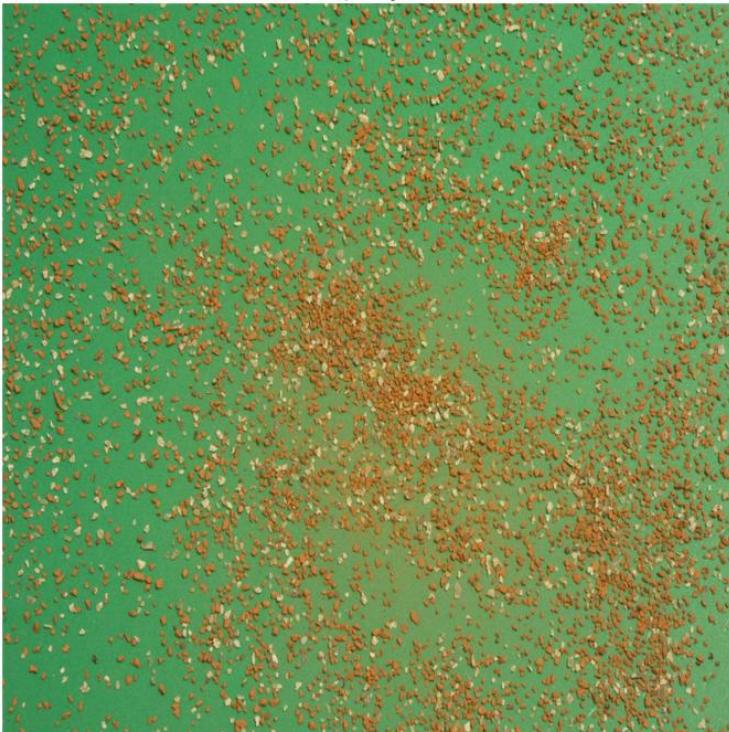
Einflussfaktoren



Optische Analyse mittels KI

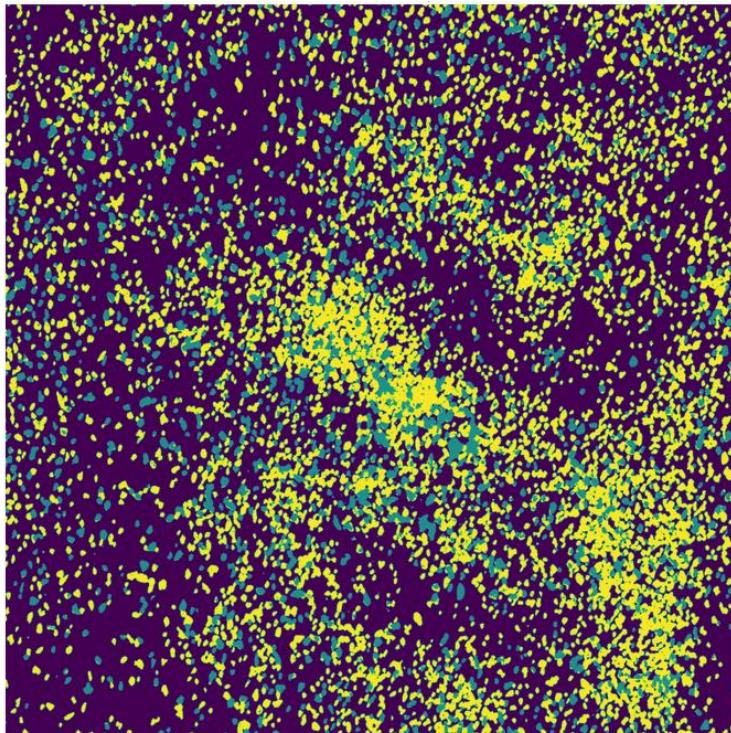


- Klassifizierung von Partikeln



Optische Ziegelerkennung

- Klassifizierung von Partikeln (semantische Segmentierung)



