



Version 5.9

Energieanalyse

Handbuch

Dokument: **Handbuch - Energieanalyse.docx**

Erstellt: **31.05.19**

Letzte Änderung: **12.08.19**

Autor: **STernes**



COPYRIGHT 2019 BY **FORCAM GMBH**, D-88214 Ravensburg
ALL RIGHTS RESERVED. COPY OR TRANSLATION, ALSO IN EXTRACTS
ONLY WITH WRITTEN PERMISSION BY FORCAM GMBH

Inhaltsverzeichnis

1	Konzept	3
2	Reports	4
2.1	Leistungsanalyse	4
2.1.1	Energieverbrauch pro Arbeitsplatz	4
2.1.1.1	Konzept der Kumulation	6
2.1.2	Energieverbrauch pro Material	7
2.1.3	Energieverbrauch pro Betriebszustand	9
2.1.4	Meistverbrauchende Arbeitsplätze	10
2.1.5	Lastverlauf	12
2.2	Prozessdatenvisualisierung	13
2.2.1	Im SFT über Button aufrufen	15
2.2.2	In Startseite des SFT integrieren	16
3	Konfiguration	18
3.1	Energietyp-Konfiguration	18
3.2	Signal-Konfiguration	19
3.2.1	Controller-Konfiguration	19
3.2.2	Prozessdatenerfassung	20
3.3	Prozessdaten	21
3.3.1	Datenerfassungspunkt	22
3.3.2	Prozessdatenelement hinzufügen	24
3.3.2.1	Grenzwertverletzungsregel	26
3.3.2.2	Benachrichtigung am Shop Flor Terminal erhalten	27
3.4	Energieaggregationsservice	28
3.4.1	Verteilung der Energieverbrauchswerte auf Zeitabschnitte	28
3.4.2	Verteilung der Energieverbrauchswerte auf mehrere Arbeitsvorgänge	30
3.4.3	Aggregation von Energieverbrauchswerten einer Maschinenlinie	31
3.4.4	EAS de-/aktivieren	31
3.4.5	Aggregation von Linienarbeitsplätzen	32
4	Anhang	34
4.1	Abkürzungen	34
4.2	Abbildungsverzeichnis	35

1 Konzept

FORCAM FORCE™ ist in der Lage, den Energieverbrauch von Arbeitsplätzen zu messen und darzustellen. Die Daten können dabei pro Material oder Betriebszustand angegeben werden. Zugrundeliegend für die Aufbereitung von Reports sind Energiedaten.

Energiedaten sind Prozessdaten, die einen Energieverbrauch darstellen. Der Verbrauch repräsentiert dabei einen bestimmten Energietyp (z.B. elektrische Energie, komprimierte Luft usw.), die über Arbeitsplätze und Betriebszustände verteilt sind.

Prozessdaten werden durch SPS von Maschinen gesammelt und in eine NoSQL-Datenbank (MongoDB) geschrieben und anschließend durch den Energieaggregationsservice aggregiert (zeitgesteuert, ausgelöst durch einen konfigurierbaren CRON-Job). Für jeden Arbeitsplatz werden Energiezeitstrahlen in die relationale Datenbank geschrieben. Das Reporting bezieht Daten aus dieser Datenbank und stellt sie grafisch dar.

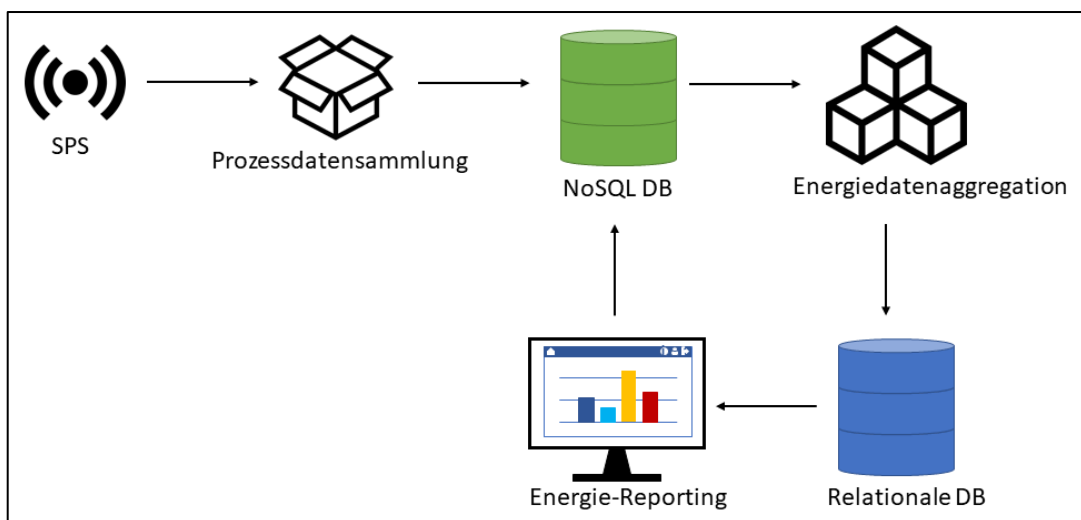


Bild 1: Vereinfachte Architektur der Energieanalyse

2 Reports

In FORCAM FORCE™ können Energiedaten auf verschiedene Weise visualisiert werden. Die Leistungsanalyse liefert unter **Energiedatenerfassung** Reports, die den Energieverbrauch von Arbeitsplätzen, Material und Betriebszuständen darstellen. Es ist hier auch möglich, meistverbrauchende Arbeitsplätze z.B. einer Maschinenlinie als Kreisdiagramm anzuzeigen.

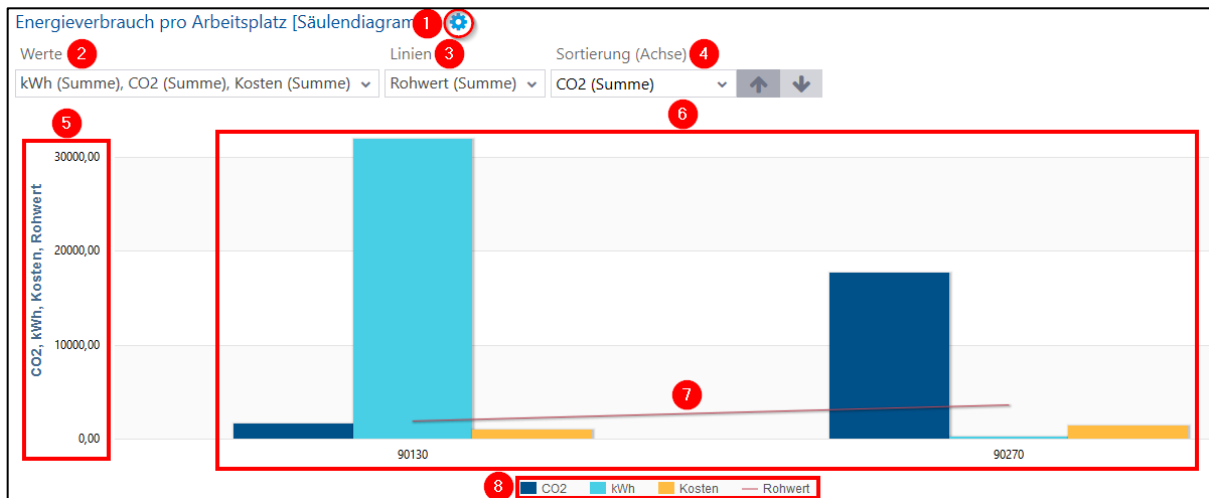
Die Prozessdatenvisualisierung stellt Werte von Prozessdaten dar. Zusätzlich sind die Grenzwerte der Verletzungsregeln abgebildet.

2.1 Leistungsanalyse

2.1.1 Energieverbrauch pro Arbeitsplatz

Pfad (Office): Leistungsanalyse > Reporting > Reports > Energiedatenerfassung > Energieverbrauch pro Arbeitsplatz

Dieser Multi-Report zeigt den Energieverbrauch für jeden ausgewählten Arbeitsplatz als Säulendiagramm oder Tabelle an.

Säulendiagramm

Bild 2: Energieverbrauch pro Arbeitsplatz als Säulendiagramm

- (1) Blendet den Zusatzfilter für Werte, Linien und Sortierung ein
- (2) Auswahl eines oder mehrerer Werte, die je als Säule dargestellt werden sollen (z.B. kWh, CO₂ usw.).
Jeder Wert ist als kumulierte oder nicht-kumulierte Summe darstellbar (siehe Abschnitt 2.1.1.1).
- (3) Auswahl eines Wertes, der über Arbeitsplätze gelegt werden kann, um einen bestimmten Vergleich oder Unterschied zu visualisieren.
Die Linie ist nur bei der Auswahl von mehreren Arbeitsplätzen verfügbar, da sie ein Vergleichsinstrument ist. Werden mehrere Werte ausgewählt, erscheinen mehrere Linien in der Darstellung.
- (4) Sortiert die Arbeitsplätze entlang der X-Achse nach dem ausgewählten Wert auf- oder absteigend.
Beispiel: Ist hier CO₂ aufsteigend ausgewählt, wird der Arbeitsplatz mit dem niedrigsten CO₂-Wert auf der X-Achse ganz links positioniert, gefolgt vom Arbeitsplatz mit dem nächsthöheren Wert rechts daneben usw.
- (5) Y-Achse mit Zahlen, die sich an den ausgewählten Werten orientieren.
Beispiel: Ein Arbeitsplatz verbraucht 400 kWh Strom, 1700 Nm³ CO₂ und verursacht 6.000 \$ Kosten. Die Y-Achse muss alle drei Werte abbilden können und reicht daher von 0 bis 6.000.
- (6) Verbrauchswerte als Säulen für alle ausgewählten Arbeitsplätze.
Jede Säule stellt einen Verbrauchswert dar und ist entsprechend hoch. D.h. die Säule für einen Stromverbrauch von 400 kWh reicht bis zur Zahl 400 an der Y-Achse.
- (7) Linie, die über mehreren Arbeitsplätzen liegt, um einen zusätzlichen Wert vergleichend darzustellen (siehe (3))
- (8) Legende des Säulendiagramms.
Jeder Eintrag steht für einen Verbrauchswert, der durch eine Säule repräsentiert wird. Durch Klicken auf einen Eintrag werden alle entsprechenden Säulen aus- oder eingeblendet.

