

KIMBA

KI-basierte **Prozesssteuerung** und
automatisiertes **Qualitätsmanagement** im
Recycling von Bau- und Abbruchabfällen durch
sensorbasiertes Inline-Monitoring von
Korngrößenverteilungen



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

point8
data matters.

Universität
Siegen

MAV

dfki
Augmented
Vision



KLEEMANN

ANTS
Anthropogene
Stoffkreisläufe

RWTH AACHEN
UNIVERSITY

vero
der baustoffverband

VDMA

Liebe Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
GreenTech

Agenda



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



1. Motivation



2. Das Projekt KIMBA



3. Erkenntnisse

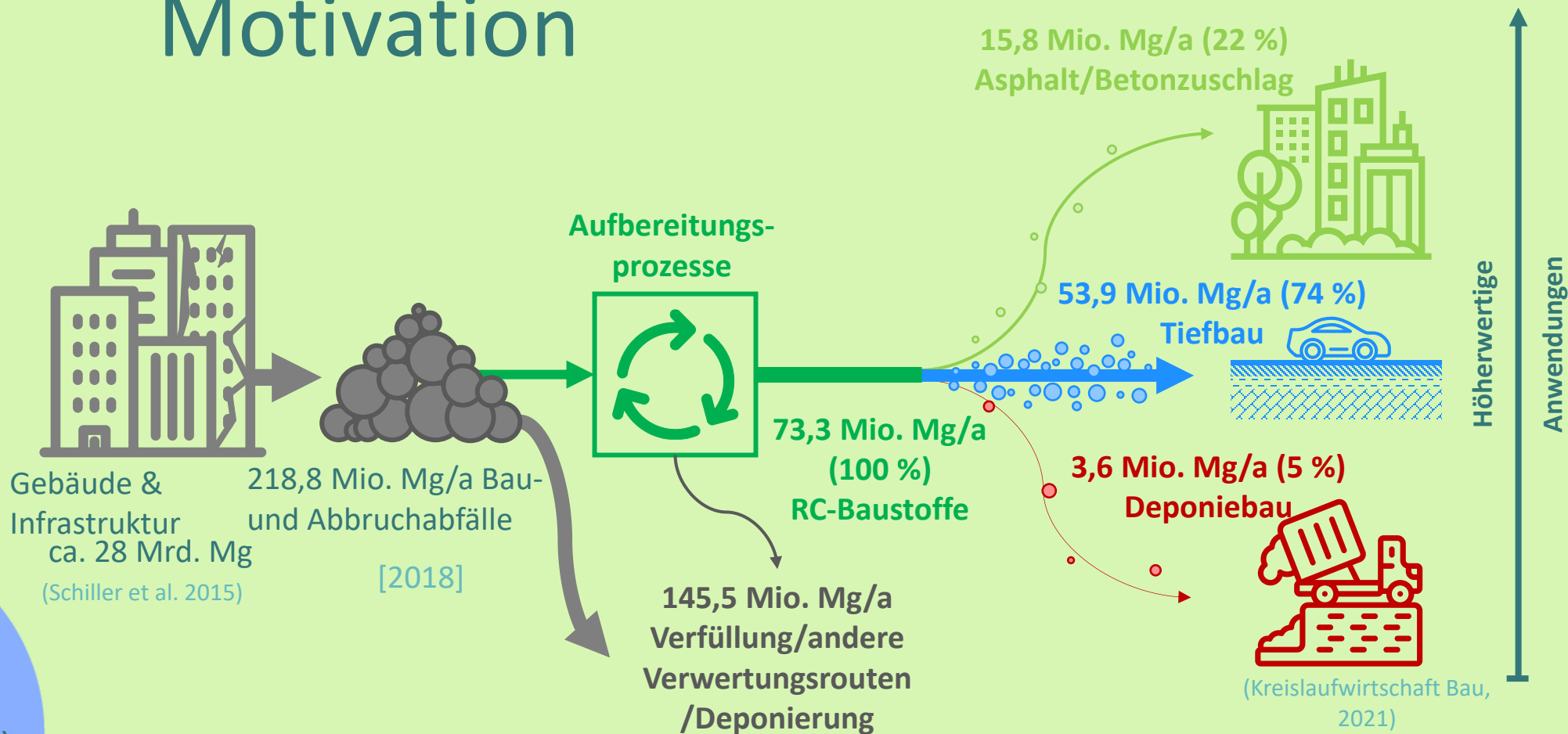


4. Ausblick

Liebe Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital 
GreenTech

Motivation



Gefördert durch:

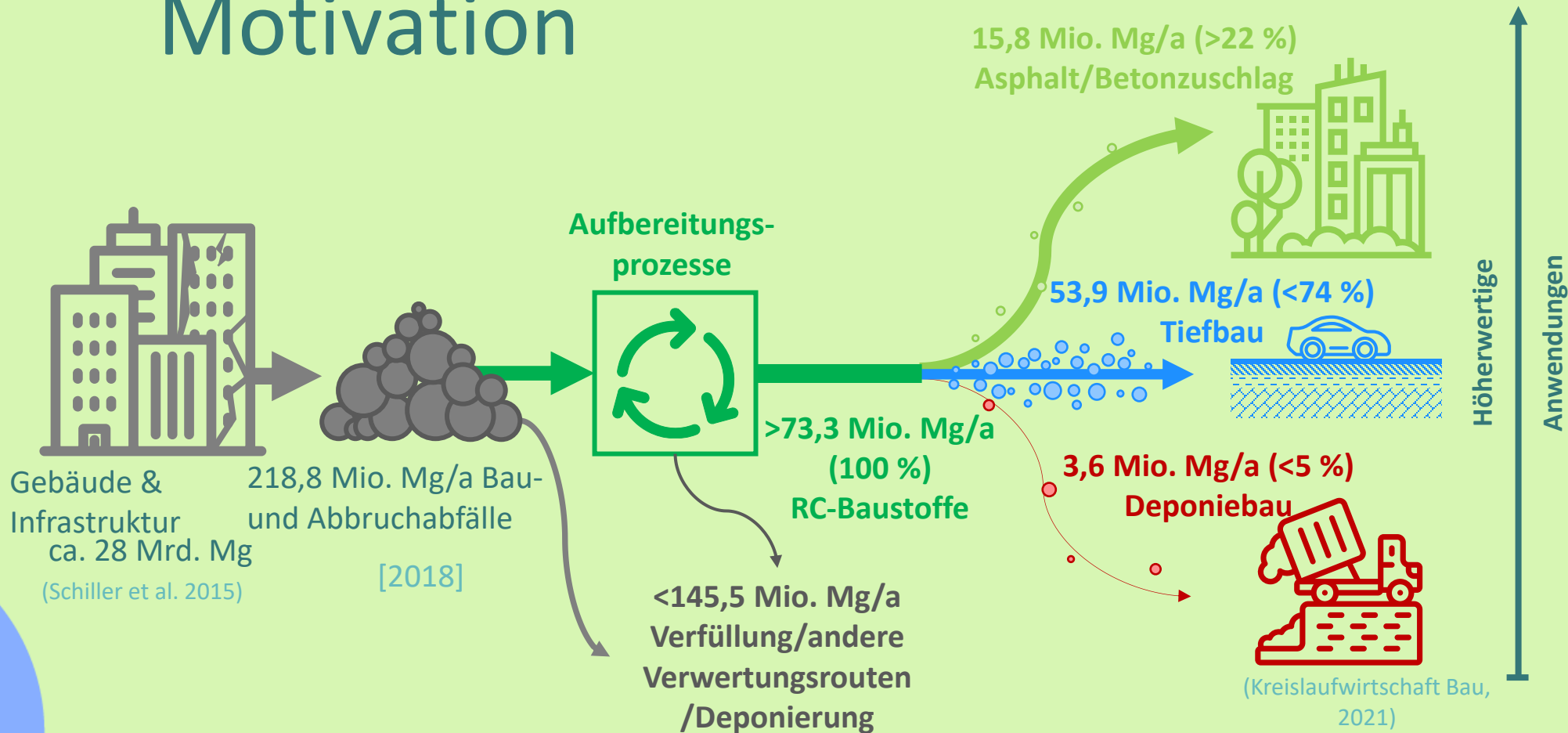


Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Lieve Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
GreenTech

Motivation



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

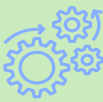
Lieve Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
GreenTech



Motivation

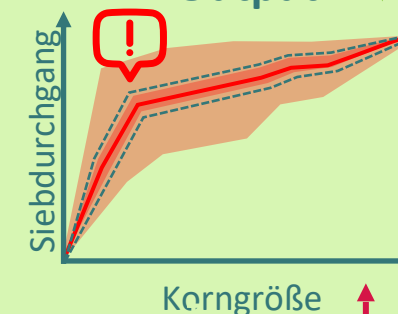

Sensorbasiertes
Qualitätsmonitoring


Adaptive
Prozesssteuerung


Machine Learning

Aufbereitungsprozess

Output



Zeitverzug



Probenahme-
fehler



Personal-
kosten



Manuelle
Siebanalyse



Gefördert durch:



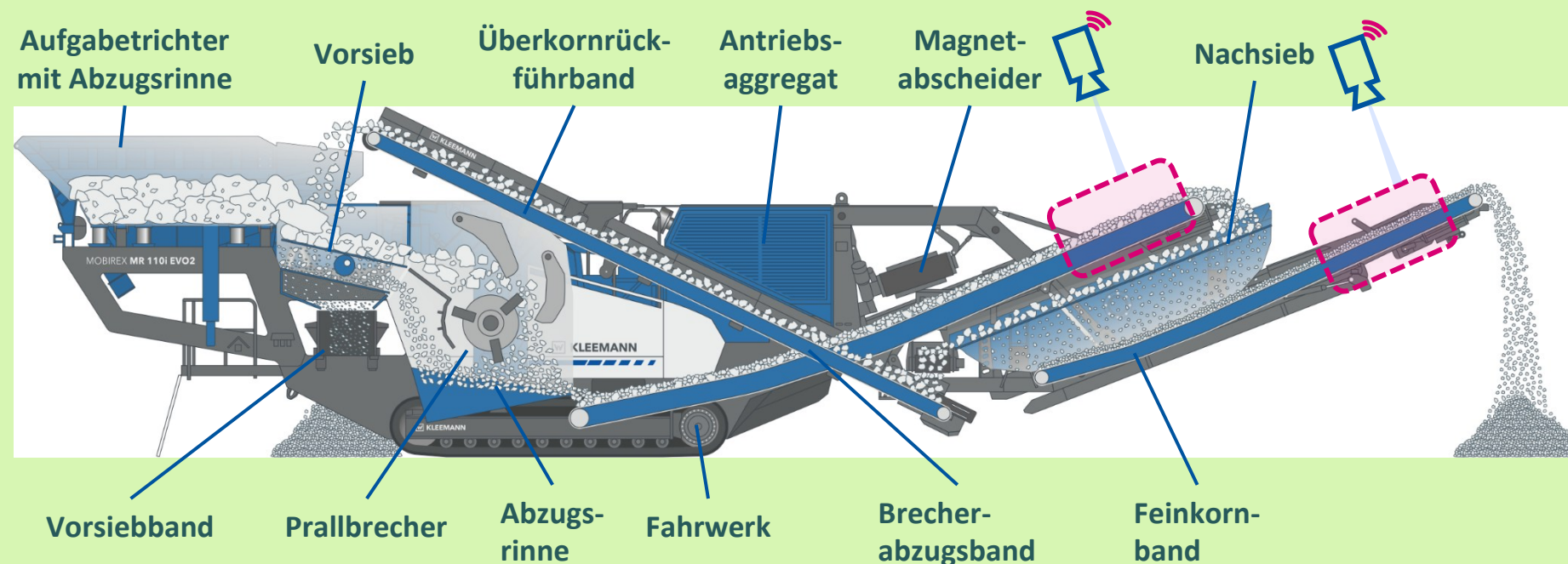
Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Lieve Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
GreenTech