- Klassifizierung von Partikeln (semantische Segmentierung)
- Tiefes neuronales Netz
- Trainingsdaten werden benötigt

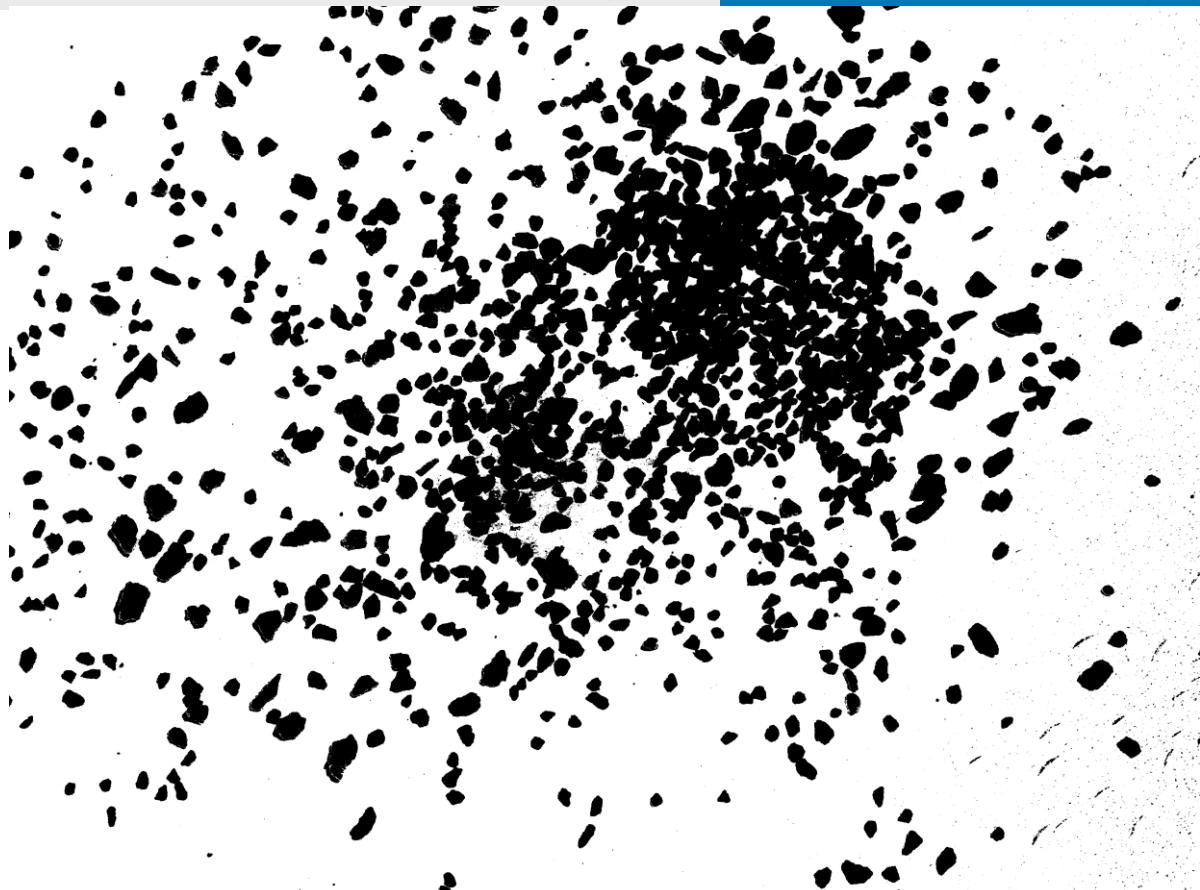
Optische Ziegelerkennung

- Kniffe fürs Training