Tabelle

Energieverbrauch pro Arbeitsplatz [Tabelle]					
Arbeitsplatz ▲	Verbrauchsart	Kosten %	CO2 %	kWh %	≡
90130	Stromverbrauch	37,86%	8,72%	98,09%	
90130	Wasserverbrauch	3,56%	0,02%	0,8%	
90270	Stromverbrauch	43,42%	23,34%	0,7%	
90270	Wasserverbrauch	15,16%	67,92%	0,41%	
		100%	100%	100%	

Bild 3: Energieverbrauch pro Arbeitsplatz als Tabelle

Jede Zeile der Tabelle zeigt den Energieverbrauch *eines* Arbeitsplatzes für *eine* Verbrauchsart an. Der Arbeitsplatz kann jedoch auch eine Arbeitsplatzlinie repräsentieren. Die angegebenen Werte sind beim jeweiligen Energietyp konfiguriert (siehe Abschnitt 3.1).


Die einzelnen Spalten können über das Icon am rechten oberen Eck der Tabelle ein- oder ausgeblendet werden.

2.1.1.1 Konzept der Kumulation

Kumuliert bedeutet hier das Aufsummieren einzelner Werte bei der Darstellung.

Beispiel: Zum Zeitpunkt 1 werden 12 Energie-Einheiten verbraucht, zum Zeitpunkt 2 14 Einheiten und zum Zeitpunkt 3 16 Einheiten.

Das Schaubild gibt den jeweiligen Wert pro Zeitpunkt als Säule wieder. Die Kurve spiegelt nicht die bloßen Werte wieder, sondern ihre Kumulation: In Zeitpunkt 1 liegt nur ein Wert vor und die Kurve liegt auf der Säule. Bei Zeitpunkt 2 kommt ein weiterer Wert hinzu und wird als zweite Säule mit einem Wert von 14 dargestellt. Die Kurve kumuliert diesen Wert, d.h. häuft die beiden bisherigen Werte auf und erreicht dadurch einen Wert von 26 (12 + 14). Dies entspricht dem Gesamtwert (Gesamtverbrauch) zu diesem Zeitpunkt. Kommt in Zeitpunkt 3 ein weiterer Wert hinzu, steigt die Kurve erneut an, indem dieser Wert ebenfalls angehäuft wird. Die Kurve erreicht den Wert 42 (26 + 16), was dem Gesamtwert zum Zeitpunkt 3 entspricht.

-  Die Summierung erfolgt als Teil des SQL-Statements dieses Reports. Die Kumulation ist rein optisch.

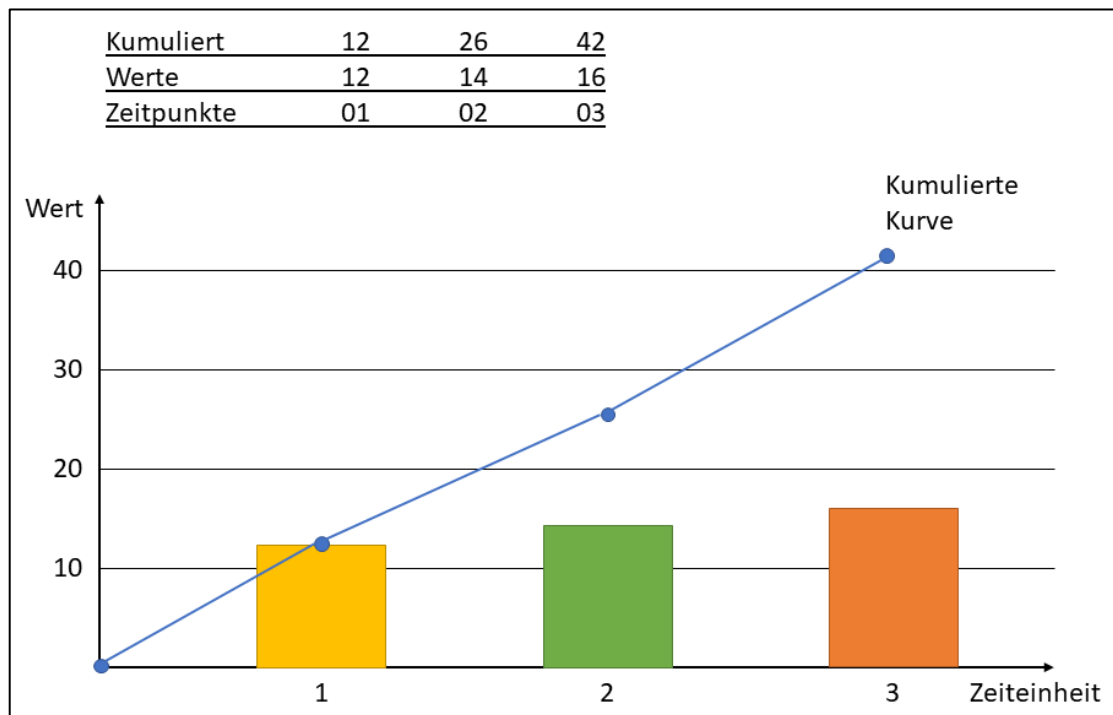


Bild 4: Konzept der Kumulation

2.1.2 Energieverbrauch pro Material

Pfad (Office): Leistungsanalyse > Reporting > Reports > Energiedatenerfassung > Energieverbrauch pro Material

Dieser Multi-Report zeigt den Energieverbrauch für jedes ausgewählte Material als Säulendiagramm oder Tabelle an.

Säulendiagramm

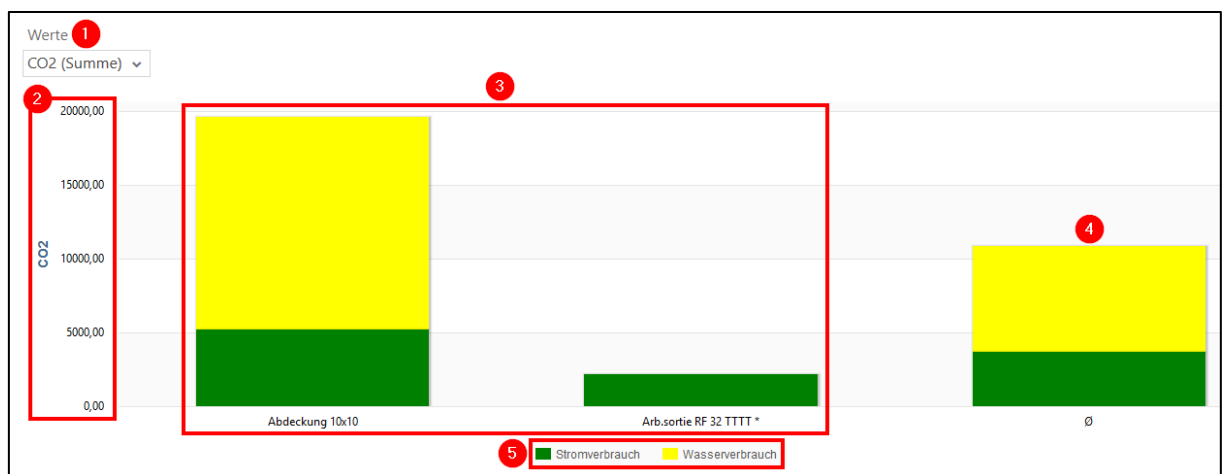


Bild 5: Energieverbrauch pro Material als Säulendiagramm

Leistungsanalyse

- (1) Auswahl eines Wertes, der als Säule dargestellt werden soll (z.B. kWh, CO₂ usw.)
- (2) Y-Achse mit Zahlen, die sich an dem ausgewählten Wert orientieren
- (3) Verbrauchswerte als Säulen für alle ausgewählten Arbeitsplätze.
 Jede Säule setzt sich aus mehreren Verbrauchsarten zusammen (wenn verfügbar), die anteilmäßig aufgeteilt sind.
 Beispiel: Ein Material hat einen gesamten CO₂-Verbrauch von 10.000 Nm³. Davon gehen 2.500 Nm³ auf den Stromverbrauch und 7.500 Nm³ auf den Wasserverbrauch zurück. Die Säule für dieses Material besteht dann zu 1/3 aus dem Stromverbrauch und zu 2/3 aus dem Wasserverbrauch.
- (4) Säule mit dem durchschnittlichen Wert aller ausgewählten Materialien
- (5) Legende des Säulendiagramms.
 Jeder Eintrag steht für einen Energietyp. Durch Klicken auf einen Eintrag wird der entsprechende Energietyp im Diagramm aus- oder eingeblendet.

Tabelle

Material	Verbrauchsart	Kosten	CO ₂	kWh	Rohwert	≡
Arb.sortie RF 32 TTTT *	Stromverbrauch	1289,56	2210,67	41450,00	1842,22	
Abdeckung 10x10	Stromverbrauch	1316,48	5265,93	263,30	2632,97	
Arb.sortie RF 32 TTTT *	Wasserverbrauch	120,31	6,02	336,88	601,57	
Abdeckung 10x10	Wasserverbrauch	431,53	14384,20	143,84	1438,42	

Bild 6: Energieverbrauch pro Material als Tabelle

Jede Zeile der Tabelle zeigt den Energieverbrauch *eines* Materials für *eine* Verbrauchsart an. Die angegebenen Werte sind bei dem jeweiligen Energietyp konfiguriert (siehe Abschnitt 3.1). Die einzelnen Spalten können über das Icon am rechten oberen Eck der Tabelle ein- oder ausgeblendet werden.

2.1.3 Energieverbrauch pro Betriebszustand

Pfad (Office): Leistungsanalyse > Reporting > Reports > Energiedatenerfassung > Energieverbrauch pro Betriebszustand

Dieser Multi-Report zeigt den Energieverbrauch für jeden ausgewählten Betriebszustand als Säulendiagramm oder Hitliste an.

