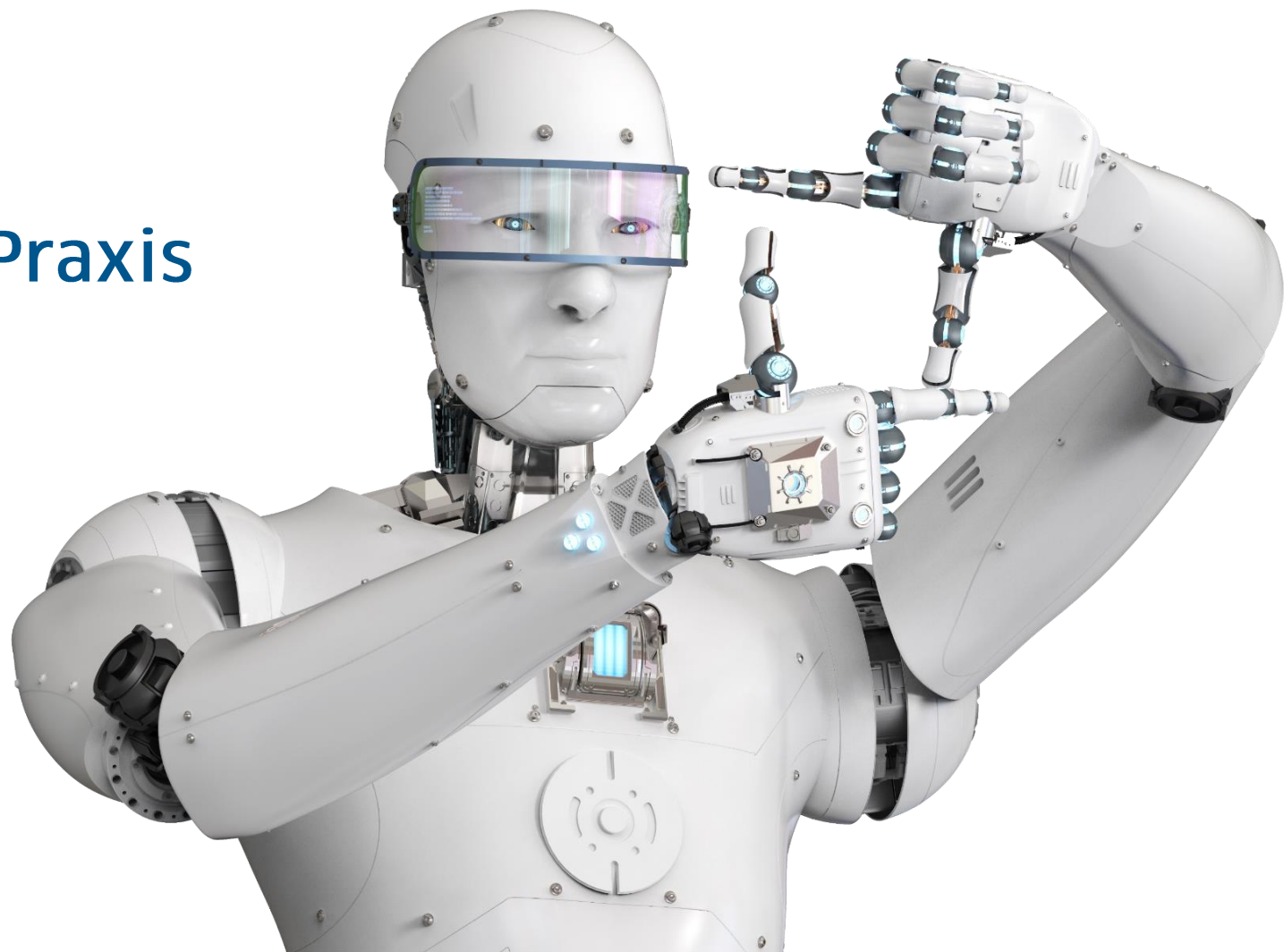


Pharma Forum 25. April 2024

Data Science

Framework in der Praxis



Agenda

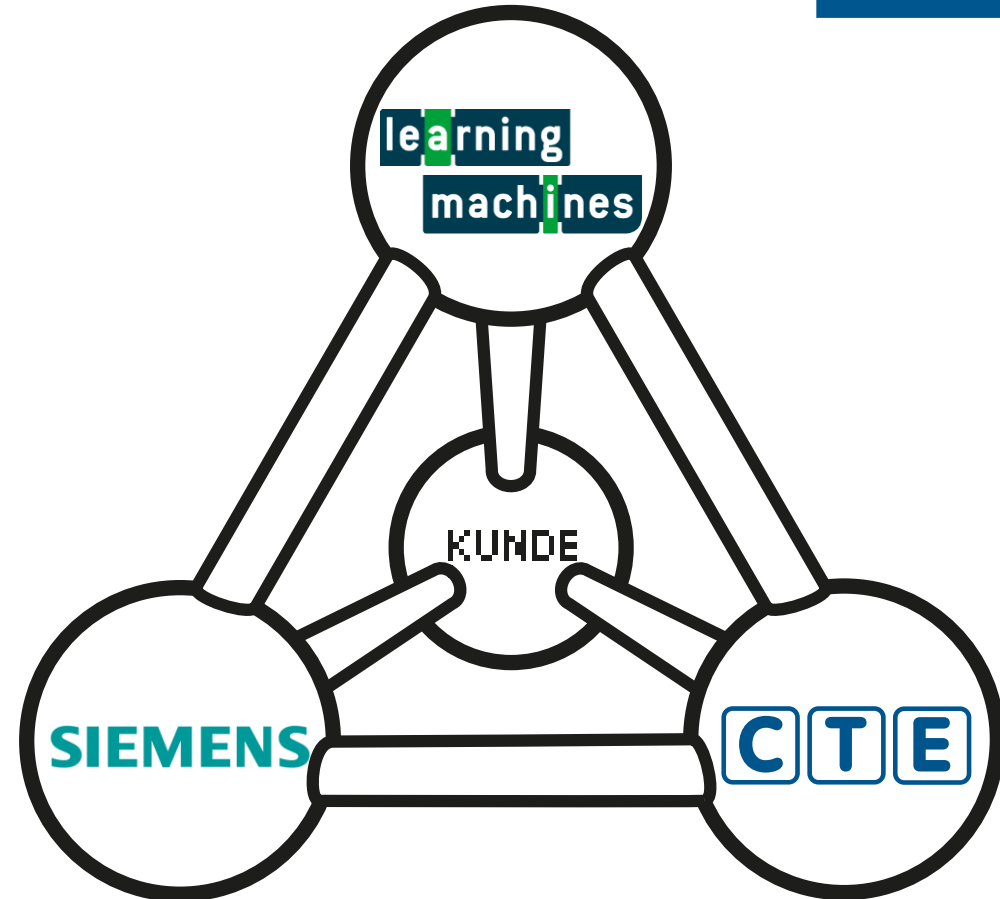
1. **Einleitung** Data Science Framework (DSF) am Pharma Forum 2023
2. **Fortschritt** Was wir in der Zwischenzeit erreicht haben
3. **Use Case** KI-Dashboard und Zusammenarbeit mit Learning Machines
4. **Ergebnisse** Und jetzt?
5. **Fazit** und Ausblick

Einleitung

Data in der Pharma

Gut abgestimmte Zusammenarbeit

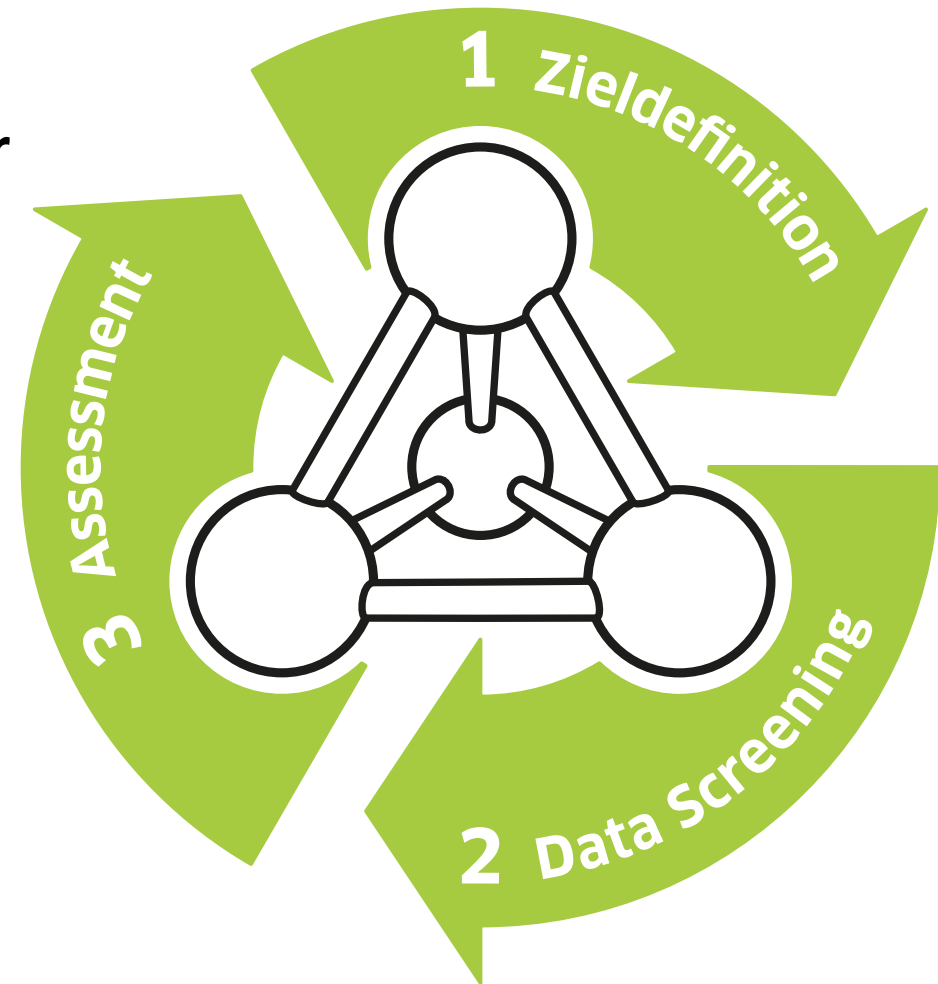
Systemlieferant
+
Integrator
+
Data Analytics
Experts
+
Kunde



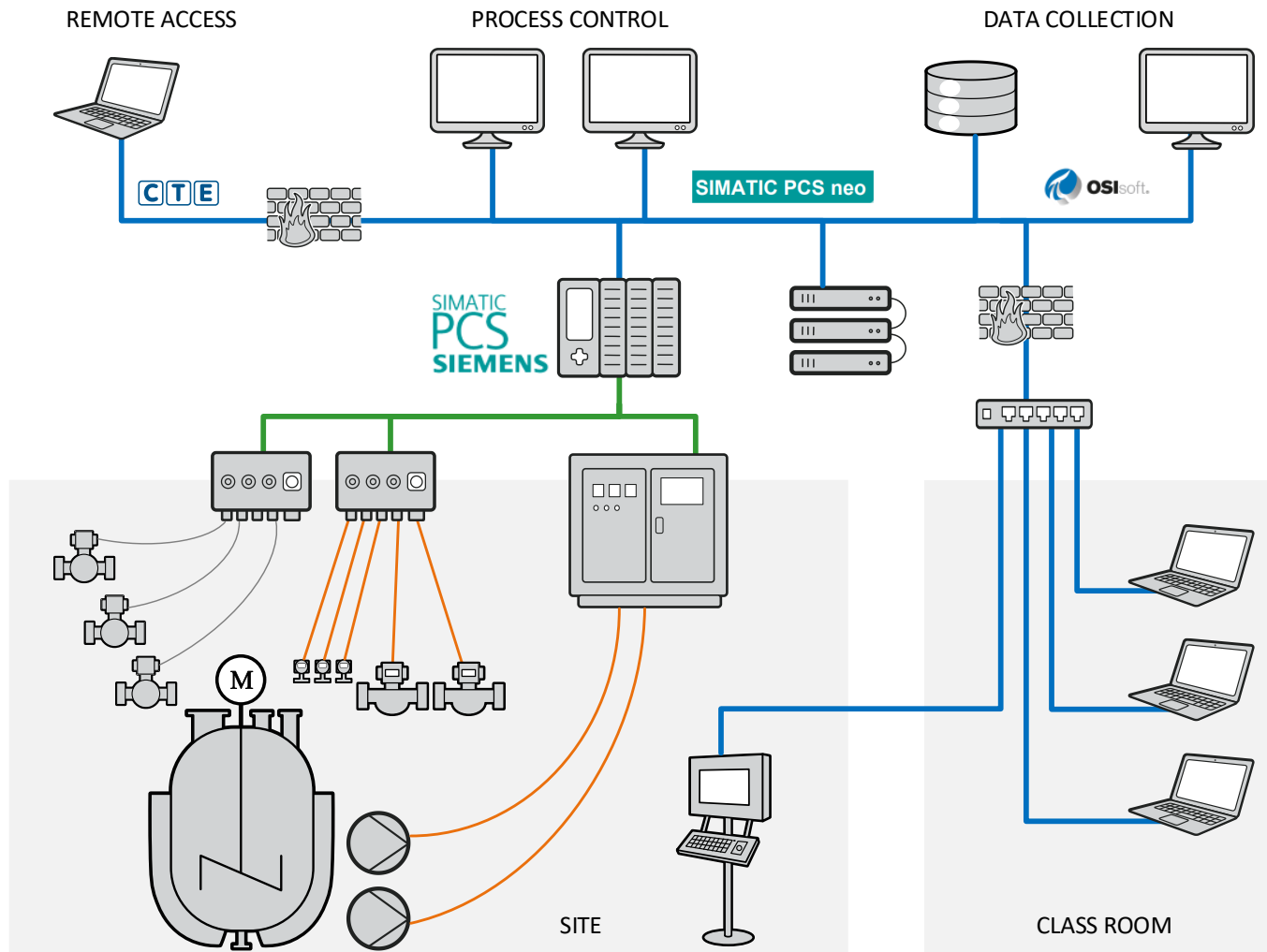
Data Science Framework (DSF)

