



Klassifikation von Biokunststoffen (PBS) im Kunststoffrecycling mittels NIR-Spektroskopie



Arne Volland

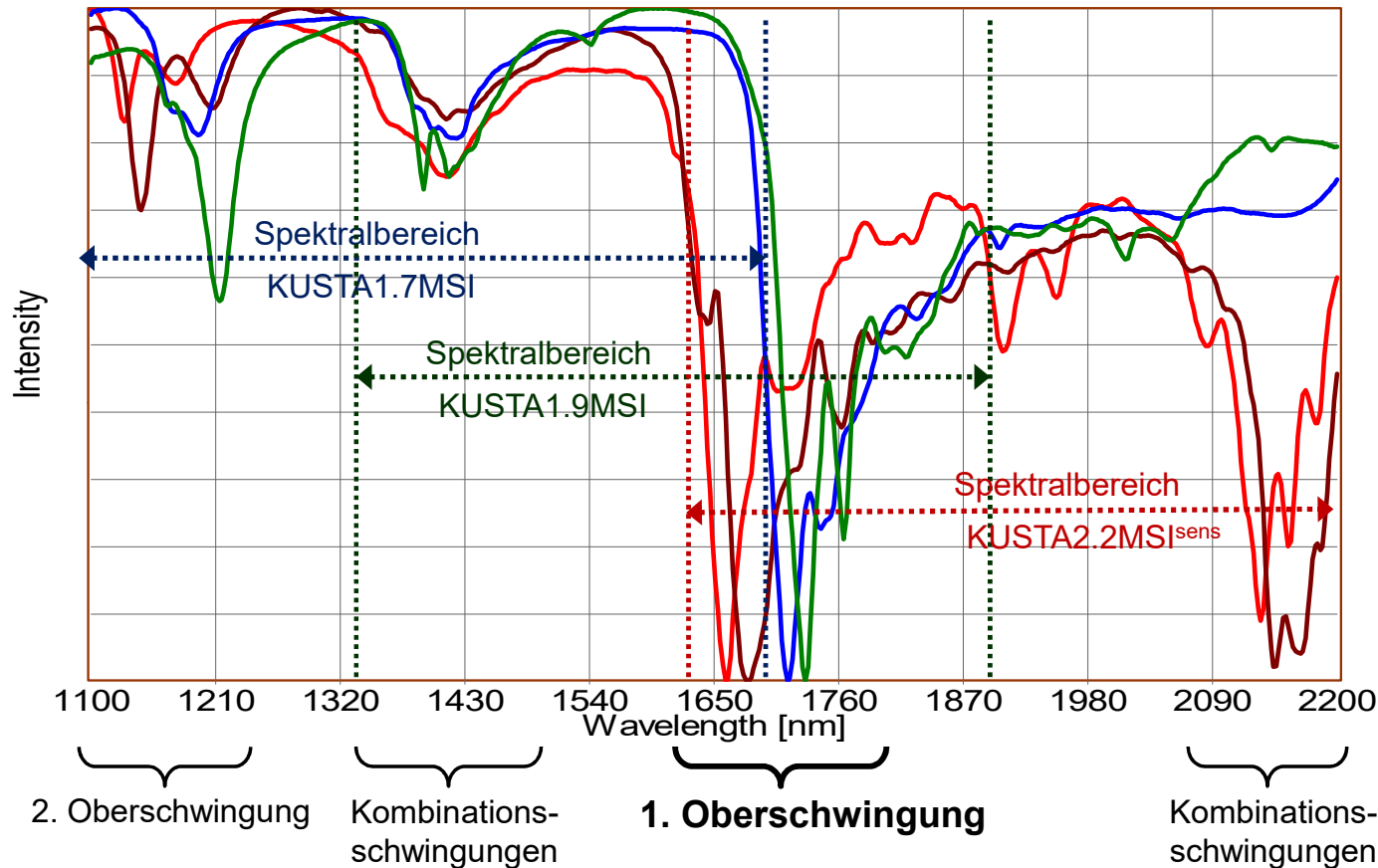
KLASSIFIKATION VON BIOKUNSTSTOFFEN IM KUNSTSTOFFRECYCLING MITTELS NIR- SPEKTROSKOPIE