Säulendiagramm

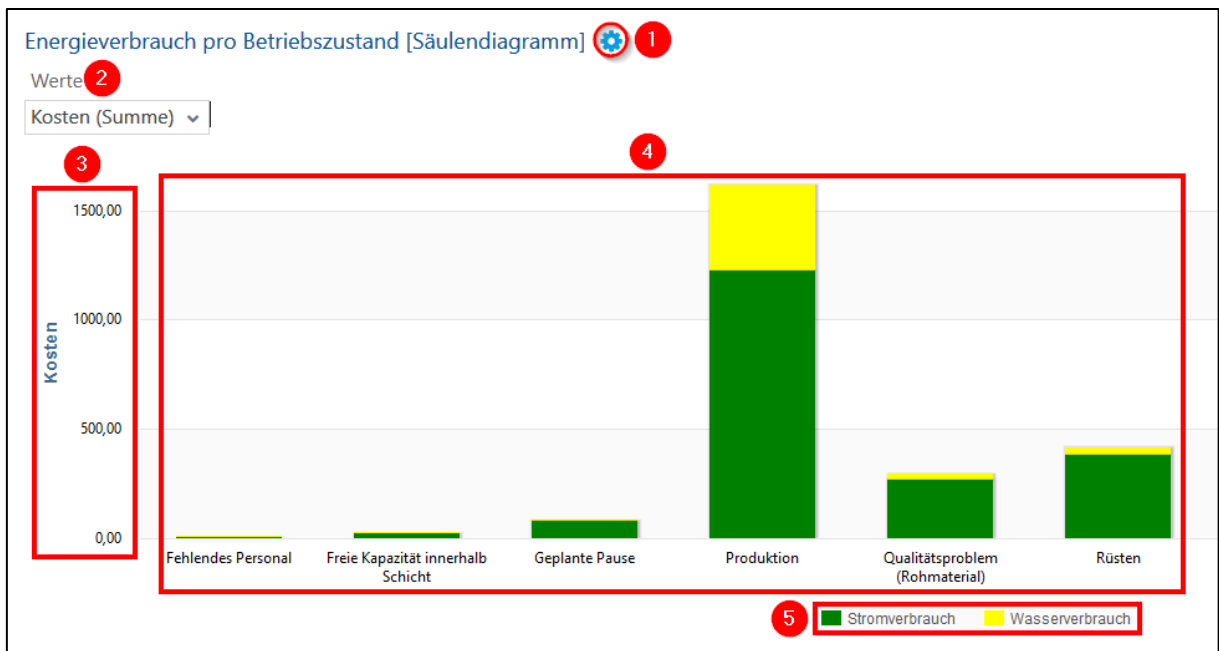


Bild 7: Energieverbrauch pro Betriebszustand als Säulendiagramm

- (1) Blendet den Zusatzfilter für Werte ein
- (2) Auswahl eines Wertes, der als Säule dargestellt werden soll (z.B. kWh, CO₂ usw.)
- (3) Y-Achse mit Zahlen, die sich an dem ausgewählten Wert orientieren
- (4) Verbrauchswerte als Säulen für alle ausgewählten Betriebszustände.
Jede Säule setzt sich aus mehreren Verbrauchsarten zusammen (wenn verfügbar), die anteilmäßig aufgeteilt sind.
Beispiel: Ein Betriebszustand verursacht Kosten i.H.v. 1600 \$. Davon gehen 1200 \$ auf den Stromverbrauch und 400 \$ auf den Wasserverbrauch zurück. Die Säule für diesen Betriebszustand besteht dann zu 1/3 aus dem Stromverbrauch und zu 2/3 aus dem Wasserverbrauch.
- (5) Legende des Säulendiagramms.
Jeder Eintrag steht für einen Energietyp. Durch Klicken auf einen Eintrag wird der entsprechende Energietyp im Diagramm aus- oder eingeblendet.

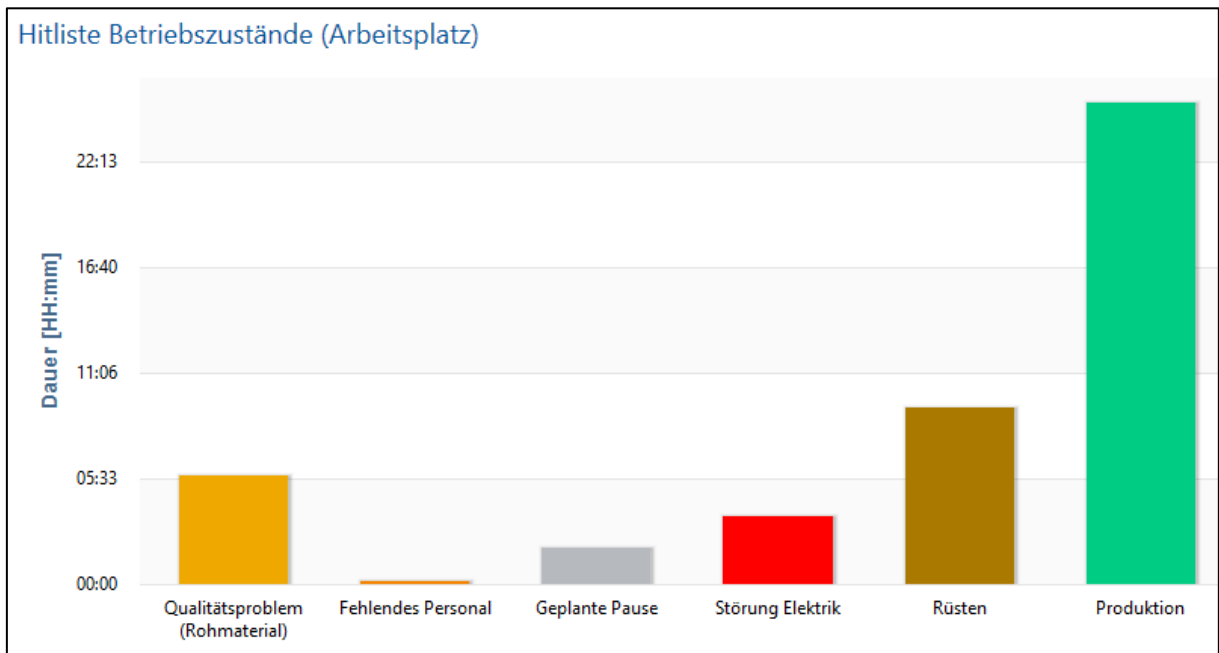
Hitliste



Bild 8: Energieverbrauch pro Betriebszustand als Hitliste

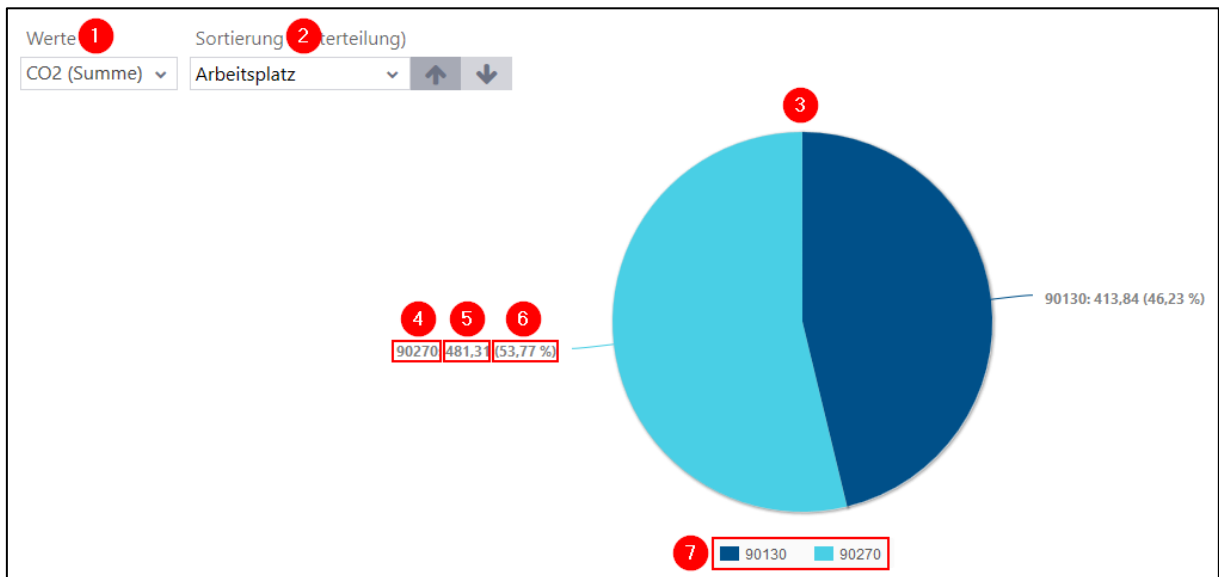
In der Hitliste repräsentiert jede Säule einen Betriebszustand. Je länger der jeweilige Zustand andauert, desto höher ist die Säule. Der Anwender erkennt so auf einen Blick, welche Zustände dominieren.

2.1.4 Meistverbrauchende Arbeitsplätze

Pfad (Office): Leistungsanalyse > Reporting > Reports > Energiedatenerfassung > Meistverbrauchende Arbeitsplätze

Dieser Multi-Report vergleicht den Energieverbrauch mehrerer Arbeitsplätze in einem Kreisdiagramm. Der ausgewählte Wert wird für jeden Arbeitsplatz anteilig dargestellt. Zusätzlich wird der Verbrauch für jeden Arbeitsplatz in einer Tabelle zusammengefasst.

 Das Kreisdiagramm skaliert stufenlos beim Kleiner-/Größerziehen des Browserfensters.

Kreisdiagramm

Bild 9: Meistverbrauchende Arbeitsplätze als Kreisdiagramm

- (1) Auswahl eines Wertes, der im Kreisdiagramm dargestellt werden soll (z.B. kWh, CO₂ usw.)
- (2) Sortiert die Arbeitsplätze im Kreisdiagramm nach dem ausgewählten Wert auf- oder absteigend. Bei einer aufsteigenden Sortierung wird beispielsweise der Arbeitsplatz mit dem geringeren Wert rechts positioniert.
- (3) Kreisdiagramm mit der Darstellung des ausgewählten Wertes für alle Arbeitsplätze. Der ausgewählte Wert wird für jeden Arbeitsplatz anteilig dargestellt. D.h. jeder Arbeitsplatz nimmt im Kreisdiagramm so viel Platz ein, wie er im Vergleich verbraucht.
Beispiel: Die Arbeitsplätze **90130** und **90270** werden gegenübergestellt und haben zusammen einen Gesamtverbrauch von 895,15 Nm³ CO₂. **90270** hat einen Verbrauch von 481,31 Nm³, was anteilig 53,77 % ausmacht. Dieser Arbeitsplatz nimmt im Diagramm daher 53,77 % Platz ein.
- (4) Name des Arbeitsplatzes
- (5) Verbrauchswert des Arbeitsplatzes
- (6) Anteiliger Verbrauch des Arbeitsplatzes gemessen am Gesamtverbrauch aller Arbeitsplätze
- (7) Legende des Kreisdiagramms.
Jeder Eintrag steht für einen Arbeitsplatz. Durch Klicken auf einen Eintrag wird der entsprechende Arbeitsplatz im Diagramm aus- oder eingeblendet.