**Ein standardisierter Prozess
für Data Science Projekte mit 3 Schritten, welcher**

- iterativ durchlaufen wird (Runde um Runde)
- Fokus durch Vorgabe eines Rahmens bietet
- ein Navigationssystem ist, um ans Ziel zu kommen



FHNW Pilotprojekt



Data Storage

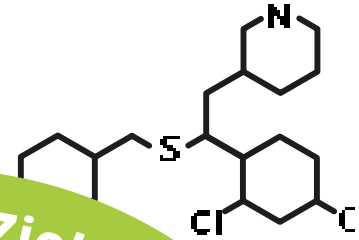
Zeitreihendaten und Anlagenmodell
im AVEVA PI System

OT-Layer

Produktionsanlage mit
Siemens PCS Neo

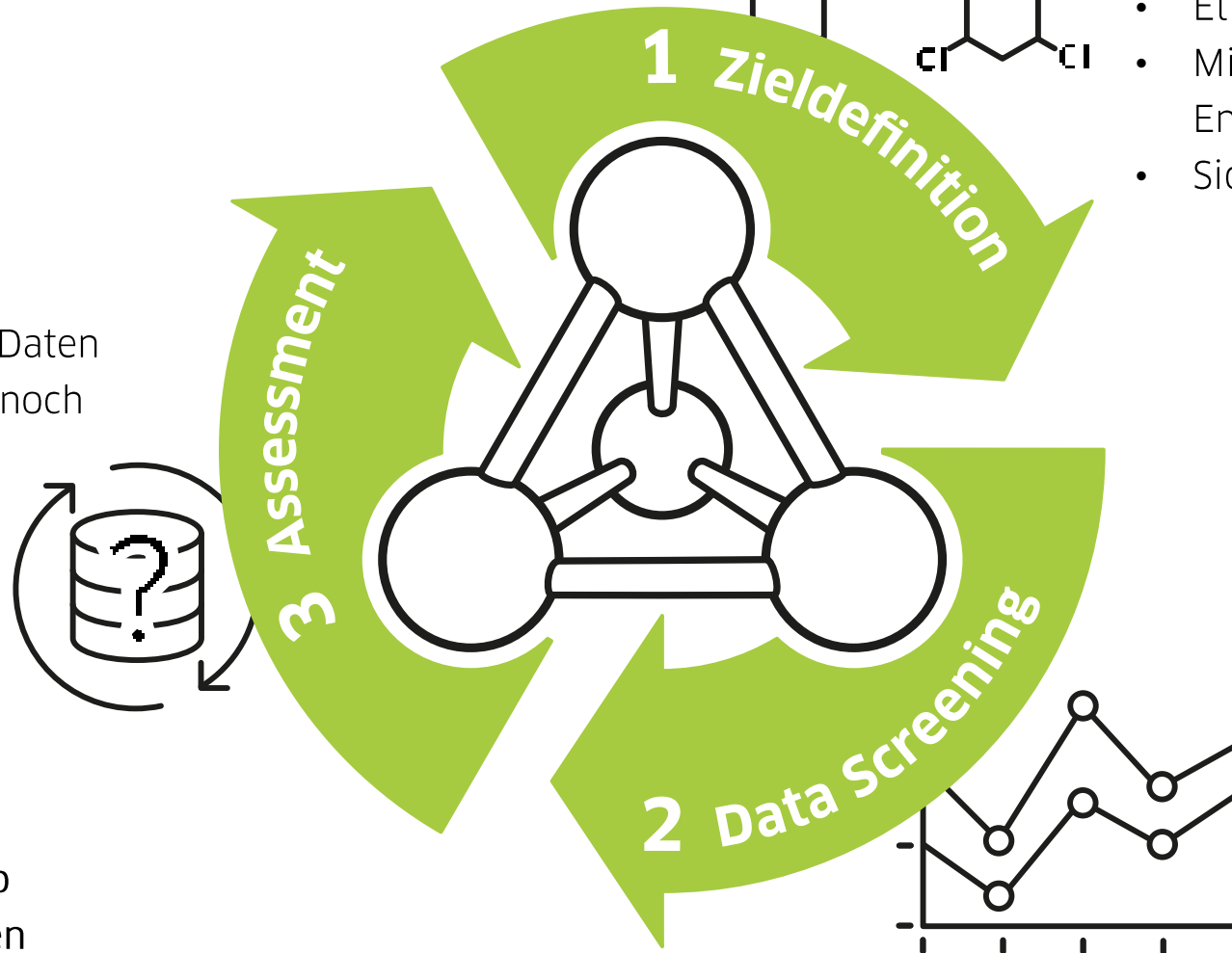
Feldebene

Rektifikationskolonne PU02



- Ethanol und Wasser trennen
- Minimierung von Energieverbrauch
- Sicherstellung der Produktqualität

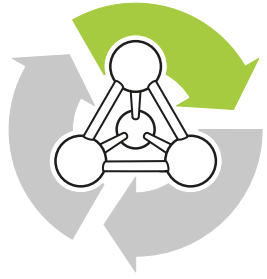
- Zu wenig Batches / Daten
- Datenqualität muss noch verbessert werden



- ✓ Prozessdaten abgezogen
- ✓ Anlagenmodell zur Kontextualisierung im AVEVA PI AF implementiert
- ✓ Systemtools installiert
- ✓ Erste Batches analysiert

Aussicht

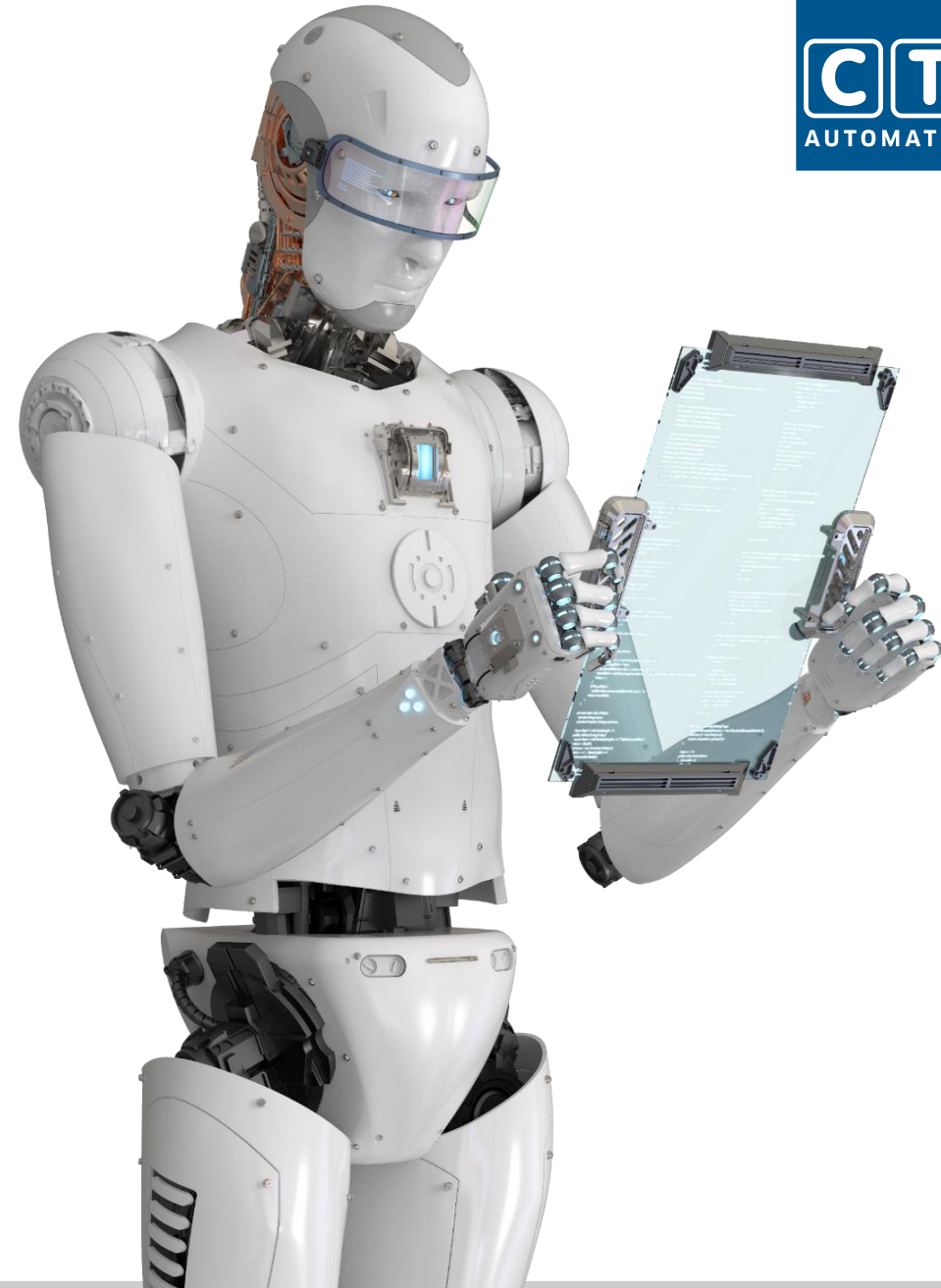
Weitere Batches ab
Q3 2023 vorhanden

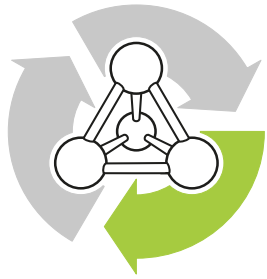


Erkenntnisse

Nach dem Pharma Forum

Wie ging es weiter?





Erkenntnisse

Schritt 2 des DSF

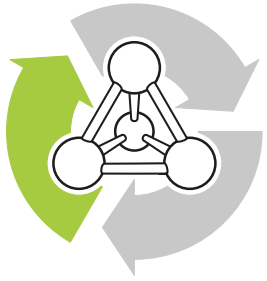
Zurück zu Schritt #2
Data Screening / Kontextualisierung



**Data Science Framework bringt beachtlichen
Mehrwert, aber...**

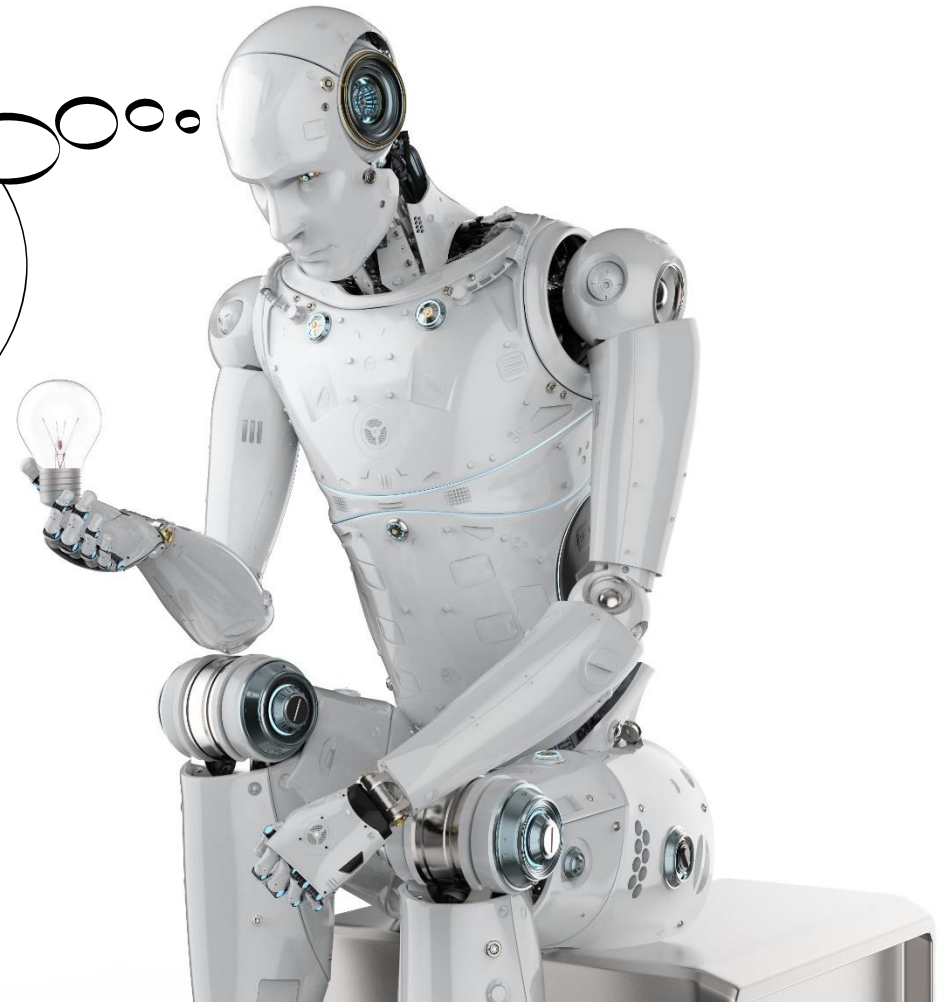
... die Kontextualisierung der Daten ist von grosser
Wichtigkeit.

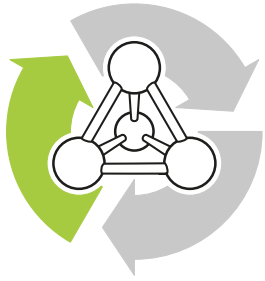
Nur so können inkonsistente Daten entdeckt und
die Datenqualität auf ein Level gebracht werden, damit effizient
damit gearbeitet werden kann.



Erkenntnisse
Kontext

Dafür ist der Faktor
Mensch unabdingbar.