ÜBERSICHT

- Absorptionsbanden von Polymeren im NIR
- Hyperspektral Imaging im Recycling
- Klassifikation von PBS
- Talkum- und Kaolin als NIR-aktive Markersubstanzen

Absorptionsbanden von konventionellen Kunststoffen im NIR



PET
PVC
PE
PS

- Hauptabsorptionsbanden liegen typ. zwischen 1600 nm und 1800 nm
- Markersubstanzen sollten gut getrennt liegen von den Kunststoffbanden
- => **KUSTA1.9MSI**

Absorptionsbanden von Bio-Kunststoffen im NIR



PBS (Polybutylensuccinat)

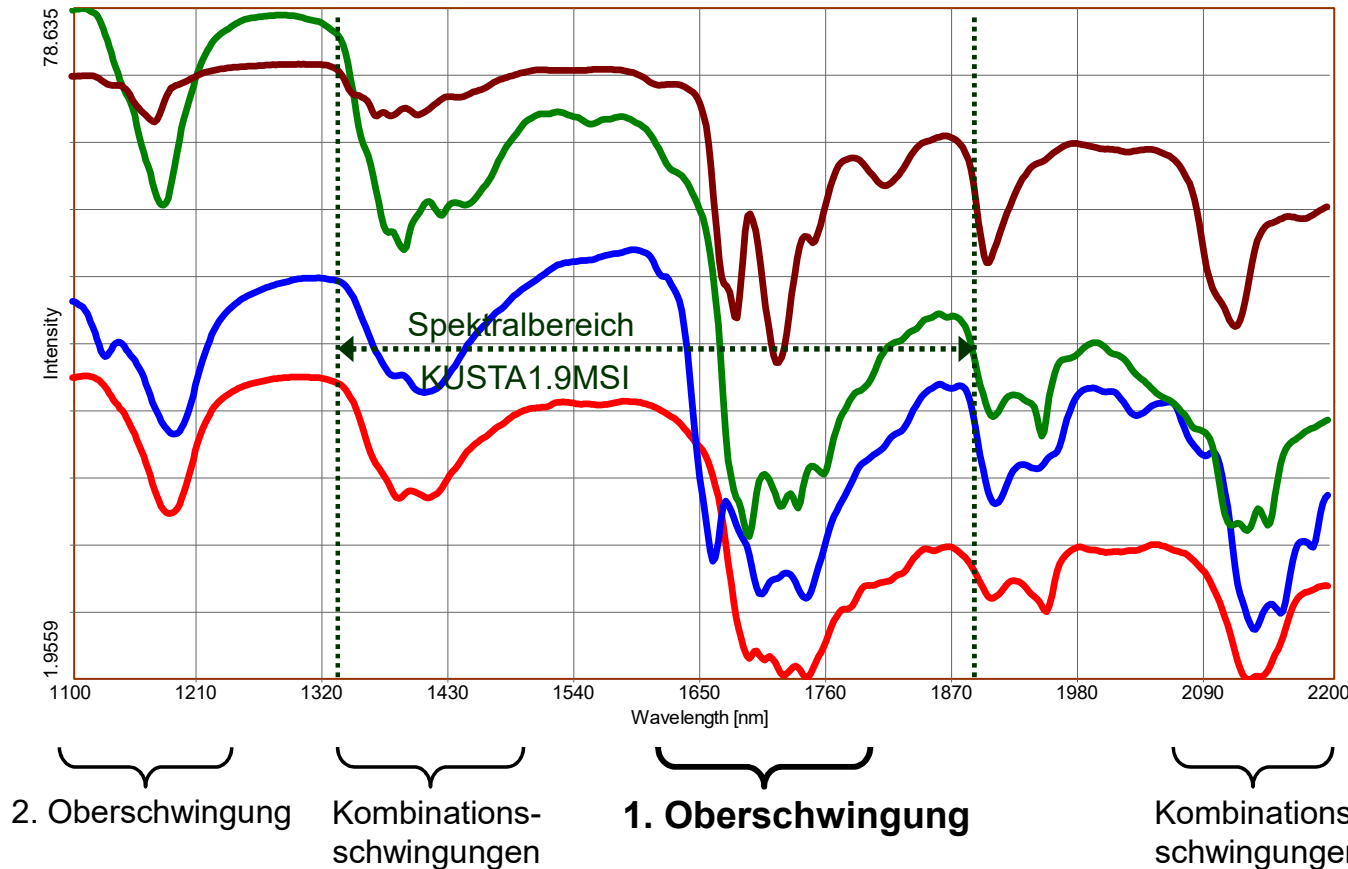
PBAT (Polybutylenadipat - terephthalat)

