

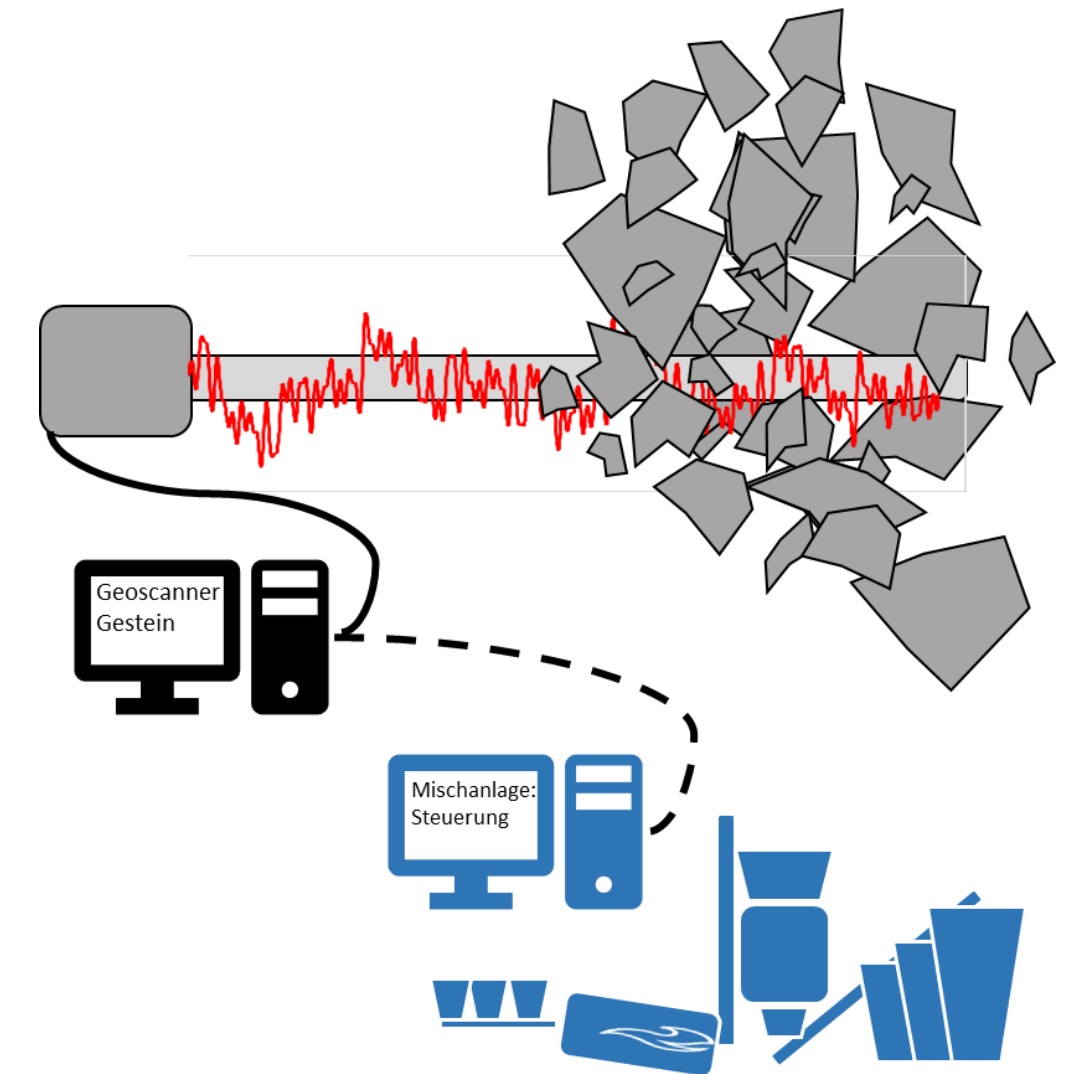
Sieblinienbestimmung von Gestein und Asphaltgranulat mit dem Klangstab bei der Asphaltherstellung

apl. Prof. Dr.-Ing. Konrad Mollenhauer,
Universität Kassel

Klangstab? – Prinzip des Geoscanners

- Gesteinskörner prallen auf den Hartmetallstab (Oszillator)
- Jedes Korn verursacht Schwingungen
- Überlagerte Schwingungen werden durch einen Beschleunigungsaufnehmer in elektrische Ladungen umgewandelt
- Ladungsverstärker erzeugt daraus robustes Spannungssignal
- Spannungssignal wird in Zahlenreihen umgewandelt
- Zahlenreihen (Schwingungssignal) korreliert mit Korngrößenverteilung:

Zu jedem Zeitpunkt des Produktionsprozesses kann die Korngrößenverteilung des Gesteinskörnungsstromes erfasst werden.



Beispiele für Geoscanner



Status Quo 2023:

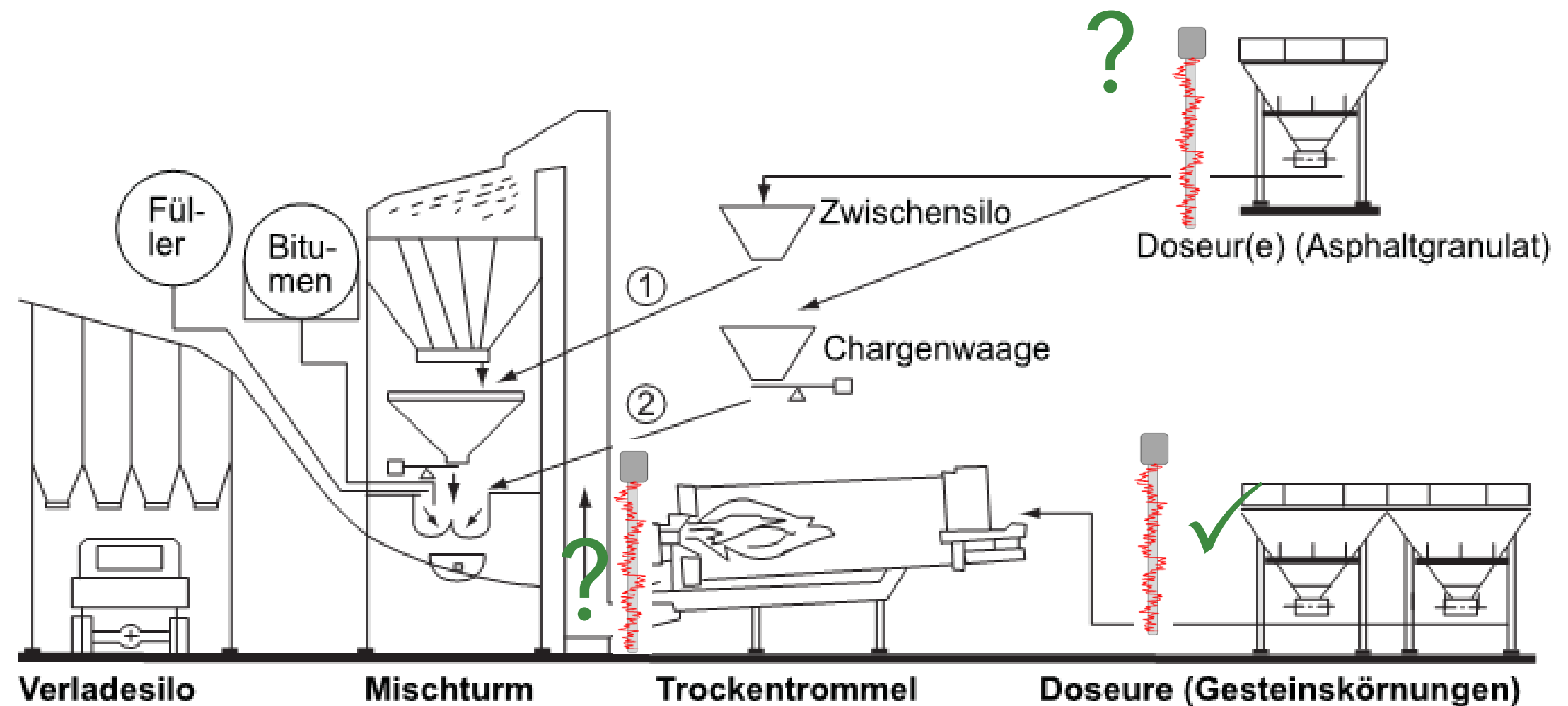
- Geoscanner in zahlreichen Industrien mit granularen Produkten im Einsatz (z. B. Steinbrüche)
- Seit 2021 Erprobung in Asphaltmischwerken
- Seit 2023 beschrieben in H Red L (Hinweise für alternative Methoden zur Reduzierung des Lösemitteleinsatzes bei der Asphaltanalyse)



Bild 3: Geoscanner im Strom des Gesteinskörnungsgemisches vor der Trockentrommel
(Quelle: Basalt-Actien-Gesellschaft)

Geoscanner: Offene Fragestellungen

- Korngrößenverteilung kann in der laufenden Produktion durchgehend bestimmt werden
- Probleme für die Überwachung der Asphaltherstellung:
 - Zeitverzug zwischen Messung Messung (vor Trockentrommel) und Beeinflussungsmöglichkeit (Siebtaschen)
 - Asphaltgranulat
 - Heterogenität
 - Bindemittelgehalt und Korngrößenverteilung statt Stückgrößenverteilung relevant
- Forschungsbedarf!



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T



Universität Kassel,
Fachgebiet Bau und Erhaltung
von Verkehrswegen

Konrad Mollenhauer, Jens Wetekam

Technische Universität
Clausthal, Institut für Bergbau

Lehrstuhl für Tagebau und
Internationaler Bergbau

H. Tudeschi, Niklas Hartung

IGF-Vorhaben FKZ 22939 N
Mai 2023 bis August 2025

**Innovative Qualitätssicherung bei der Asphaltherstellung:
Durchgehende Produktionsüberwachung und Verbesserung des
Arbeits- und Gesundheitsschutzes durch erhebliche Reduzierung
der Exposition durch Lösemitteldämpfe**

Forschungsfragen zur Anwendung des Geoscanners im Asphaltmischwerk

- Kann die Korngrößenverteilung hinter der Trockentrommel bestimmt werden?
 - Ergebnis ist zeitlich dichter an Steuermöglichkeit
 - Temperaturen $> 300\text{ °C}$
- Kann die Stückgrößenverteilung von Asphaltgranulat bestimmt werden?
 - Anhaftungen
- Kann aus der ermittelten Stückgrößenverteilung auf wesentliche Eigenschaften geschlossen werden
 - Bindemittelgehalt
 - Korngrößenverteilung

1. Installation von Geoscannern in einem Asphaltmischwerk
 - Hinter Trockentrommel im Gesteinsstrom
 - Im Asphaltgranulat-Strom
2. Installation von Probenehmern in der Nähe der Geoscanner
 - Probenahme möglichst nah an Geoscanner, um Signal-Probe-Zuordnung zu erleichtern und Veränderungen / Entmischungen zu vermeiden
3. Kalibrierungsmessungen
 - Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Geoscanner-Signal und Korngrößenverteilung
 - Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Geoscanner-Signal und Stückgrößenverteilung (AG)
 - Zusammenhang zwischen Stückgrößenverteilung und Bindemittelgehalt / Korngrößenverteilung
4. Validierung des Verfahrens