Erkenntnisse

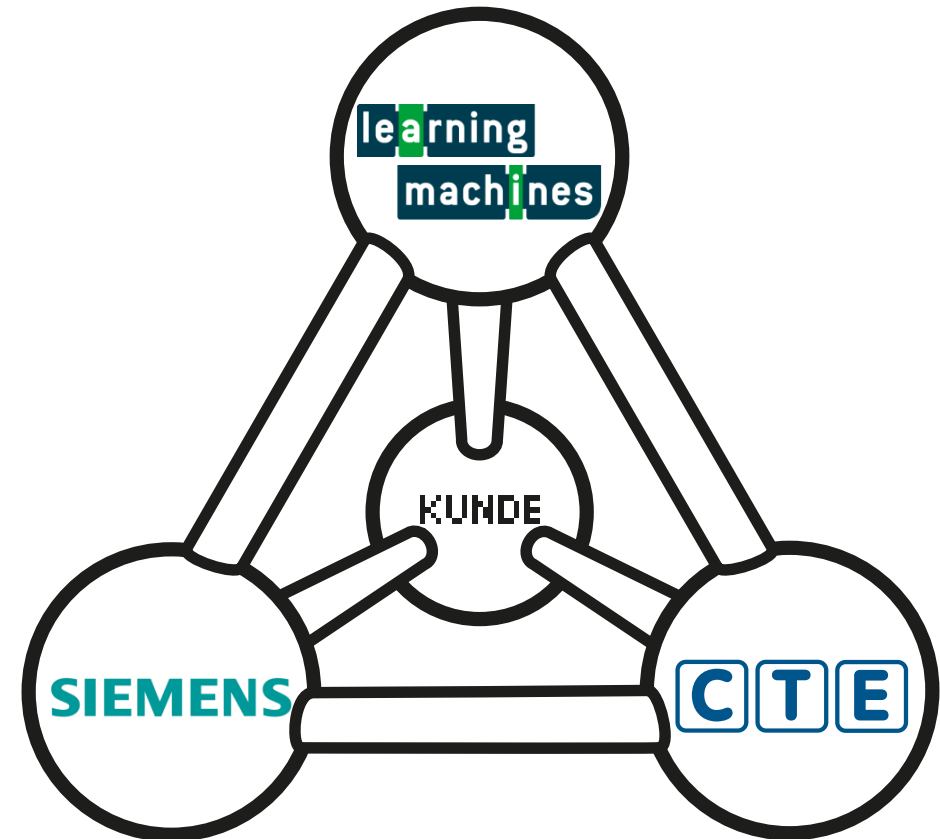
Wissen vereinen

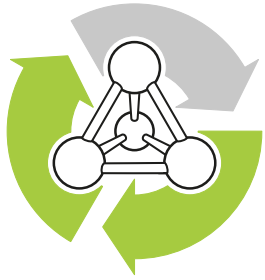
Schritt von reinen Daten zu **Daten vernetzt mit Prozesswissen** ist schwer

Zusammenarbeit und Fachwissen **aller Experten** ist zentral

Partnerschaft mit «Learning Machines» bringt leistungsstarkes **KI-Dashboard**, das

- **Anlagen- und Prozesswissen** berücksichtigt
- **Betriebs- und Prozessdaten** verknüpft





Erkenntnisse

Wissen vereinen

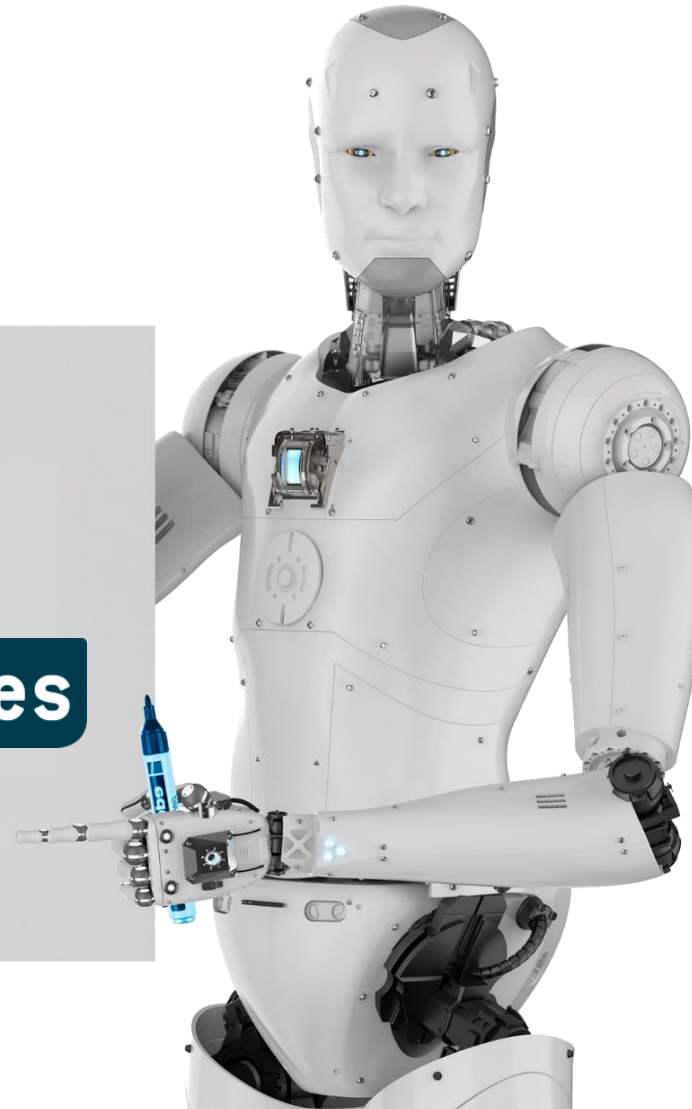
Das **KI-Dashboard** ist entwickelt worden

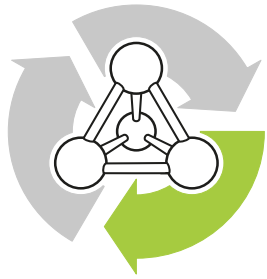
- um die Kundenziele wie Kostenreduktion und Qualitätssteigerung abzubilden
- um mit KI das Wissen aller Beteiligten zu vereinen

Use Case: KI-Dashboard

Dürfen wir
vorstellen?

learning machines





Use Case KI-Dashboard

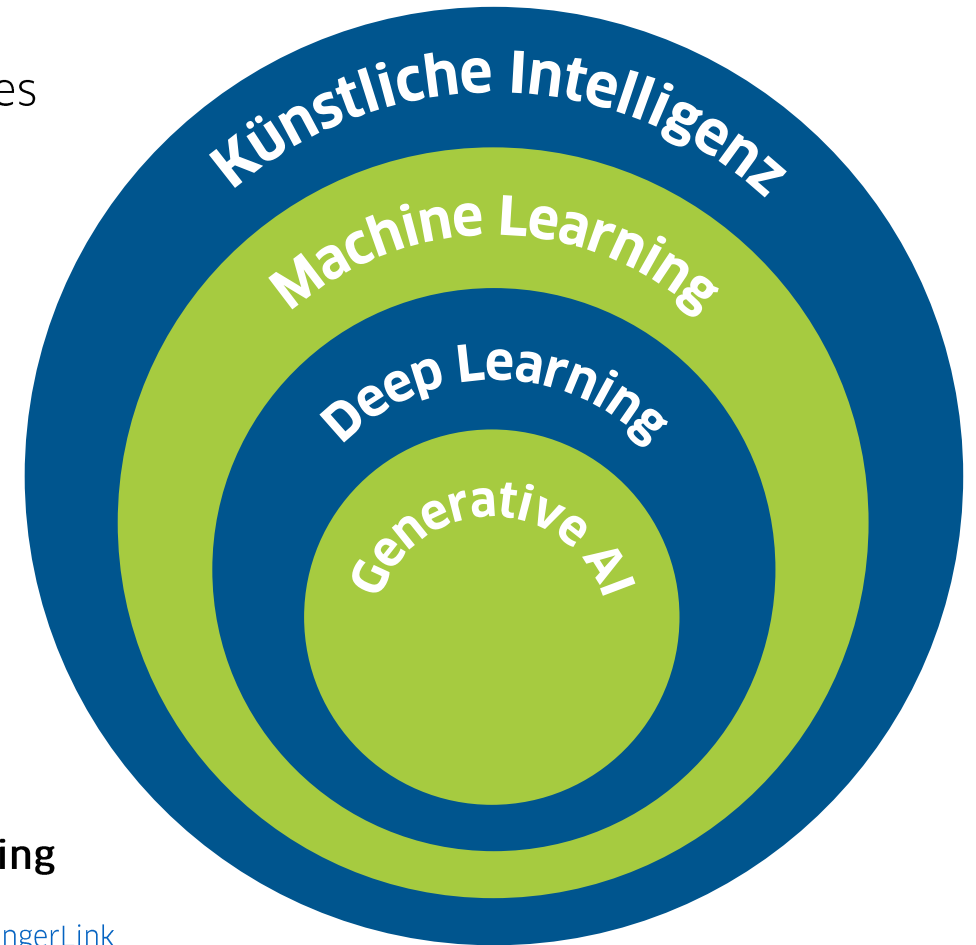
KI im Dashboard

KI-Dashboard als Demonstrator für ein mögliches Projektergebnis

- Interaktives Dashboard zur Exploration von Daten aus der Produktion
- Drill-Down Möglichkeiten bis zu Zeitreihen und Messwerten
- Verschiedene KI-Module zur automatischen Auswertung, z. B. Optimierung, Root-Cause Analyse, Anomalieerkennung

Technologien:

Statistisches Lernen, Machine Learning, Deep Learning



[1] [Künstliche Intelligenz verstehen und in der Organisation verankern | SpringerLink](#)

[2] [Generative AI vs. Discriminative AI: Unterschiede – CHIP](#)

[3] [Machine Learning in Manufacturing towards Industry 4.0: From 'For Now' to 'Four-Know'](#)

Use Case

**Wie funktioniert
das KI-Dashboard?**



Batch Analysis



List of Batches

	ID	Timestamp	Duration [h]	Quality [kg/m³]	Product [kg]	Cost [CHF]	Visible
☐	0	2022-05-17	10.58	848.5	44.6	2053	
☐	1	2022-05-18	6.38	813.8	7.5	1240	
☐	2	2022-05-24	9.30	801.0	14.9	1813	
☐	3	2023-05-15	3.28	812.6	12.1	637	
☐	4	2023-05-16	0.20	818.0	0.0	39	
☐	5	2023-05-25	5.45	813.8	18.6	1055	
☐	6	2023-05-30	7.37	818.9	25.0	1429	
☐	7	2023-05-31	6.09	809.4	19.7	1180	
☐	8	2023-06-13	6.71	810.1	18.2	1299	

Batch KPIs

X-Axis

Duration

Y-Axis

Quality

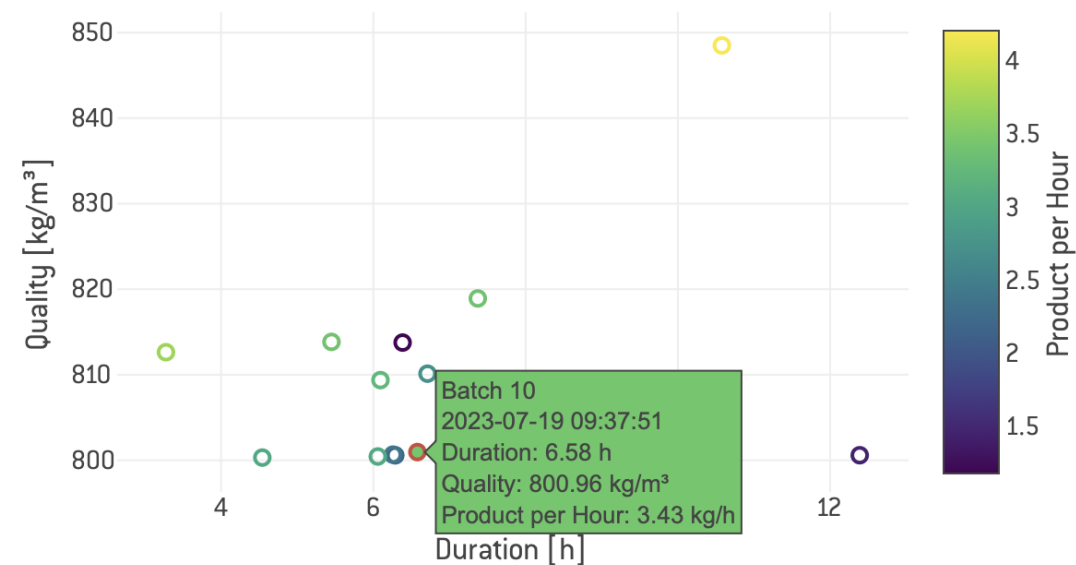
Color

Product per ...

Size

Please Select

Click a point to select a batch!