PHB (Polyhydroxybutyrat)

PLA (Polylactide Acid)

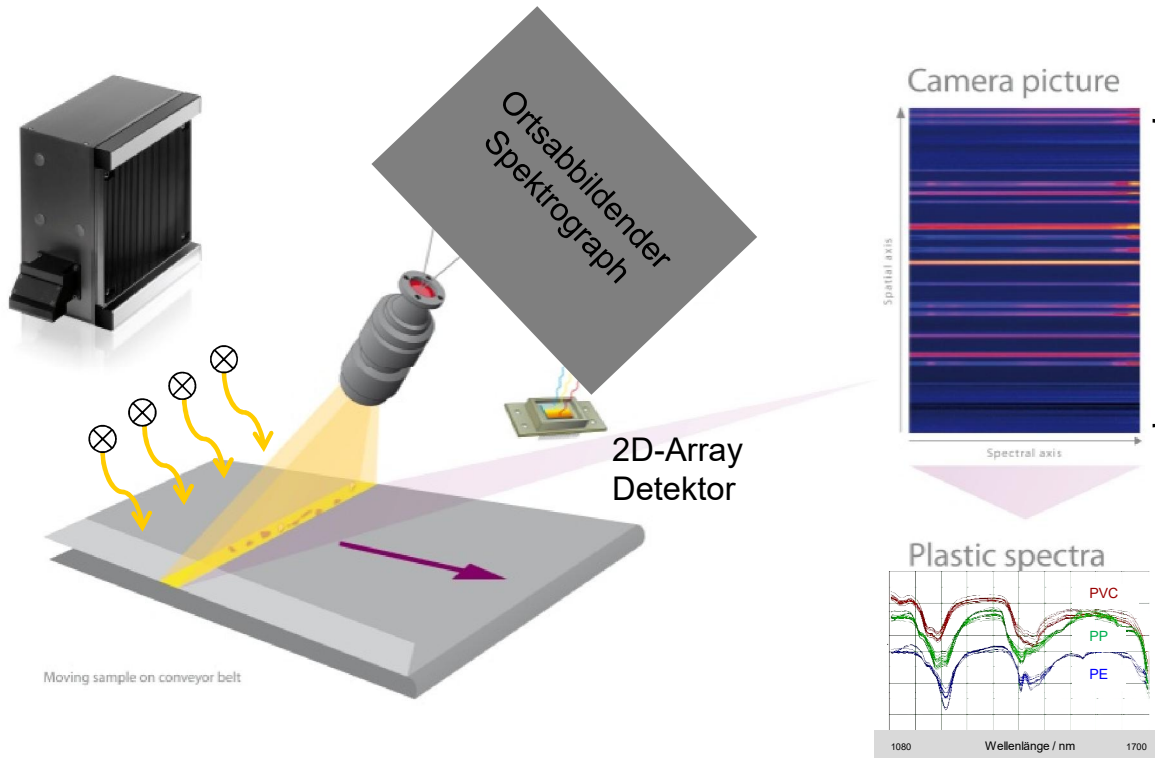
- Auch die meisten Biokunststoffe haben signifikante und charakteristische Absorptionsbanden zwischen 1600 nm und 1800 nm