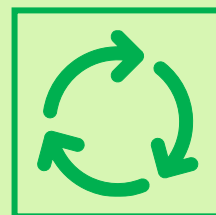


Motivation



Mögliche Positionen
für ein sensorbasiertes
Inline-Monitoring

Aufbereitungs-
prozesse



Gefördert durch:



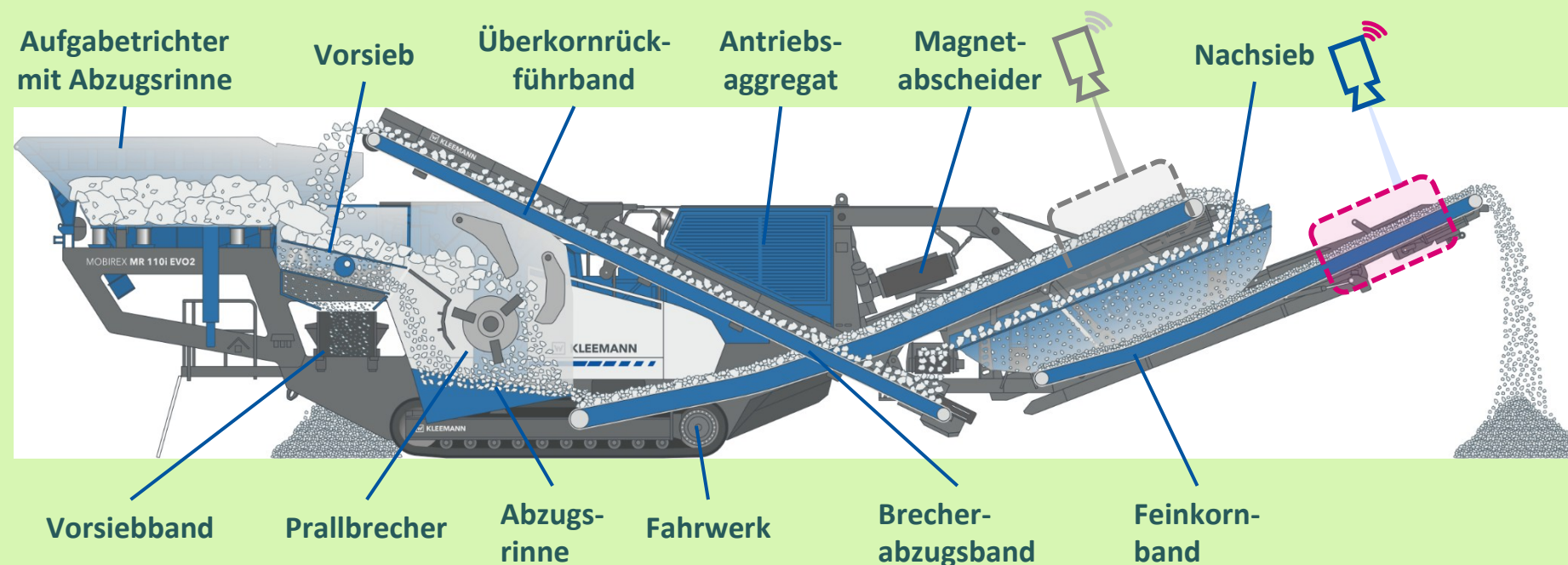
Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Lieve Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
GreenTech



Motivation



Ausgewählte Position
für ein sensorbasiertes
Inline-Monitoring

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Lieve Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
GreenTech

Agenda



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



1. Motivation



2. Projekt KIMBA



3. Erkenntnisse



4. Ausblick

Liebe Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital 
GreenTech



Industrie



MAV Krefeld GmbH

- ▶ Aufbereitung und Verwertung mineralischer Abfälle



Point 8 GmbH

- ▶ Datengetriebene Lösungen für den Anlagen- und Maschinenbau



Kleemann GmbH

- ▶ Hersteller raupenmobiler Brech- und Siebanlagen



Institut für Anthropogene Stoffkreisläufe, RWTH Aachen

- ▶ Circular Economy & sensor-basierte Stoffstrom-charakterisierung



Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Augmented Vision

- ▶ Bildbasierte KI auf Basis von 2D- und 3D-Sensoren



Lehrstuhl für International Production Engineering and Management, Universität Siegen

- ▶ Einsatz von KI im Produktions-management



Assoziierte Partner



vero - der Baustoffverband

- ▶ Vertretung von ca. 600 Unternehmen aus allen Zweigen der Baustoff- und Rohstoffindustrie



Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.