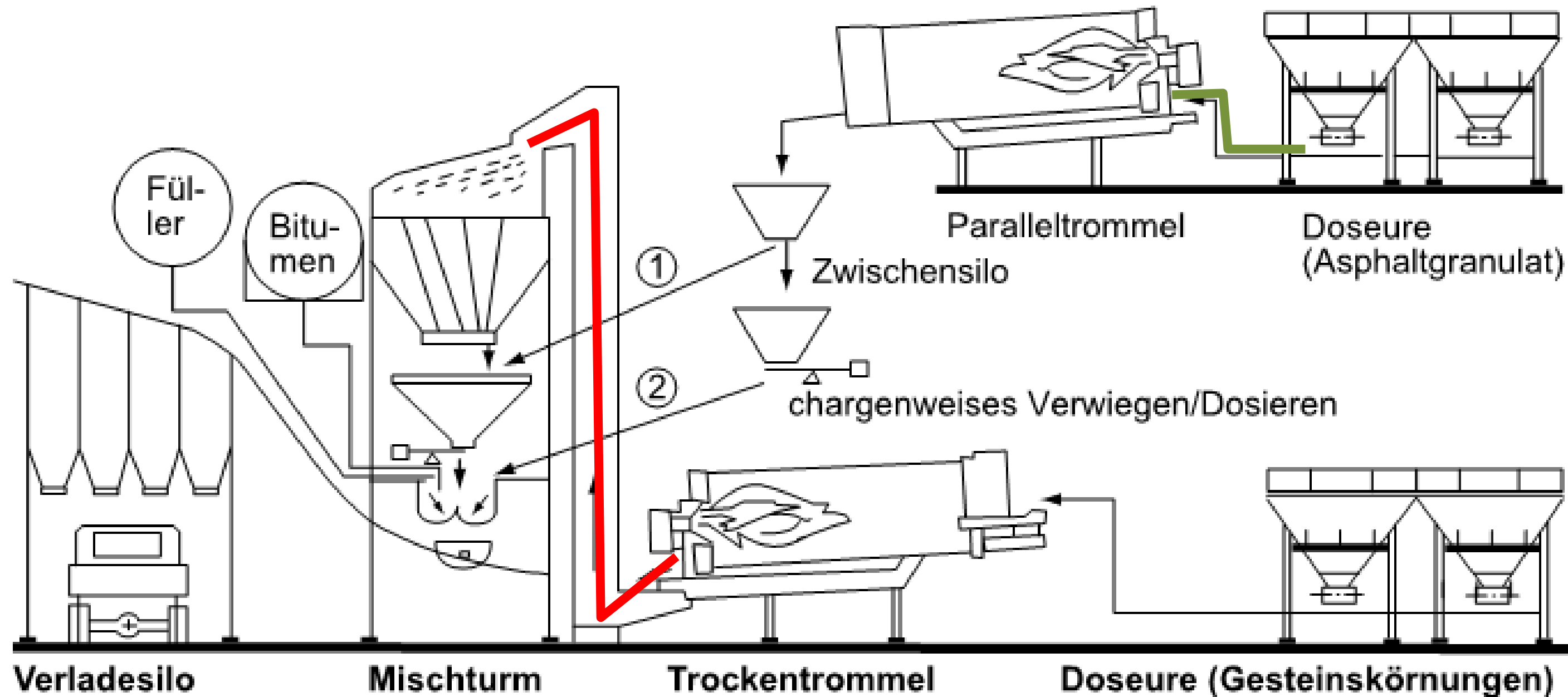
Umsetzung an Asphaltmischwerk Hambostel



Installation der Geoscanner

— Förderweg heißes Gesteinskörnungsgemisch

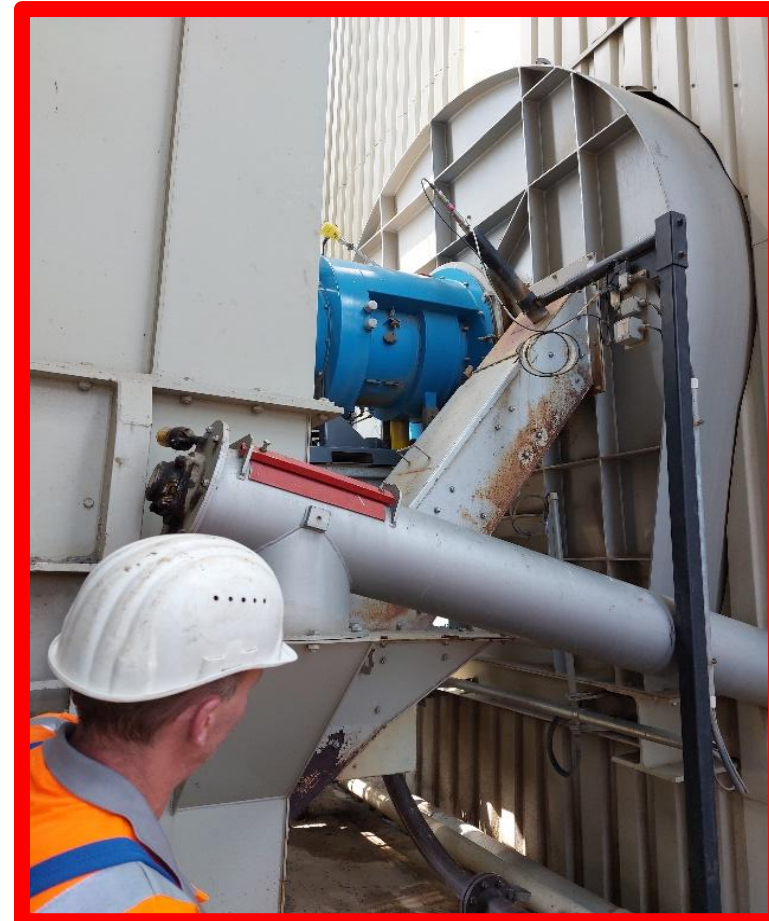
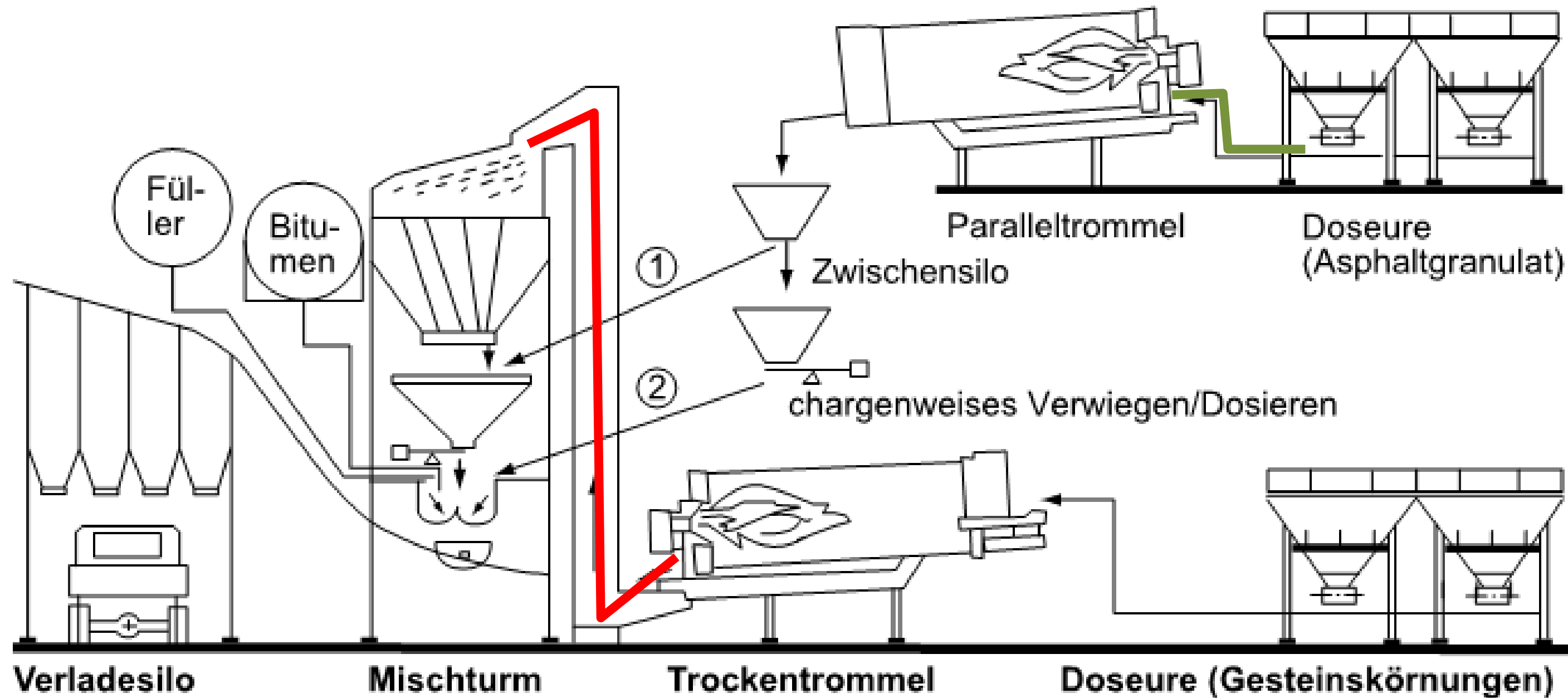
— Förderweg Asphaltgranulat



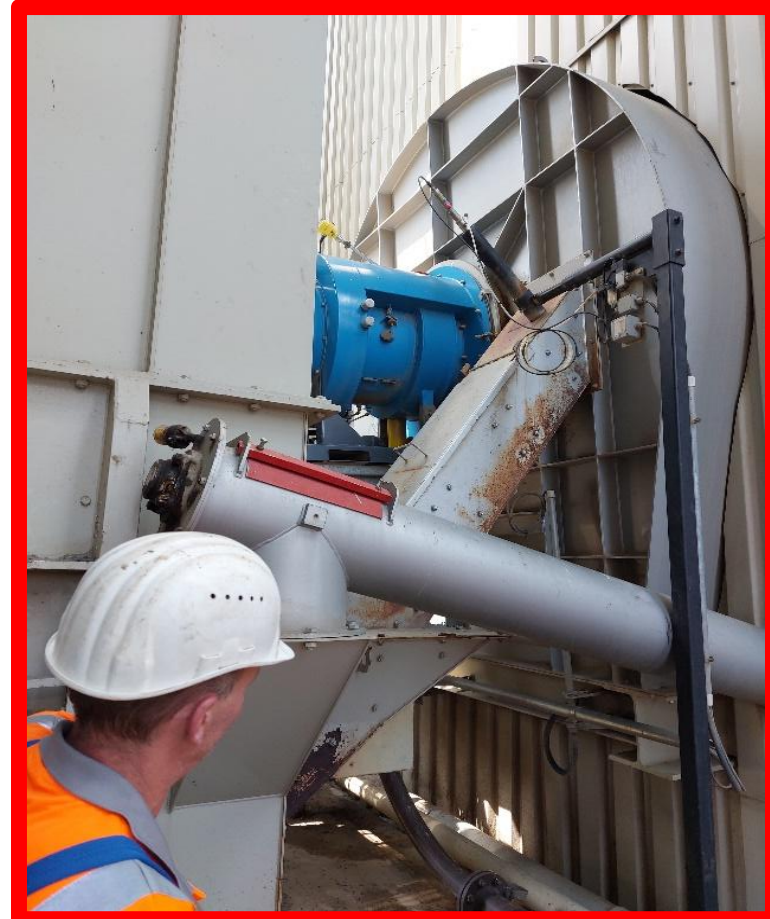
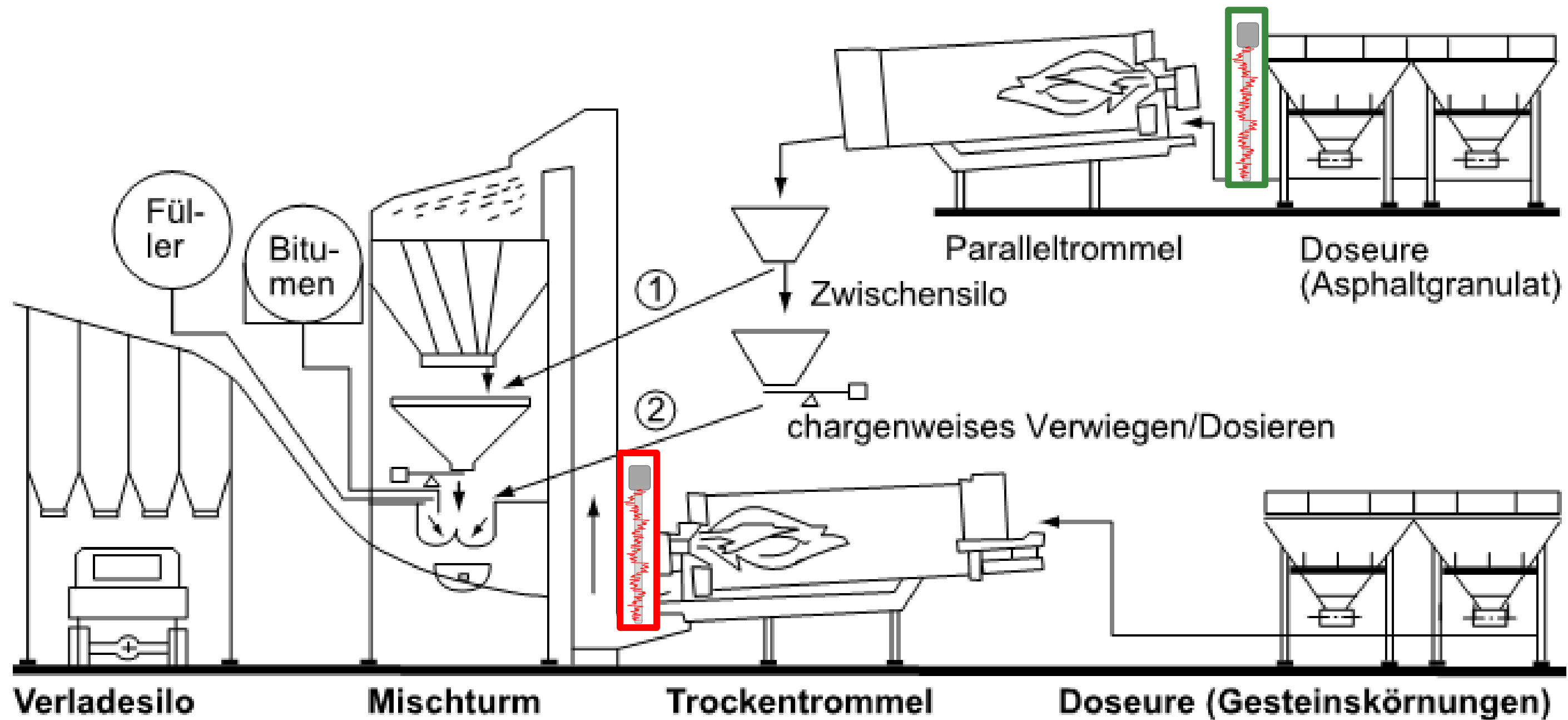
Installation der Geoscanner