■ => **KUSTA1.9MSI**



Optischer Aufbau: Pushbroom-Imaging

NIR-Hyperspektralkamera mit Flächensensor



192 Ortsspuren

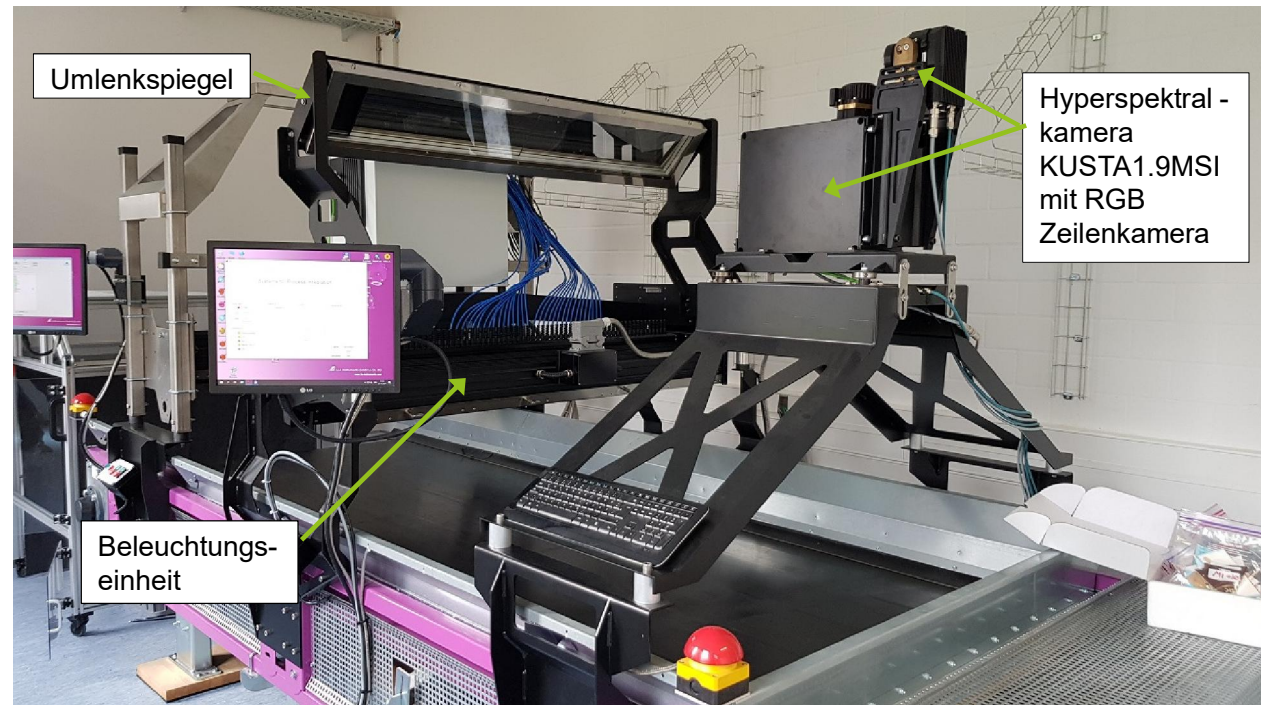
=> Jede Zeile auf dem Sensor enthält das Spektrum einer Ortsspur auf dem Förderband

Untersuchung auf großer Technikumsanlage unter prozessnahen Bedingungen



KUSTA1.9MSI:

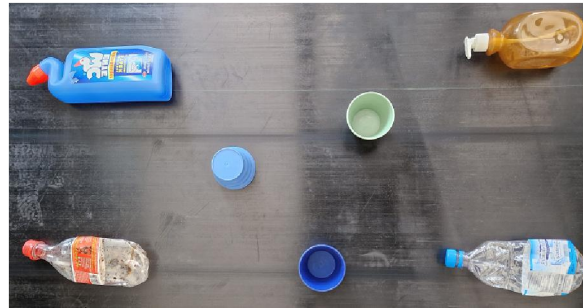
- Bildfeld (FoV): 2,4 m
- Räumliche Auflösung: 12,5 mm
- Anzahl der Ortsspuren: 192
- Messfrequenz: ~500 Hz
- Bandgeschwindigkeit 0,3 -2 m/s
- Spektralbereich:
1330 nm bis 1900 nm