 - Grüner Hintergrund



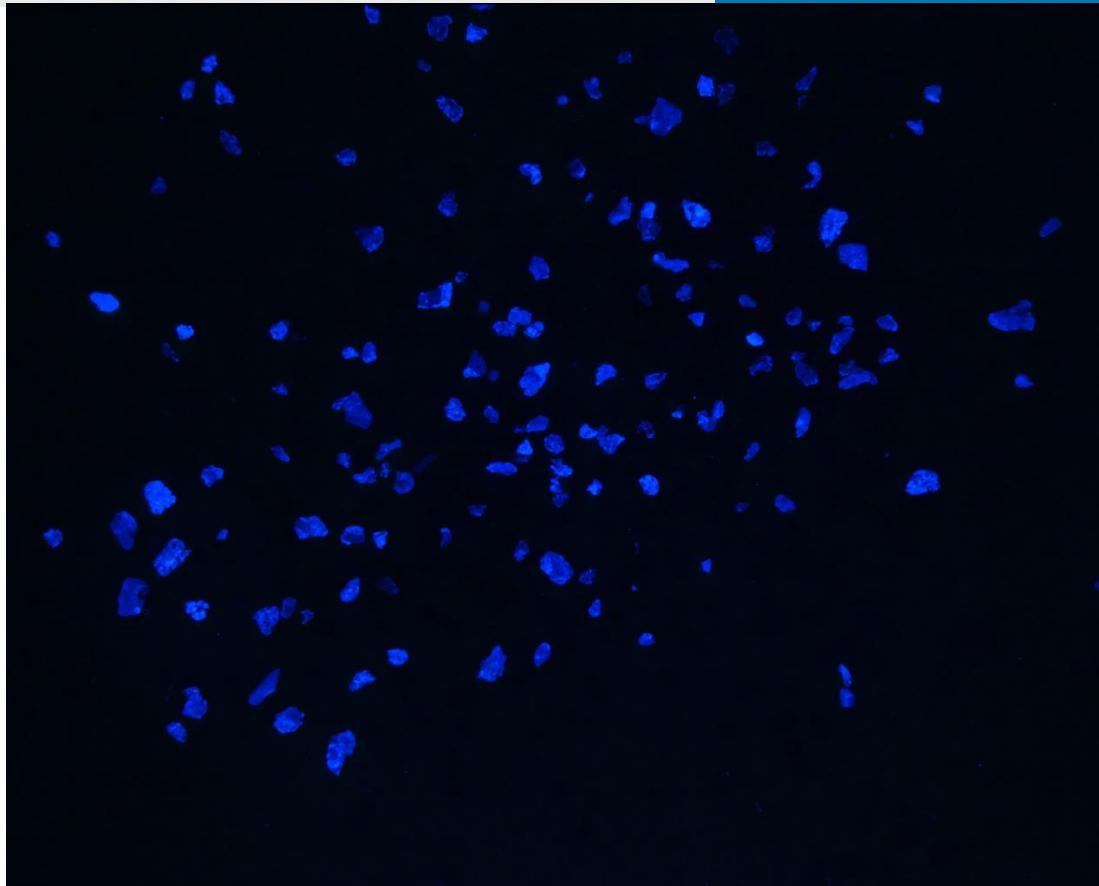
Optische Ziegelerkennung

- Kniffe fürs Training
 - Schwellwert



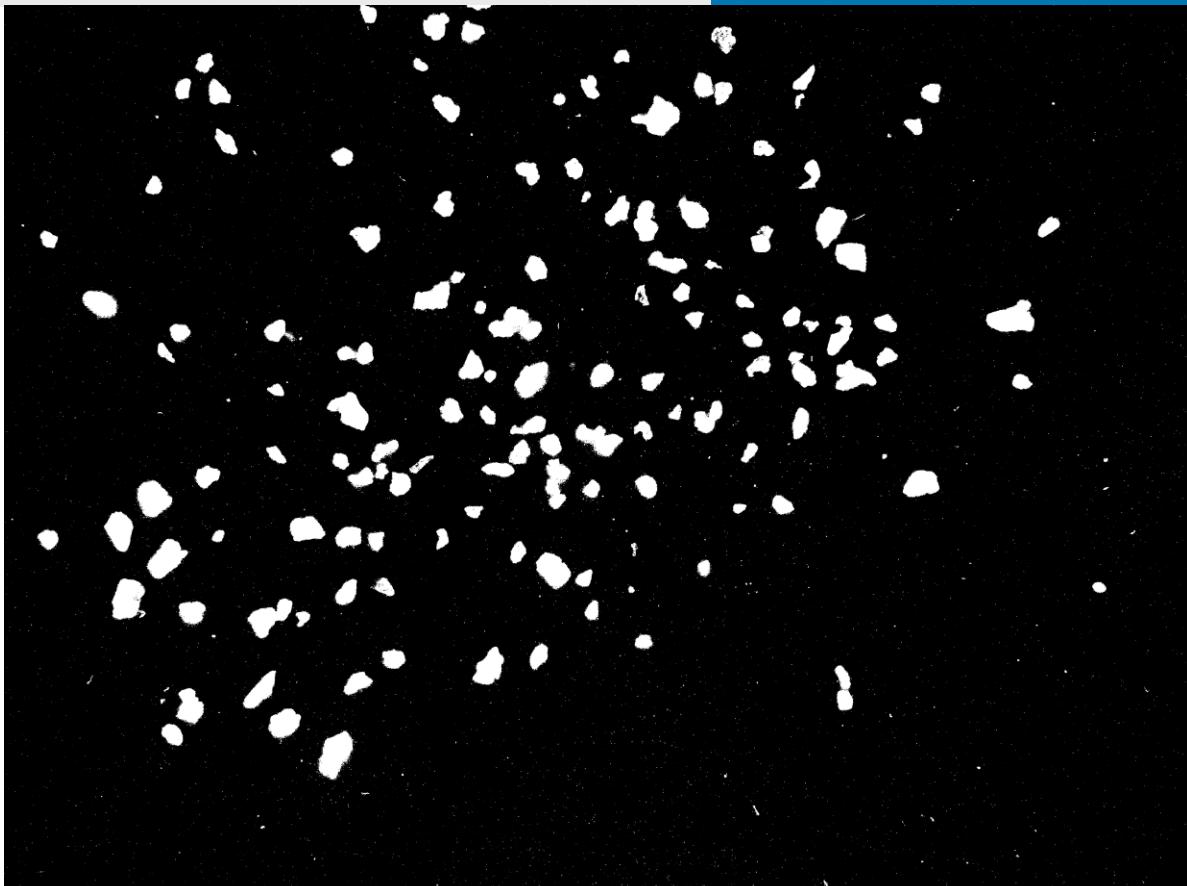
Optische Ziegelerkennung