— Förderweg heißes Gesteinskörnungsgemisch

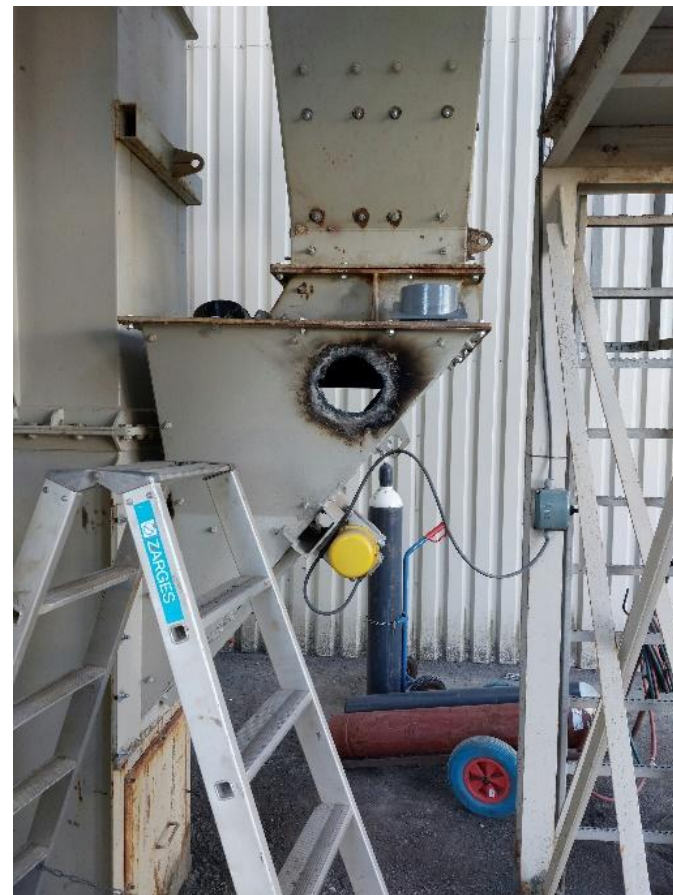
— Förderweg Asphaltgranulat



Installation der Geoscanner



Probenahme Asphaltgranulat



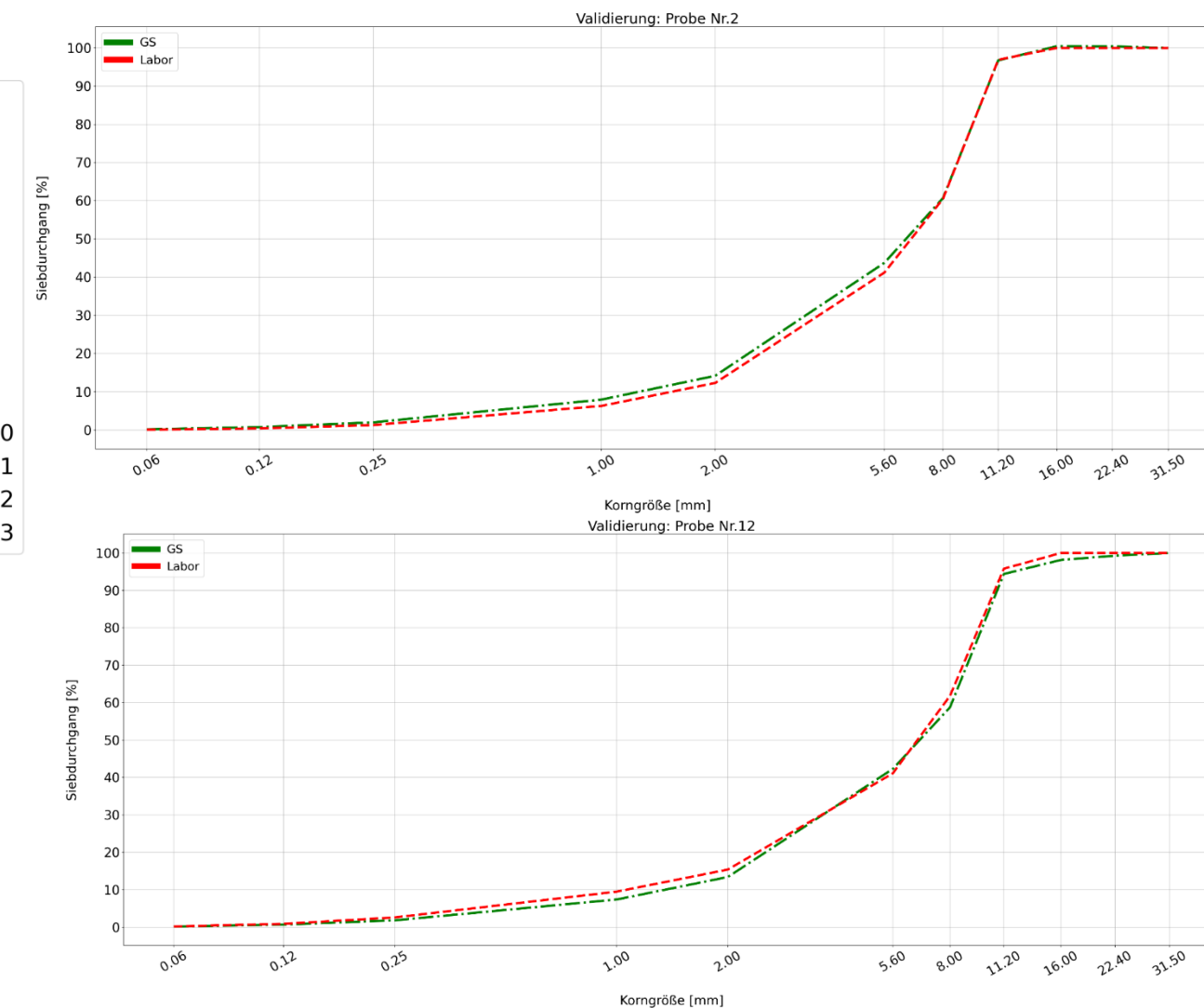
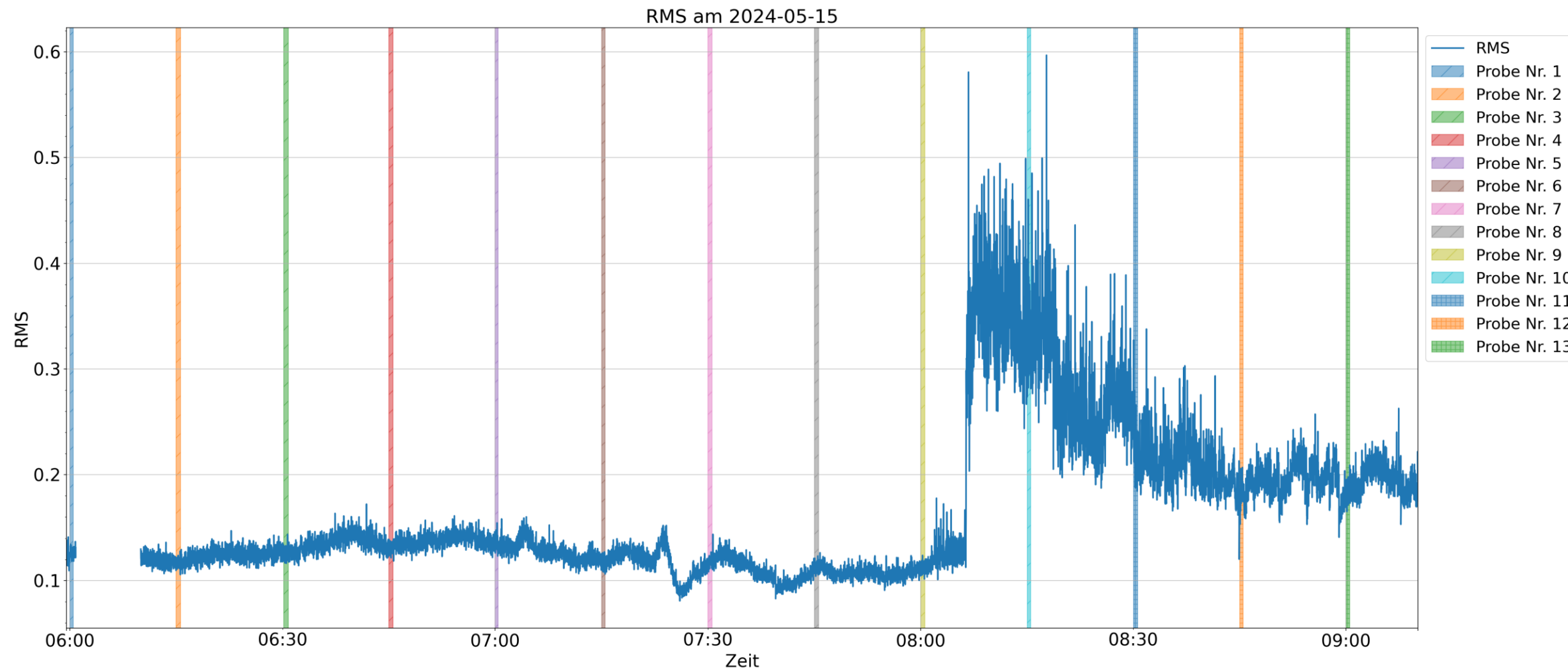
Probenahme der erhitzten Gesteinskörnungen

- Probenahme kurz hinter den jeweiligen geoscannern möglich
- Probenahme beeinflusst nicht das Messsignal
- Zuordnung der Probe und im Labor daran bestimmte Eigenschaften zu dem Probenahmezeitpunkt aufgezeichneten Messsignal



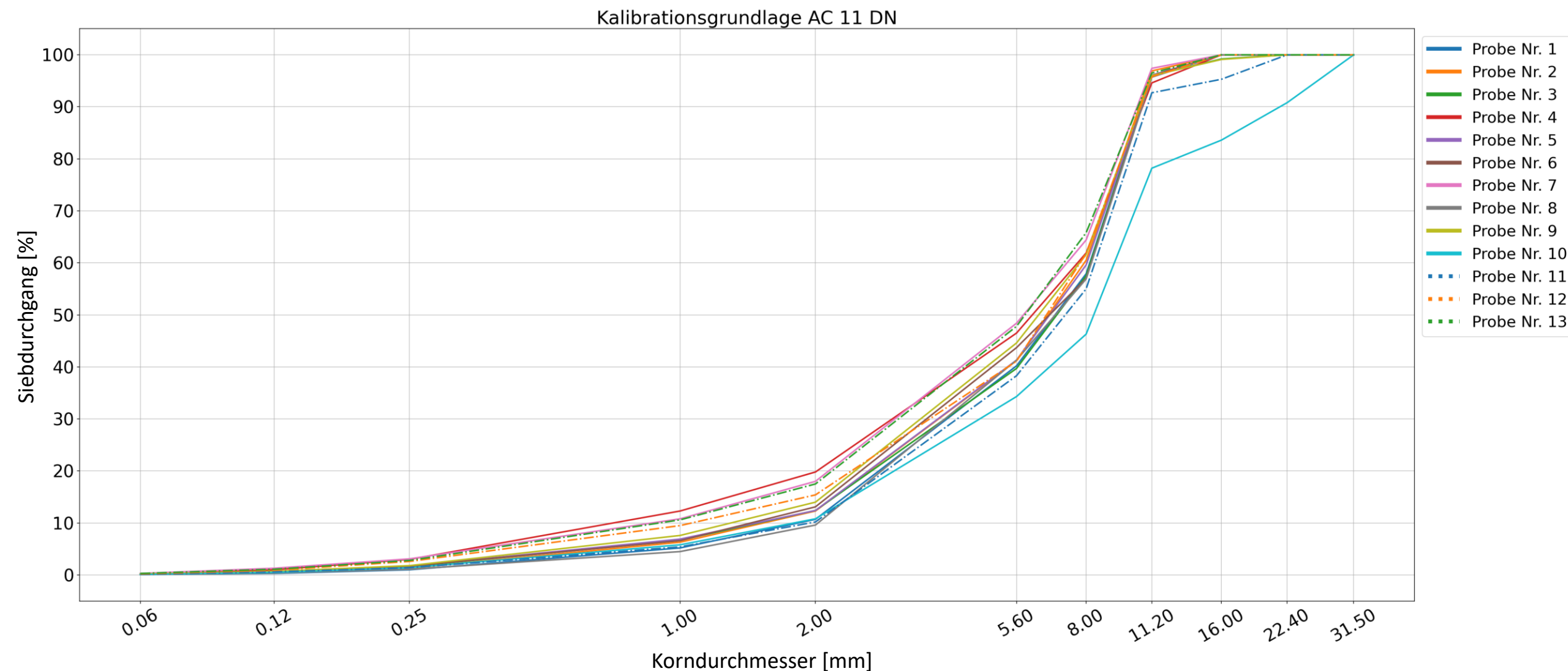
Kalibrierungsmessungen (Beispiel: AC 11 D N)

- Gesteinskörnungen:
 - Entnahme von (heißen) Gesteinskörnungen
 - Siebanalyse zur Bestimmung der Korngrößenverteilung
 - Abgleich der Korngrößenverteilung mit Messsignal