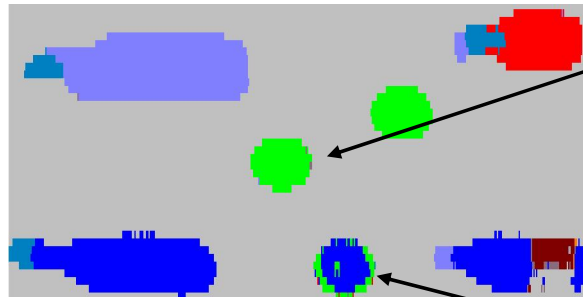
Objektbewertung: Test auf LLA Technikumsanlage



Proben auf Förderband
(PBS Becher von Exipnos)



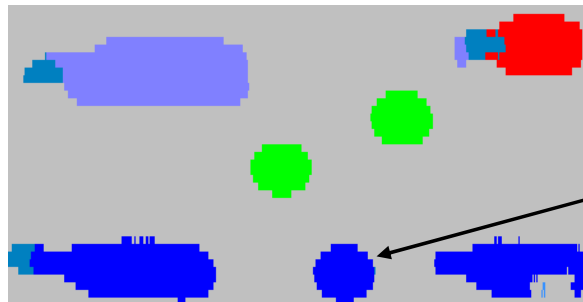
Ergebnis der Klassifikation
der Einzelspektren



Einzelne Fehlklassifikationen am Rand werden korrigiert.

PBS-Becher mit PET verunreinigt (würde ohne Objektbewertung als PBS aussortiert werden)

Ergebnis der
Objektbewertung



Verunreinigter Becher wird zu PET umgeklappt.