Tabelle

Arbeitsplatz	Verbrauchsart	Kosten %	CO2 %	kWh %	Rohwert %	
90270	Stromverbrauch	40,03%	49,95%	46,6%	37,55%	
90270	Wasserverbrauch	8,85%	3,82%	0,54%	12,45%	
90130	Stromverbrauch	46,7%	46,1%	52,43%	37,55%	
90130	Wasserverbrauch	4,42%	0,13%	0,43%	12,45%	
		100%	100%	100%	100%	

Bild 10: Energieverbrauch pro Arbeitsplatz als Tabelle

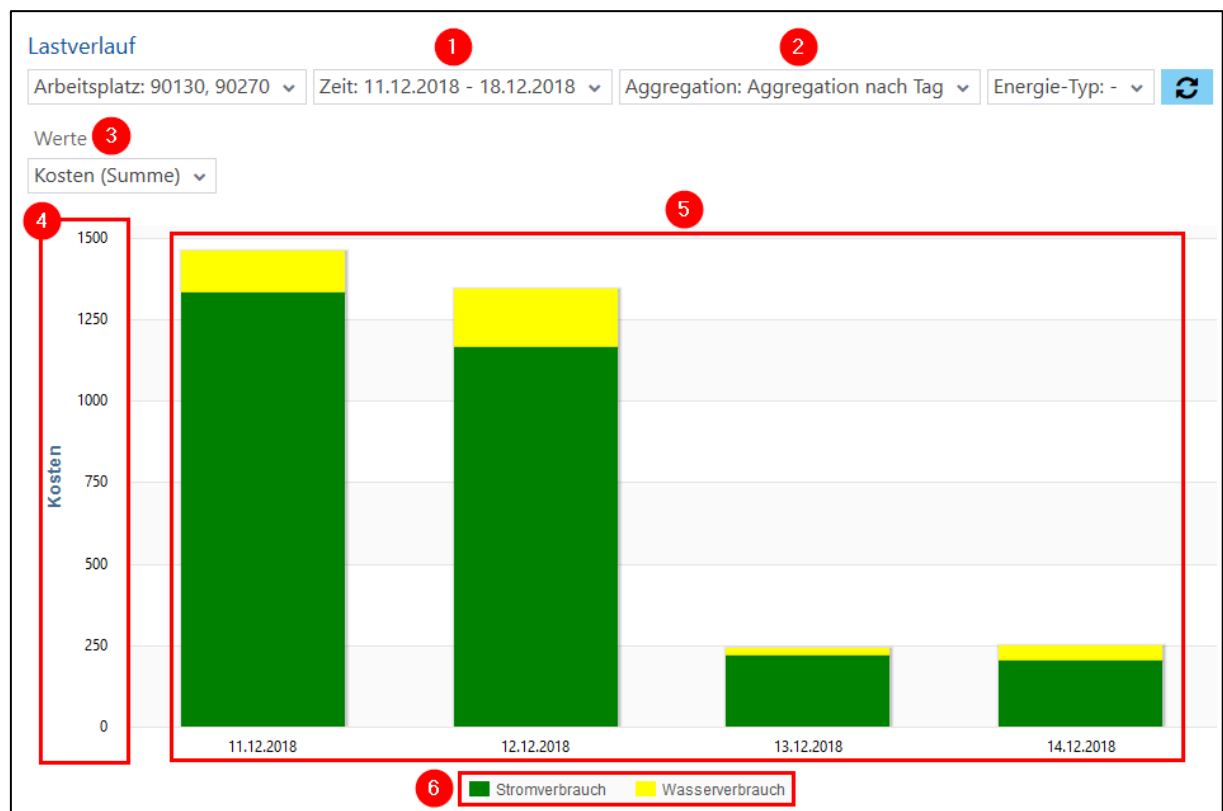
Jede Zeile der Tabelle zeigt den Energieverbrauch *eines* Arbeitsplatzes für *eine* Verbrauchsart an. Der Arbeitsplatz kann jedoch auch eine Arbeitsplatzlinie repräsentieren. Die angegebenen Werte sind beim jeweiligen Energietyp konfiguriert (siehe Abschnitt 3.1).

Die einzelnen Spalten können über das Icon am rechten oberen Eck der Tabelle ein- oder ausgeblendet werden.

2.1.5 Lastverlauf

Pfad (Office): Leistungsanalyse > Reporting > Reports > Energiedatenerfassung > Lastverlauf

Dieser Report zeigt den Energieverbrauch von Arbeitsplätzen als Säulendiagramm über einen Zeitraum an.


Bild 11: Lastverlauf

- (1) Zeitfilter.
Der Lastverlauf wird für die hier ausgewählte Zeit angezeigt.
- (2) Filter für Aggregation.
Der Energieverbrauch kann über verschiedene Zeiträume aggregiert werden (z.B. Minuten, Woche, Monat usw.).
- (3) Auswahl eines Wertes, der als Säule dargestellt werden soll (z.B. kWh, CO₂ usw.)
- (4) Y-Achse mit Zahlen, die sich an dem ausgewählten Wert orientieren
- (5) Verbrauchswerte als Säulen für den ausgewählten Zeitraum.
Setzt sich aus mehreren Verbrauchsarten zusammen (wenn verfügbar), die anteilmäßig aufgeteilt sind.
Beispiel: Am 12.12.2018 summiert sich für die ausgewählten Arbeitsplätze ein Energieverbrauch i.H.v. 1347 \$. Davon gehen 1168 \$ auf den Stromverbrauch und 179 \$ auf den Wasserverbrauch zurück. Die Säule für diesen Tag besteht dann zu 2/3 aus dem Stromverbrauch und zu 1/3 aus dem Wasserverbrauch.
- (6) Legende des Säulendiagramms.
Jeder Eintrag steht für einen Energietyp. Durch Klicken auf einen Eintrag wird der entsprechende Energietyp im Diagramm aus- oder eingeblendet.

2.2 Prozessdatenvisualisierung

Pfad (Office): Track & Trace > Reporting > Allgemeines Reporting > Prozessdatenvisualisierung

Die Prozessdatenvisualisierung stellt Werte von Prozessdaten dar. Zusätzlich sind die Grenzwerte der Verletzungsregeln abgebildet. Sie zeigen an, wann eine Regel verletzt wird.



- (1) Suchbereich mit Angabe von Suchparametern
Zeitraum ist ein Pflichtfeld.
- (2) Signalbereich zur Definition von Prozessdatenwerten
Durch einen Rechtsklick können bis zu zwei Signale hinzugefügt werden. Dabei werden ein Arbeitsplatz und die gewünschten abzubildenden Daten ausgewählt.
- (3) Grafikabschnitt des Anzeigebereichs
Zeigt die Prozessdaten mit den gewünschten Werten an. Zeigt außerdem Linien mit Werten der Grenzwertverletzung an.
Wird der Mauszeiger über einen bestimmten Punkt in der Grafik bewegt, werden Werte für genau diesen Punkt in einem Tooltip angezeigt. Ist der Zeiger über einem Punkt, an dem sich zwei Linien überschneiden, werden die Werte beider Linien in einem Tooltip angezeigt.
Durch gedrückter Maustaste einen Bereich in der Grafik ziehen, um in diesen heranzuzoomen.
- (4) Darstellungsoptionen der angezeigten Grafik
Bietet die Möglichkeit, die Grafik nach einer gewünschten Zeit automatisch zu aktualisieren. Es kann außerdem aus verschiedenen Darstellungstypen ausgewählt werden. Nach Auswahl eines Aktualisierungsintervalls oder eines anderen Darstellungstyps muss die Grafik aktualisiert werden, um die Änderungen zu übernehmen.
Folgende Grafiktypen sind verfügbar:
 - Linienansicht
Die Werte werden durch gerade Linien dargestellt, die durch eine gerade Verbindung der Messpunkte entstehen.
 - Spline-Ansicht
Die Werte werden als interpolierte Kurve dargestellt.
 - Serien-Ansicht
Mehrere Kurven werden dargestellt, um einen direkten Vergleich zu ermöglichen. Diese Ansicht wird in die Linienansicht integriert und entfällt in der nächsten Release-Version.
- (5) Signalfilter-Konfiguration
Anzeige aller konfigurierten Signale. Durch einen Doppelklick auf ein Signal können Farbe und Wertetyp bestimmt werden.
- (6) Konfiguration der Grenzwertverletzung
Durch Klicken auf ein Signal wird die zugehörige Verletzungsregel eingeblendet, falls vorhanden. Durch einen Doppelklick auf eine Regel kann die Farbe bestimmt werden.
Hat eine Verletzungsregel mehrere Versionen, werden diese ebenfalls angezeigt. So kann der Benutzer nachvollziehen, wann sich eine Regel geändert hat (z.B. wenn der Grenzwert einer Regel geändert wird).

2.2.1 Im SFT über Button aufrufen

Pfad (Workbench): Konfigurationen > Shop Floor Terminal > Vorlagen-Editor

Die Prozessdatenvisualisierung kann im Shop Floor Terminal angezeigt werden. Dazu muss ein Button konfiguriert werden, der die Visualisierung in einem Pop-up-Fenster aufruft. Die Visualisierung behält auch im Pop-up-Fenster alle Funktionen wie Aktualisierungsintervall, Farbauswahl usw. bei.

Der Button benötigt die Aktivitätenschritte **Erstellen und/oder Aufruf einer URL mit Parametern** und **Anzeigen von HTML-Inhalten**.

- i** Die untere Tabelle listet nur alle nötigen Konfigurationen auf. Spezifische Parameter wie Ausführungsbedingung, Größe usw. sind nicht enthalten.

Tabelle 1: Konfiguration des Schritts „Erstellen und/oder Aufruf einer URL mit Parametern“

Bezeichner	Wert	
Eingangsparameter	Arbeitsplatz (APL) → Arbeitsplatz (APL)	
Ausgangsparameter	Parameter (URL) ← Erstellte URL (URL)	
Modus	URL erstellen	
Basis-URL	URL der Prozessdatenvisualisierung	
Liste der URL-Parameter	4 Listenelemente	
URL-Parameter	Name	language
	Wert	Sprache
URL-Parameter	Name	timezone
	Wert	Zeitzone
URL-Parameter	Name	key
	Wert	Authentication token
URL-Parameter	Name	searchFilter
	Wert	today

Tabelle 2: Konfiguration des Schritts „Anzeigen von HTML-Inhalten“

Bezeichner	Wert
Eingangsparameter	Parameter (URL) → URL (URL)
Modus	URL-Aufruf
Anzeige URL	Ja
Schließen-Button anzeigen	Ja

2.2.2 In Startseite des SFT integrieren

Pfad (Workbench): Konfigurationen > Shop Floor Terminal > Vorlagen-Editor

Die Prozessdatenvisualisierung kann in die Startseite des Shop Floor Terminals eingebettet werden (BDE-Ansicht/AVO-Maske). Ist in der Visualisierung ein Aktualisierungsintervall gesetzt, wird sie unabhängig von der Startseite automatisch aktualisiert, auch wenn die Aktualisierung für die Startseite nicht konfiguriert ist.