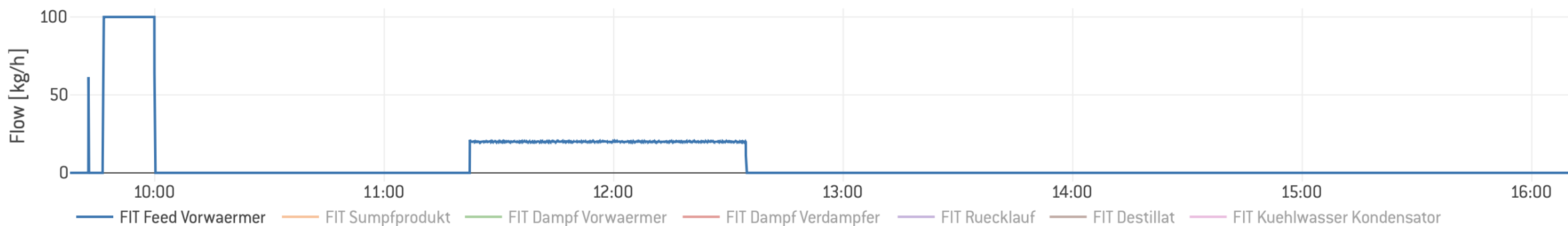
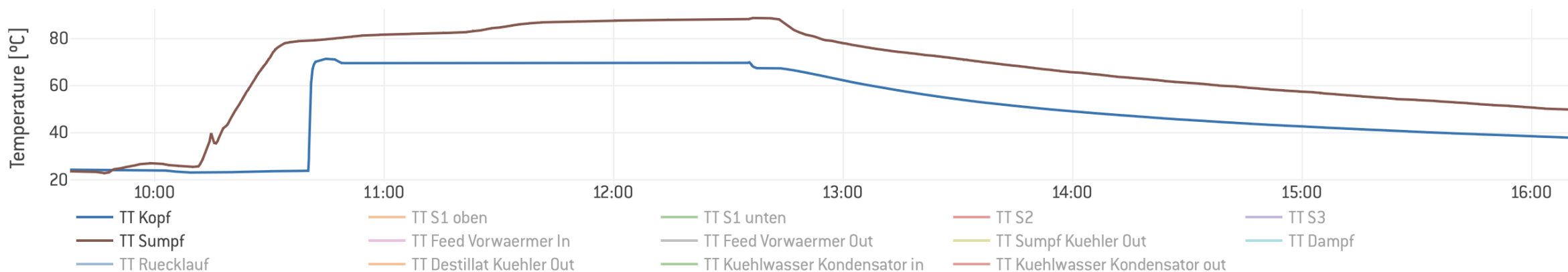


Batch Analysis



Time Series Data (Batch 10)

💡 Drag a horizontal range to zoom in, double click to zoom out.



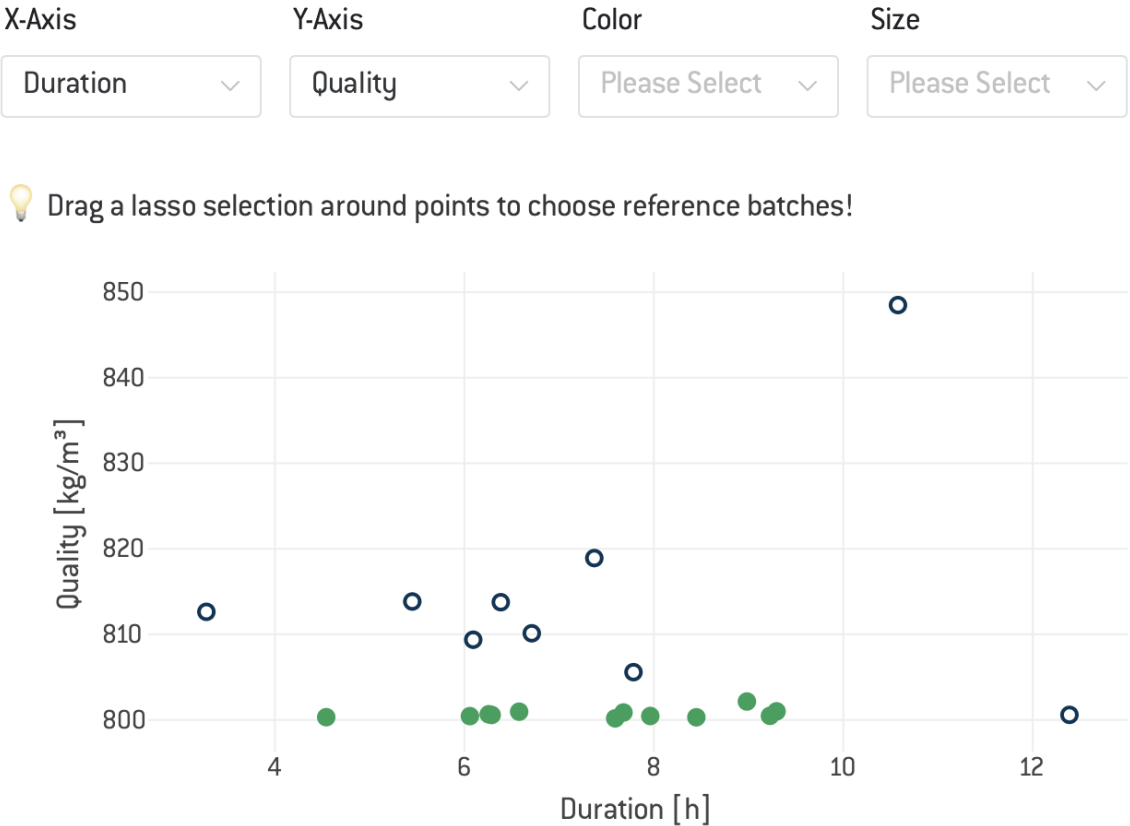
Batch Analysis



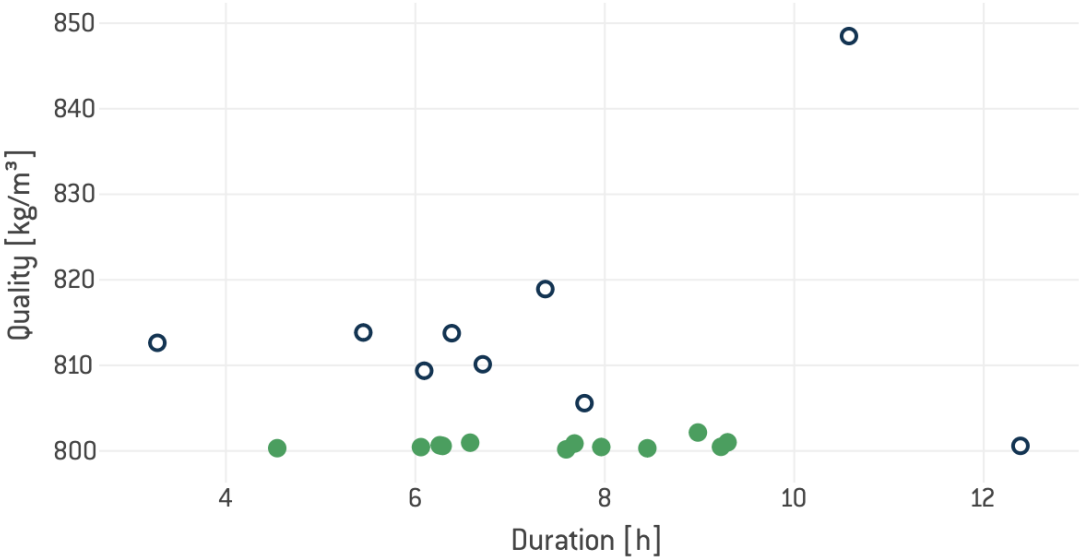
Reference Batches

	ID	Timestamp	Duration [h]	Quality [kg/m³]	Product [kg]	Cost [CHF]	Visible
☐	0	2022-05-17	10.58	848.5	44.6	2053	
☐	1	2022-05-18	6.38	813.8	7.5	1240	
☒	2	2022-05-24	9.30	801.0	14.9	1813	
☐	3	2023-05-15	3.28	812.6	12.1	637	
☐	4	2023-05-16	0.20	818.0	0.0	39	
☐	5	2023-05-25	5.45	813.8	18.6	1055	
☐	6	2023-05-30	7.37	818.9	25.0	1429	
☐	7	2023-05-31	6.09	809.4	19.7	1180	
☐	8	2023-06-13	6.71	810.1	18.2	1299	

Batch KPIs



Drag a lasso selection around points to choose reference batches!



Batch Analysis



Duration [h]

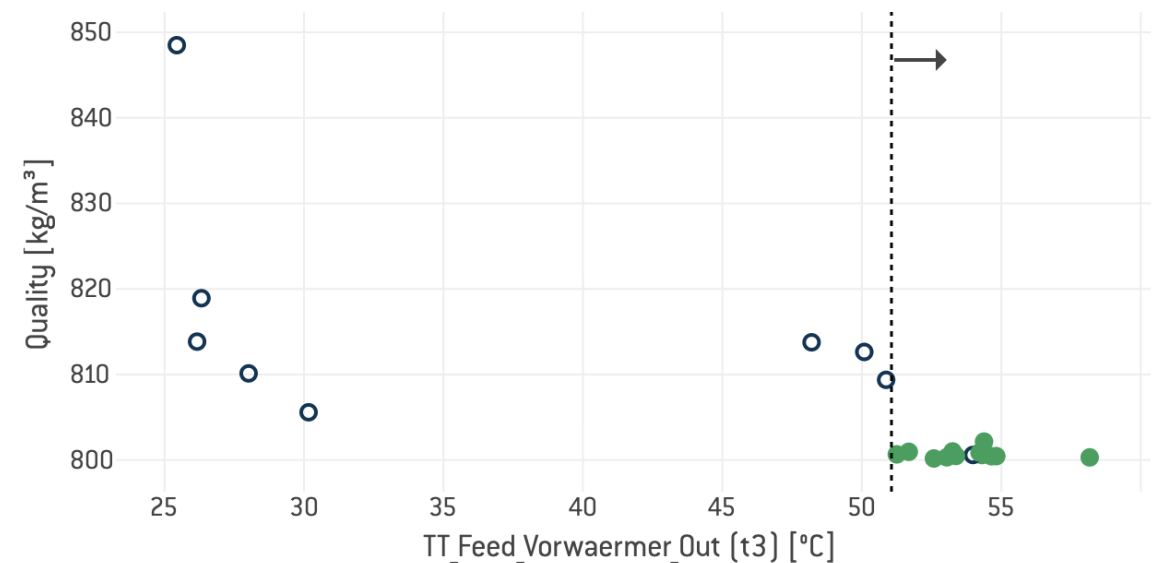
Recommendations

Compute

Feature	Recommendation	Accuracy
☐ TT Kopf {t2}	$\leq 69.37\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.94
☒ TT Feed Vorwaermer Out {t3}	$\geq 51.06\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.94
☐ TT S1 oben {t2}	$\leq 69.43\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.94

Note: The signals marked t1, t2, and t3 refer to signal values averaged from the beginning of the batch to the point of extraction (t1), and the current values two minutes before (t2) and after (t3) the beginning of distillate extraction, respectively.

Batch Compliance

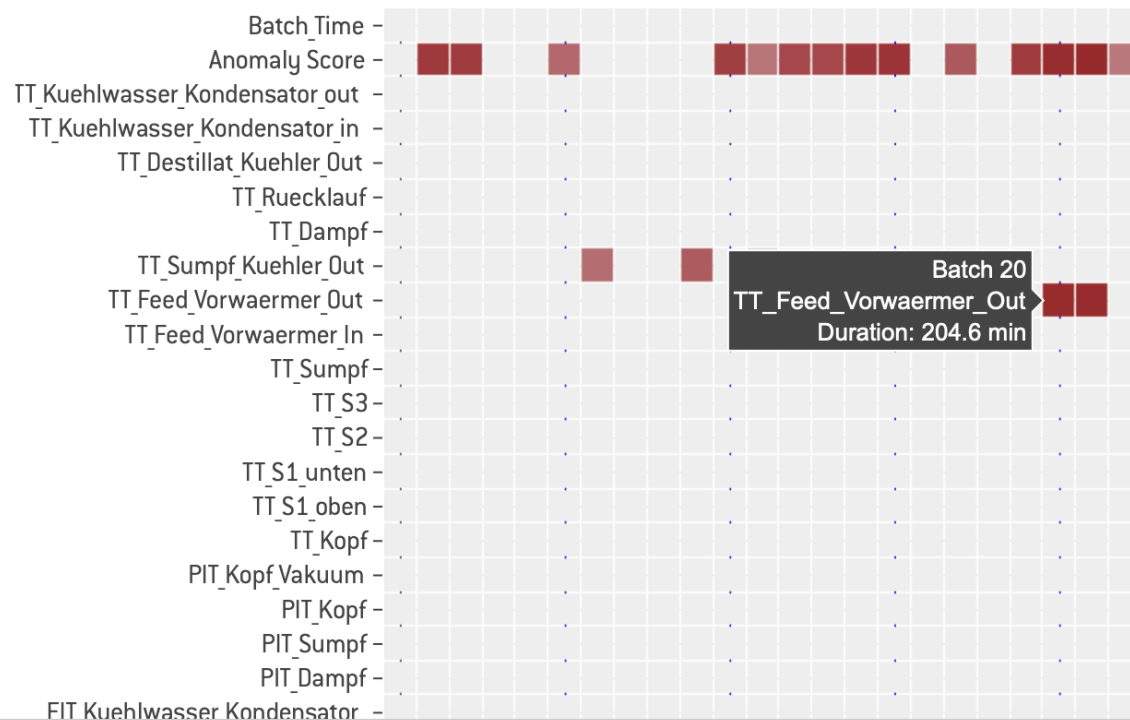


Batch Analysis

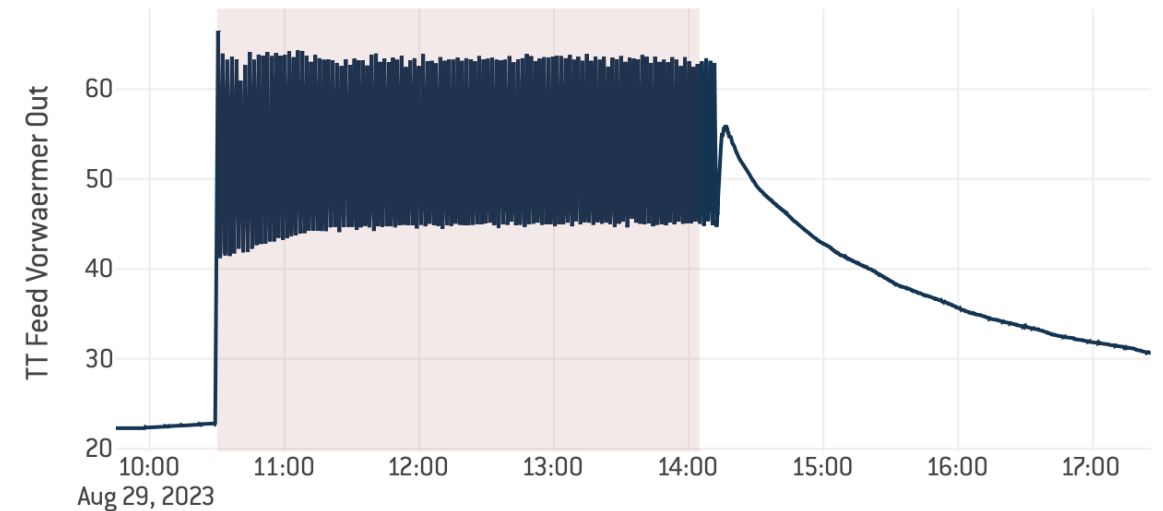


Signal Oscillations

Sensitivity 0.5 — +



Time Series Data (Batch 20)