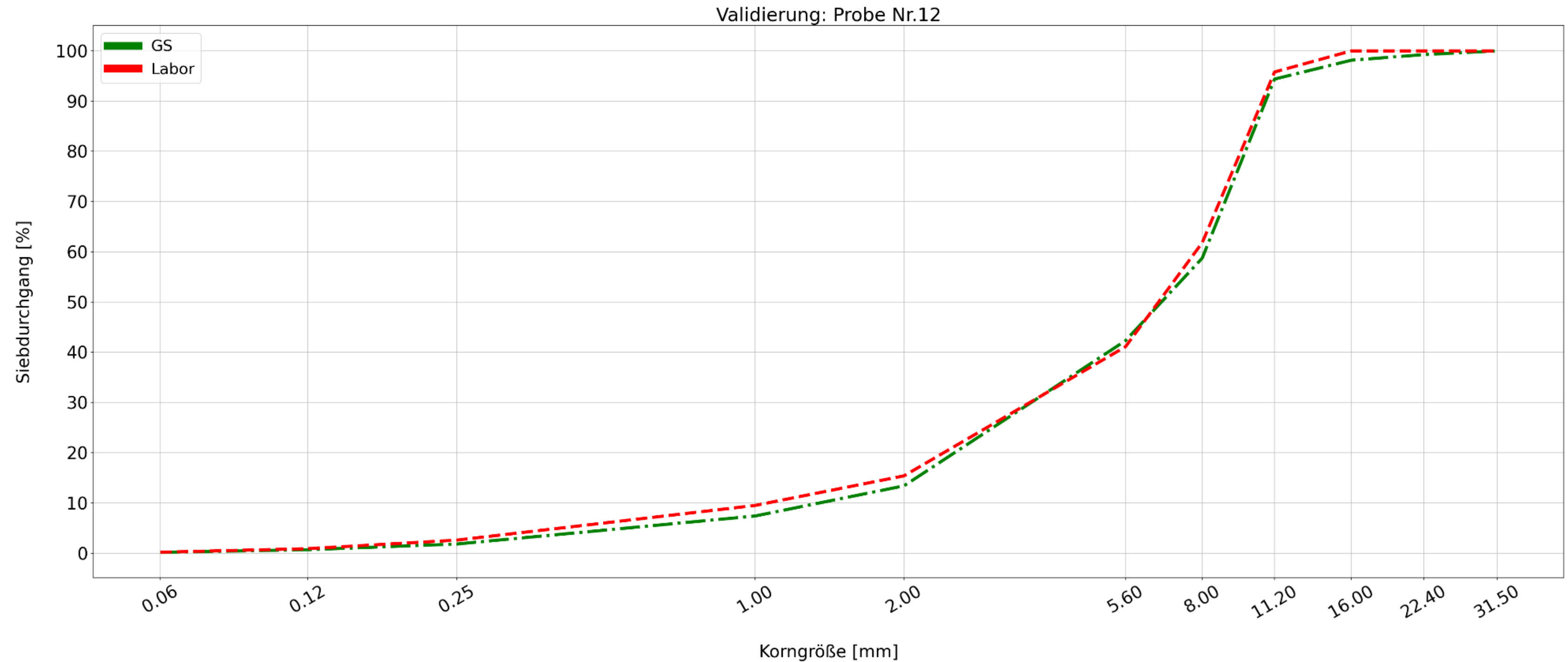


Kalibrierungsmessungen

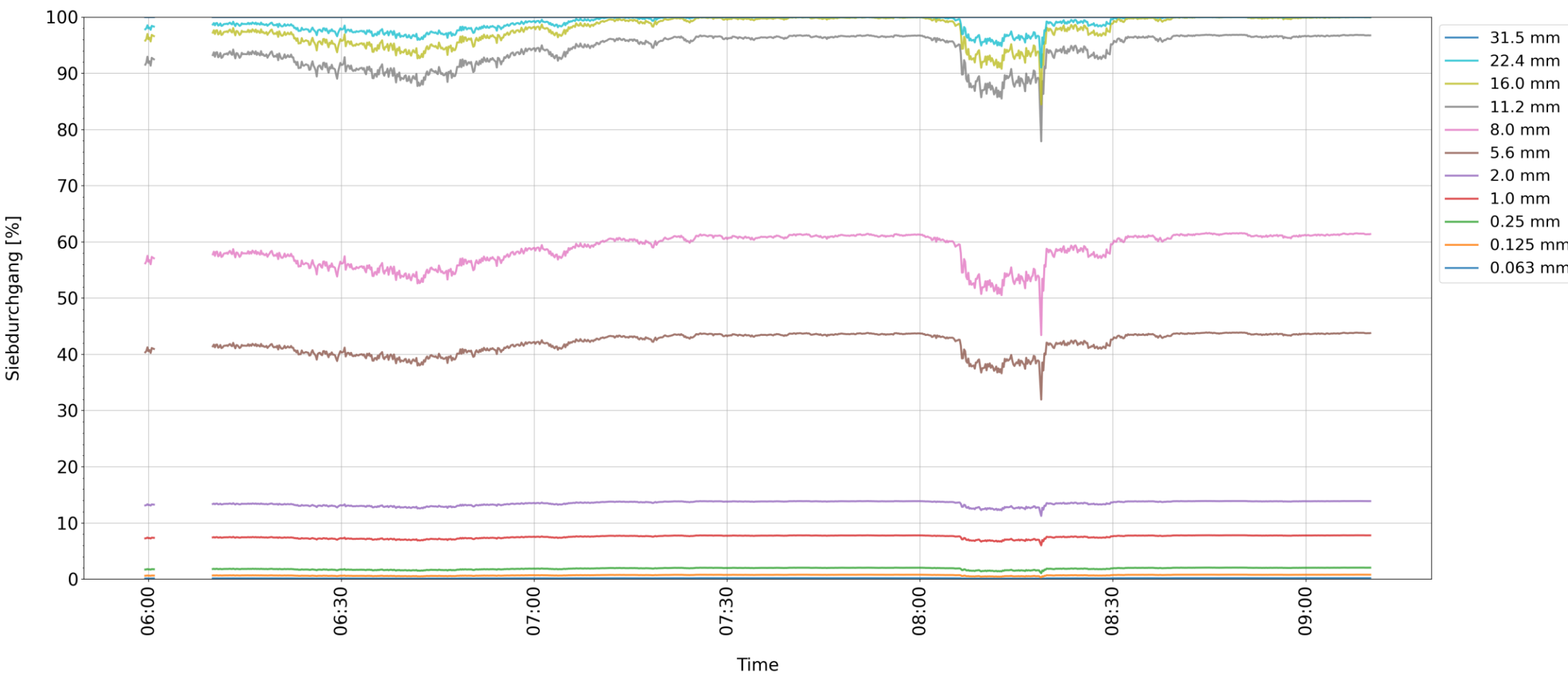
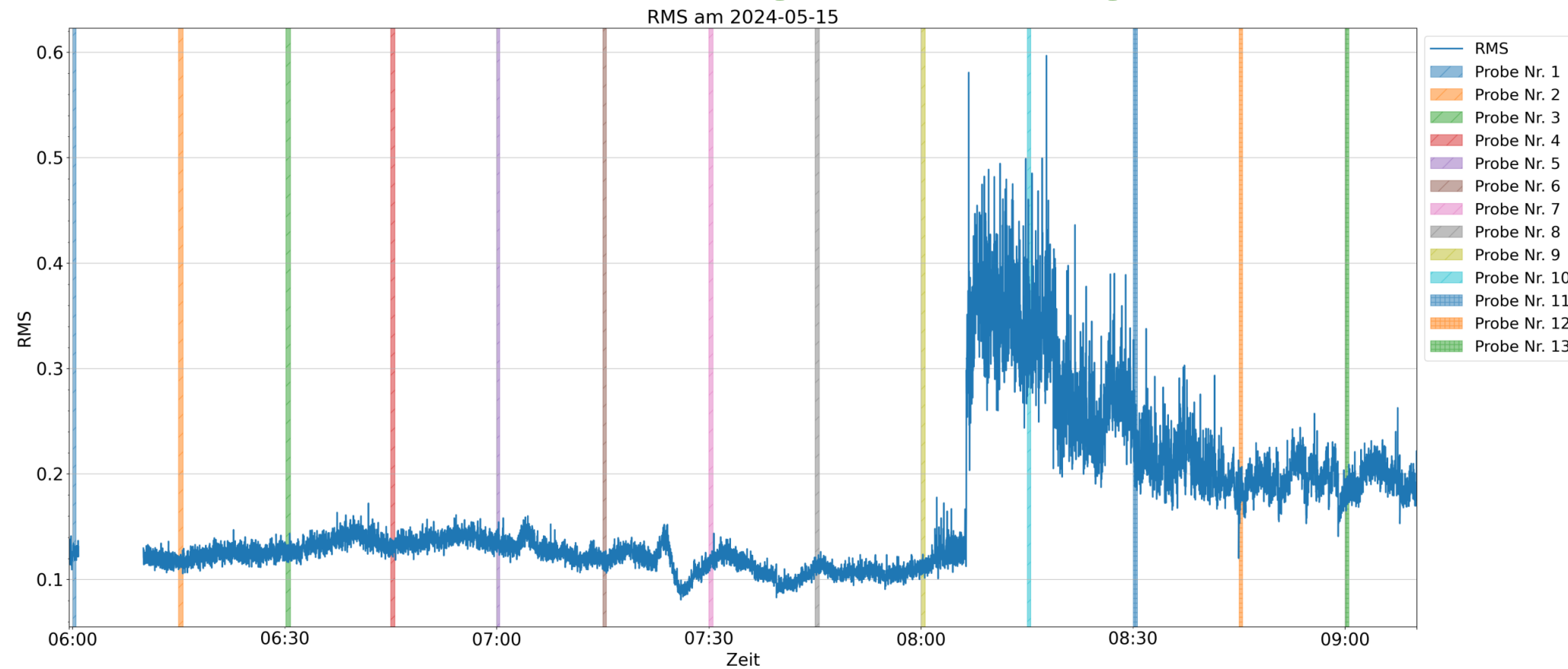
- Gesteinskörnungen:
 - Entnahme von (heißen) Gesteinskörnungen
 - Siebanalyse zur Bestimmung der Korngrößenverteilung
 - Abgleich der Korngrößenverteilung mit Messsignal



Beispiel-Sieblinien (Probe 2 und 12)