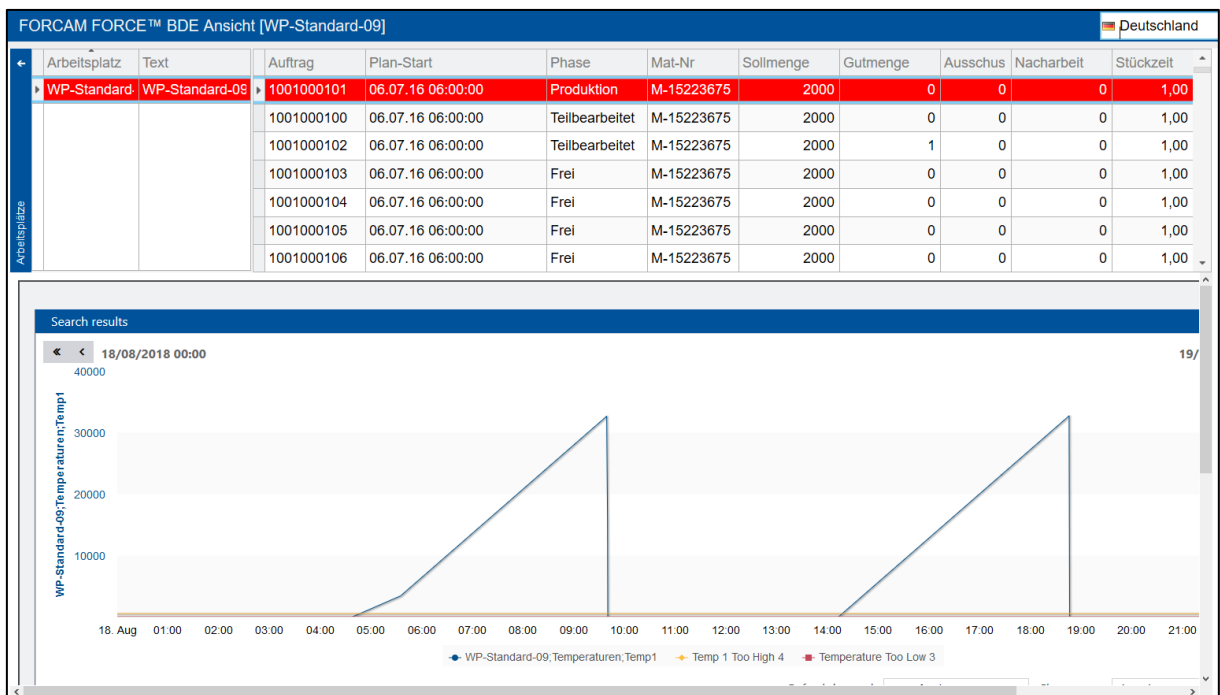


Bild 12: Prozessdatenvisualisierung im Shop Floor Terminal

Um die Visualisierung im Terminal anzuzeigen, wird im Vorlagen-Editor der SFT-Konfiguration ein iframe hinzugefügt. In diesem iframe wird der Report dargestellt. Das iframe muss in das Template der HTML-Konfiguration aufgenommen werden:

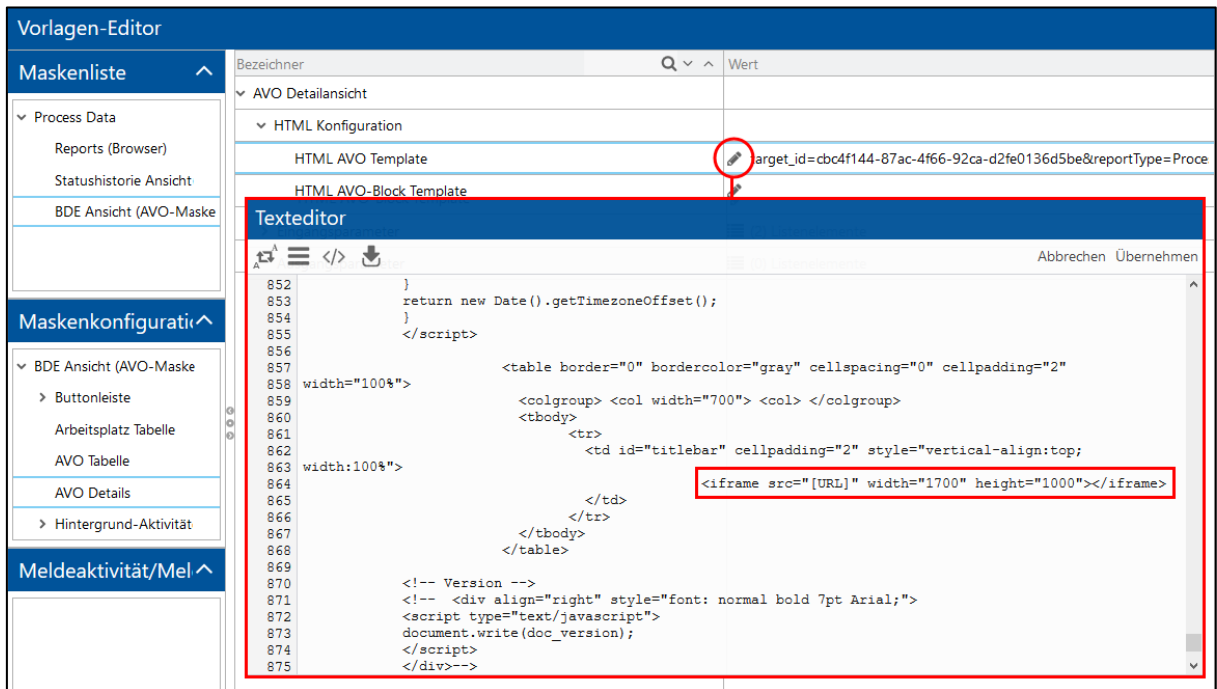


Bild 13: iframe im HTML-Template der Startseite

Das iframe hat folgende Attribute:

Tabelle 3: Attribute des iframe zum Anzeigen der Visualisierung im Terminal

Attribut	Erklärung
src	URL des Trace-Reports, das angezeigt werden soll (hier: Prozessdatenvisualisierung). Die URL muss alle nötigen Parameter beinhalten, um den Report aufzurufen und anzuzeigen.
width	Breite des Reports in Pixel
height	Höhe des Reports in Pixel
Beispiel	<code><iframe src="[URL]" width="1700" height="1000"></iframe></code>

3 Konfiguration

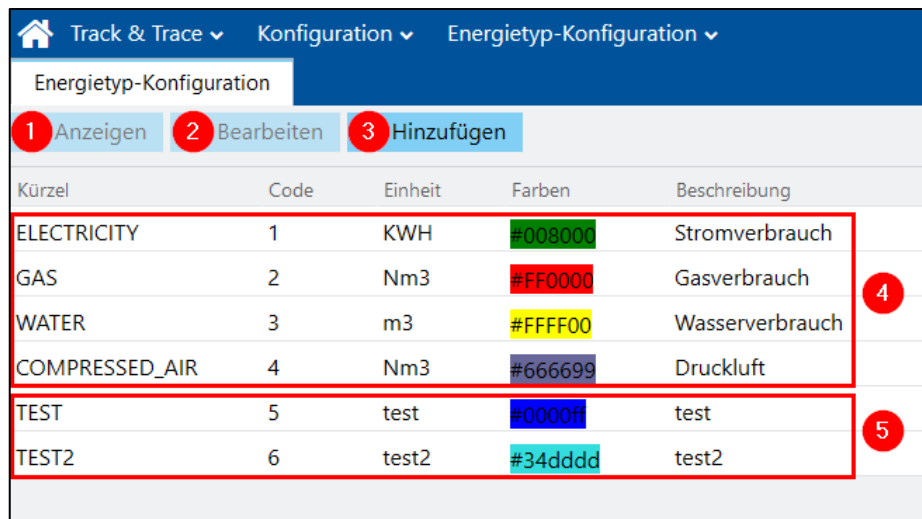
3.1 Energietyp-Konfiguration

Pfad (Office): Track & Trace > Konfiguration > Energietyp-Konfiguration

Energietypen sind Datentypen, die den Energieverbrauch in bestimmte Klassen unterteilen. Standardmäßig sind vier Klassen vordefiniert:

- Stromverbrauch (kWh)
- Gasverbrauch (Nm³)
- Wasserverbrauch (m³)
- Druckluft (Nm³)

Bestehende Energietypen können angezeigt oder bearbeitet werden. Es ist außerdem möglich, eigene Energietypen zu definieren.



Kürzel	Code	Einheit	Farben	Beschreibung
ELECTRICITY	1	KWH	#008000	Stromverbrauch
GAS	2	Nm3	#FF0000	Gasverbrauch
WATER	3	m3	#FFFF00	Wasserverbrauch
COMPRESSED_AIR	4	Nm3	#666699	Druckluft
TEST	5	test	#0000ff	test
TEST2	6	test2	#34dddd	test2


Bild 14: Konfigurationsseite für Energietypen

- (1) Zeigt den ausgewählten Energietyp in einem Folgefenster an.
Die Daten sind nur einsehbar und können nicht bearbeitet werden.
- (2) Zeigt den ausgewählten Energietyp in einem Folgefenster an.
Die Daten können bearbeitet werden.
- (3) Fügt einen neuen Energietyp hinzu.
Mit einem Stern versehene Felder sind Pflichtfelder.
- (4) Standardmäßig verfügbare Energietypen
- (5) Individuell konfigurierte Energietypen

3.2 Signal-Konfiguration

Jegliche Signalwerte von Maschinen können über die DCU empfangen und in die Datenbank von FORCAM FORCE™ geschrieben werden. Die Werte werden unter anderem für die Energieanalyse verwendet.

In der Controller-Konfiguration wird zunächst ein Signal konfiguriert. Dessen Werte werden im Rahmen der Energiedatenverdichtung als Energieverbrauchswerte interpretiert.

-  Für eine detaillierte Anweisung zur Konfiguration eines Controllers, siehe das Handbuch **Stammdaten und Systemkonfiguration**.

3.2.1 Controller-Konfiguration

Pfad (Workbench): Stammdaten > Arbeitsplatz > Arbeitsplatzkonfiguration > Controller-Konfiguration

Die Konfiguration eines Controllers kann aus technischen Gründen variieren. Unten ist der Controller **Welding1** mit den Signalen **Gun Vacuum** und **HV Demand** beispielhaft für einen Arbeitsplatz konfiguriert.

Signal-Konfiguration	
<div> <div>▼ Welding1</div> <div>Gun Vacuum</div> <div>HV Demand</div> </div>	<div>Controller: Welding1</div> <div>Name: <input type="text" value="Gun Vacuum"/></div> <div>Signalgruppe: <input type="text"/></div> <div>Typ: <input type="text" value="IW"/></div> <div>Werttyp: <input type="text" value="N"/></div> <div>Adresse: <input type="text" value="1"/></div> <div>Verz. (ein): <input type="text"/></div> <div>Totzone: <input type="text"/></div> <div>Bemerkung: <input type="text"/></div>

Bild 15: Beispielhafte Konfiguration von Signalen

3.2.2 Prozessdatenerfassung

Pfad (Workbench): Stammdaten > Arbeitsplatz > Arbeitsplatzkonfiguration > Prozessdaten

In der Konfiguration der Prozessdatenerfassung wird definiert, welche Werte an das Trace-Modul weitergegeben werden.