Type	
■	PA
■	PBS
■	PE
■	PP
■	PS
■	PVC
■	TETRA
■	Paper/Wood
■	PET
■	---
■	unknown

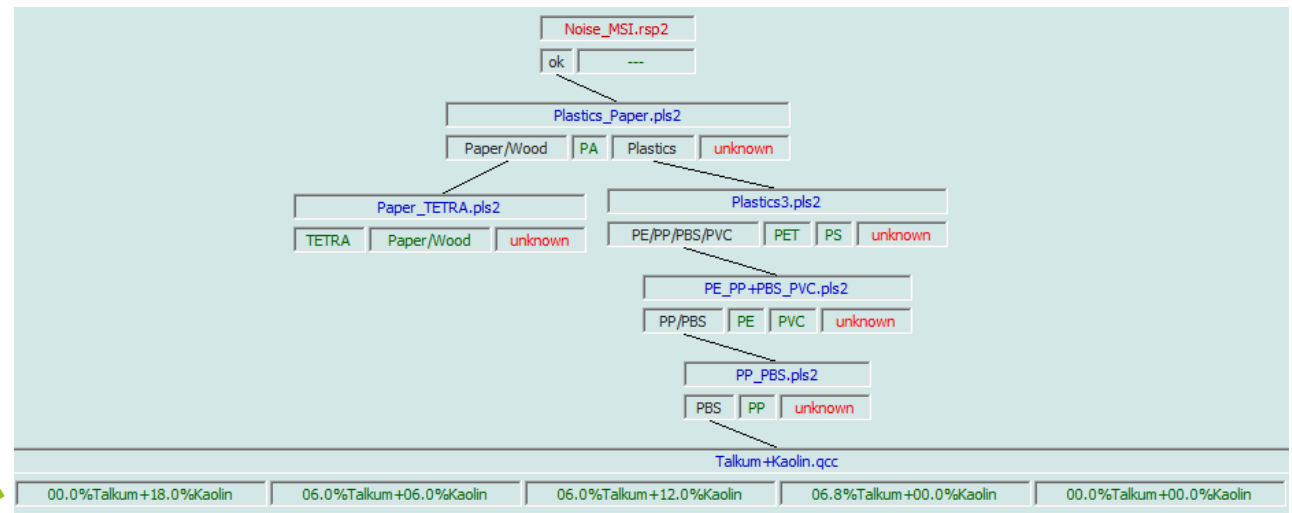
1 m/s Bandgeschwindigkeit

Klassifikationsbaum für PBS, additiviert mit Talkum und Kaolin



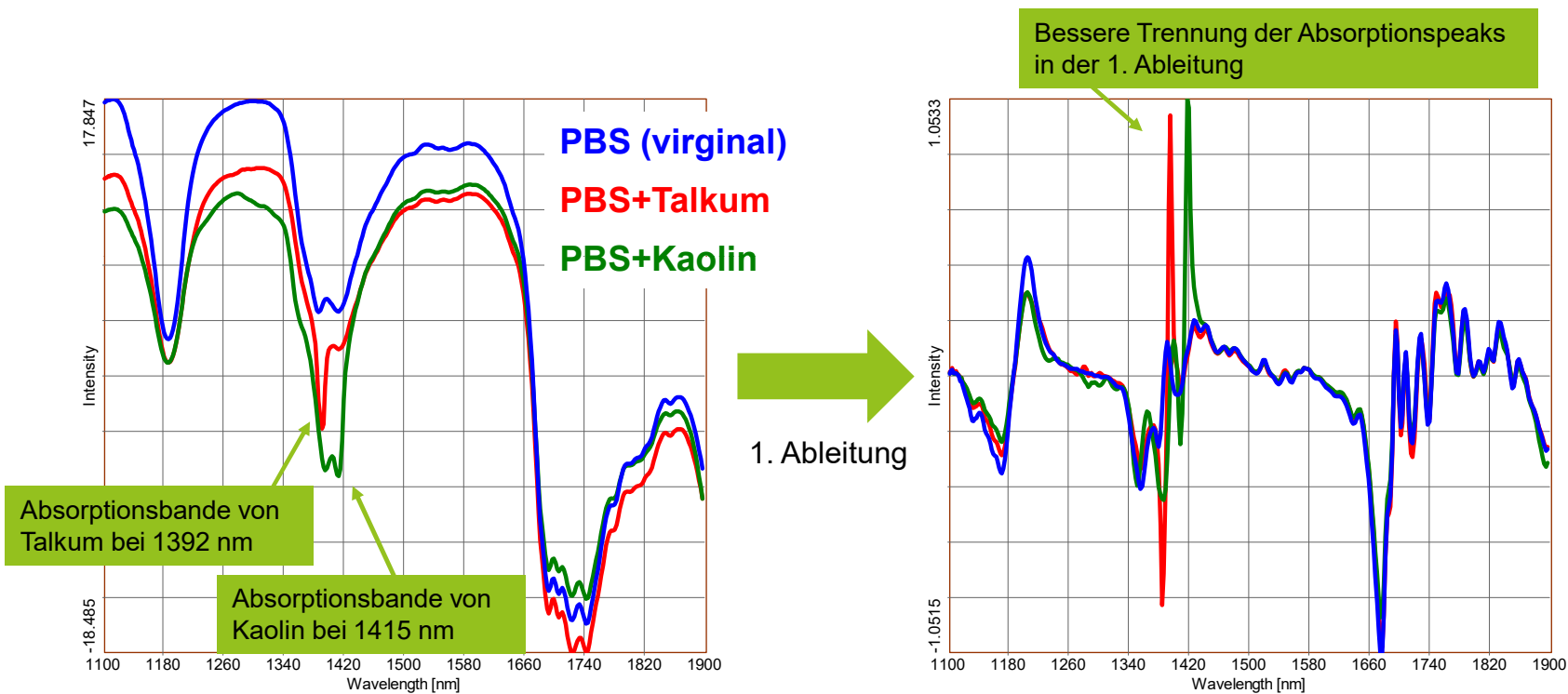
1. Identifikation von PBS im Baumstruktur
2. PBS wird gemäß des Talkum- und Kaolingehaltes mittels Hauptkomponentenanalyse (Partial-Least-Squares) in weitere Unterklassen unterteilt
3. Die Erkennung von Markersubstanzen kann an PBS-Zweig angehängt werden, solange die Markersubstanz die Klassifikation von PBS in den oberen Stufen nicht beeinflusst.