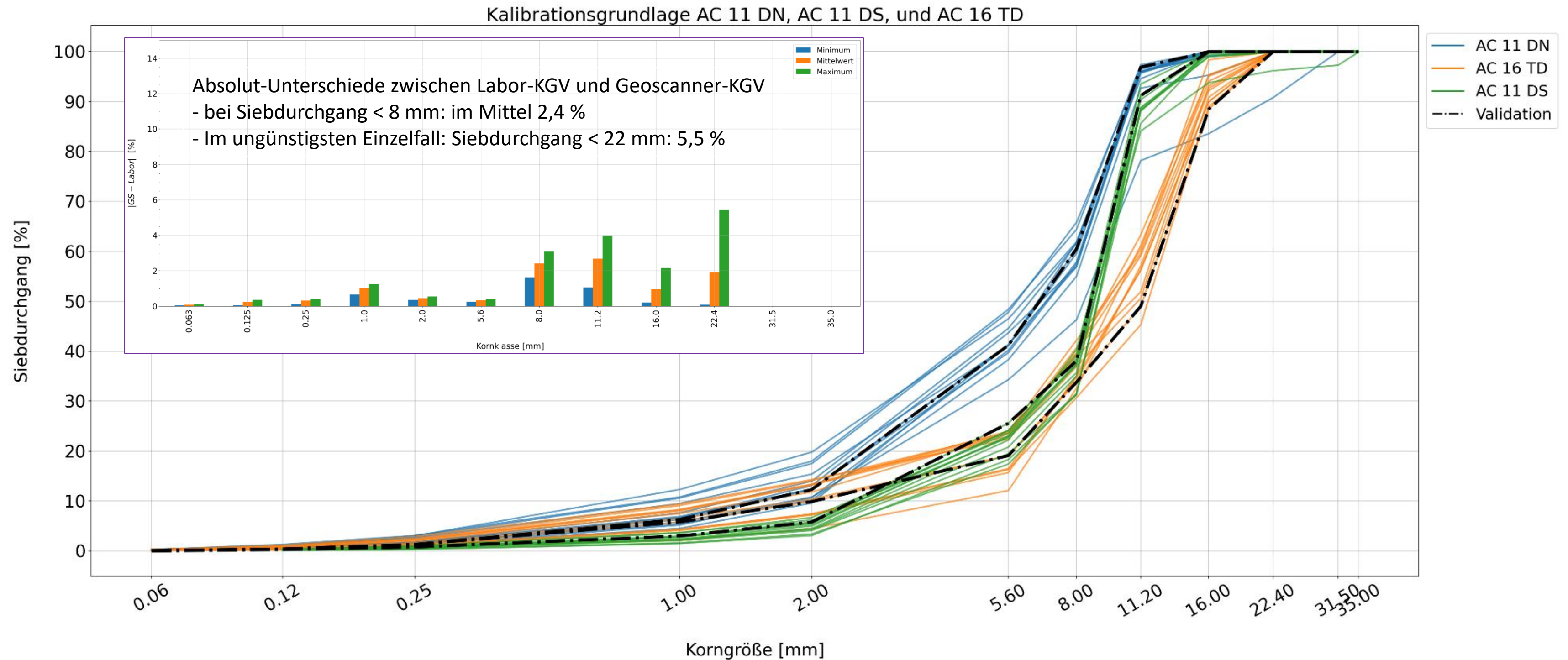


Nach Kalibrierung: durchgehende Ausgabe der KGV



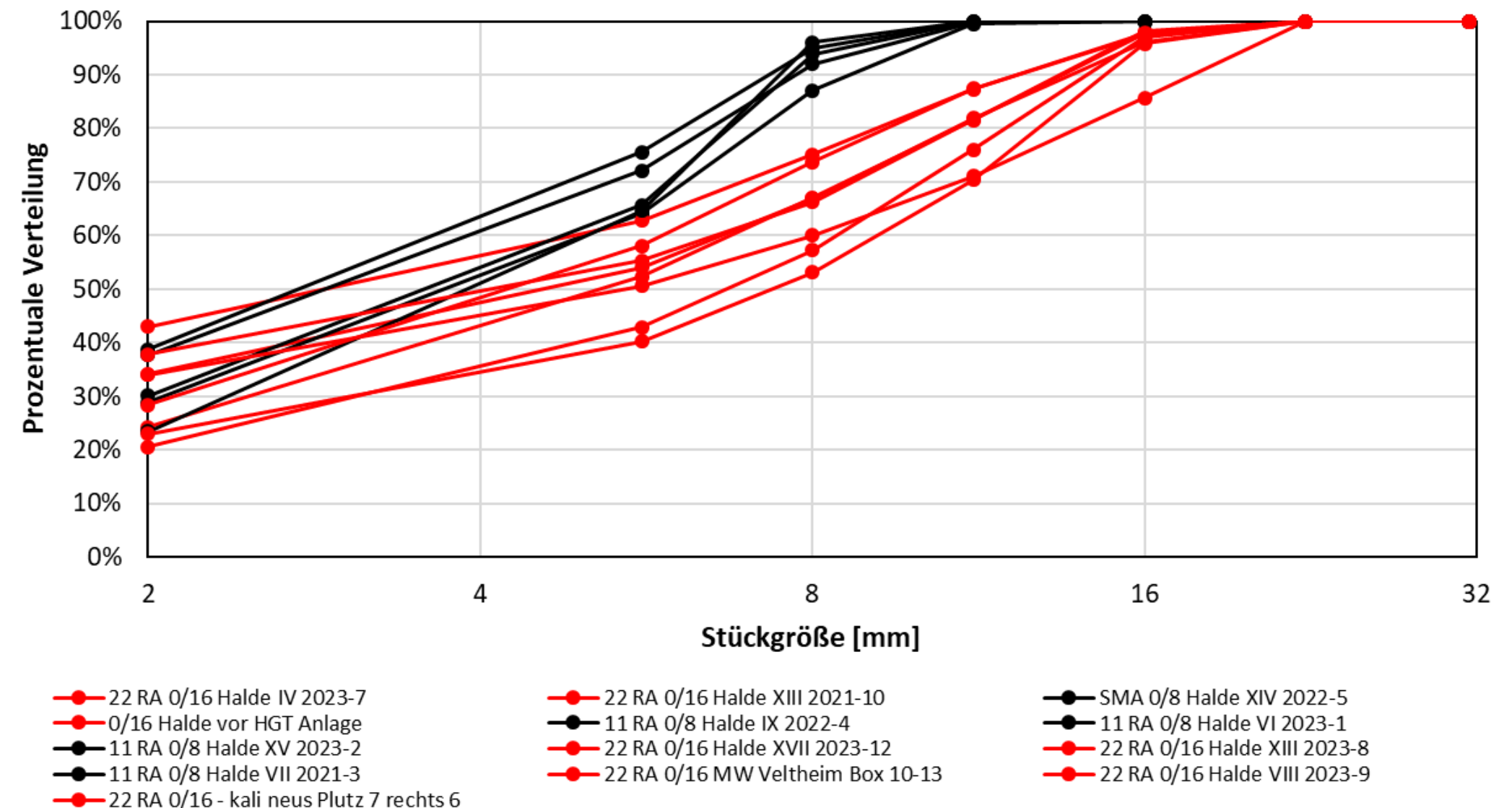
- Umwandlung des Messsignals in Sieblinien
- Darstellung der Siebdurchgänge bei den relevanten Korngrößen
- Abweichungen können erkannt werden
- Bei relevanten Abweichungen kann Produktion angepasst werden, z. B. durch