



Implementierung von Sensor-based Material flow Monitoring in einer Kunststoffsortieranlage

DI Sabine Schlögl

DI DI Dr. Josef Kamleitner¹⁾, Dr. Xiaozheng Chen²⁾, Nils Kroell M. Sc.²⁾

1) Siemens Advanta Solutions GmbH, Österreich

2) Institut für anthropogene Stoffkreisläufe (ANTS), RWTH Aachen, Deutschland

Inhalt

1

Forschungsprojekt EsKorte

2

Anlagenversuch und erste Ergebnisse

3

Zusammenfassung und Ausblick

PROJEKT ESKORTE

Volume flow Monitoring and
Deep Learning



Sensors (NIR, Induction)



Data Logging and Sensor-
Fusion



Data Analytics and Management

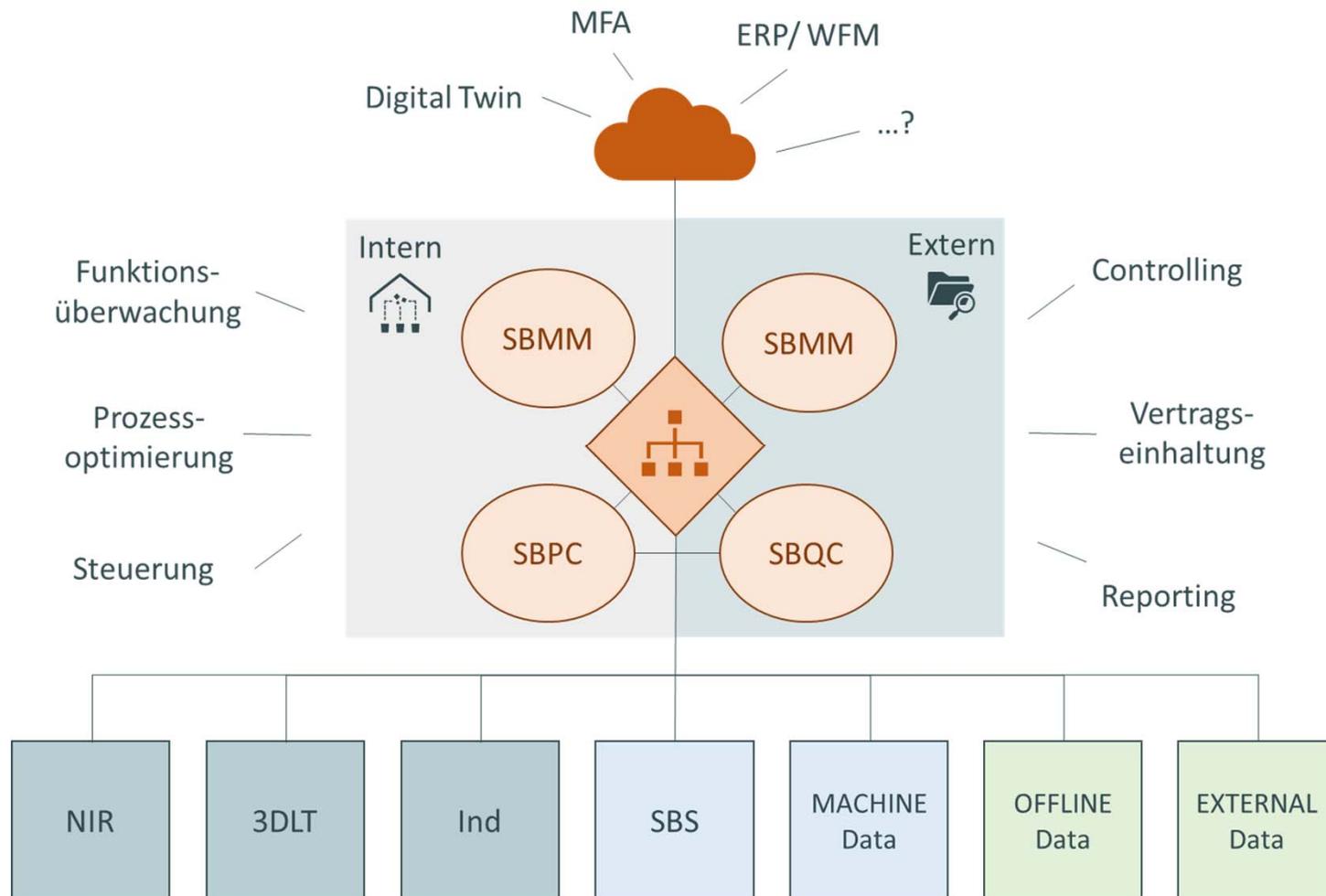


Plant Design and Construction



Sorting Plant for PPW

Forschungsbereiche EsKorte



Forschungsebenen

Recherche

Stand der Technik
Use Cases

*Reale
Anforderungen*

Labor

Material- und
Sensor-
eigenschaften

*Ideale
Bedingungen*

Technikum

Upscaling

*Realitätsnahe
Bedingungen*

Anlage

Implementierungs-
möglichkeiten

*Reale
Bedingungen*

Research
Question

Ist es möglich auf Basis
verschiedener Sensoren das
Verhalten des PET-Materials
in einer Kunststoffsortieranlage
on-line zu überwachen?