Ggf. können hier weitere NIR-aktive Markersubstanzen eingefügt werden



Talkum und Kaolin als NIR-aktive Marker

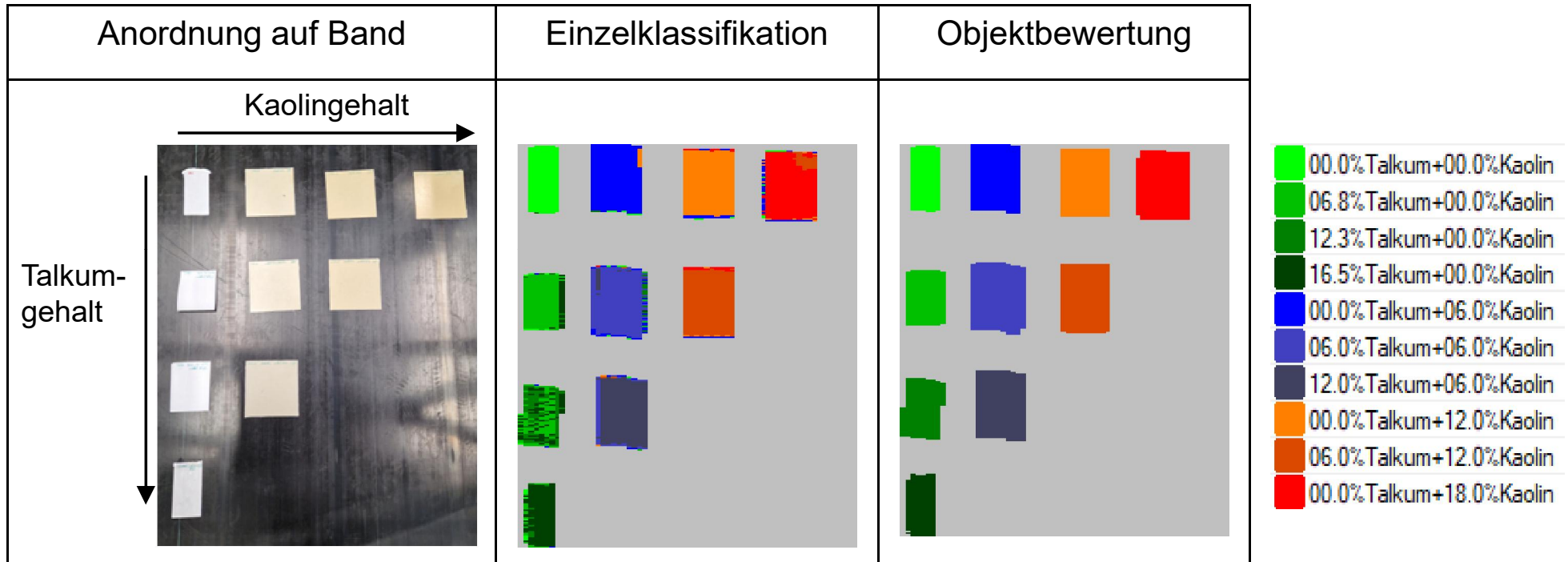
- PBS mit unterschiedlichen Anteilen an Talkum und Kaolin wurden vom Fraunhofer IMWS hergestellt.
- Messung auf NIR Laborspektrometer KUSTA4004S



Validierung auf großer Technikumsanlage unter prozessnahen Bedingungen



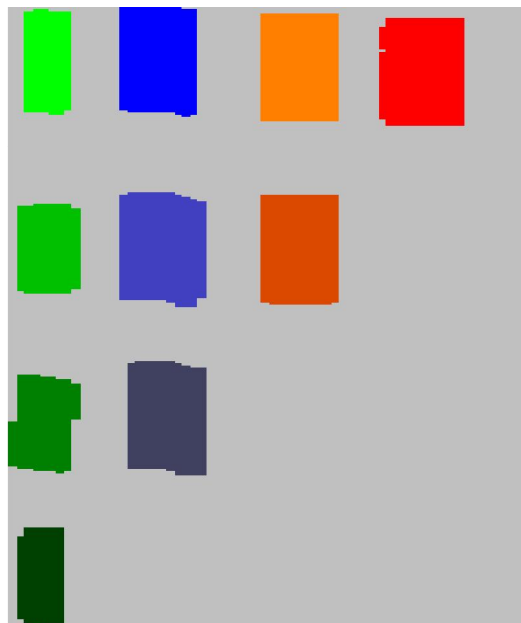
PBS kann anhand von Talkum- und Kaolinmarkern in 9 Unterklassen unterteilt werden