zusätzliche Zugabe bestimmter Kornklassen aus Heißsilo

Validierung mit verschiedenen Gesteinskörnungsgemischen



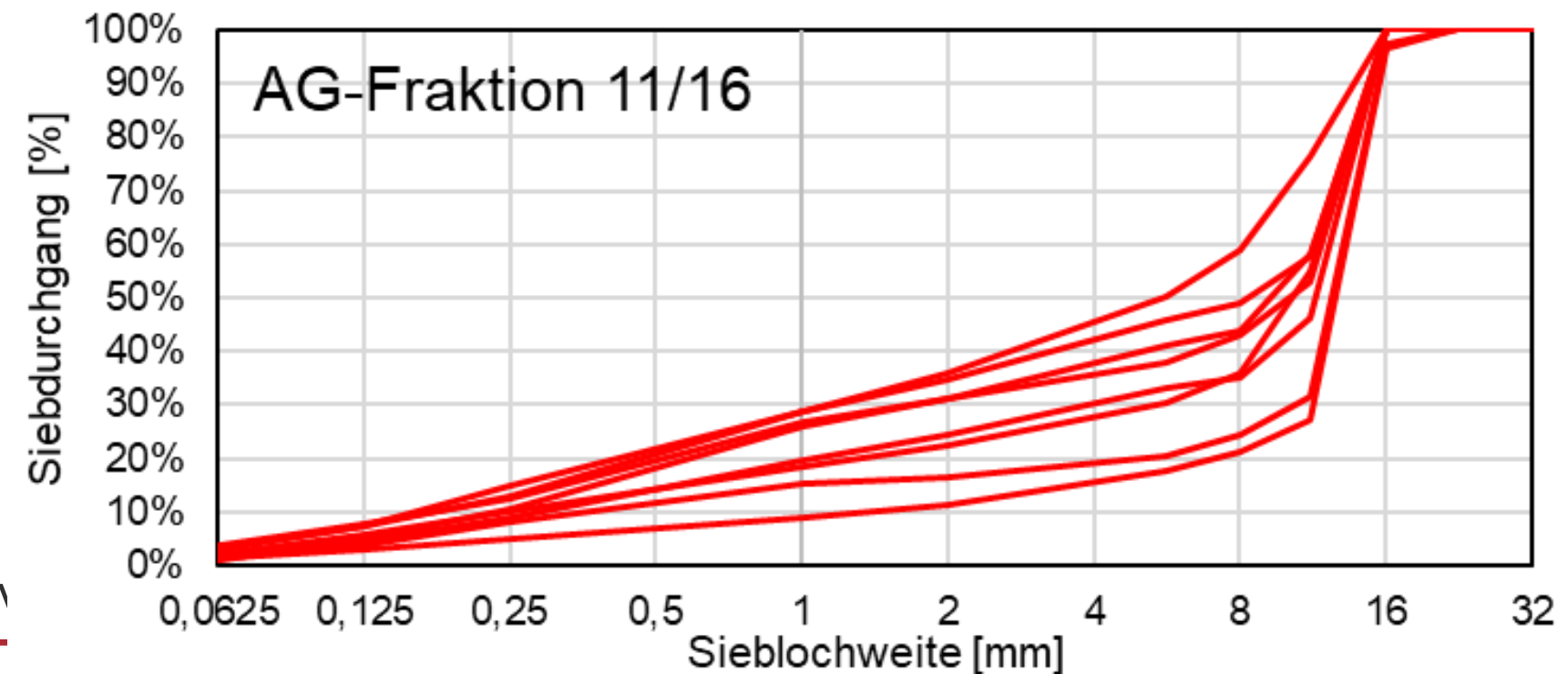
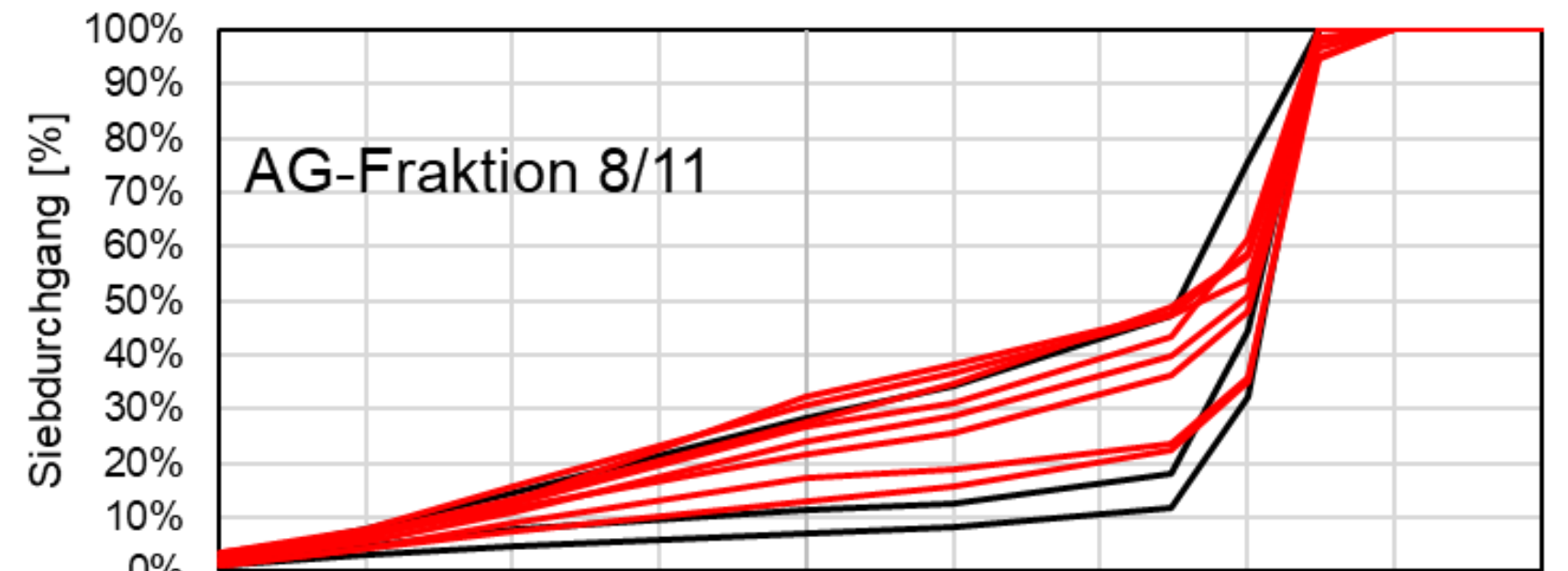
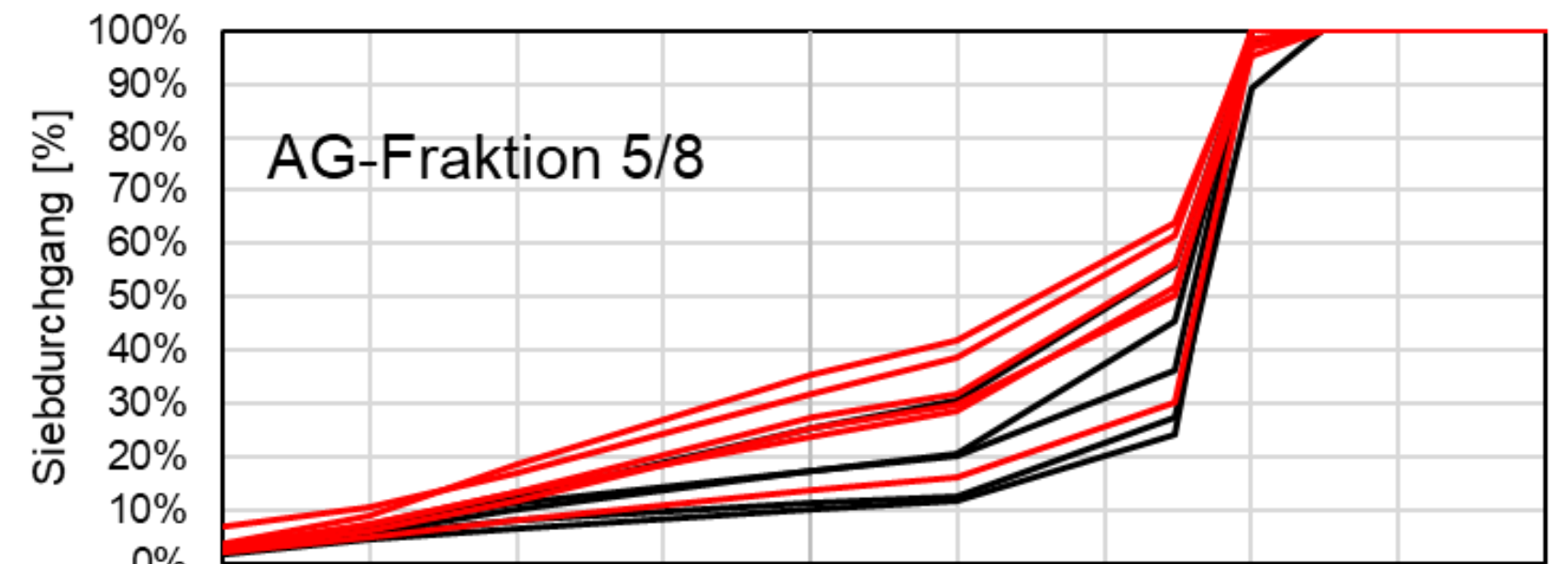
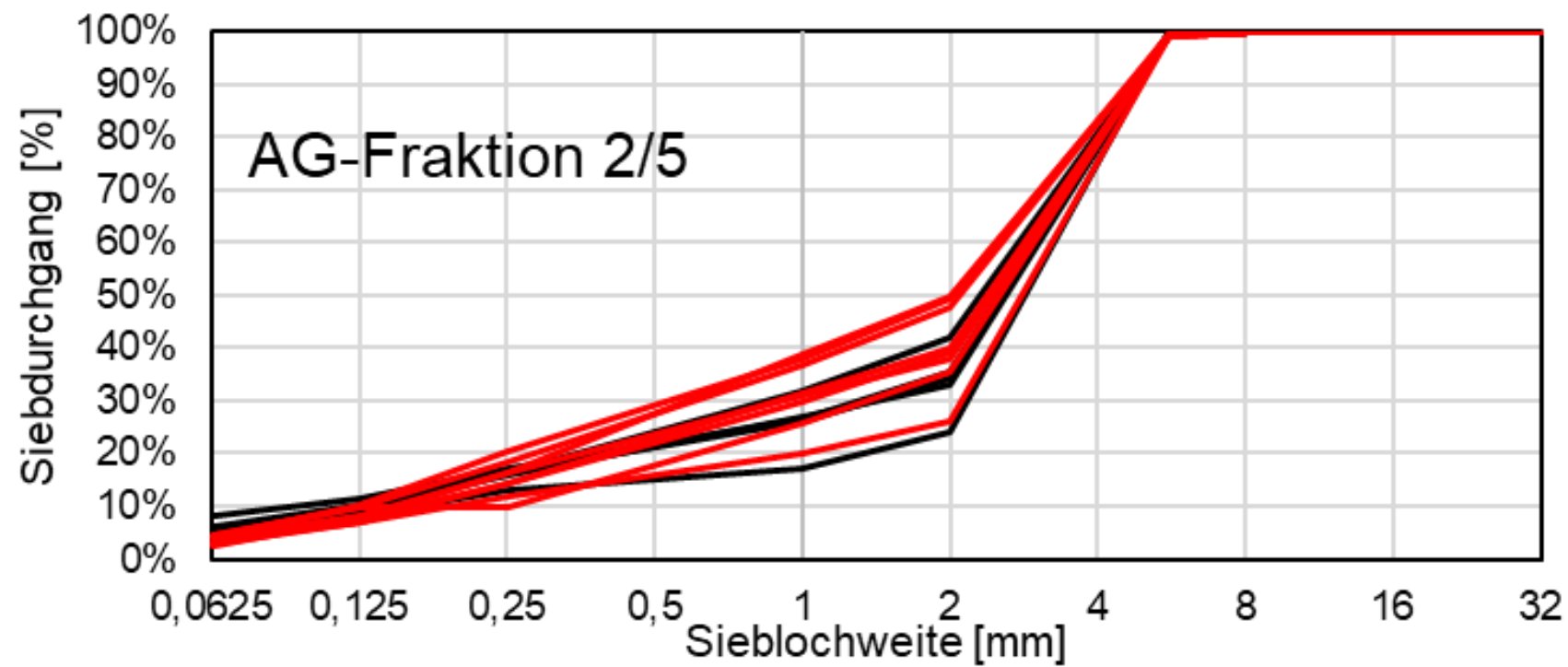
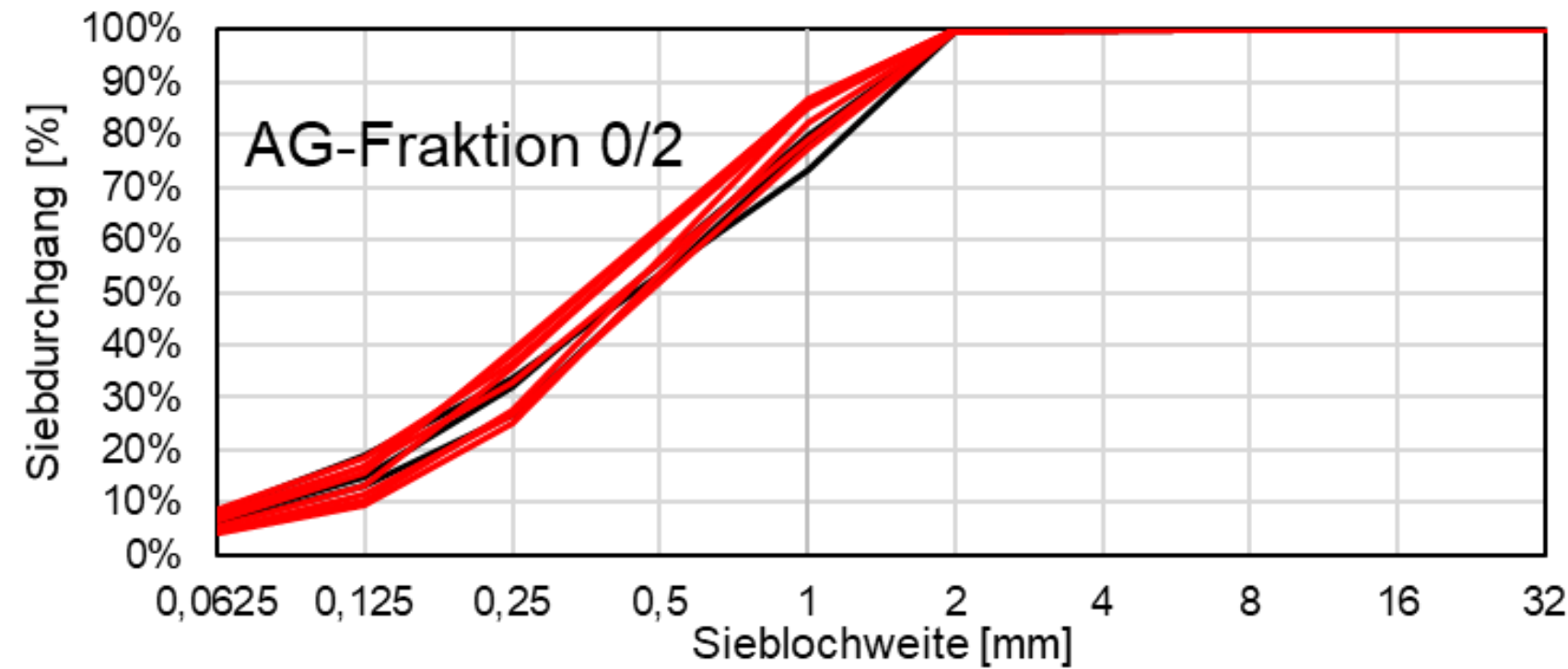
Kalibrierung Asphaltgranulat