Batch Analysis

Process Embedding

Colorization

Signal

FIT Destillat

Sauerstoffgehalt

DIT Ruecklauf

FIT Feed Vorwaermer

FIT Sumpfprodukt

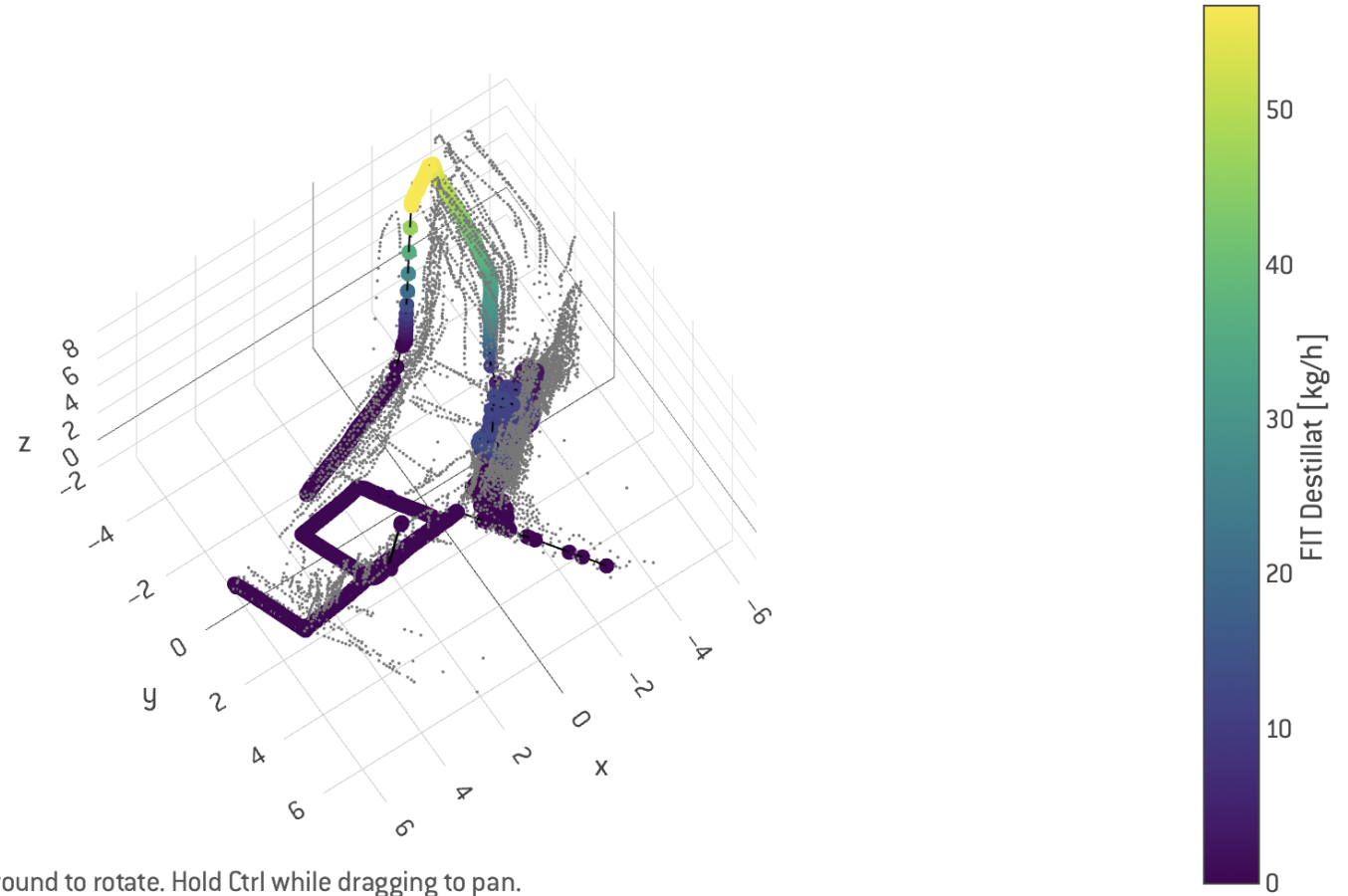
FIT Dampf Vorwaermer

FIT Dampf Verdampfer

FIT Ruecklauf

FIT Destillat

Click + drag on the background to rotate. Hold Ctrl while dragging to pan.



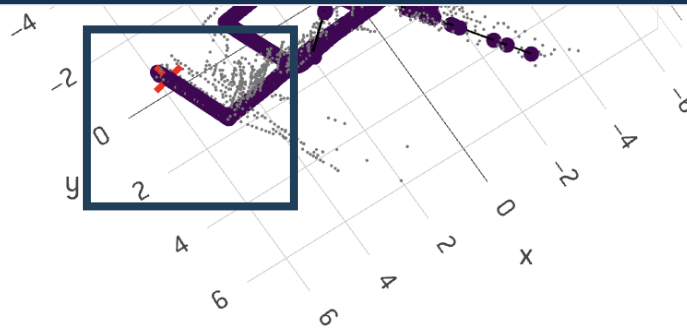
Batch Analysis



Analysis Tools

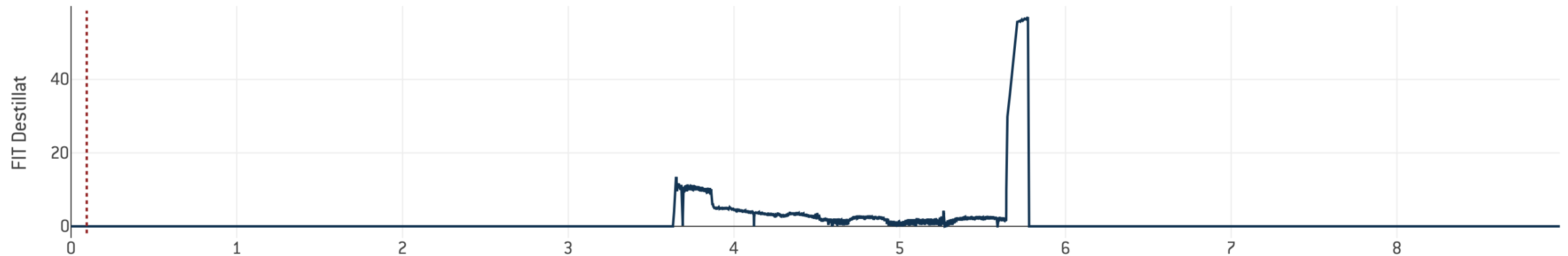
Time Series Display

💡 Select a point to highlight it in the time series.



Click + drag on the background to rotate. Hold Ctrl while dragging to pan.

Time Series (Batch 11)



Batch Analysis



Process Embedding

Colorization

Signal

FIT Destillat

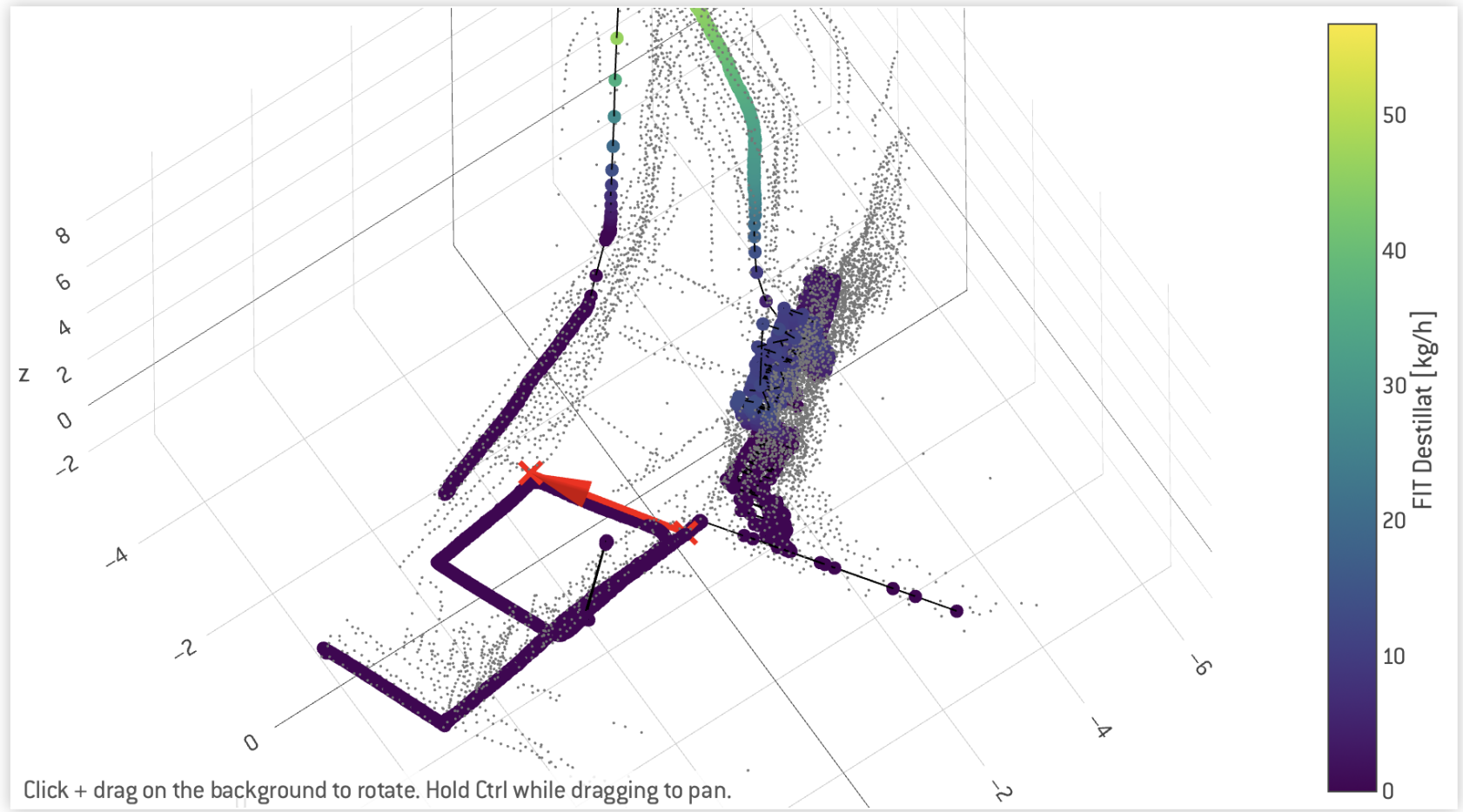
Batch

11

Analysis Tools

Root Cause Analysis

💡 Select two points to compute main channel changes.



Batch Analysis



Root Cause Analysis

From: Batch 11 [2023-07-25 09:42:05] to Batch 11 [2023-07-25 09:46:46]

Channel	Change
PIT Sumpf	-270.83 mbarü  119.79 mbarü
PIT Kopf	708.33 mbara  1098.96 mbara
TT S1 oben	48.76 °C  60.36 °C
TT S3	65.10 °C  73.09 °C
TT S1 unten	56.80 °C  60.56 °C
TT Kopf	47.16 °C  51.04 °C
TT S2	62.21 °C  64.41 °C
TT Sumpf	70.08 °C  72.05 °C
TT Ruecklauf	22.74 °C  23.15 °C