Wertenummer	Wertetyp	Kurztext	Beschreibung	Signal	Eintrag auslösen	Aktion	Tracing	Bearbeiter
1	DOUBLE	Gun Vacuum	Gun Vacuum	Welding1: :Gun	Bei Wertänderung	Ibl\$processDataConfigur	Ja	SYS
2	DOUBLE	HV Demand	HV Demand	Welding1: :HV I	Bei Wertänderung	Ibl\$processDataConfigur	Ja	SYS

Bild 16: Konfiguration der Prozessdatenerfassung

Die folgende Tabelle erklärt die Konfigurationsparameter:

Tabelle 4: Konfigurationsparameter der Prozessdatenerfassung

Parameter	Erklärung
Wertenummer	Eindeutige, fortlaufende Nummer zur Identifikation des konfigurierten Prozessdatums, das an das Trace-Modul weitergeleitet werden soll.
Wertetyp	Typ des Signalwerts. Wird ab Version 5.9 von FORCAM FORCE™ nicht mehr verwendet.
Kurztext	Kurztext des Werts. Wird ab Version 5.9 von FORCAM FORCE™ nicht mehr verwendet.
Beschreibung	Beschreibung des Werts. Wird ab Version 5.9 von FORCAM FORCE™ nicht mehr verwendet.
Signal	Auswahl eines Signals, das zuvor für diesen Arbeitsplatz konfiguriert wurde (siehe Abschnitt 3.2.1)
Eintrag auslösen	Bestimmt, was den Datentransfer an das Trace-Modul auslösen soll. Wird ab Version 5.10 von FORCAM FORCE™ nicht mehr verwendet. <ul style="list-style-type: none"> Bei Wertänderung (jede Änderung des Werts) Alle X Minuten (festgelegter Zyklus) Bei Änderung von Signal X (Änderung eines bestimmten Signals)
Aktion	Bestimmt, wie die Signalwerte gespeichert werden sollen. Wird ab Version 5.10 von FORCAM FORCE™ nicht mehr verwendet. <ul style="list-style-type: none"> Globale Konfiguration: Der aktuelle Wert und die Signalwerthistorie werden in die Datenbank geschrieben. Aktuelle Werte: Nur der aktuelle Wert wird in die Datenbank geschrieben. Loggen der Werte: Nur die Signalwerthistorie wird in die Datenbank geschrieben. Senden: Senden eines Wertes (nur für Version 4 von FORCAM FORCE™)
Tracing	Nur relevant, wenn Track & Trace verwendet wird: Ist Ja ausgewählt, wird der Signalwert zusätzlich in die Trace-Datenbank geschrieben. Wird ab Version 5.10 von FORCAM FORCE™ nicht mehr verwendet.
Bearbeiter	Zusätzliche Metadaten

Prozessdaten

Parameter	Erklärung
Angelegt	
Geändert	

Jeder definierte Signalwert ist automatisch als Formel in der Visualisierung verfügbar. Alle Werte können unter dem Namensraum **PR_VALUE** gefunden und in jede Visualisierung eingefügt werden.

 Zur Konfiguration einer Visualisierung, siehe das Handbuch **Leistungsanalyse**.

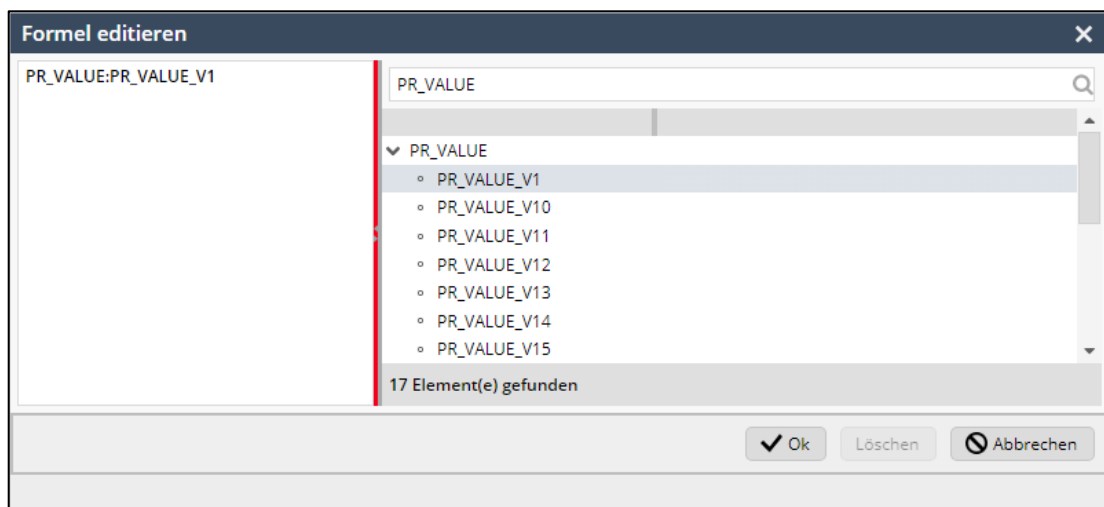


Bild 17: Signalwerte als Formeln in der Visualisierung

3.3 Prozessdaten

Prozessdaten sind bestimmte Prozesswerte wie z.B. Temperatur oder Druck, die ständig anfallen und gesammelt werden (24 Stunden jeden Tages).

Prozessdaten werden unter anderem für das FORCAM FORCE™ Modul **Track & Trace** verwendet. Prozessdaten im Rahmen von Track & Trace (= Trace-Daten) werden zur selben Zeit gesammelt, basierend auf einem bestimmten Auslöser (Trigger). Trace-Daten haben einen direkten Bezug zu bestimmten Trace-Objekten (z.B. Einzelstück mit einer Seriennummer). Trace-Daten haben außerdem einen Bezug zu anderen Prozessdaten desselben Datenerfassungspunkts (DEP). Die Beziehung basiert auf einem bestimmten Trace-Objekt und einer Zeit.

Reine Prozessdaten sind jedoch unabhängige Werte. Sie sind nicht etwa mit Trace-Objekten verknüpft. Prozessdaten stehen auch nicht in Verbindung mit anderen Prozessdaten, außer über die Zeitebene. D.h. verschiedene Daten fallen zur selben Zeit an, beeinflussen sich jedoch nicht gegenseitig.

Prozessdaten

Beispiel:

Bei der Trace-Datensammlung werden die folgenden Daten gesammelt:

- Einzelstück 1
 - Seriennummer: S147
 - Temperatur: 45,89
 - Druck: 223,6
- Einzelstück 2
 - Seriennummer: S186
 - Temperatur: 67,8
 - Druck: 376,1

Hier betreffen die Werte jeweils genau ein Einzelstück. Die Werte stehen in einer Beziehung zueinander: Dieser Temperaturwert mit diesem Druckwert traten auf, um das Einzelstück mit dieser Seriennummer zu produzieren.

In der Prozessdatensammlung werden die folgenden Daten gesammelt:

- Temperatur:
 - 45,56
 - 45,89
 - 67,8
 - 67,4
 - 23,7
- Druck:
 - 200,1
 - 223,6
 - 245,8
 - 256,4
 - 342,8
 - 376,1

Die Werte für Temperatur und Druck sind nicht miteinander verbunden. Bei diesen reinen Prozessdaten besteht ein Zusammenhang weder untereinander noch zu einem bestimmten Einzelstück.

3.3.1 Datenerfassungspunkt

Pfad (Office): Track & Trace > Konfiguration > Virtuelles Prozessabbild

Ein DEP beschreibt die Struktur der Prozessdaten. Im Fall von Trace-Daten beschreibt ein DEP ein „Datenpaket“ von zusammengehörigen Prozessdaten, die einen technischen Prozess beschreiben (z.B. Schweißvorgang). Pro Arbeitsplatz kann es mehrere DEP geben, da an einem Arbeitsplatz mehrere technische Prozesse durchgeführt und erfasst werden müssen (z.B. Schweißen, Bohren, Fräsen).

Bei der Erstellung eines neuen DEP wird initial gefragt, welche Art von Datenerfassung gewünscht ist. Für die Energieanalyse ist **Prozessdatenerfassung (24/7)** relevant.

Erfassungstyp

Welchen Datenerfassungstyp möchten Sie hinzufügen?

Prozessdatenerfassung (24/7)
Trace-Datenerfassung
Abbrechen

Bild 18: Auswahl des Erfassungstyps

Die folgende Tabelle fasst alle Konfigurationsparameter eines DEP zusammen:

Tabelle 5: Konfigurationsparameter eines Datenerfassungspunkts

Parameter	Erklärung
ID	ID des DEP. Wird automatisch vergeben und ist nicht editierbar
Name	Name des DEP
Arbeitsplatz	Auswahl eines Arbeitsplatzes, für den der DEP konfiguriert wird
Beschreibung	Beschreibung des DEP
Literal	Definiert, wie der Wert in einem Report angezeigt werden soll
Datenerfassungspunkttyp	Art der Erfassung, die zuvor ausgewählt wurde
Maschinentyp	Alle DEP, die strukturell identisch sind, werden zu einem Maschinentyp zusammengefasst (z.B. ein Schweißroboter, der alle Schweißroboter verschiedener Arbeitsplätze zusammenfasst). Wichtig ist, dass ein Maschinentyp eine festgelegte Struktur hat, bezogen. sowohl auf die Syntax als auch Semantik der Daten. Im Beispiel unter Abschnitt 3.3 ist das erste Prozessdatenelement eine Temperatur mit einem Datentyp Double (= Gleitpunktzahl).
Externer Erfassungspunktname	Name eines DEP (bzw. „Datenpaket“) aus Sicht einer externen Anwendung. Nur relevant, wenn Daten über das Trace Exchange Interface, CAQ oder ein Web Service Interface erfasst werden sollen.
Deaktiviert	Ist ein Haken gesetzt, ist der DEP deaktiviert.
Gebietsschema	Nur relevant, wenn Daten als Zeichenkette von der DCU geliefert und in einen anderen Datentyp (z.B. Double) konvertiert werden sollen. Das Gebietsschema gibt dann an, nach welcher Region die Zahl der Zeichenkette formatiert ist (z.B. deutsch oder englisch).
Externer Erfassungspunkt?	Aktiviert bzw. deaktiviert das Eingabefeld zur Definition des externen Erfassungspunktnamens

3.3.2 Prozessdatenelement hinzufügen

Reiter Prozessdatenelement

Ein Prozessdatenelement (PDE) ist Bestandteil eines DEP. Ein PDE wird häufig einem Signal eines Controllers zugewiesen. Es kann jedoch sein, dass eine Zuweisung auf einen externen Erfassungselementnamen erfolgt, wenn das PDE von einer externen Anwendung gemeldet werden soll. Es ist zudem möglich, den Wert eines PDE manuell über einen Dialog im Shop Floor Terminal einzugeben, sodass weder eine Zuweisung zu einem Signal noch zu einem externen Erfassungselementnamen notwendig ist.