- Kniffe fürs Training
 - Beton mit UV Farbe



Optische Ziegelerkennung

- Kniffe fürs Training
 - Schwellwert

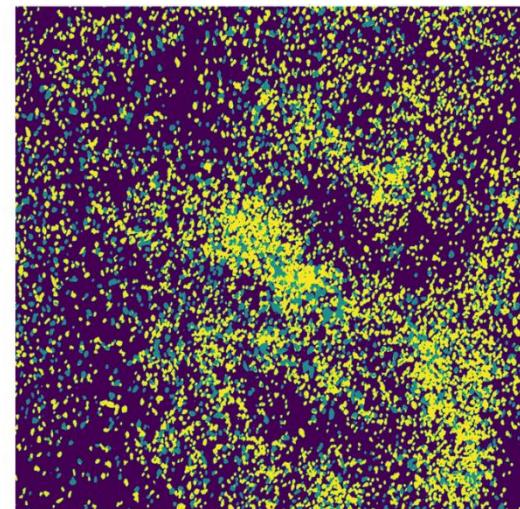
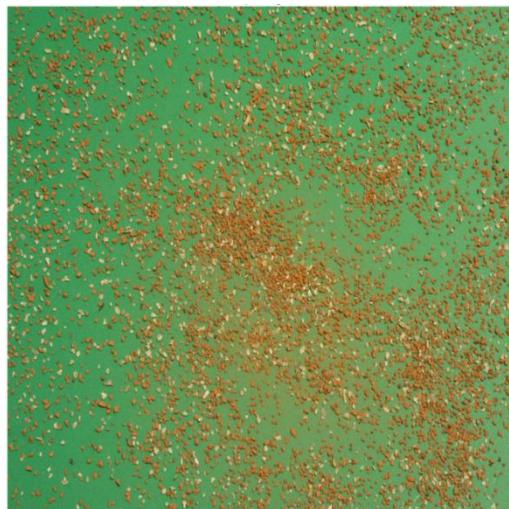