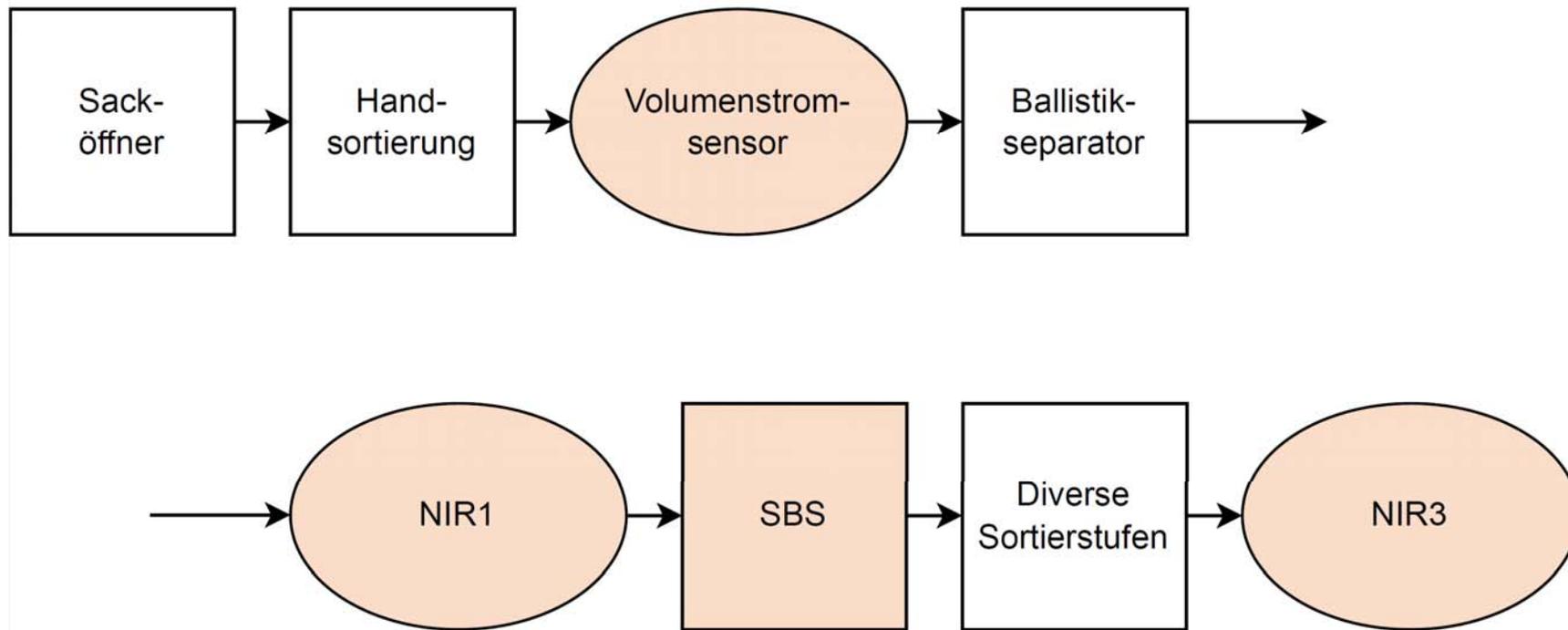
Kann auf Basis dieser Daten ein
Digital Twin erstellt werden?



VERSUCH

- **Sensorik:**
 - 4 NIR-Sensoren
 - 1 Volumenstrom-Sensor (LiDAR)
 - 1 SBS-Sensor
- Fokus auf **PET**-Strom
- Untersuchung “**Digital Twin**” bzw. Erstellung Vorhersagemodell