- ▶ Vertretung von 3.500 vorrangig mittelständischen Mitgliedsunternehmen



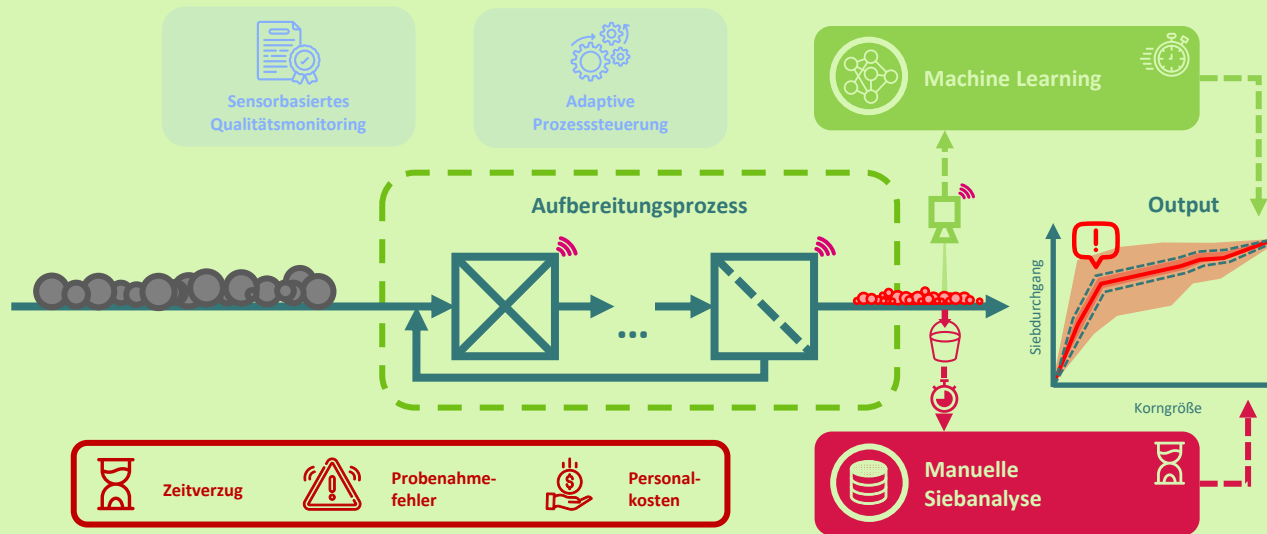
Gefördert durch:



Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

**Liebe Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf**

Digital GreenTech



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



(1) Machbarkeitsnachweis des **Inline-KGV-Monitorings** (TRL 6-7)



(2) Demonstration & Validierung **sensorbasiertes
Inline-Qualitätsmonitoring** (TRL 6-7)



(3) Demonstration **KI-basiertes Assistenzsystem:**
Vorschlag optimierter Prozessparameter (TRL 5-7)

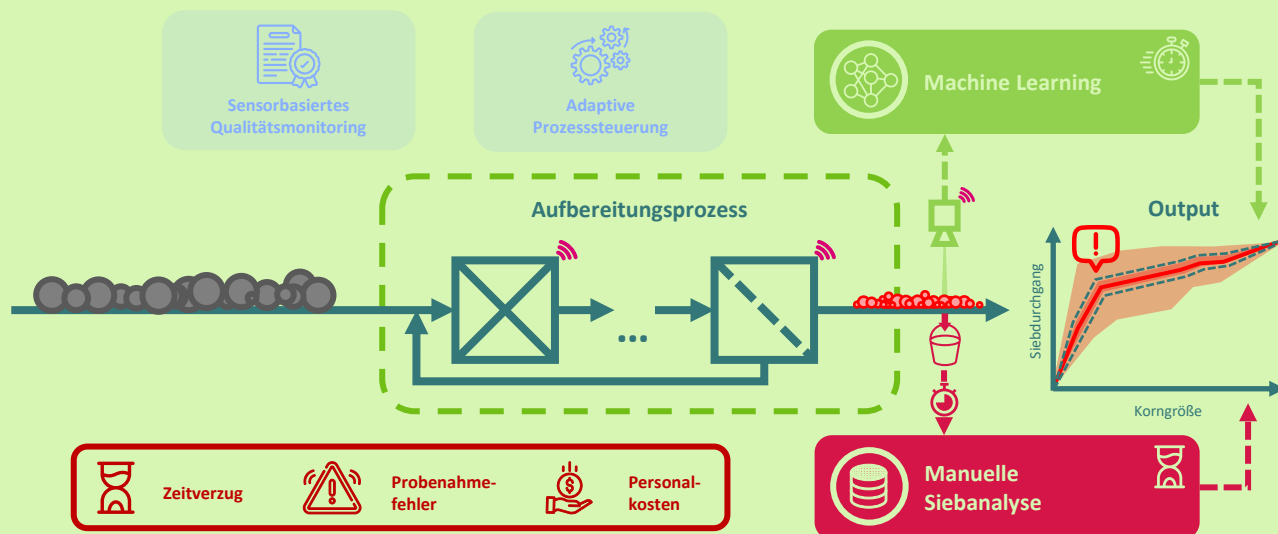
Lieve Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
GreenTech