Batch Analysis

Process Embedding

Colorization

Signal

FIT Destillat

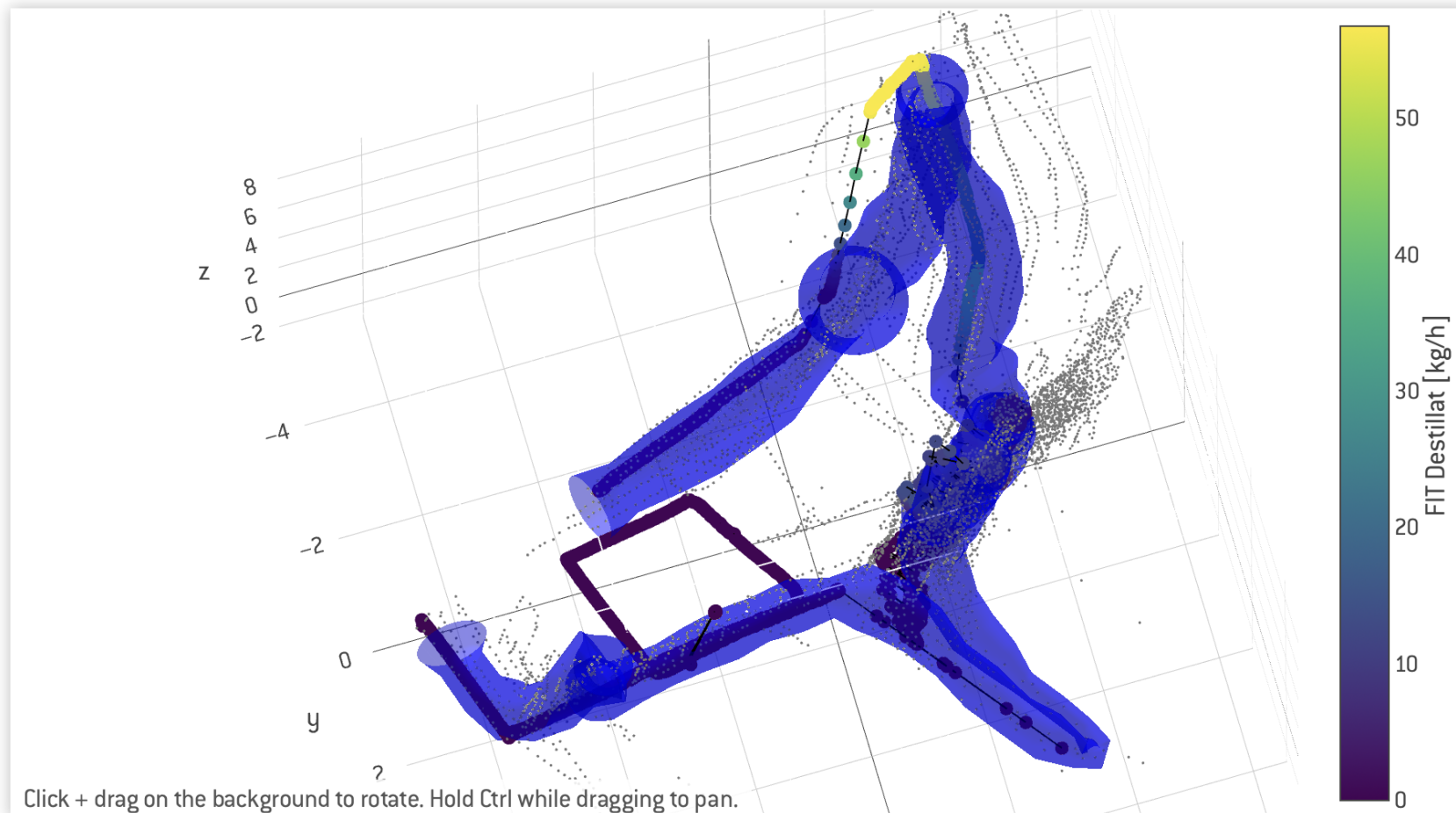
Batch

11

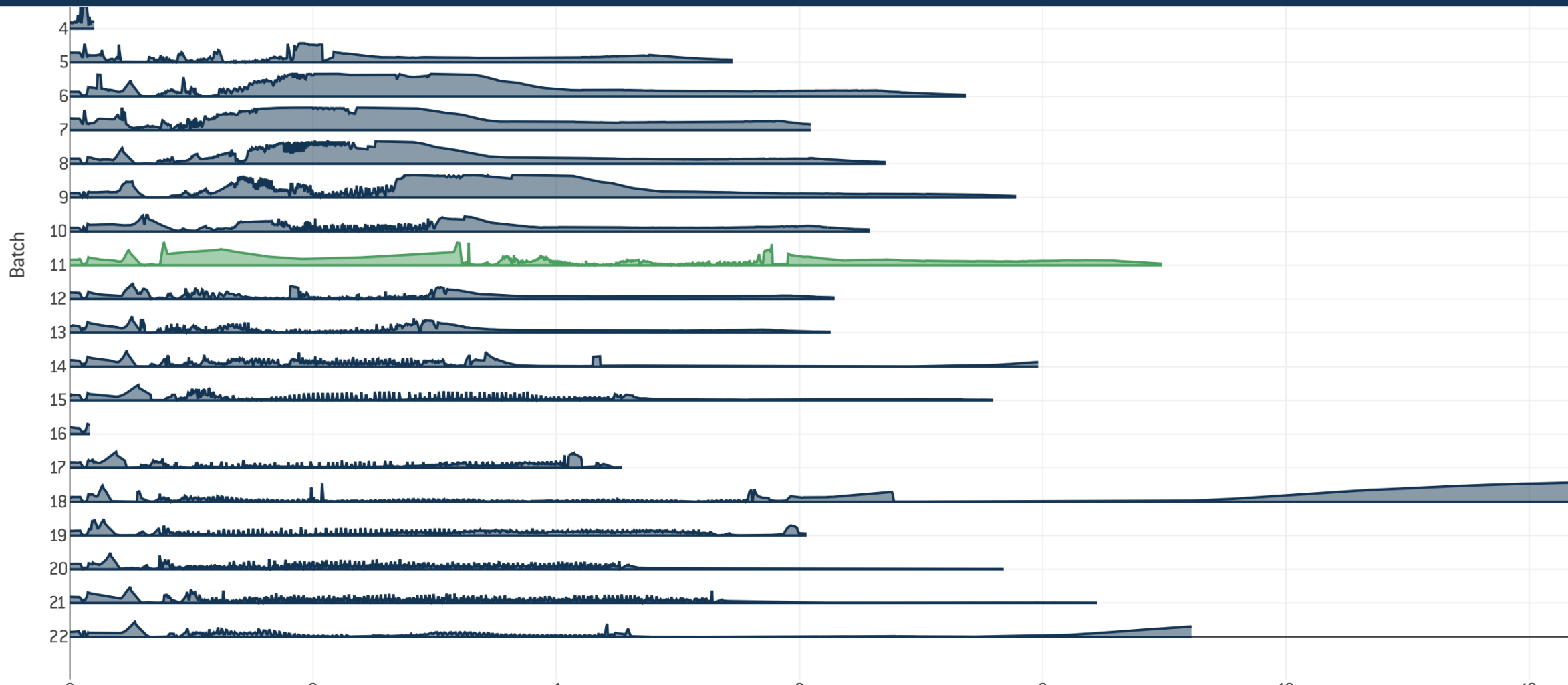
Analysis Tools

Anomaly Detection

💡 Select a point to highlight it in the time series.



Batch Analysis



Batch Analysis



Cost Structure

Adjust cost in CHF per hour:

Cooling 2.50 - +

Heating 5.00 - +

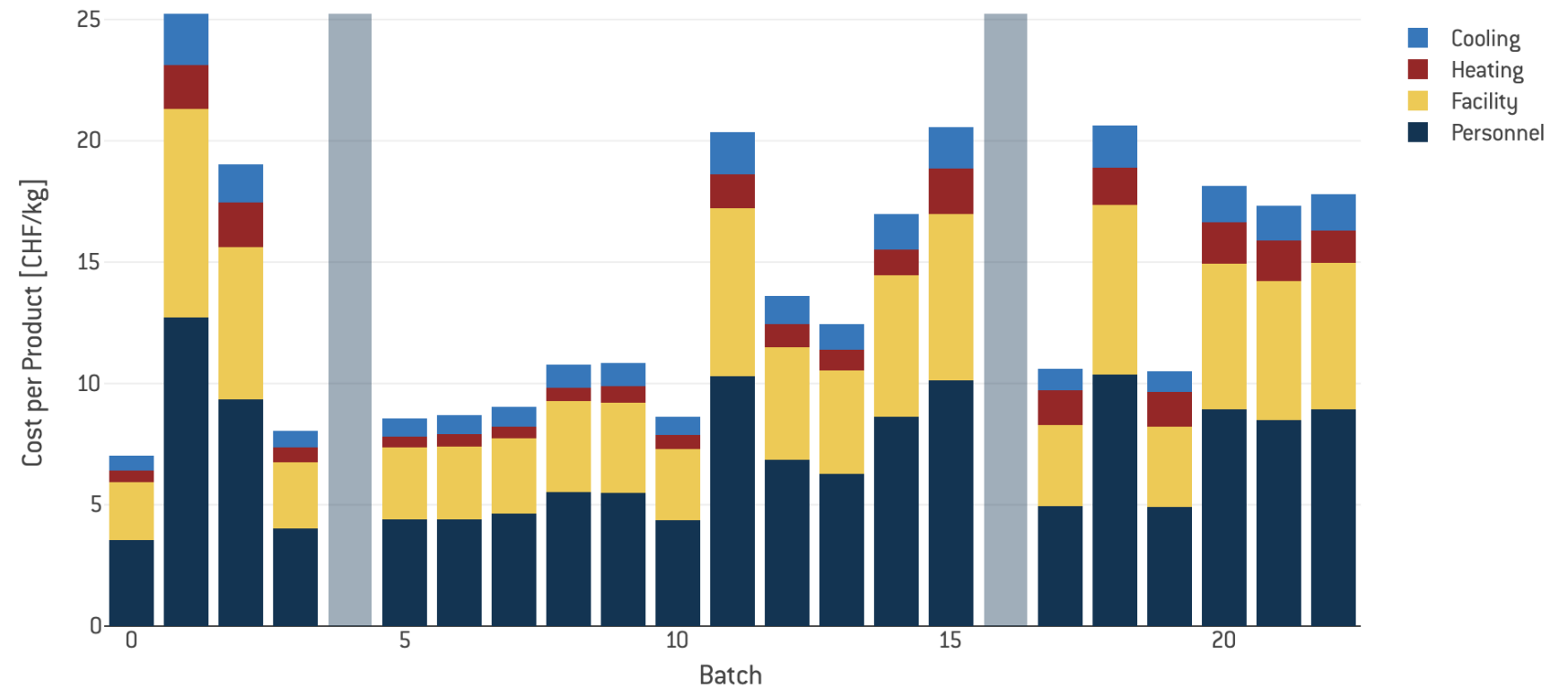
Facility 10.10 - +

Personnel 15.00 - +

Batch Cost

Absolute Cost

Relative Cost

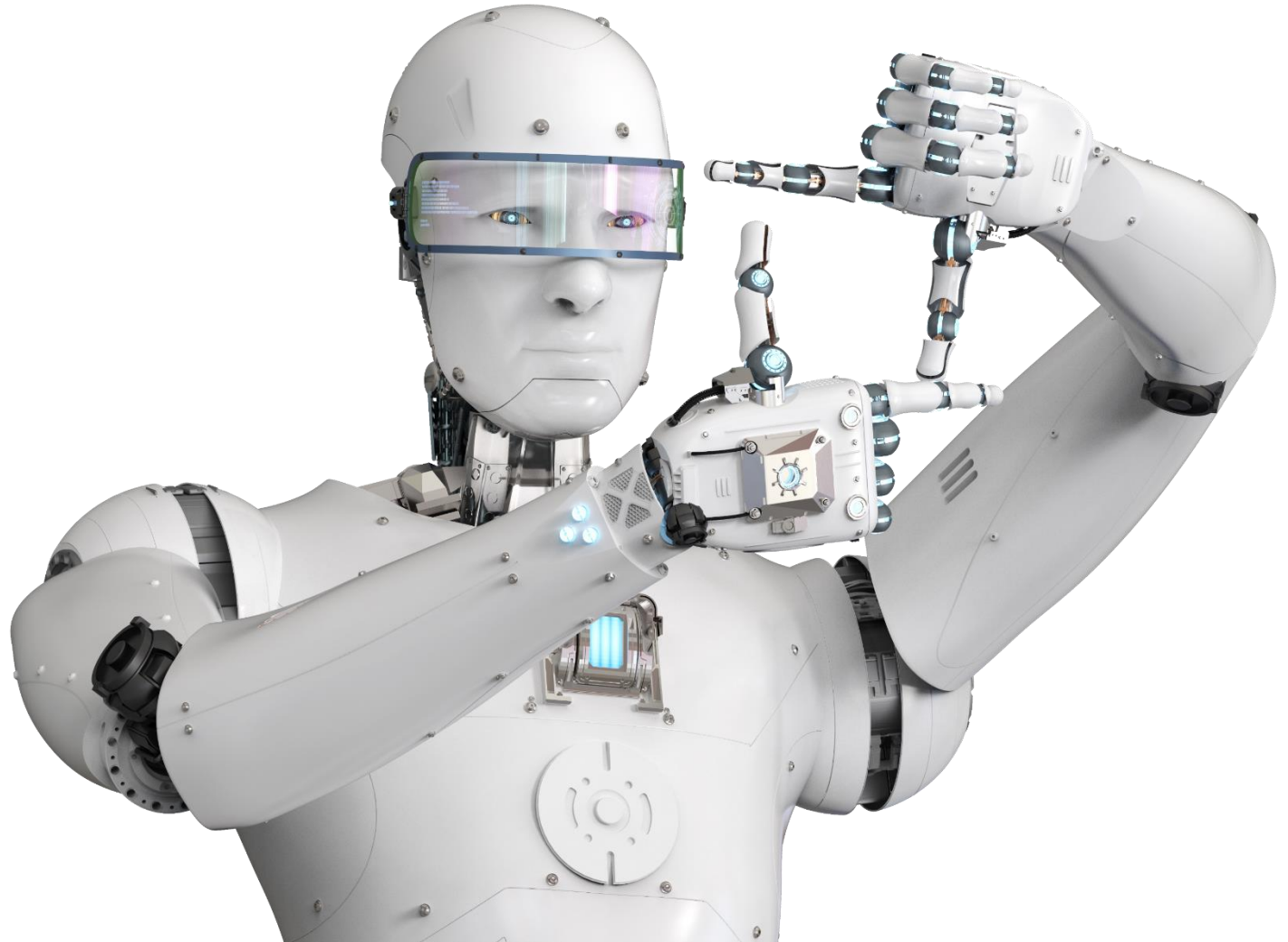


📍 Click on a bar to toggle its visibility!