Test Set-Up



NIR-Messpunkte



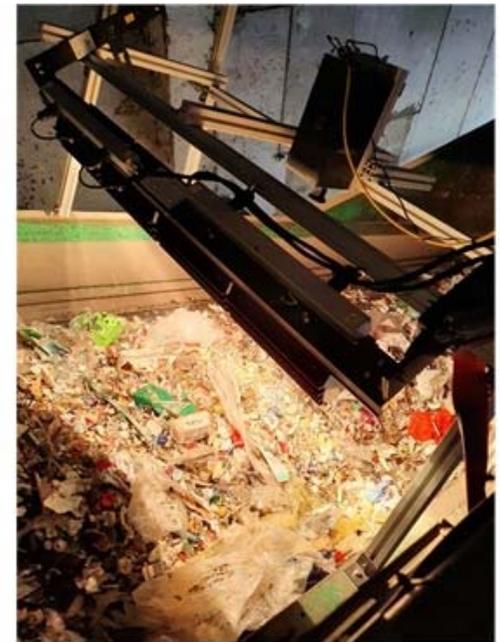
Messpunkt 1



Messpunkt 2



Messpunkt 3



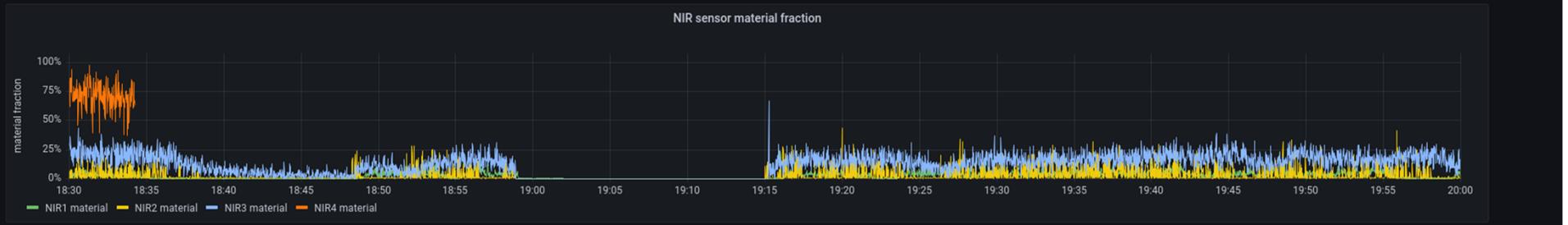
Messpunkt 4

(1) Ergebnisse Sensoren

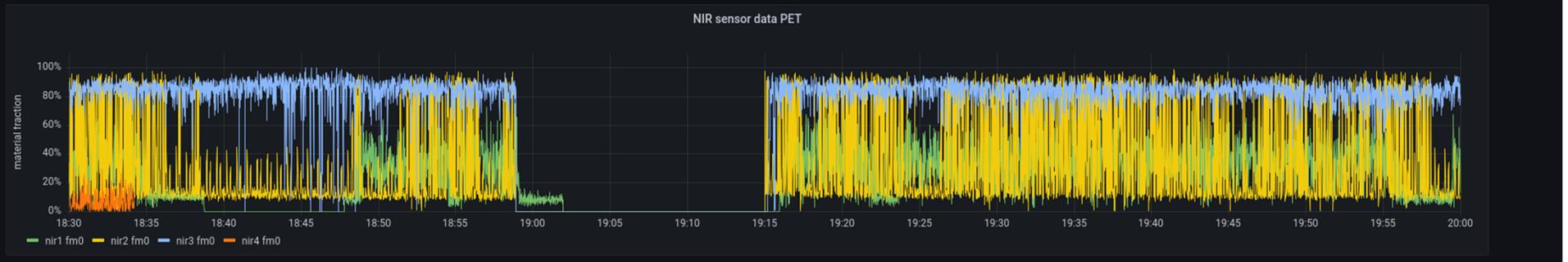
LiDAR



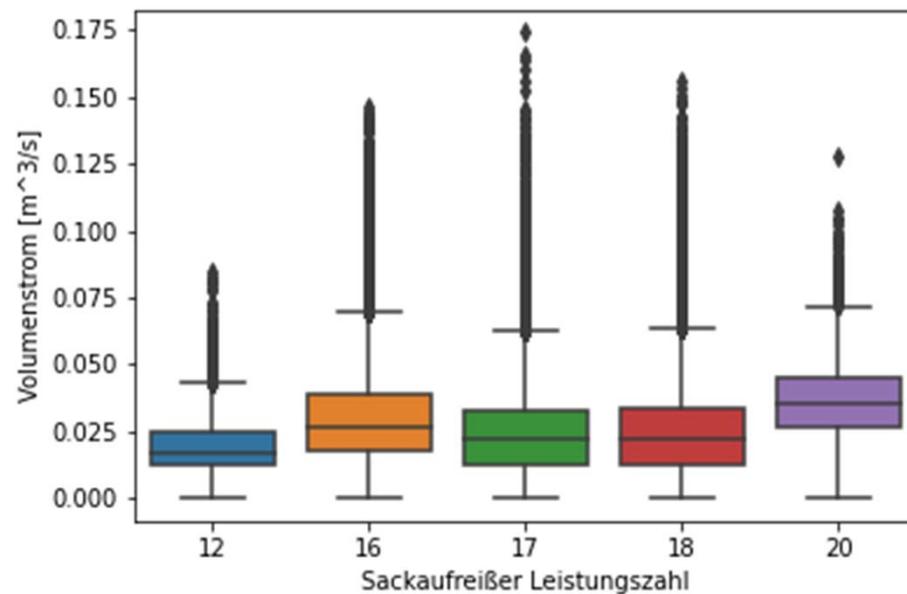
Band-
belegung



c_a (PET)



(2) Ergebnisse Volumenstromsensor

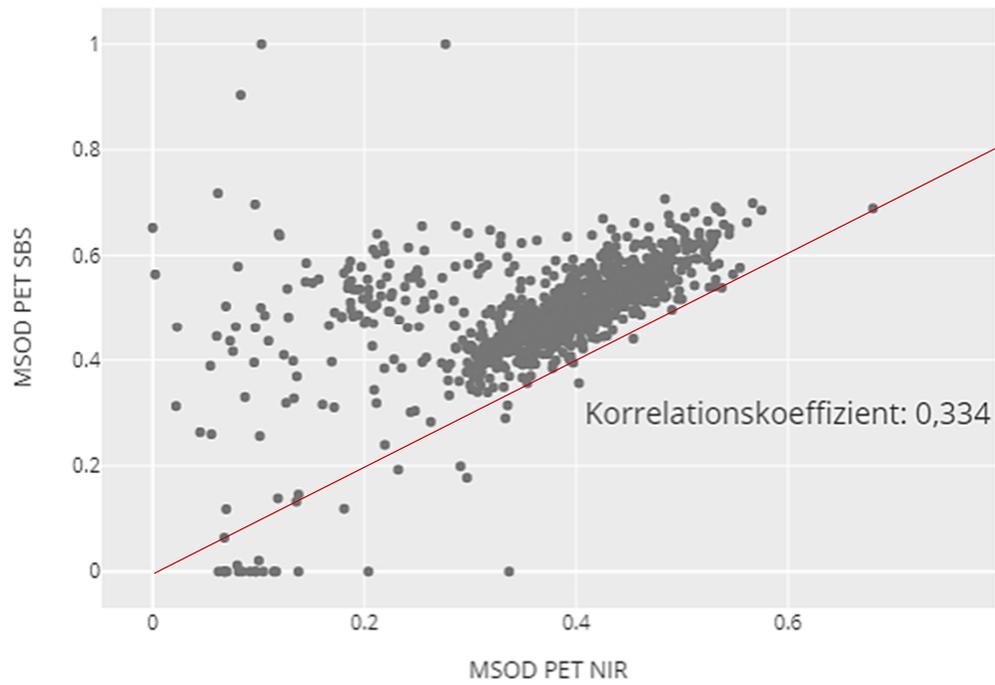


Leistungszahl	Zyklen [1/min]	Datenpunkte
12	3-4	5 900
16	5	154 000
17	6	148 000
18	6	404 000
20	7	5 300