Gefördert durch:

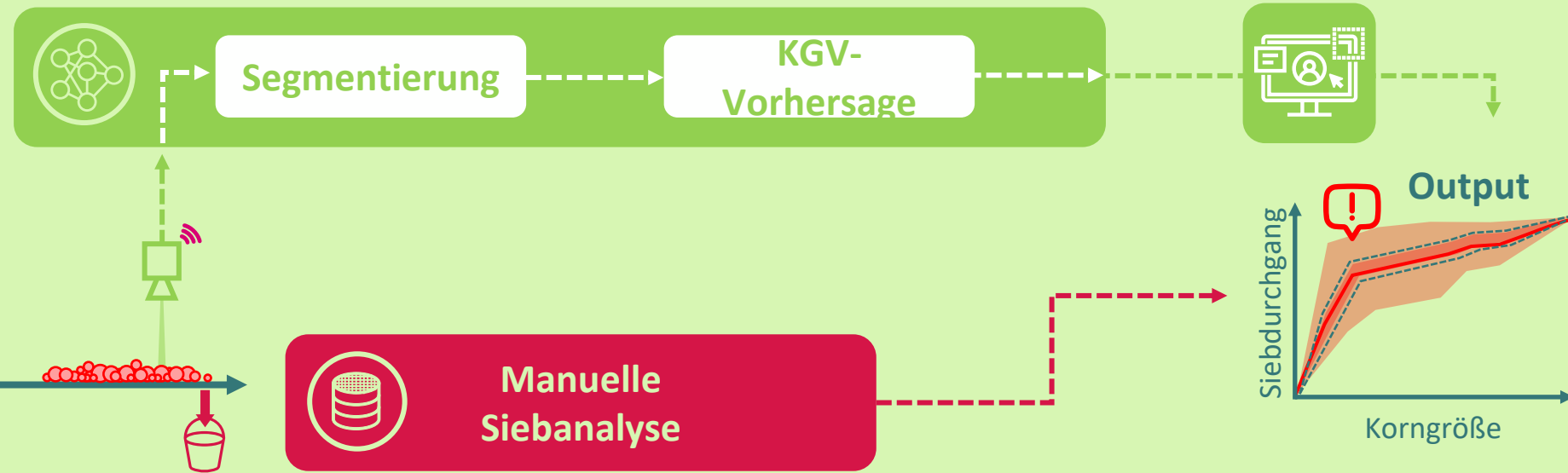
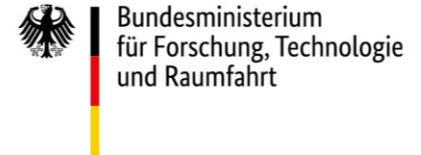


Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Lieve Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Gefördert durch:



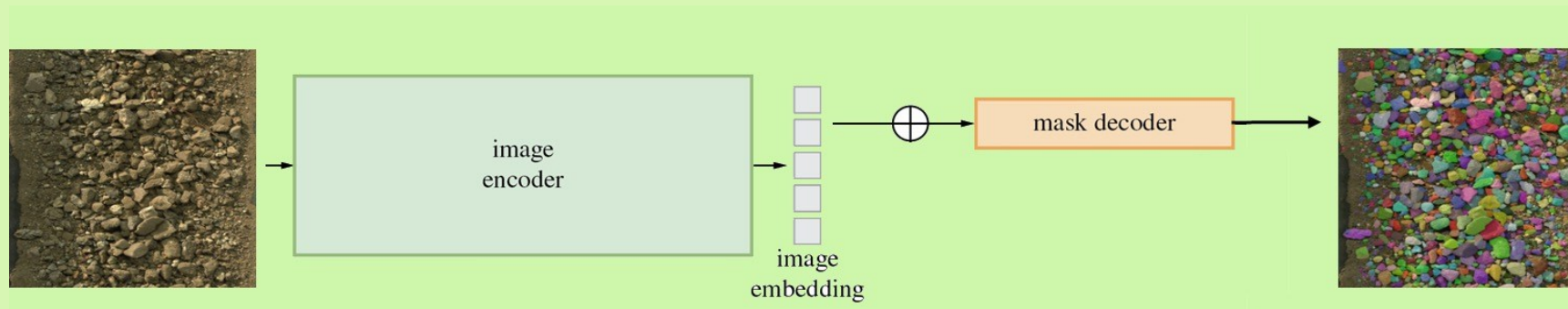
Lieve Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf



>1200 Partikel pro Bild



Partikel **ab 4 mm** können segmentiert werden



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Lieve Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
GreenTech