Optische Ziegelerkennung

- Kniffe fürs Training
 - Rest ist Ziegel

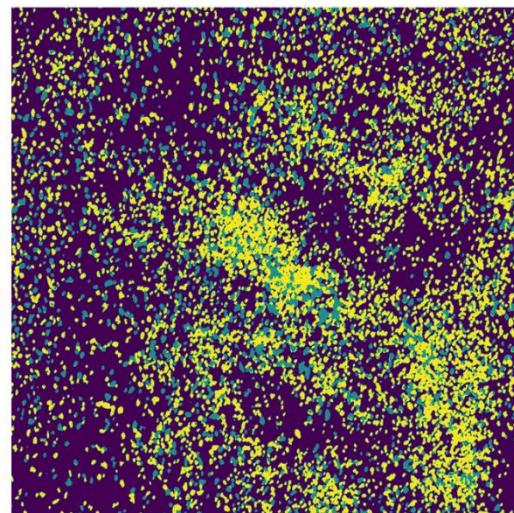
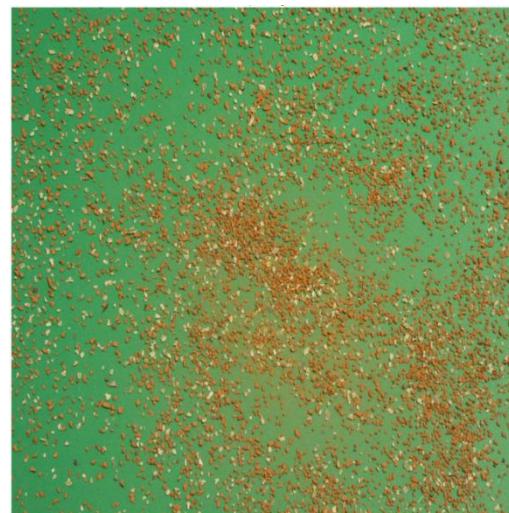
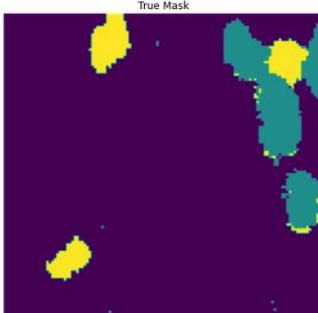
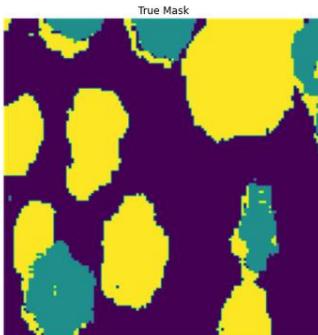