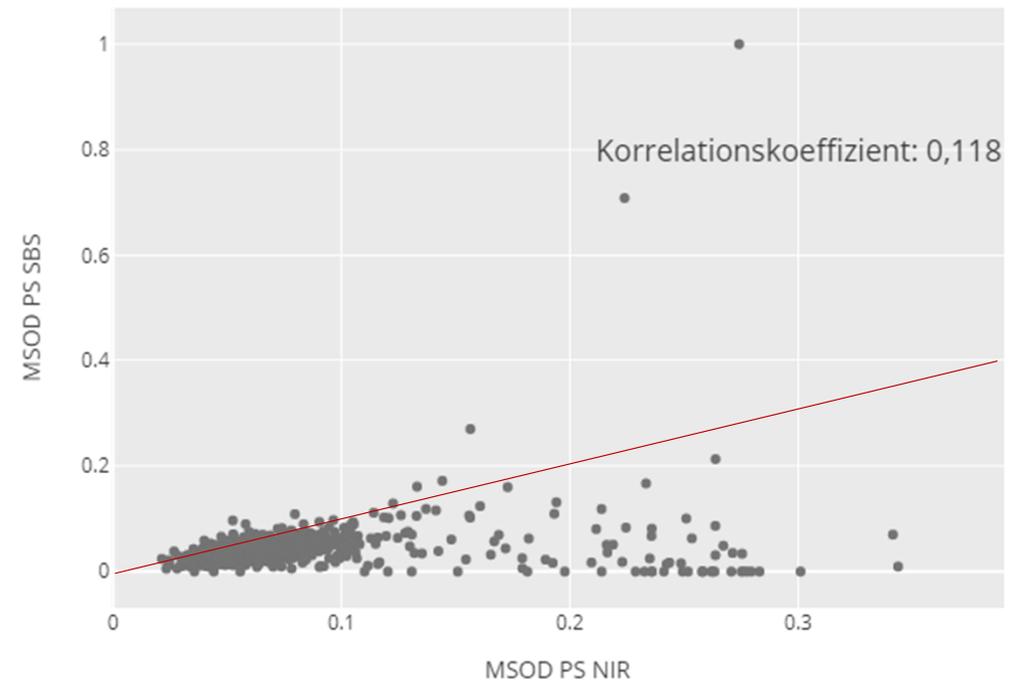
p-Wert des T-Tests (Welch's test):
 $\ll 0,00001$

(3) Korrelation SBS-NIR1

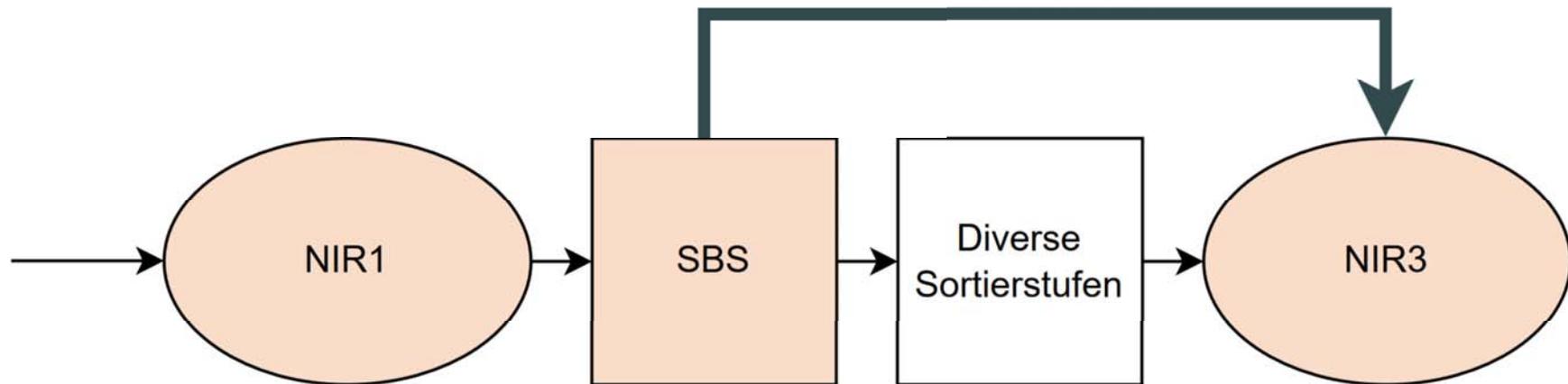
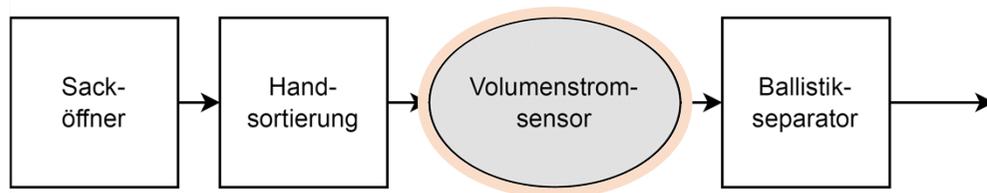
PET



PS



(4) Vorhersagemodell PET



Varianten

- **Variante 1: LiDAR + NIR1 +SP** 5 s MSE = 0.0038
20.000 Training – 7.000 Test $R^2 = 0.249$
- **Variante 2: NIR1 +SP** 1 min MSE = 0.001149
2.000 Training – 500 Test $R^2 = 0.570$
- **Variante 3: SBS +SP** 1 min MSE = 0.001346
2.000 Training – 500 Test $R^2 = 0.590$

Formeln

Konzentration

$$c_{a,PET} = \frac{Pixel_{PET}}{\sum_i Pixel_{Material\langle i \rangle}} = \frac{A_{PET}}{\sum_i A_{Material\langle i \rangle}}$$

50 %

Materialspezifische Bandbelegung

$$MSOD_{PET} = \frac{Pixel_{PET}}{\sum_i Pixel_{\langle i \rangle}} = \frac{A_{PET}}{A_{ges}}$$