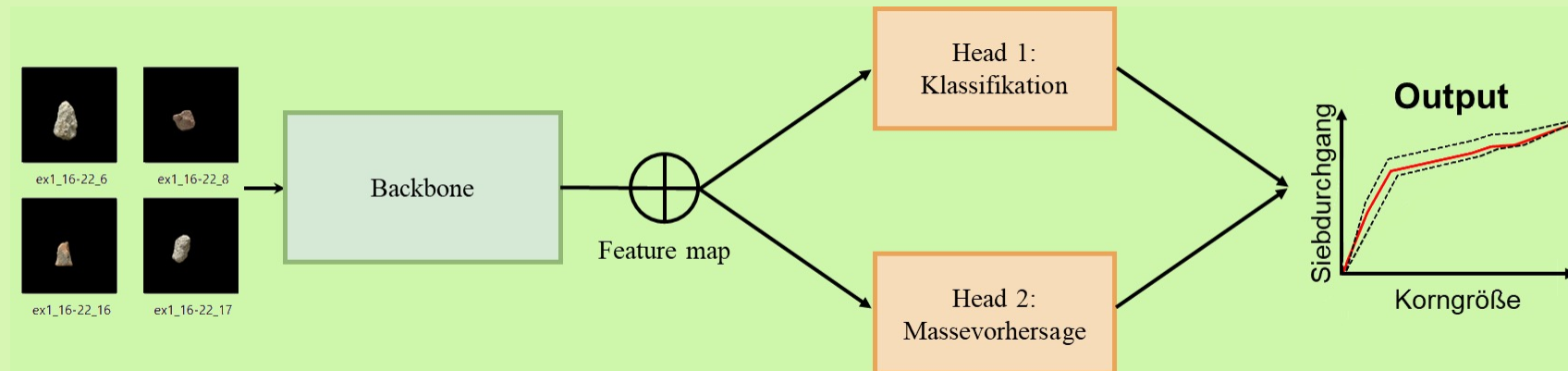


Labordaten:
 2-63 mm und 0-231 g
 (19.96 ± 36.35 g)
 1.186/300 Verteilung
 (Training/Test)



Max. **84%** Genauigkeit
Klassifikation*
 Max. **15g** Abweichung
Massenvorhersage*

* Validierung auf random gewählttem Modell
 mit optimiertem Trainingsprozess



Gefördert durch:



Bundesministerium
 für Forschung, Technologie
 und Raumfahrt

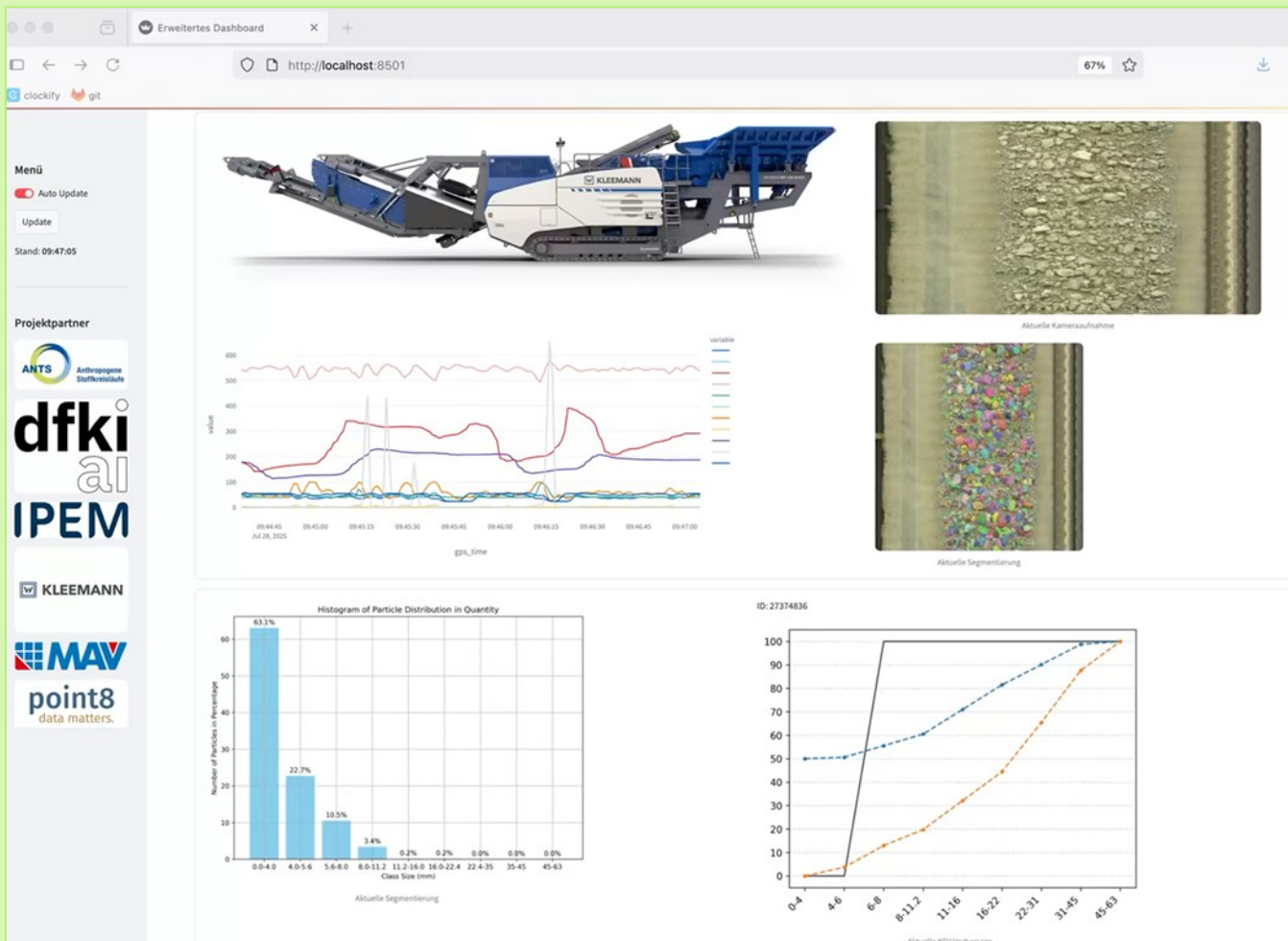
Lieve Göbbels,
 Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
 GreenTech