Ergebnisse

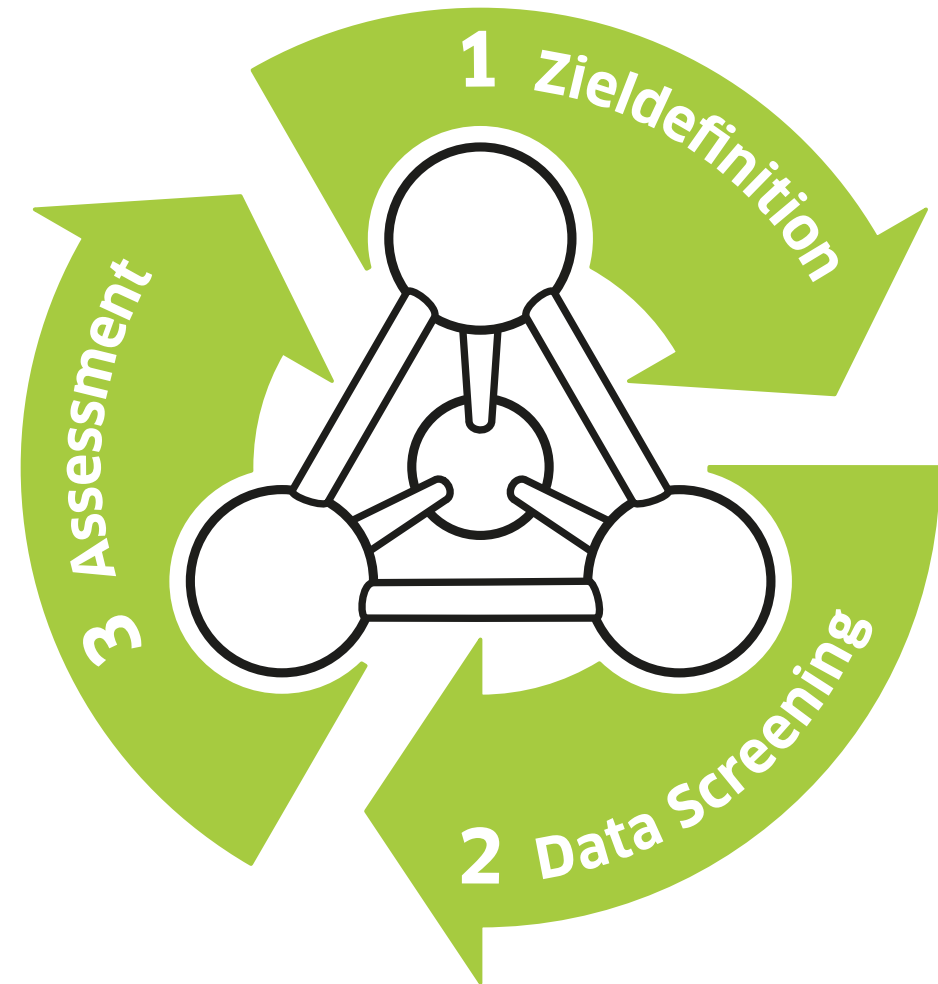
Und jetzt?

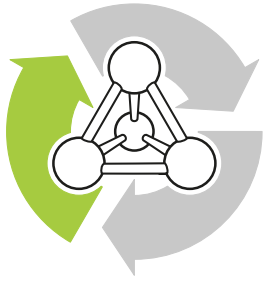
**Was machen wir mit
den Erkenntnissen?**



Schritt 3 des DSF

- Letzter Schritt des DSF
- Prüfung aktueller Daten gegenüber den Schlüsselanforderungen
- Definition weiteres Vorgehen





Ergebnisse

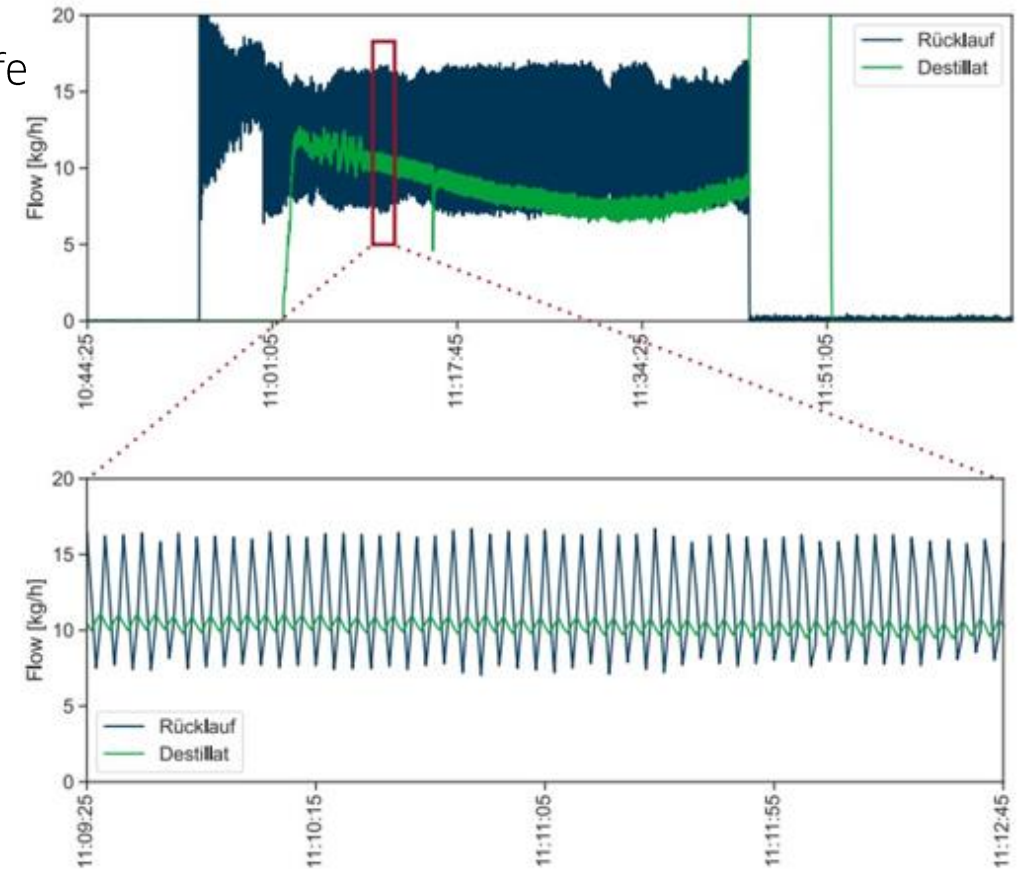
Finding 1

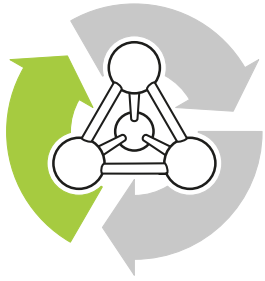
Zielsetzung:

Kostenreduktion durch Reduktion Verbrauchsstoffe

Erkenntnis:

Schwingender Regler, Konfiguration nicht optimal





Ergebnisse

Finding 1

Hypothese 1.1

Der schwingende Regler hat einen Einfluss auf die Produktqualität.

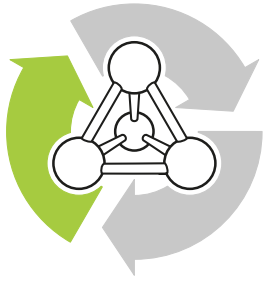
✗ **Resultat:** Kann aus den Daten nicht gezeigt werden

Hypothese 1.2

Der schwingende Regler hat einen Einfluss auf die Produktionseffizienz.

✗ **Resultat:** Kann aus den Daten nicht gezeigt werden





Ergebnisse

Finding 1

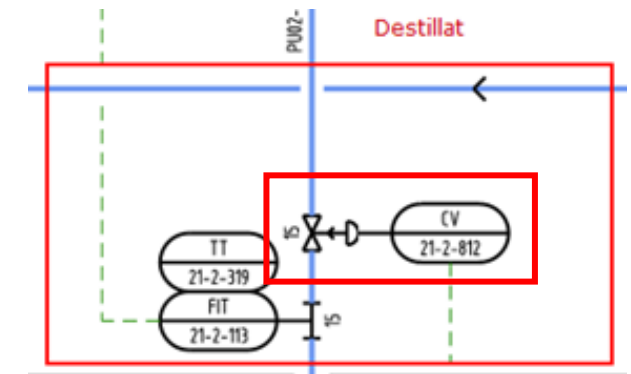
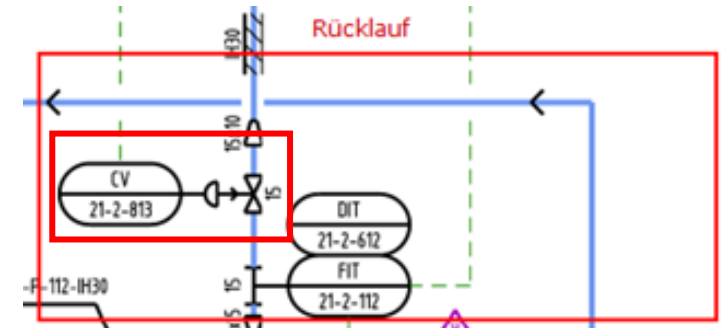
Hypothese 1.3

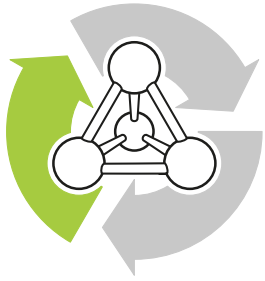
Der Regler ist relevant und kann helfen, die Anlagenkosten zu senken. Dabei werden die Wartungsintervalle und damit die Wartungskosten verringert.

➔ Kostenreduktion (durch Verbesserung der Verfügbarkeit)

Lastwechsel laut Hersteller (MTBF)	1'000'000	
Lastwechsel Destillat Ventil (CV812) pro Batch	1'200	Wechsel nach 83 Batches resp. 603h Betrieb
Lastwechsel Rücklauf Ventil (CV813) pro Batch	4'400	Wechsel nach 22 Batches Resp. 160h Betrieb
Mittl. Zeit pro Batch	7.27h	
Zeitdauer Wartung / Austausch	Ca. 4h	

Der Regler beeinflusst aktuell die Anlagenverfügbarkeit in einem zu grossen Masse (ca. 2.5% bez. Dauerbetrieb).





Ergebnisse

Finding 1

Fazit:

Nur anhand der Daten zeigt der Regler kein Optimierungspotential.

Aber:

Die Daten bilden aktuell keine Kosten für Down-Time und Wartung ab. Beachtet man diese, so lohnt sich eine Optimierung des Reglers nur schon aus Sicht Anlageverfügbarkeit, falls die Anlage in einem 24/7 Modus betrieben würde.

Erkenntnis:

Eine rein datengetriebene Entscheidung ist nicht immer ausreichend. Betriebs- und Businesswissen müssen entsprechend «in die Daten» einfließen.



Zielsetzung:

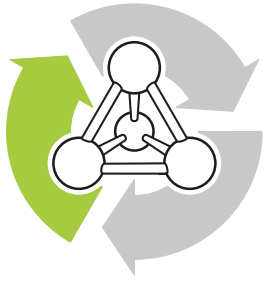
Batch Compliance



A scatter plot showing the relationship between 'Quality [kg/m³]' (Y-axis) and 'TT Feed Vorwaermer Out (t3) [°C]' (X-axis). The Y-axis ranges from 800 to 815, and the X-axis ranges from 25 to 55. The plot contains several blue data points and a cluster of green data points. A blue circle highlights the green data points, which are clustered around a quality of 800 kg/m³ and a temperature of 53-55 °C. An arrow points to the green cluster.

TT Feed Vorwaermer Out (t3) [°C]	Quality [kg/m³]	Color
26.5	818.5	Blue
26.5	814.0	Blue
28.0	810.0	Blue
30.0	805.5	Blue
48.0	814.0	Blue
50.0	812.5	Blue
51.0	809.5	Blue
51.5	800.5	Green
52.0	800.0	Green
52.5	800.5	Green
53.0	800.0	Green
53.5	800.5	Green
54.0	800.0	Green
54.5	800.5	Green
55.0	800.0	Green
55.5	802.0	Green
57.0	800.0	Green

Seite 33



Ergebnisse

Finding 2

Hypothese:

Die Vorlauf-Temperatur hat einen Einfluss

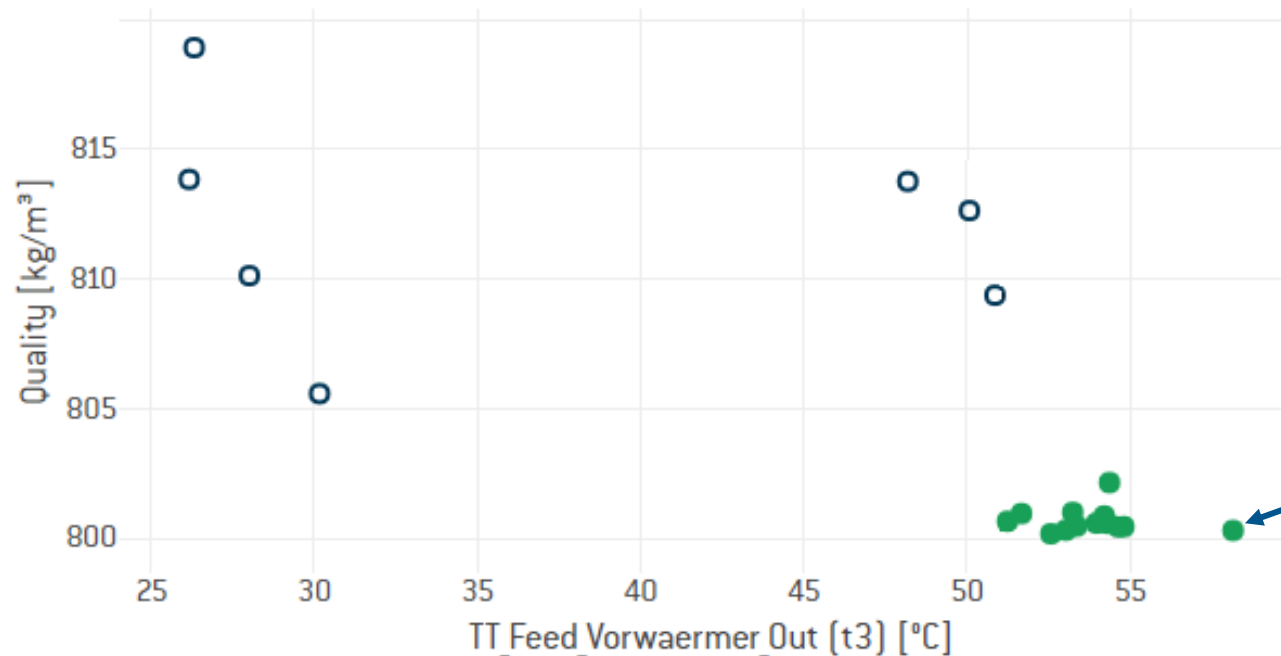
Batch Compliance

Hypothese 2.1

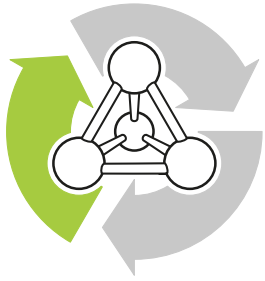
Eine höhere Temperatur liefert zwar gute Qualität, ist aber zu teuer in der Herstellung (Kostenverschwendung)