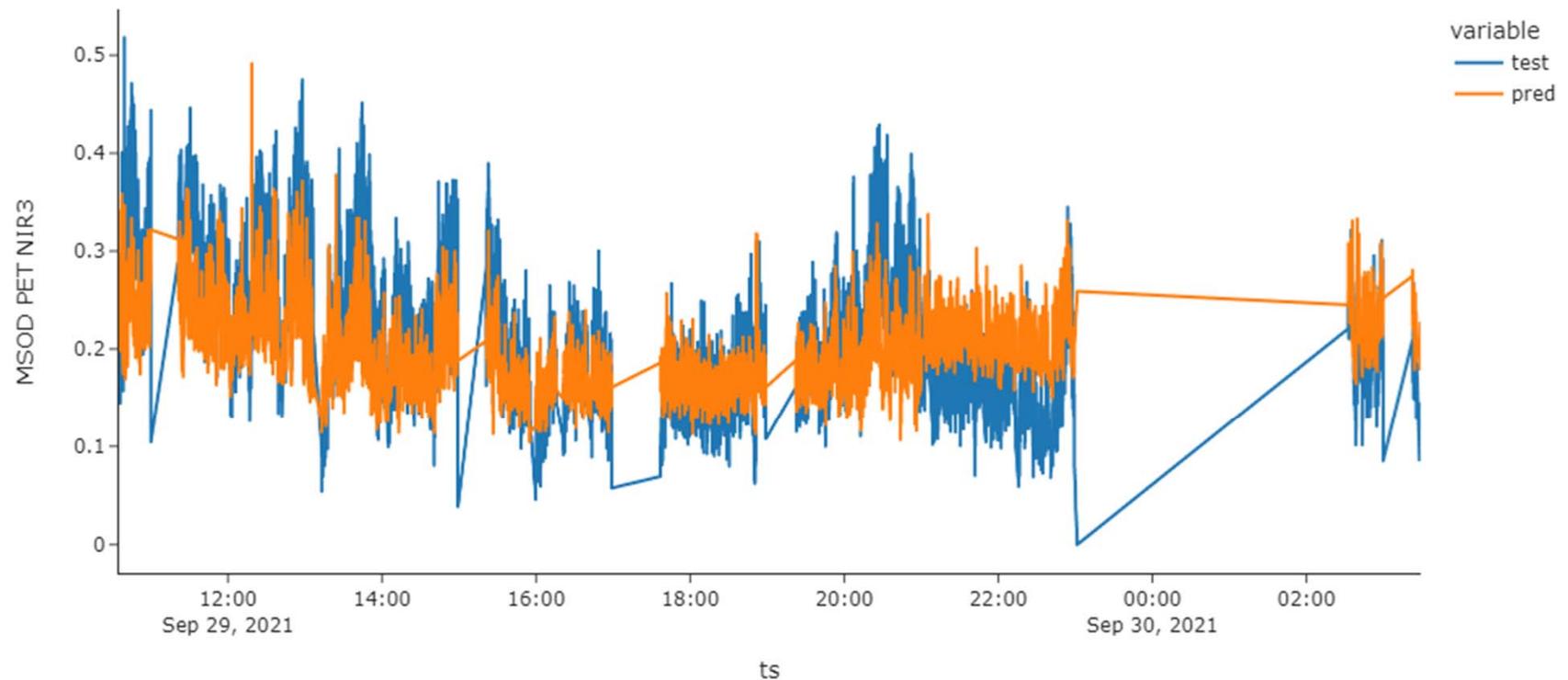
25 %

Beispiel

		PET	PET
		PET	PET
PP			PET
PP	PP		
PP	PP		

Vorhersagemodell NIR – 5 s

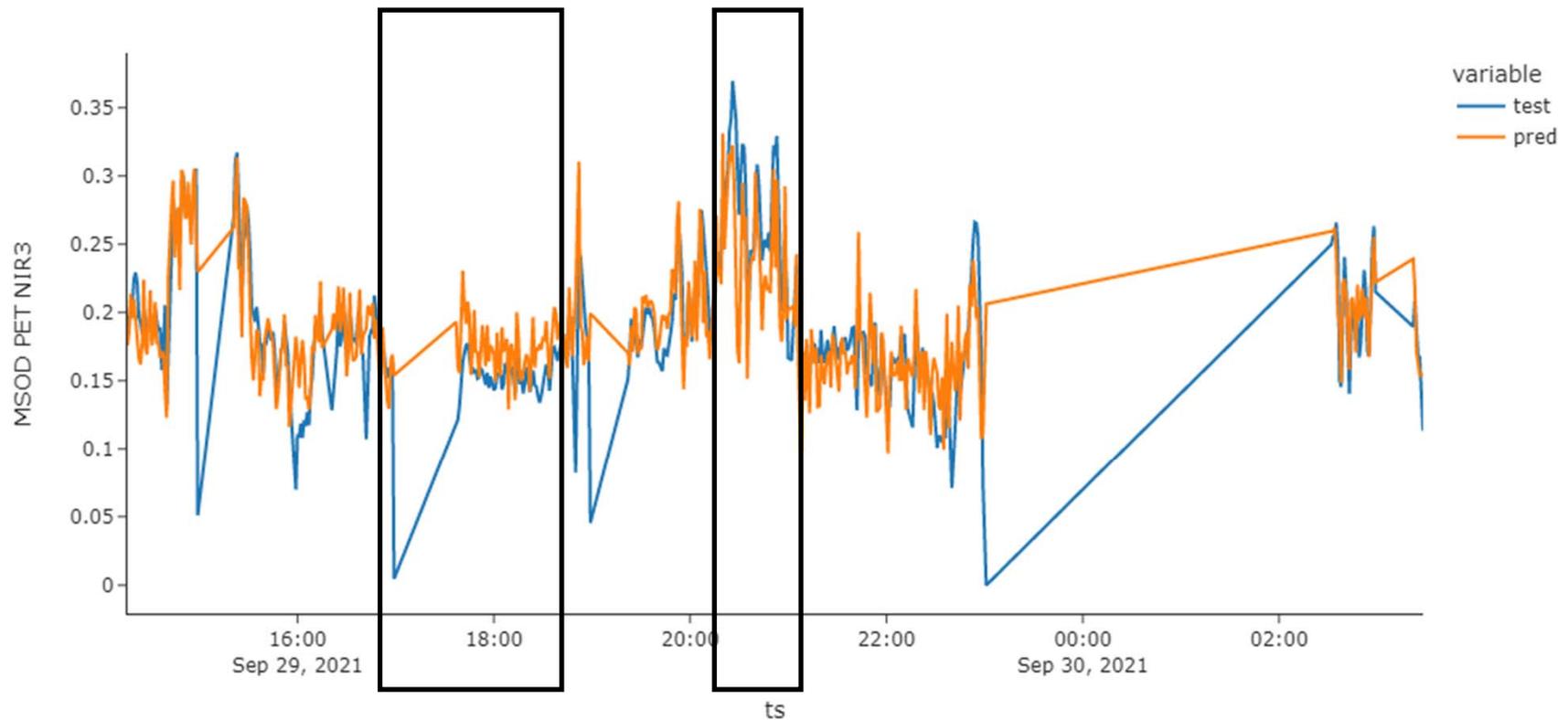
Ridge regression LIDAR + NIR1 -> NIR3: test vs. prediction time line