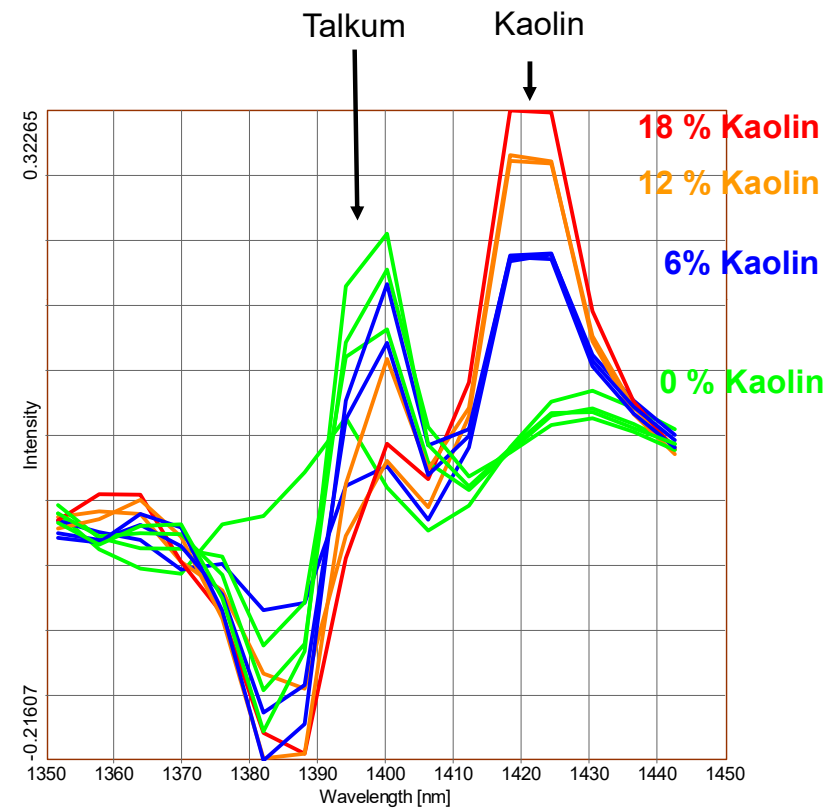
➔ Durch die Objektbewertung können vereinzelt Fehlklassifikationen eliminiert werden.

Talkum und Kaolin als Markersubstanzen

- Das Talkum-haltige PBS-Granulat „Bio-Celain A101 S“ vom Fraunhofer IMWS wurde auf einer Thermopresse (LLA) zu 1mm dicken Tafeln gepresst.
- Objektmittelwerte der Proben (KUSTA1.9MSI)



Mittelwertspektren
in 1. Ableitung



Zusammenfassung und Schlussfolgerungen



- Die meisten Biokunststoffe können mittels NIR Spektroskopie klassifiziert werden
- Der Spektralbereich zwischen 1600 nm und 1900 nm ist hierfür relevant
- Talkum und Kaolin können als Markersubstanzen verwendet werden, da deren Absorptionsbanden deutlich getrennt von den Banden der Polymere liegen
- Durch Abstufungen im Talkum- bzw. Kaolingehalt in 6%-Schritten ließen sich im **Technikumsmaßstab** 9 Unterkategorien von PBS unterscheiden
- In der praktischen Anwendung spielen vermutlich Einflüsse wie Schichtdicke, Einfärbung und Verschmutzung eine Rolle => Evtl. größere Abstufung notwendig (~8%-10% Schritte)