- Geoscanner erfasst Stückgrößenverteilung
- Stückgrößenverteilung muss durch Siebanalyse bestimmt werden
- Zusammenhang zu Bindemittelgehalt und Korngrößenverteilung muss hergestellt werden
- Untersuchung von zahlreichen Asphaltgranulaten
- Jeweils Fraktionierung in bis zu 5 Stückfraktionen:
 <2 , $2/5$, $5/8$, $8/11$, ≥ 16 [mm]
- Bestimmung KGV und Bindemittelgehalt in jeder Fraktion

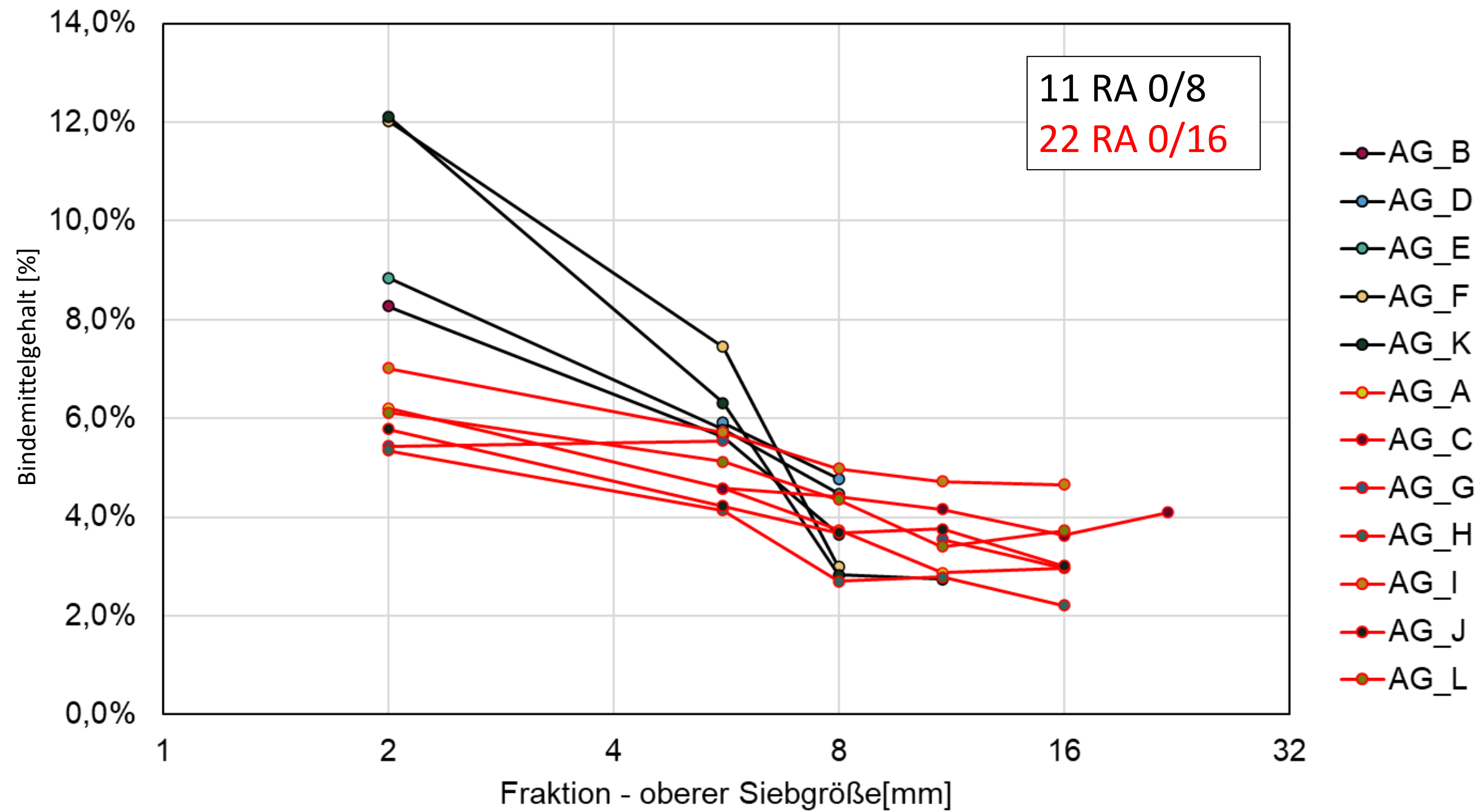


Korngrößenverteilungen in AG-Fractionen

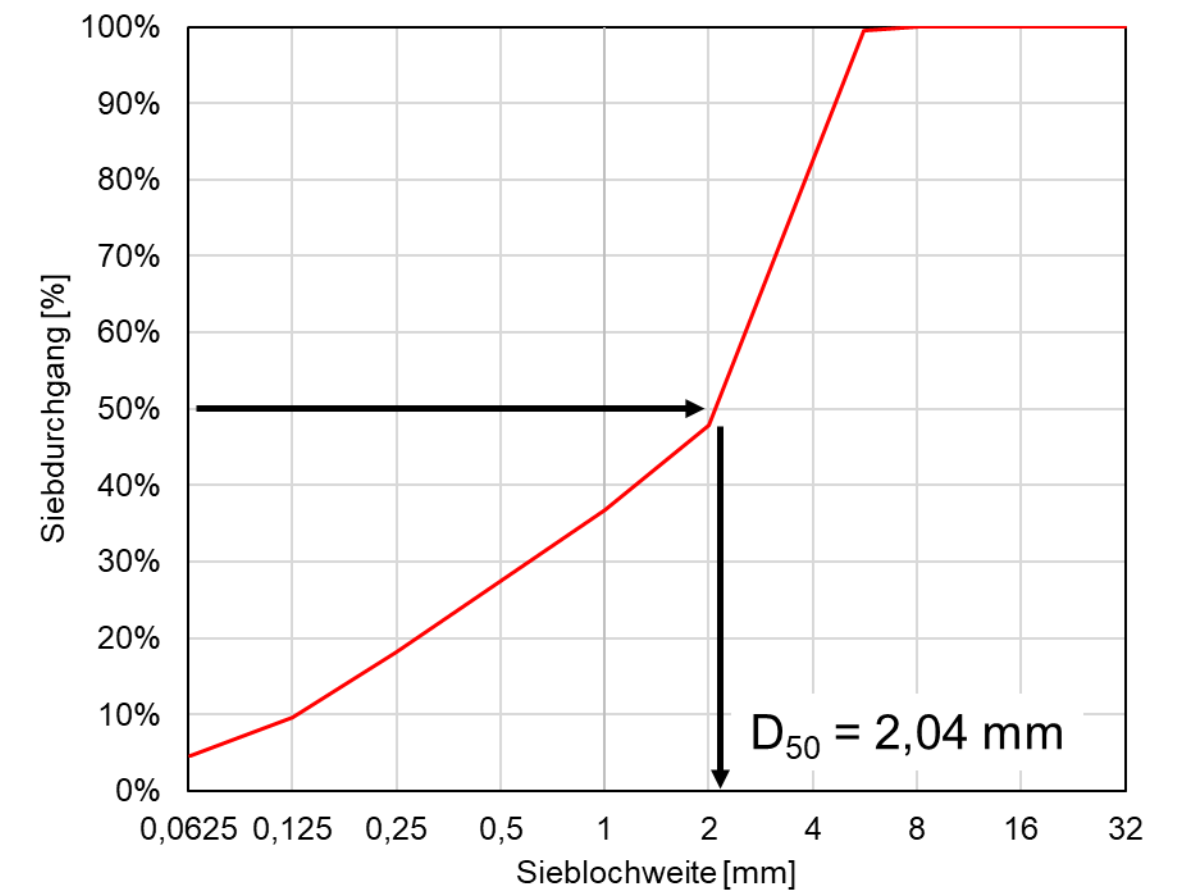
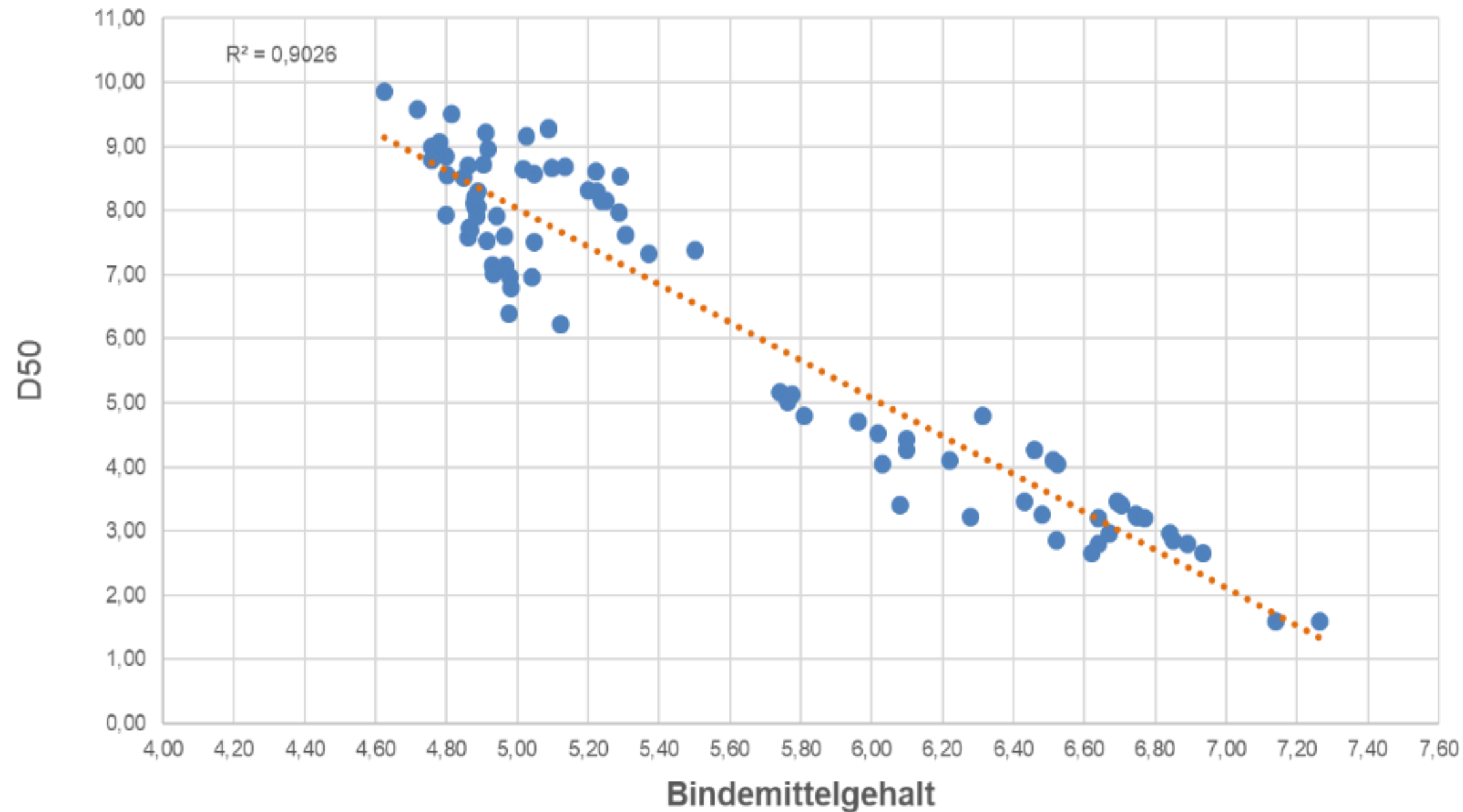
11 RA 0/8
22 RA 0/16



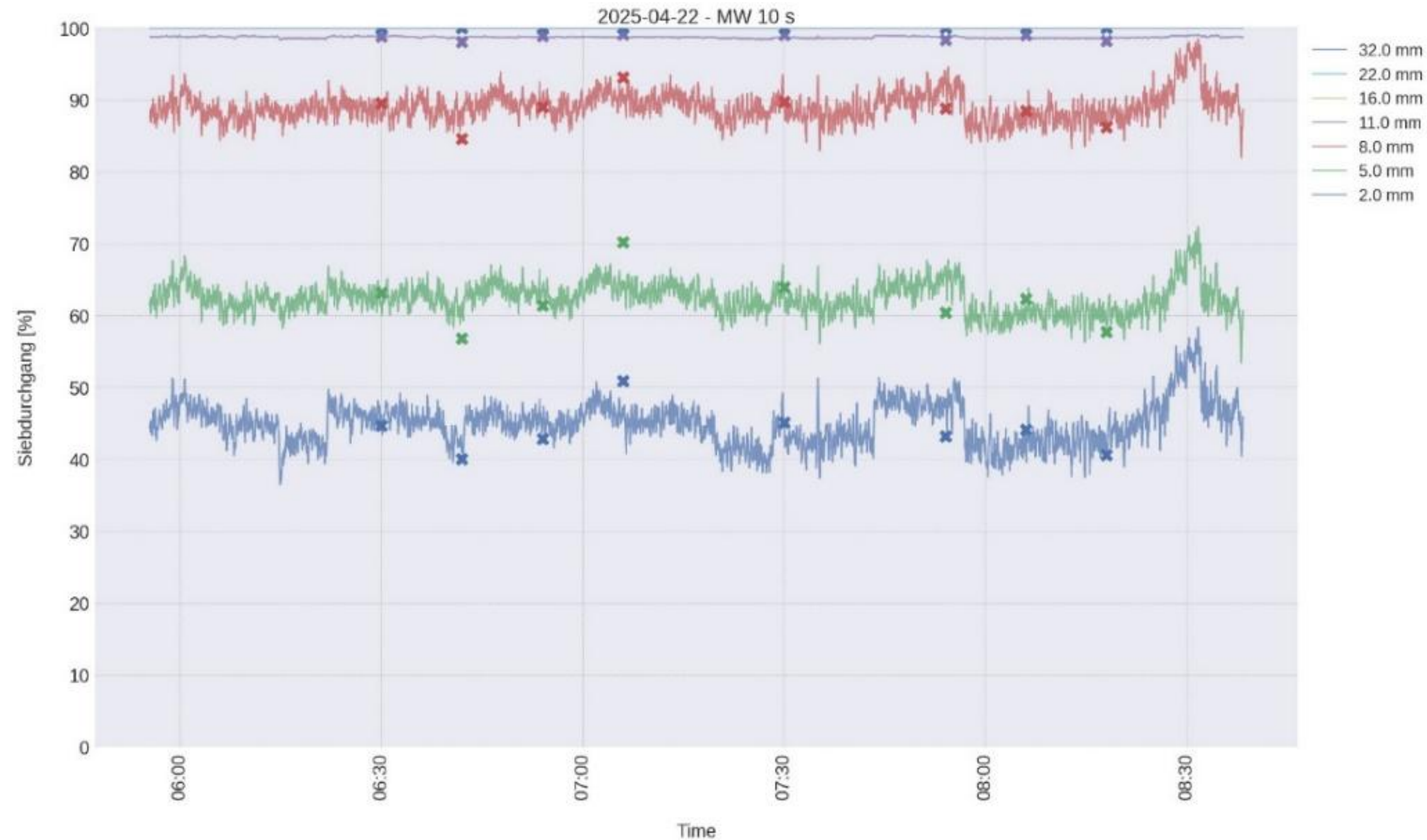
Bindemittelgehalt in AG-Fraktionen



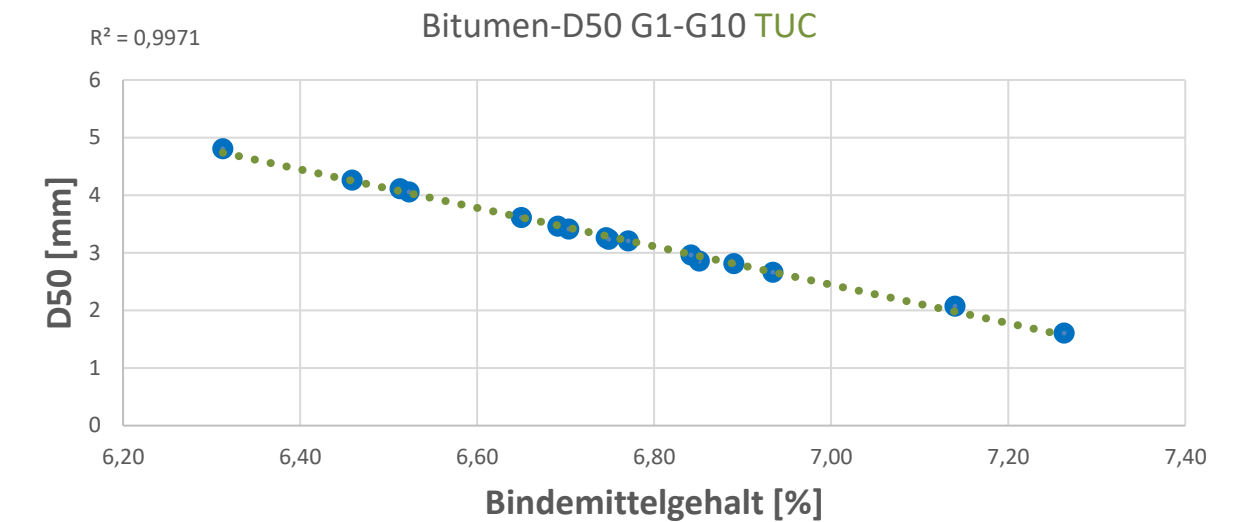
Bindemittelgehalt - Stückgrößenverteilung



Validierung Geoscanner: Stückgrößenverteilung



Validierung Geoscanner: Verlauf Bindemittelgehalt



- Erreichte Bestimmtheitsmaße R^2 :
- Validierungsproben: $R^2 > 99 \%$
 - Bei 59 untersuchten AG-Proben:
 $77 \% \leq R^2 \leq 89 \%$