Die folgende Tabelle fasst alle Konfigurationsparameter eines PDE zusammen:

Tabelle 6: Konfigurationsparameter eines Prozessdatenelements

Parameter	Erklärung
Objektyp	Definiert den Typ und die Verarbeitung des PDE
ID	ID des PDE. Wird automatisch vergeben und ist nicht editierbar
Name	Name des PDE
Beschreibung	Beschreibung des PDE
Arbeitsplatz	Auswahl eines Arbeitsplatzes, für den das PDE konfiguriert wird
Literal	Definiert, wie das PDE in einem Report angezeigt wird
Datentyp	Im Rahmen der Prozessdatenerfassung (24/7) und insbesondere der Energiedatenverarbeitung muss der Datentyp für ein PDE numerisch sein (z.B. Long, Integer usw.). Hintergrund dieser Einschränkung ist, dass eine Aggregation von nicht-numerischen Werten oder deren Visualisierung in einem Liniendiagramm, wie sie für Prozessdaten üblich ist, nicht sinnvoll ist.
Signal	Das Signal aus der DCU
Datenkonvertierung	Definiert, ob eine Datentypkonvertierung vorgenommen werden soll, z.B. von String zu Double. Für reine Prozessdatenerfassung nicht relevant.
Datentypmuster	Definiert das Muster für die Datentypkonvertierung, wenn der gelieferte Wert eines PDE (z.B. eine Zeichenkette) in einen numerischen Wert konvertiert werden soll. Eine genaue Beschreibung der möglichen Übersetzungsmuster gibt es auf docs.oracle.com .
Signalmodus	Art des Werts, in dem das Signal angezeigt werden soll: <ul style="list-style-type: none"> – Absolutwert: Die Werte sind Absolutwerte und werden als solche gespeichert. – Inkrementalwert: Die Werte werden gespeichert als [vorheriger Wert + aktueller Wert] beim Eintreffen eines neuen Werts.
Externer Erfassungselementname	Name eines PDE (bzw. „Datenpaketelement“) aus Sicht einer externen Anwendung. Nur relevant, wenn Daten über das Trace Exchange, CAQ, oder Web Service Interface erfasst werden.

Parameter	Erklärung
Zeitstempel	Legt fest, dass dieser Wert als Zeitstempel in einem Report angezeigt werden soll. Zeigt dadurch an, wann die Prozessdaten dieses DEP erfasst wurden. Dies ist notwendig, da es mehrere Zeitstempel in einem DEP geben kann; in der Upstream-Suche aber zu einem Prozessdatum (z.B. Temperatur) genau ein Zeitstempel aus dem DEP angezeigt werden soll.
Zeitstempel-Format	Format des Zeitstempels (z.B. hh:mm:ss). Dies ist erforderlich, wenn aus einer Zeichenkette ein Zeitstempel errechnet werden soll.
Sekunden bis Verfall der Daten	Wird ein DEP vom Typ Trace erfasst, besitzt er zwangsläufig eine Definition eines Triggers der beschreibt, wann der DEP aufgelöst und als „Datenpaket“ zur weiteren Verarbeitung an die Verbuchungseinheit des Trace-Moduls weitergeleitet wird. Das Trace-Modul ist in der Lage, diese Datenpakete auch nachträglich zu verarbeiten. Der hier konfigurierte Wert gibt an, nach wie vielen Sekunden ein derartiges Datenpaket nicht mehr nachverarbeitet werden soll.
Deaktiviert	Ist ein Haken gesetzt, ist das PDE deaktiviert.
Farben	Bestimmt die Standardfarbe, mit der diese Prozessdaten im Report angezeigt werden. Für die Visualisierung der Energiedaten-Reports wird die Farbeinstellung aus der Energietyp-Konfiguration verwendet (siehe Abschnitt 3.1).
Grenzwertverletzungsregel	Bestimmt, welcher Wert einen Grenzwert darstellt und was bei Erreichen der Grenze geschehen soll (siehe Abschnitt 3.3.2.1)
Energiewert-Aggregation	Bietet die Möglichkeit, diese Prozessdaten zusätzlich als Energiedaten zu aggregieren (siehe Abschnitt 3.4)

Reiter Energiewert-Aggregation

Tabelle 7: Konfigurationsparameter der Energiewert-Aggregation

Parameter	Erklärung
Energiewert	Ist ein Haken gesetzt, wird das PDE zusätzlich als Energiewert behandelt. D.h. es wird als Prozessdatum in der Datenbank gespeichert und besitzt als solches die volle Funktionalität (z.B. Visualisierung, Verletzungsregel usw.).
Verdichtungsspalte	Auswahl eines Energietyps (siehe Abschnitt 3.1)
CO₂-Äquivalent	Die Äquivalente werden aus dem Rohwert ermittelt, indem dieser mit einem konfigurierbaren Faktor multipliziert wird.
Kostenumrechnung	Beispiel: Ein Stromverbrauch von 25 kWh wird mit einem Faktor 0,527 in kg CO ₂ umgerechnet. Dies ergibt ein CO ₂ -Äquivalent 13 kg CO ₂ .
kWh Äquivalent	Analog zur Umrechnung des Energierohwerts in ein CO ₂ -Äquivalent kann der Rohwert mit einem Faktor auch in einen monetären Wert (Kosten) oder kWh-Äquivalent umgerechnet werden.

3.3.2.1 Grenzwertverletzungsregel

Für einen Datenerfassungspunkt können beliebig viele Grenzwertverletzungsregeln erstellt werden. Dabei wird ein Wert bestimmt, der mit dem Wert des DEP verglichen wird. Es kann konfiguriert werden, dass Benachrichtigungen verschickt werden, wenn eine Ober-/Untergrenze über-/unterschritten wird.

Die folgende Tabelle fasst alle Konfigurationsparameter einer Verletzungsregel zusammen:

Tabelle 8: Konfigurationsparameter einer Grenzwertverletzungsregel

Parameter	Erklärung
ID	ID der Regel. Wird automatisch vergeben und ist nicht editierbar. Die ID ist nur für diesen DEP eindeutig.
Name	Name der Regel. Wird im unteren Bereich der Konfigurationsseite eines PDE angezeigt (siehe Tabelle 6)
Version	Die Regel wird versioniert. Die Version wird verwendet, um nachvollziehen bzw. reproduzieren zu können, wann die Bedingung einer bestimmten Ober-/Untergrenze aktiv war.
Farben	Jede Regel hat eine Standardfarbe, in der sie im Report abgebildet wird.
Verletzungsstufe	Jede Regel kann eine der folgenden Verletzungsstufen haben. Die Stufe kann in Verbindung mit der Priorität verwendet werden, um bspw. Benachrichtigungen an das SFT zu filtern. <ul style="list-style-type: none"> — Info — Erfolgsmeldung — Warnung — Fehler
Priorität	Jede Regel kann eine der folgenden Prioritäten haben. Die Priorität kann in Verbindung mit der Stufe verwendet werden, um bspw. Benachrichtigungen an das SFT zu filtern. <ul style="list-style-type: none"> — Blocker — Kritisch — Schwer
Bereich	Bestimmt den Vergleichsoperator, mit dem der aktuelle bzw. neue Prozessdatenwert mit dem unten eingetragenen Signalwert verglichen werden soll (z.B. Prozessdatenwert = Signalwert, Prozessdatenwert > Signalwert usw.)
Signalwert	Eingabe des Signalwerts, mit dem der aktuelle bzw. neue Prozessdatenwert verglichen werden soll (s.o.)
SFT-Benachrichtigung	Bestimmt die Folge bzw. die Handlung, die nach Eintreten einer Grenzwertverletzung geschehen soll. Ist ein Haken gesetzt, wird eine entsprechende Benachrichtigung an das SFT oder per E-Mail (oder beides) geschickt. Um die Benachrichtigung am SFT zu empfangen, sind zusätzliche Konfigurationen nötig (siehe Abschnitt 3.3.2.2).
E-Mail-Benachrichtigung	
Zeit zwischen Benachrichtigungen (in Minuten)	Eine Verletzungsregel wird nach jedem Eintreffen eines Prozessdatenwerts geprüft. Um zu verhindern, dass dieselbe Benachrichtigung mehrmals innerhalb kurzer Zeit versendet wird, kann die Zeit zwischen zwei Benachrichtigungen definiert werden. Tritt dann kurz nach einer Benachrichtigung eine erneute Verletzung auf, wird die zweite Benachrichtigung unterdrückt, bis die hier konfigurierte Zeit abgelaufen ist.

Parameter	Erklärung
	Die blockierte Nachricht wird nicht nachgesendet. Eine erneute Nachricht wird erst bei der nachfolgenden Grenzwertverletzung versendet.
Nutzbare Platzhalter im E-Mail-Betreff und -Text	Platzhalter, die in einem Benachrichtigungstext verwendet werden können. Die Platzhalter werden in der tatsächlichen Benachrichtigung durch die entsprechenden Werte ersetzt. Beispieltext: „Der derzeitige Wert \$actualValue\$ auf dem Arbeitsplatz \$workplaceName\$ hat den Grenzwert \$upperBound\$ überschritten.“
Empfänger	Bestimmt den E-Mail-Empfänger. E-Mail-Gruppen und Benutzer können in der Systemkonfiguration hinzugefügt werden (siehe Handbuch Leistungsanalyse). E-Mail-Adressen können direkt eingetragen werden.
Betreff	E-Mail-Betreff
Text	E-Mail-Text
Deaktiviert	Ist ein Haken gesetzt, ist die Verletzungsregel deaktiviert.

3.3.2.2 Benachrichtigung am Shop Floor Terminal erhalten

Pfad (Workbench): Stammdaten > Shop Floor Terminal > Vorlagen-Editor

Benachrichtigungen einer Grenzwertverletzung können am Shop Floor Terminal angezeigt werden. Dazu ist die Konfiguration des Aktivitätenschritts **Anzeige von Meldungen in der Statusbar** erforderlich. Dieser Schritt zeigt die Benachrichtigung der Regel als Pop-up-Dialog an. Die Benachrichtigung kann außerdem in der Statusleiste des Terminals angezeigt werden. Der Schritt bezieht als Eingangsparameter alle Informationen, die die Verletzungsregel ausgibt.