 Vorhersage  Messung

Vorhersagemodell NIR – 1 min

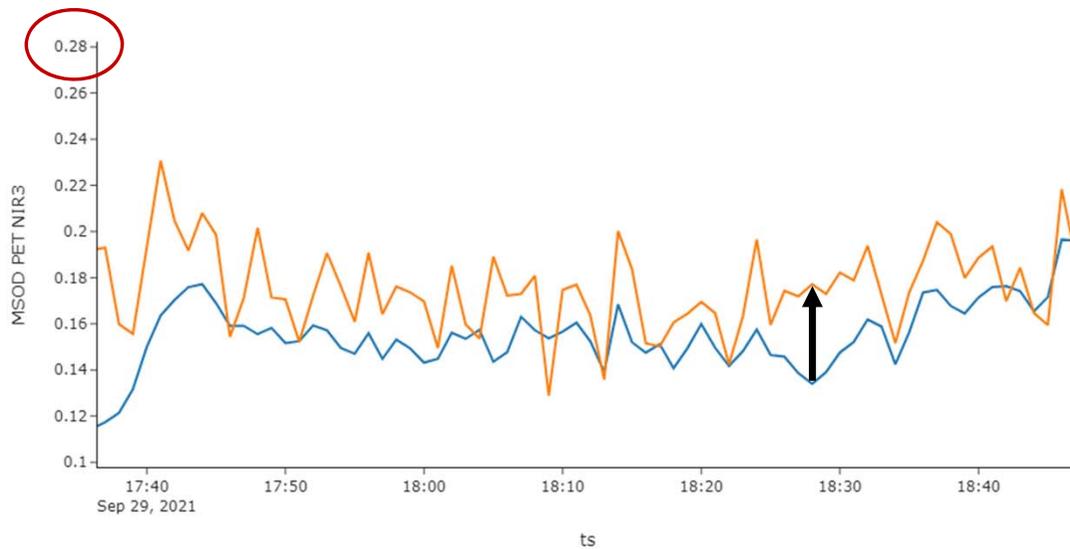
Ridge regression NIR1 -> NIR3: test vs. prediction time line