Hypothese 2.2

Kältere Batches liefern schlechte Qualität



Ausreisser Batch 21



Ergebnisse

Finding 2

Fazit Hypothese 2.1

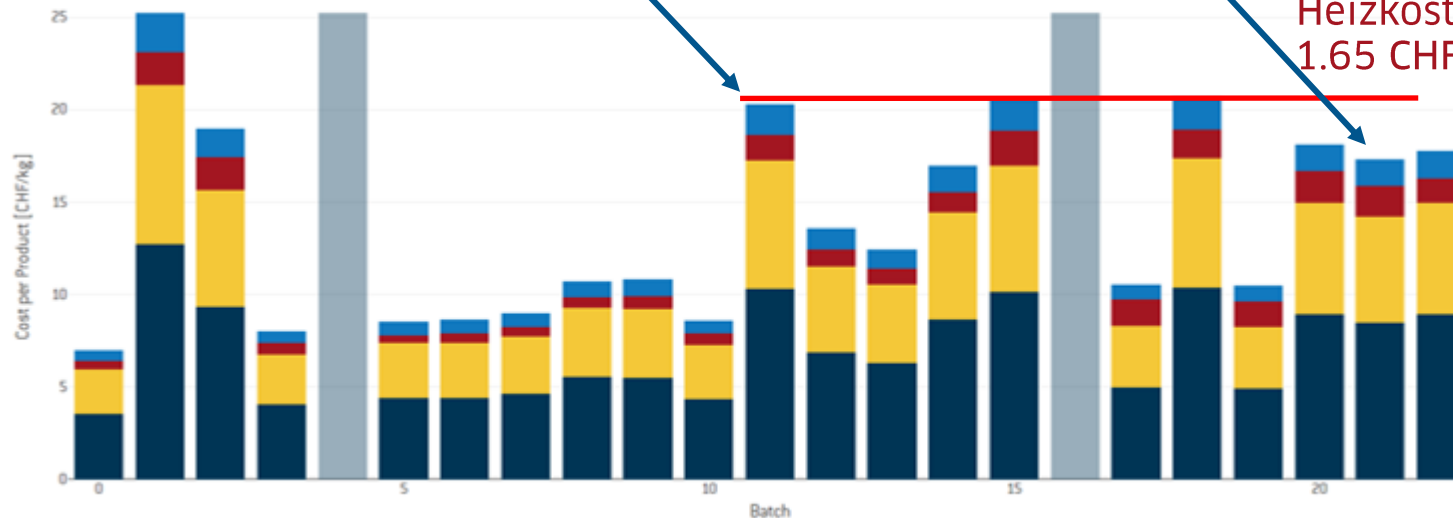
Höhere Vorwärmung ist nicht kostenrelevant!

Erkenntnis:

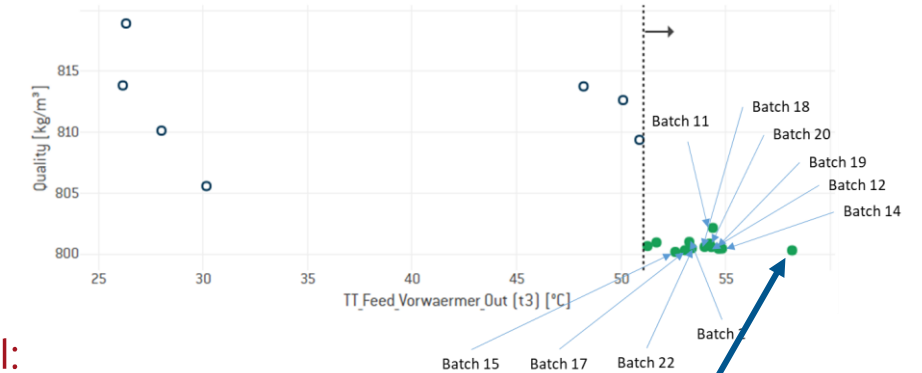
Lieber länger warten als zu kurz

Batch Cost

Absolute Cost Relative Cost



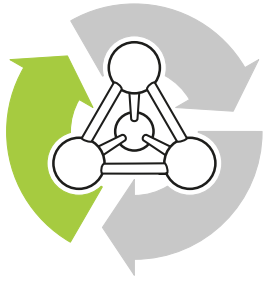
Batch Compliance



Batch 21

Achtung:

Kostenstruktur für
einen Ausbildungsbetrieb!



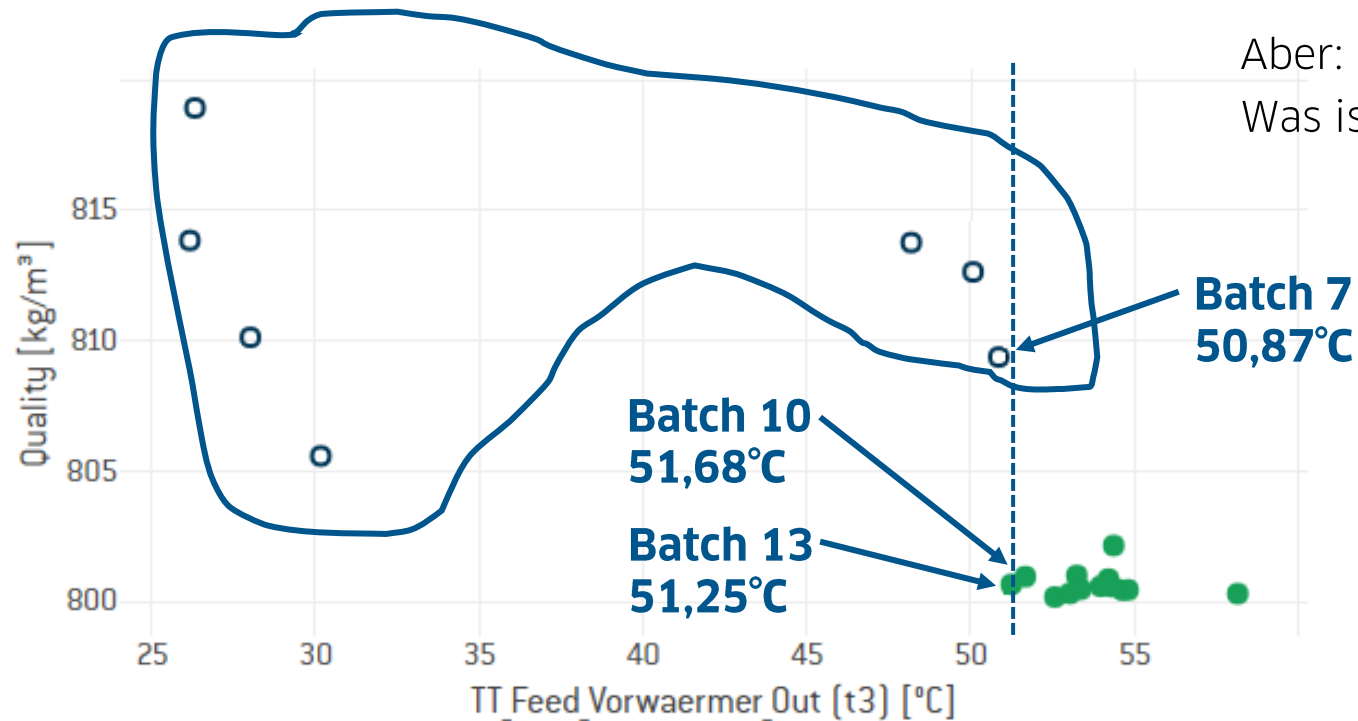
Ergebnisse

Finding 2

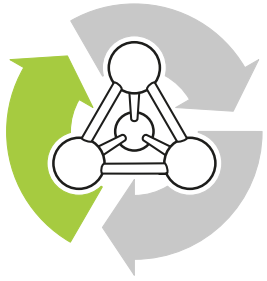
Hypothese 2.2

Kältere Batches liefern schlechte Qualität

Laut Anomalie Erkennung des KI-Dashboards ergibt sich eine Mindesttemperatur von $>51,06^{\circ}\text{C}$



Aber: Batch 7 dicht an Grenze.
Was ist an Batch 7 ungewöhnlich?

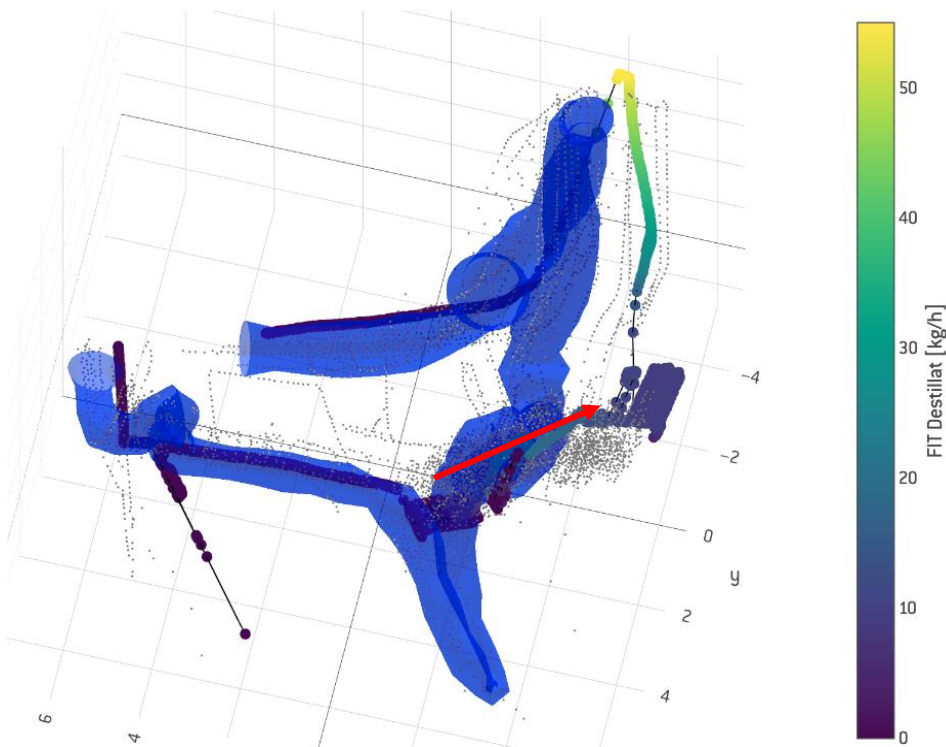


Ergebnisse

Neue Fragen – neue Antworten

Antwort des KI-Dashboards:

- Batch 7 verlässt sehr deutlich den Schlauch der normalen Prozesse (Golden Batch)
- Analyse: Batch 7 ist in der Mitte der Kolonne deutlich heißer als die guten Batches



Channel	Change
TT Ruecklauf	30.50 °C → 46.41 °C
TT Destillat Kuehler Out	10.26 °C ← 16.48 °C
FIT Destillat	9.52 kg/h ← 19.10 kg/h
FIT Sumpfprodukt	1.82 kg/h → 31.28 kg/h
TT S3	73.55 °C → 90.34 °C
TT S1 unten	70.11 °C → 83.68 °C
TT S2	70.49 °C → 82.47 °C
TT S1 oben	69.97 °C → 80.01 °C
TT Sumpf	83.62 °C → 90.63 °C
TT Feed Vorwaermer Out	50.12 °C → 51.68 °C
FIT Ruecklauf	21.09 kg/h → 21.88 kg/h

Fazit und Ausblick

Was hat das mit KI zu tun?



Fazit und Ausblick

Schritt 1

Organisatorische Ebene:

Prozessüberwachung, Betriebsvereinfachung
Erkenntnisgewinn aus der Datenanalyse kann in verbesserter
Bedienerführung, Alarmierung und SOP genutzt werden



Fazit und Ausblick

Schritt 1

Organisatorische Ebene:

Prozessüberwachung, Betriebsvereinfachung
 Erkenntnisgewinn aus der Datenanalyse kann in verbessert
 Bedienerführung, Alarmierung und SOP genutzt werden



Schritt 2

Betriebsebene:

Kosteneinsparung, Prozessoptimierung
 Off-Line Optimierung der Steuerung und Regelung



Fazit und Ausblick

Schritt 1

Organisatorische Ebene:

Prozessüberwachung, Betriebsvereinfachung
 Erkenntnisgewinn aus der Datenanalyse kann in verbessert
 Bedienerführung, Alarmierung und SOP genutzt werden



Schritt 2

Betriebsebene:

Kosteneinsparung, Prozessoptimierung
 Off-Line Optimierung der Steuerung und Regelung



Schritt 3

Vision:

Automation Anlage durch KI generierte Daten
 Die intelligente Anlage



Fazit und Ausblick

Unter dem Link/QR Code:

<https://cte-demo.learning-machines.de/>

User: cte

Pass: ethanol

Werfen Sie einen Blick auf den KI-Dashboard und analysieren Sie die Daten ganz einfach selbst!



Fazit und Ausblick



Wir bleiben dran!



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**