Segmentierung

KGV-
Vorhersage



Gefördert durch:



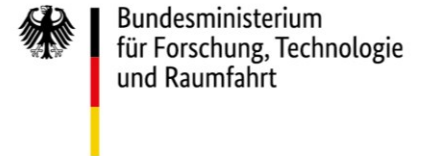
Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Lieve Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
GreenTech



Gefördert durch:



Lieve Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital 
GreenTech

Agenda



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



1. Motivation



2. Projekt KIMBA



3. Erkenntnisse



4. Ausblick

Liebe Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital 
GreenTech



(1) Machbarkeitsnachweis des **Inline-KGV-Monitorings** (TRL 6-7)



Erfolgreiche Integration



KI-Lösungen im Labormaßstab



(2) Demonstration & Validierung **sensorbasiertes Inline-Qualitätsmonitoring** (TRL 6-7)



Implementierung Pipeline



Validierung nach weiterer
Optimierung



Weiteren Materialtypen
notwendig für höheren TRL



(3) Demonstration **KI-basiertes Assistenzsystem:** Vorschlag optimierter Prozessparameter (TRL 5-7)



Simulation und live Erfassung
von Brecherdaten



Höhere Datenvarianz notwendig



Gefördert durch:



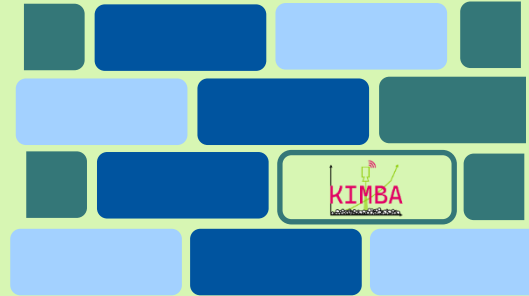
Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Liebe Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
GreenTech

Was denkt die Branche?

➤ Ergebnisse aus dem Austausch mit Akteuren



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Hemmnisse	Lösungsansätze
Akzeptanz/Ausschreibung	Zertifizierer einbinden, Leuchtturmprojekte, RC-Quote stetig erhöhen
Stoffstrommanagement	Supply-Chain-Kommunikation, Klassifizierung von Rückbauprojekten
Kosten	Transparenz und Prozessadaption
Qualität	Eigenschaften definieren, Einsatzzwecke adaptieren
Analytik/Lagerung	Laborkapazitäten ausbauen, Analytik anpassen

Liebe Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
GreenTech

Was denkt die Branche?

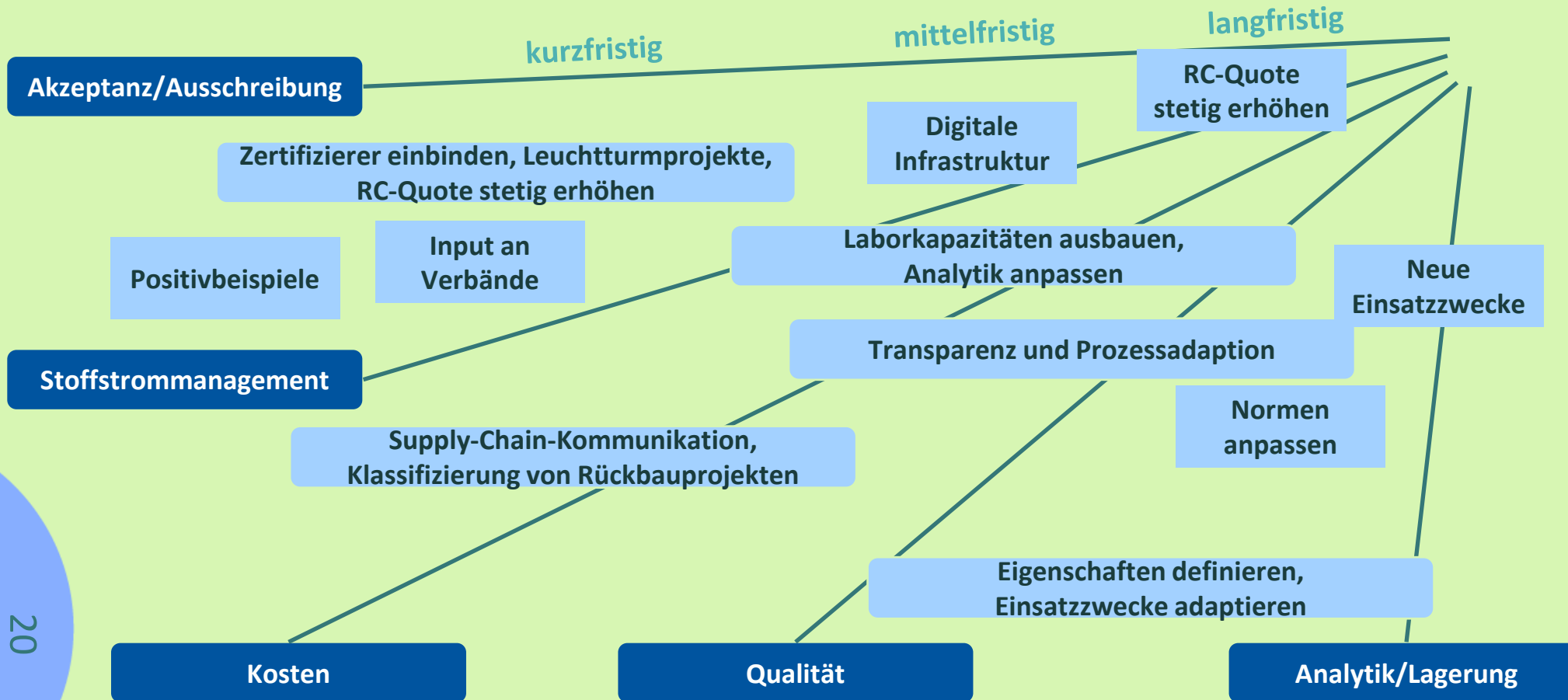
➤ Ergebnisse aus dem Austausch mit Akteuren