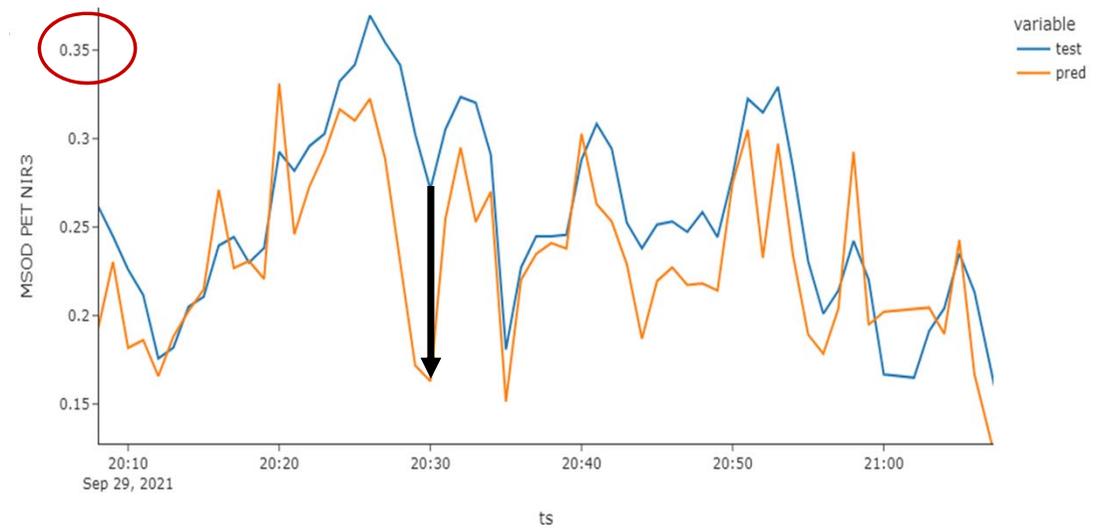
 Vorhersage  Messung

Vorhersagemodell NIR – 1 min

Ridge regression NIR1 -> NIR3: test vs. prediction time line

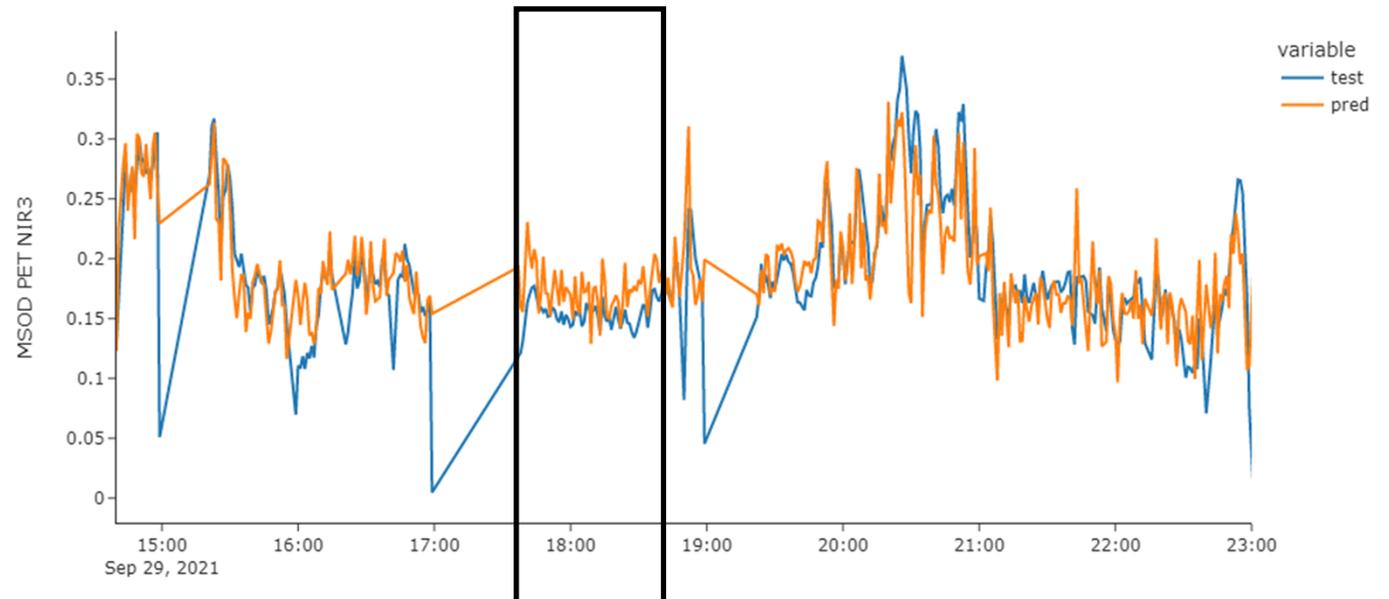


Ridge regression NIR1 -> NIR3: test vs. prediction time line



● Vorhersage
 ● Messung

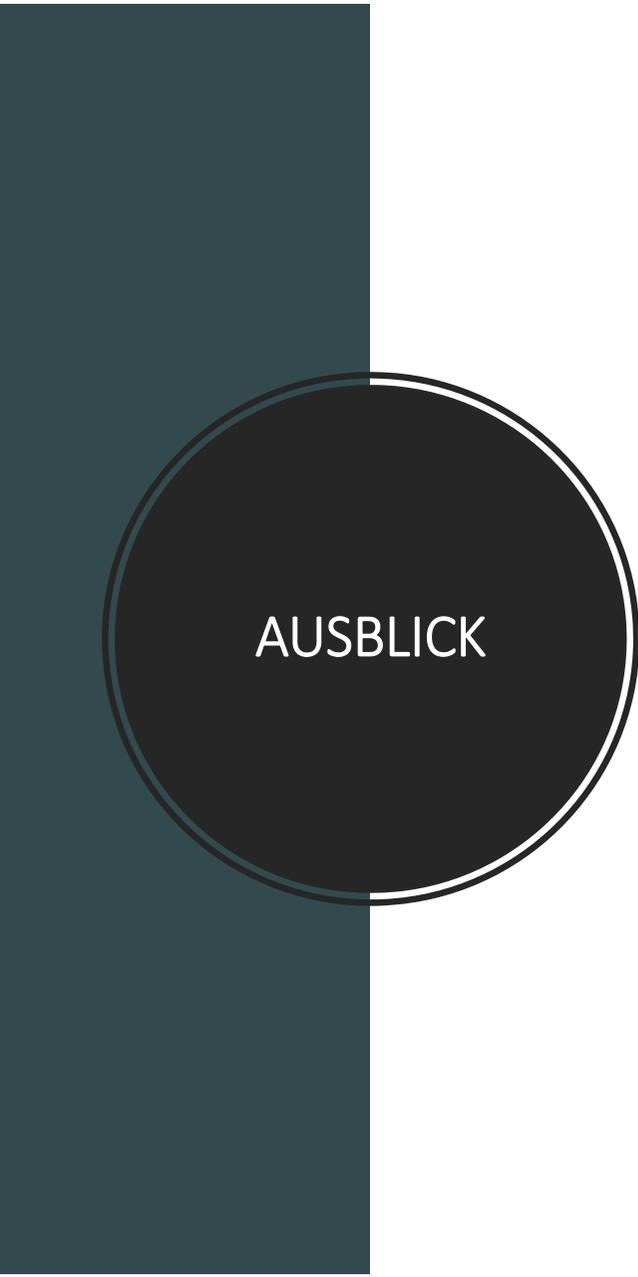
Vorhersagemodell NIR – 1 min





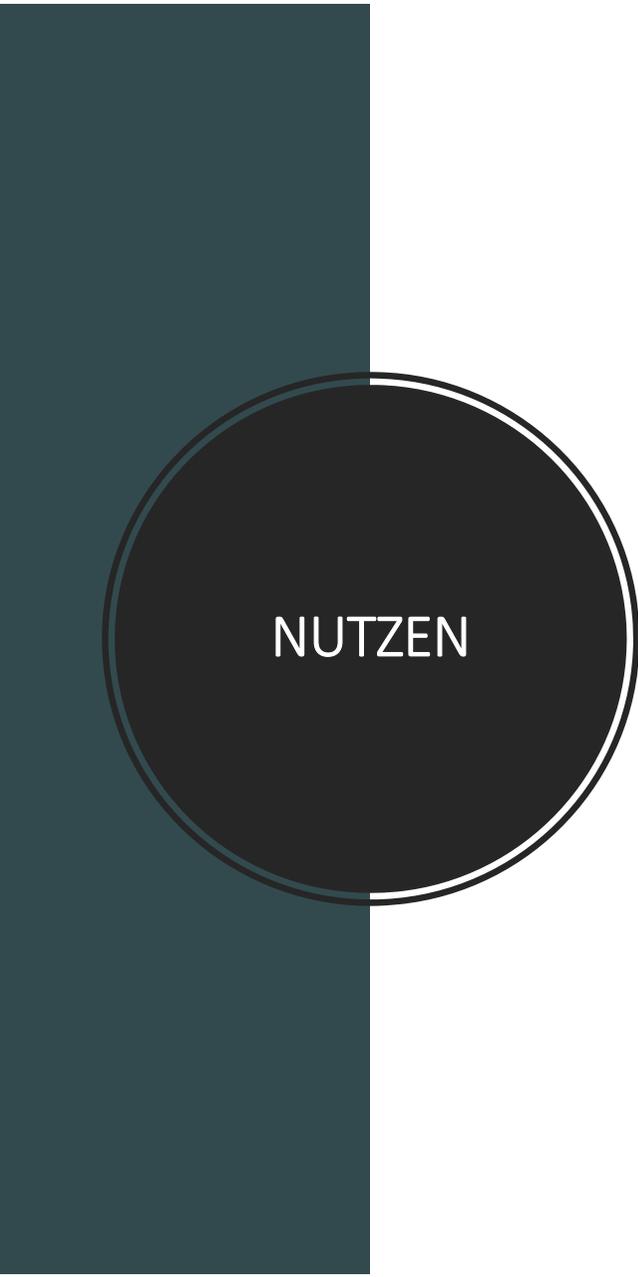
ZUSAMMEN- FASSUNG

- **Aufzeichnung mit verschiedenen Sensoren**
im laufenden Betrieb möglich
- **Korrelation: Sacköffner – Volumenstrom**
kein linearer Zusammenhang
- **Vorhersage 1 min stabiler als 5 s**
Informationsverlust vs. Stabilität
- **Vorhersage mit SBS vergleichbar gut**
Achtung: Risiko durch unbekannte Variablen