- Trainingsdaten gelabelt



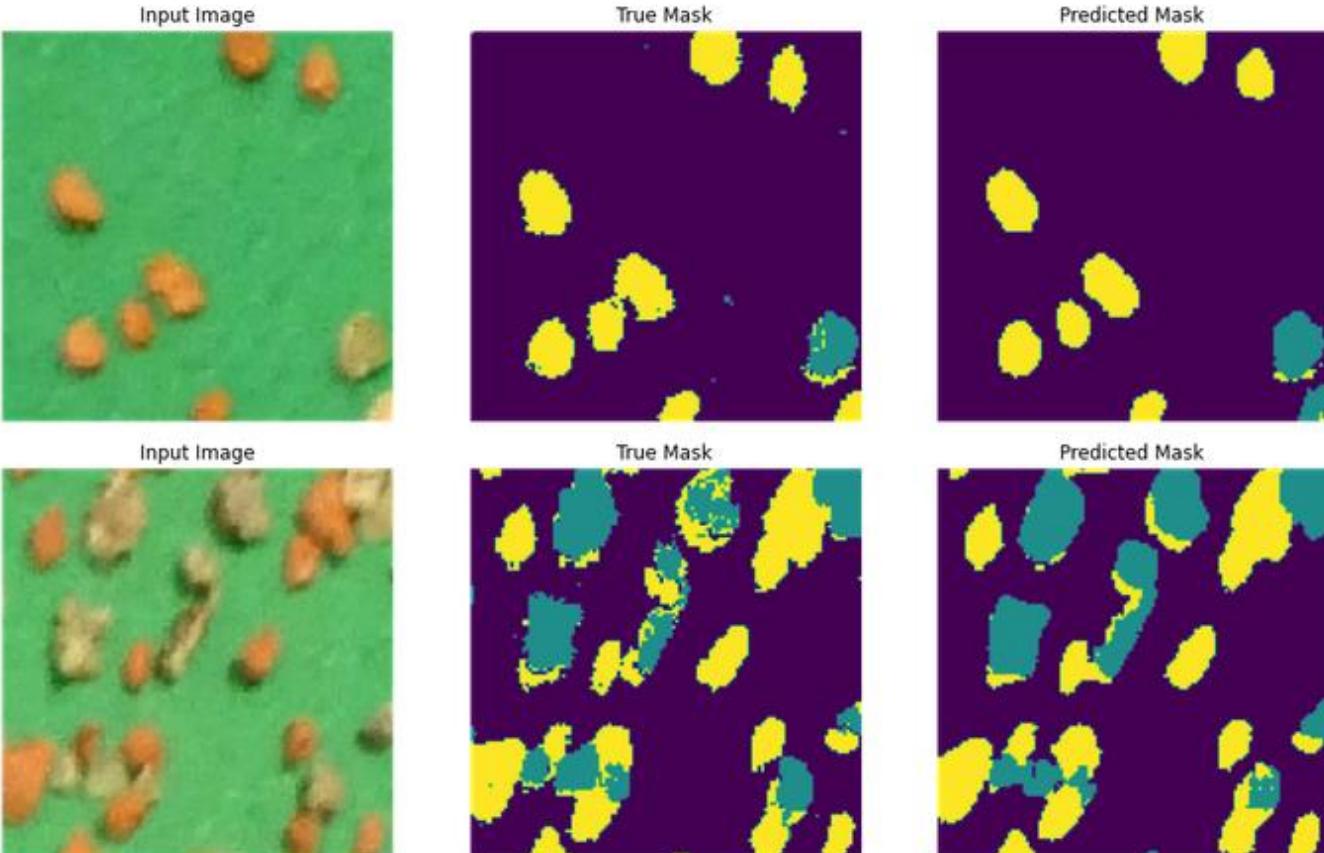
Optische Ziegelerkennung

- Trainingsdaten gelabelt
 - Bilder und Masken in kleine Kacheln zerlegen



Optische Ziegelerkennung

- Vorhersage:

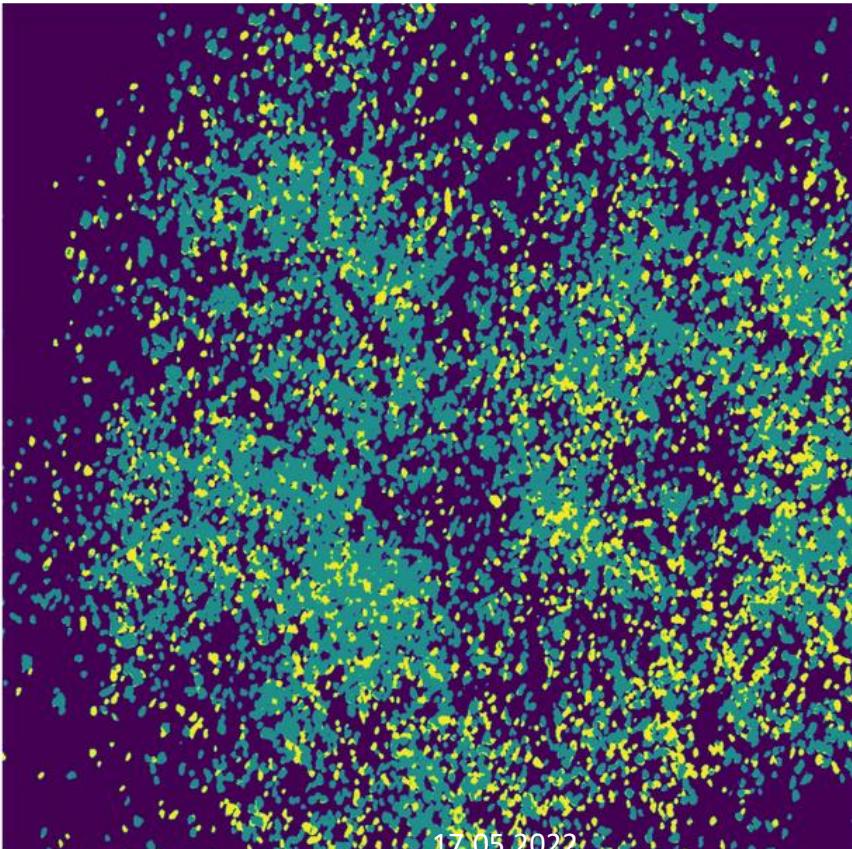


Optische Ziegelerkennung



Optische Ziegelerkennung

25% Ziegel, 75% Beton



Vergleich der 3 Methoden – Anteil Ziegel im Magnetischen

GV

Anteil Ziegel 94,6 M.%

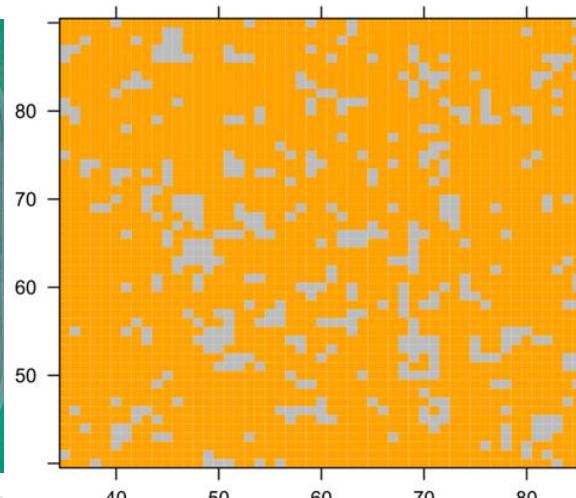
Anteil Beton 5,4 M.%



LIBS

84,4 V.%

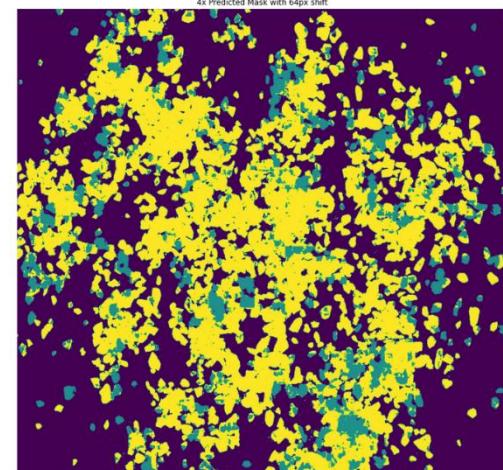
15,6 V.%



Optische Analyse

80,0 V.%

20,0 V.%



Ist die Zukunft der Sortierung digital?