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Liebe Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
GreenTech

Agenda



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



1. Motivation



2. Projekt KIMBA



3. Erkenntnisse



4. Ausblick

Liebe Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital 
GreenTech



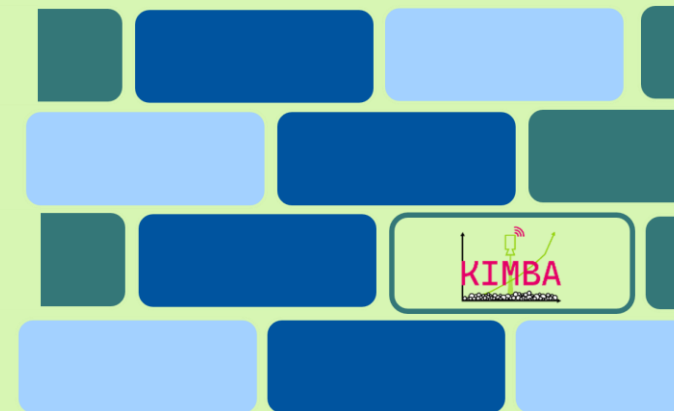
Potential unserer technischen Entwicklung



Vermarktungsmöglichkeiten
Beitrag zu konstanter **Produktqualität**
Bessere **Datenlage**
Effizientere **Anlagennutzung**

Unser Forschungsprojekt ist nur ein Baustein.

Es fehlen noch zahlreiche Bausteine und es ist intensiver Austausch zwischen allen Akteuren für das gemeinsame Ziel einer erhöhten Zirkularität im Bauwesen nötig.



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Liebe Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf

Digital
GreenTech

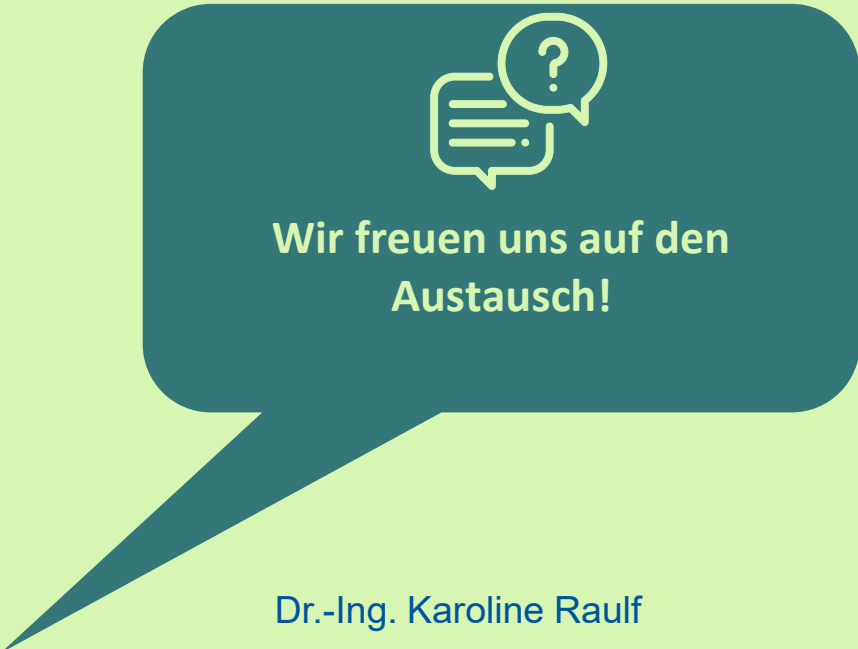
Lieve Göbbels, MSc
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Institut für Anthropogene Stoffkreisläufe (ANTS)
RWTH Aachen University

Wüllnerstr. 2, D-52062 Aachen

Tel.: +49 241 80-95707

E-Mail: lieve.goebbels@ants.rwth-aachen.de

Web: www.ants.rwth-aachen.de



**Wir freuen uns auf den
Austausch!**

Dr.-Ing. Karoline Raulf
Akademische Rätin
Institut für Anthropogene Stoffkreisläufe (ANTS)
RWTH Aachen University

Wüllnerstr. 2, D-52062 Aachen

Tel.: +49 241 80-96123

E-Mail: karoline.raulf@ants.rwth-aachen.de

Web: www.ants.rwth-aachen.de



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

**Lieve Göbbels,
Dr.-Ing. Karoline Raulf**

**Digital
GreenTech**