AUSBLICK

- 5 min-Aggregation
- Variation Inputparameter
- Andere Modelltypen
- Untersuchung SBS-Daten über die Zeit



NUTZEN

- **Meldung von schlechter Inputzusammensetzung**
im laufenden Betrieb
- **Automatische Anlagensteuerung**
um gezielte Stoffströme zu verbessern
- **Digital Twin**
Analyse von Optimierungspotential
- **ERP (Enterprise-Resource-Planning)**
Wo wie viel Personal? Welcher Durchsatz?

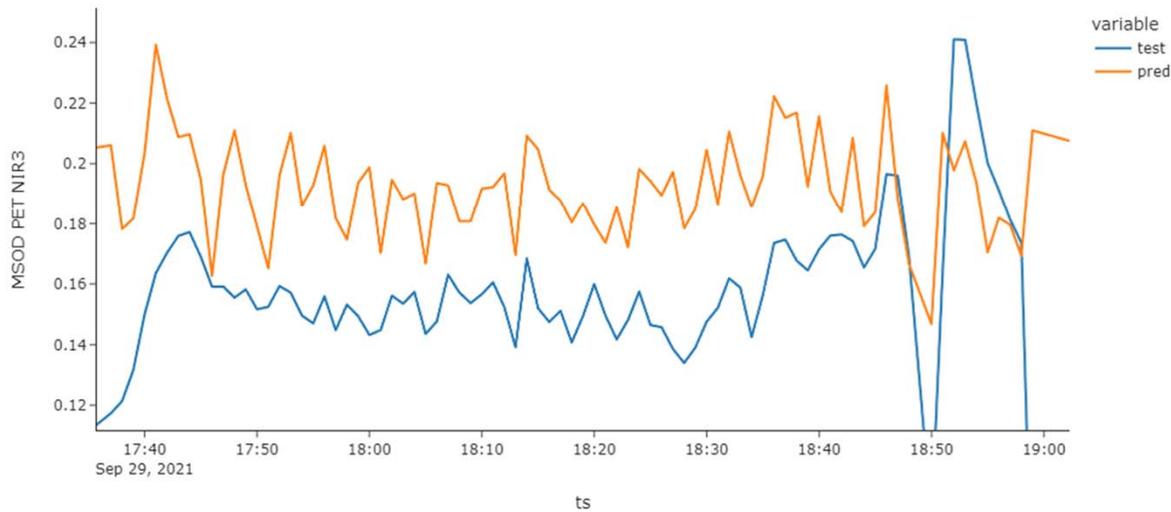
Danke
für Ihre
Aufmerksamkeit



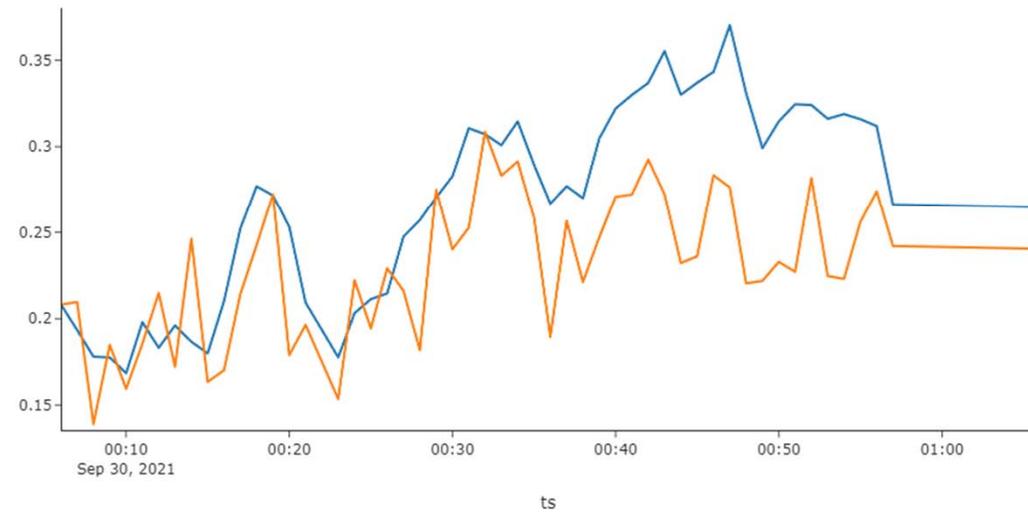
Anhang

Vorhersagemodell SBS

Ridge regression SBS -> NIR3: test vs. prediction time line



Ridge regression SBS -> NIR3: test vs. prediction time line



Korrelation SBS und NIR3