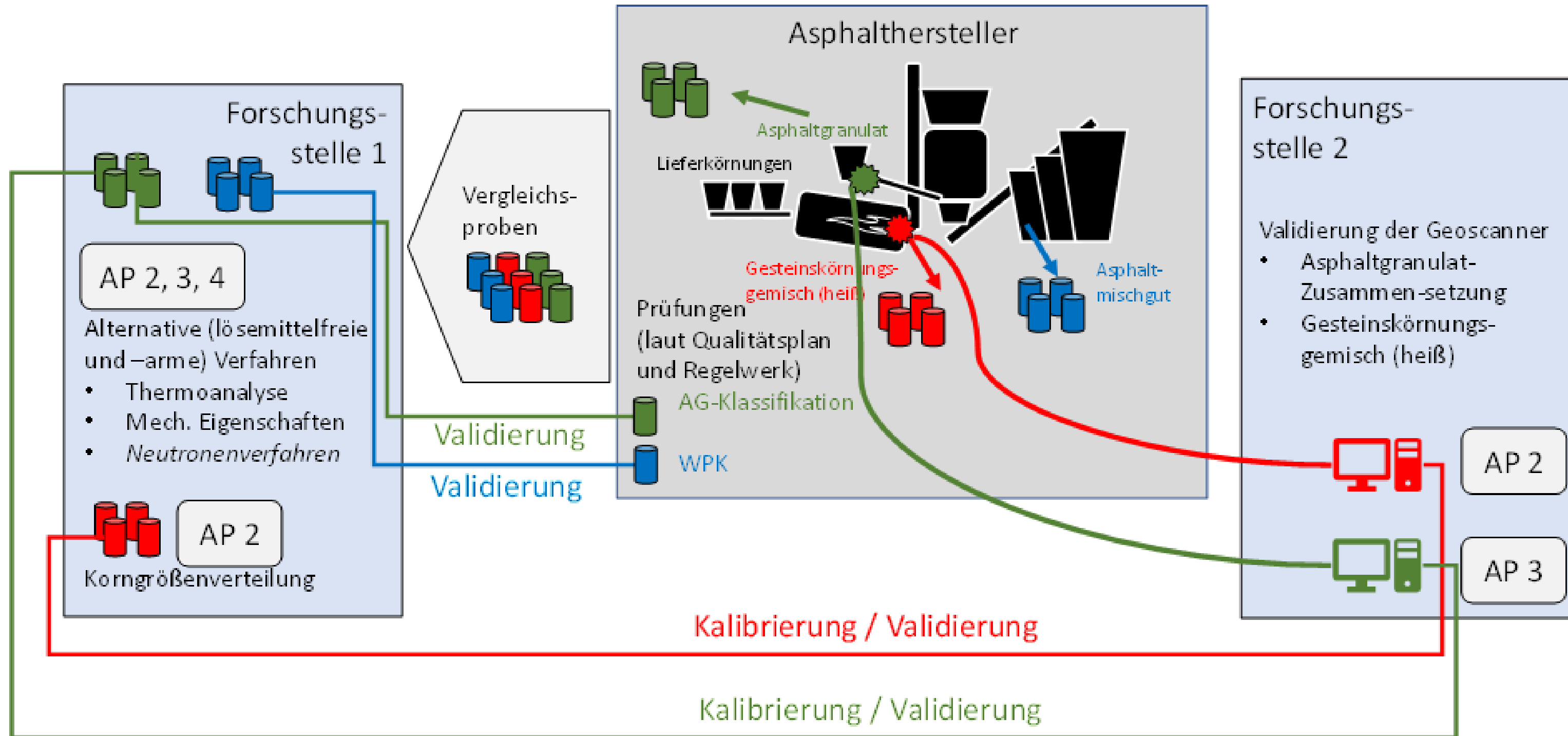
- Online-Überwachung der Korngrößenverteilung an kalten oder erhitzten Gesteinskörnungsgemischen ist möglich
- Validierungen Gesteinskörnungen (heiß oder kalt):
Anwendung möglichst unterschiedlicher Gesteinskörnungsgemischen
- Validierung Asphaltgranulat
 - Bindemittelgehalt und Korngrößenverteilung abhängig von Stückgrößenfraktion
 - Bindemittelgehalt stark beeinflusst von Asphaltart in AG
 - Bindemittelgehalt und Variabilität in feiner Fraktion am größten
 - Mit zunehmender Stückgröße abnehmend
 - Korngrößenverteilung in feinen AG-Fractionen vergleichsweise einheitlich
 - Variabilität steigt mit Stückgröße
 - Hoher Validierungsaufwand, daher eher anwendbar bei Nutzung eines Granulatmanagement mit wenigen Einzelhalden

- Verfahren (Geoscanner) ist patentiert (Tudeshki), Inhaber bis 2024: Tipco GmbH
- Mehrere Geoscanner in Deutschland im Einsatz:
 - Steinbrüche
 - Asphaltmischwerke
- Seit 2024: unternehmen und Patent gekauft durch dänisches Unternehmen FLSmidth: Unternehmen für Bergbau-Ausrüstung
- Weitere Schritte:
 - Verbesserung der Visualisierung der Online-Messung: Definition von Eingreif-Toleranzen
 - Einbindung in Mischwerk-Steuerung

Sieblinienbestimmung von Gestein und
Asphaltgranulat mit dem Klangstab
bei der Asphaltherstellung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Validierung ist Ausgangspunkt für Projektdesign: Erprobung weiterer alternativer Prüfverfahren



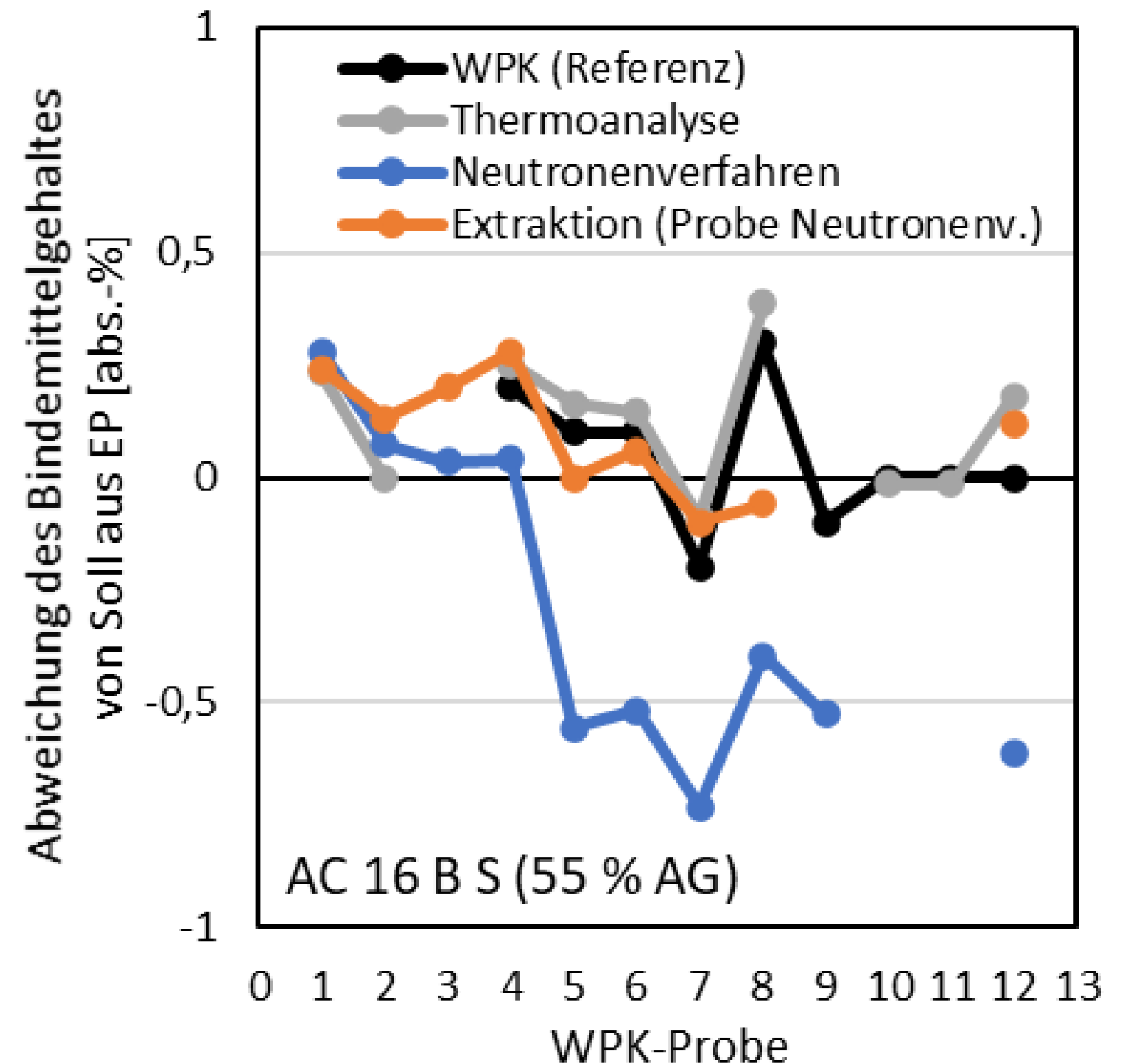
Lösemittelreduktion im Asphaltilabor

- Asphaltzusammensetzung
 - Thermoanalyse (Bindemittelgehalt und Korngrößenverteilung)
 - Nuklearverfahren (Bindemittelgehalt)
- Kleinmengenextraktion zur Gewinnung von Bindemittelproben (DSR)
- Mechanische Asphaltprüfung



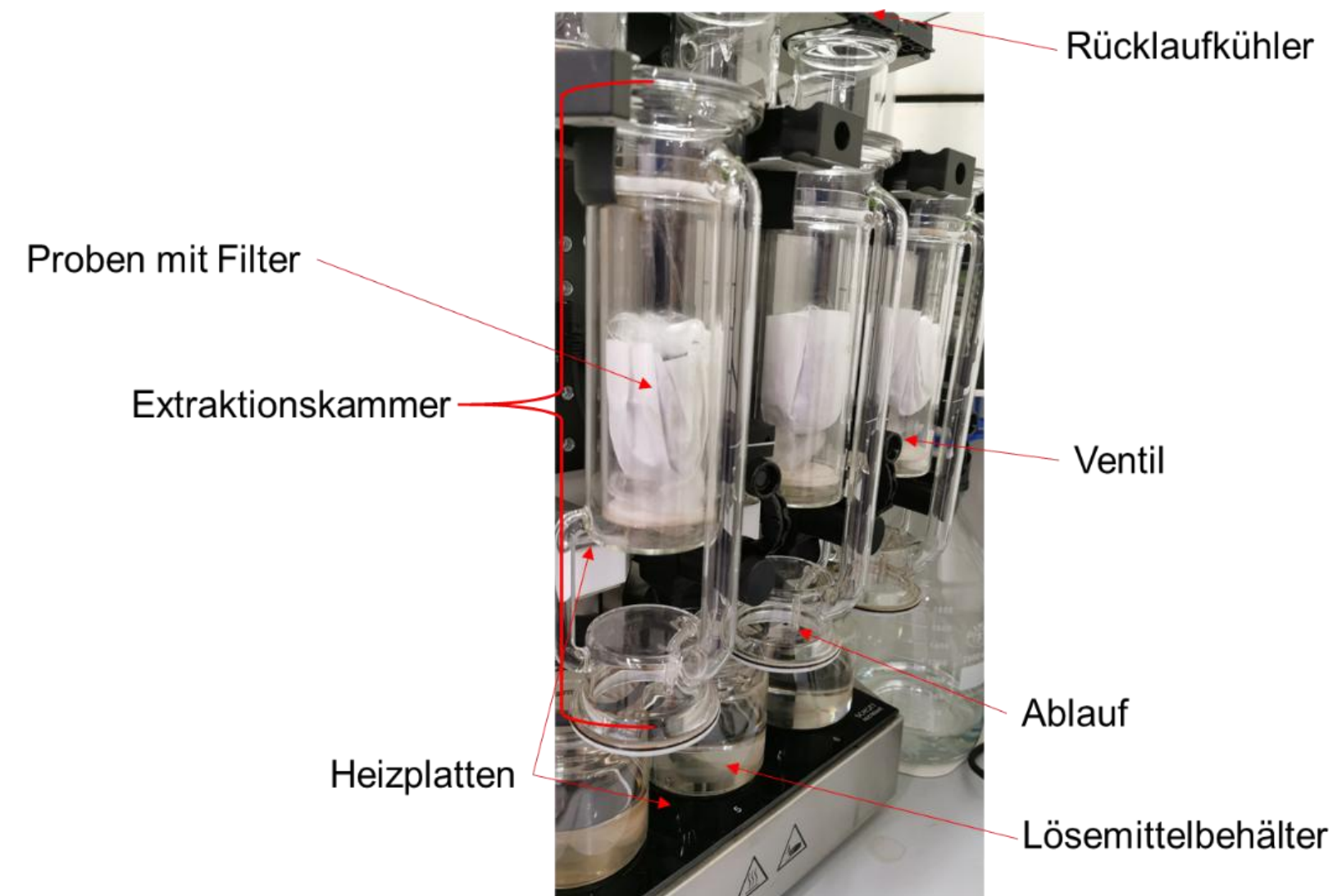
Alternative Bindemittelgehalterstellung im Rahmen der WPK

- Thermoanalyse:
 - Asphaltmischgut wird bei $\sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ verbrannt
 - Von Massendifferenz kann auf Bindemittelgehalt geschlossen werden, wenn gesteins-spezifische Einflüsse berücksichtigt werden
- Neutronenverfahren
 - Asphaltprobe wird mit Gammastrahlung durchstrahlt
 - In Bitumen enthaltener Wasserstoff lenkt Gammastrahlung ab. Gemessene Strahlungsabsorption korreliert mit Wasserstoffgehalt der Probe (= Bitumen)
 - Gesteinseigenschaften müssen berücksichtigt werden



Kleinmengenextraktion

- Bindemittelrückgewinnung ausschließlich für Bindemittelprüfungen (DSR): ~5 g
- < 100 g Asphaltprobe ist ausreichend
- Soxleth-Extraktion mit Toluol oder Tetrachlorethylen
- 12 Spülzyklen
- Papierfilter (1,5 µm) zum Zurückhalten der Gesteinskörnungen



Sieblinienbestimmung von Gestein und
Asphaltgranulat mit dem Klangstab
bei der Asphaltherstellung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!