Tabelle 9: Konfiguration des Aktivitätenschritts „Anzeige von Meldungen in der Statusbar“

Bezeichner	Wert	Erklärung
Eingangsparameter	Parameter (EVERY) → Quelle der Meldung (EVERY)	
Eingangsparameter	Parameter 2 (EVERY) → Terminal Nachrichtenereignistyp (EVERY)	
Eingangsparameter	Parameter 3 (EVERY) → Priorität der Meldung (EVERY)	
Eingangsparameter	Parameter 4 (EVERY) → Kurzmeldung – Literalschlüssel (EVERY)	
Eingangsparameter	Parameter 5 (EVERY) → Beschreibung – Literalschlüssel (EVERY)	
Eingangsparameter	Parameter 6 (EVERY) → Parameter der Kurzmeldung (EVERY)	
Eingangsparameter	Parameter 7 (EVERY) → Parameter der Beschreibung (EVERY)	

Bezeichner	Wert	Erklärung
Meldungen in lokaler Statuszeile ausgeben		Ist ein Haken gesetzt, wird die Benachrichtigung in der Statusleiste des Terminals angezeigt.
Quellen	Trace	Der Schritt kann nach den Quellen Trace, DACQ und Runtime filtern. Im Kontext der Verletzungsregel ist die Quelle Trace.
Meldungstypen	<ul style="list-style-type: none"> — Erfolgsmeldung — Fehler — Info — Warnung 	Es werden nur die Benachrichtigungen mit den hier ausgewählten Meldungstypen angezeigt. Alle in der Verletzungsregel ausgewählten Meldungstypen müssen hier ausgewählt sein, um sie anzeigen zu können.
Prioritäten	<ul style="list-style-type: none"> — Blocker — Kritisch — Schwer 	Es werden nur die Benachrichtigungen mit den hier ausgewählten Prioritäten angezeigt. Alle in der Verletzungsregel ausgewählten Prioritäten müssen hier ausgewählt sein, um sie anzeigen zu können.
Zeitintervall für das automatische Schließen des Dialogs [ms]	5000 (Standard)	Der Pop-up-Dialog öffnet sich automatisch beim Eintreffen einer Benachrichtigung. Der Dialog bleibt für die hier eingetragene Zeit (in ms) geöffnet.

3.4 Energieaggregationsservice

Prozessdatenwerte werden in wiederkehrenden Zeitabschnitten empfangen. Der Energieaggregationsservice (EAS) bearbeitet einen Zeitraum, der mehrere Zeitstempel und Prozessdatenwerte umfasst.

Beim ersten Aggregationszyklus generiert der EAS Energieslots, in denen die Energieverteilung berechnet wird. Diese Slots werden dann für den jeweiligen Arbeitsplatz auf Vorgangs- und Arbeitsplatzzeitstrahlen heruntergebrochen.

3.4.1 Verteilung der Energieverbrauchswerte auf Zeitabschnitte

In der nachfolgenden Abbildung werden jeweils Zeitabschnitte mit einer maximalen Länge von 5 Minuten gebildet. Die Zeitabschnitte können kürzer ausfallen, wenn sich der Arbeitsplatzstatus ändert oder ein neuer Energieverbrauchswert von der Maschine bzw. dem Energiemessgerät geliefert werden.

Der grüne Balken zeigt die Verdichtung von Energieverbrauchswerten eines Arbeitsplatzes an. Der orangefarbene Balken verdeutlicht, was bei einem „Recoding“ passiert. Recoding bedeutet hier das erneute Berechnen/Aggregieren von Energieverbrauchswerten für bereits erfasste Werte.

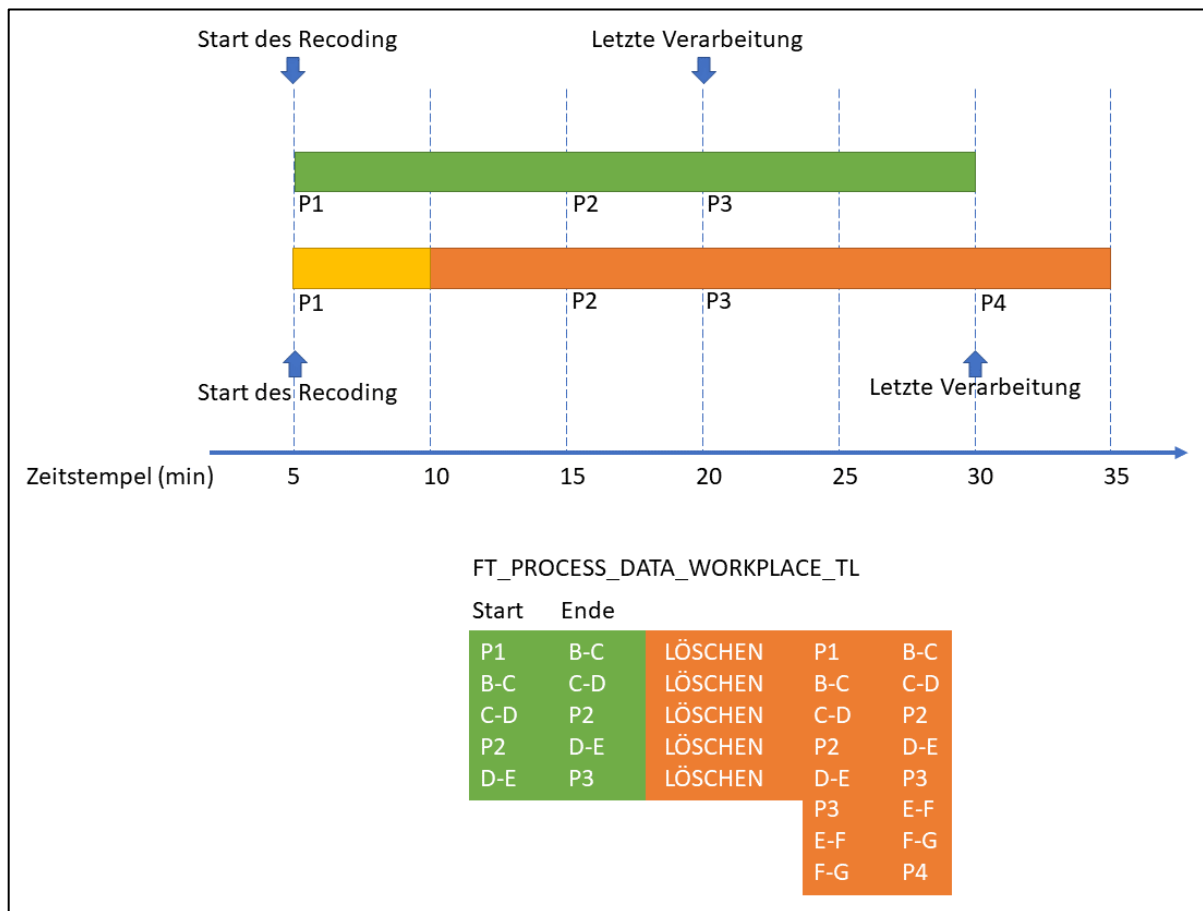


Bild 19: Recoding beim EAS

Der EAS findet die Prozessdatenwerte P1, P2 und P3 in diesem Zeitraum in der Prozessdatensammlung der MongoDB. Hier wurden sie als normale Prozessdaten aufgezeichnet. P1, P2 und P3 sind hier beispielsweise Werte für Stromverbrauch. Diese Werte sind hier absolute Werte eines Energiemessers, der streng monoton steigt. P1, P2 und P3 liegen jeweils zwischen den Zeitstempeln.

Nun werden die folgenden beispielhaften Energieslots generiert:

P1 zu B-C, d.h. ein Zeitraum vom Zeitstempel von P1 zum Zeitstempel B-C.

Der Energieverbrauch mit der Menge P2-P1 wird auf folgende Zeitslots verteilt:

P1 zu B-C, B-C zu C-D und C-D zu P2.

Im zweiten Zyklus der Energieaggregation (orangefarbener Balken) werden die Prozessdatenwerte P1, P2, P3 und P4 verarbeitet.

Der Wert P1 wird hinzugefügt, um einen Mindestzeitraum von 60 Minuten abzudecken.

Der Energieaggregationszyklus basiert auf einem löschen/einfügen-Prinzip. D.h. die Zeitlinie von P1 zu P3 wird gelöscht, anschließend wird die Zeitlinie von P1 bis P4 neu erstellt.

Recoding ist notwendig, da sich insbesondere der Status des Maschinenzeitstrahls oder des Arbeitsvorgangszeitstrahls geändert haben könnten. So kann ein Werker einen unbegründeten Stillstand umkodieren, um den tatsächlichen Grund des Stillstands anzugeben. Ebenso kann ein Stillstand aber auch zeitlich gesplittet und unterschiedliche Statusdetails angegeben werden.

Das Ziel des EAS ist es, die Energieverbrauchswerte auf die einzelnen Arbeitsplatzphasen bzw. Arbeitsvorgangsphasen korrekt aufzuteilen. Erst diese Aggregation und Verteilung der Energieverbrauchswerte ermöglicht zielgerichtete und aussagekräftige Reports.

3.4.2 Verteilung der Energieverbrauchswerte auf mehrere Arbeitsvorgänge

In der nachfolgenden Abbildung wird die Verteilung von Energiewerten eines Arbeitsplatzes auf mehrere parallellaufenden Fertigungsaufträge beispielhaft dargestellt.

Angenommen, alle 5 Minuten müssen 100 kWh verteilt werden. Der Arbeitsplatz (bzw. die Maschinen, die in FORCAM FORCE™ mit diesem Arbeitsplatz assoziiert sind) verbraucht demnach alle 5 Minuten 100 kWh an elektrischer Energie. Dieser Energieverbrauch wird pro Energiedatenslot, der maximal 5 Minuten lang ist, auf die aktiven Arbeitsvorgänge der angemeldeten Fertigungsaufträge verteilt. Die Intention ist, den Energieverbrauch verursachergerecht zu verteilen.

Auf einen Arbeitsvorgang/Fertigungsauftrag werden nur dann Energieverbrauchswerte verteilt, wenn sich der entsprechende Arbeitsvorgang in einer aktiven Phase befindet. Ein Arbeitsvorgang, der sich z.B. in der Phase **Rüsten** befindet, konsumiert keine Energie, sondern erst in einer aktiven Phase (i.d.R. **Produktion**).

Gibt es in einem Zeitslot keinen aktiven Arbeitsvorgang, wird der Energieverbrauch anonym - d.h. ohne Bezug zu einem Fertigungsauftrag - auf dem Arbeitsplatz erfasst.

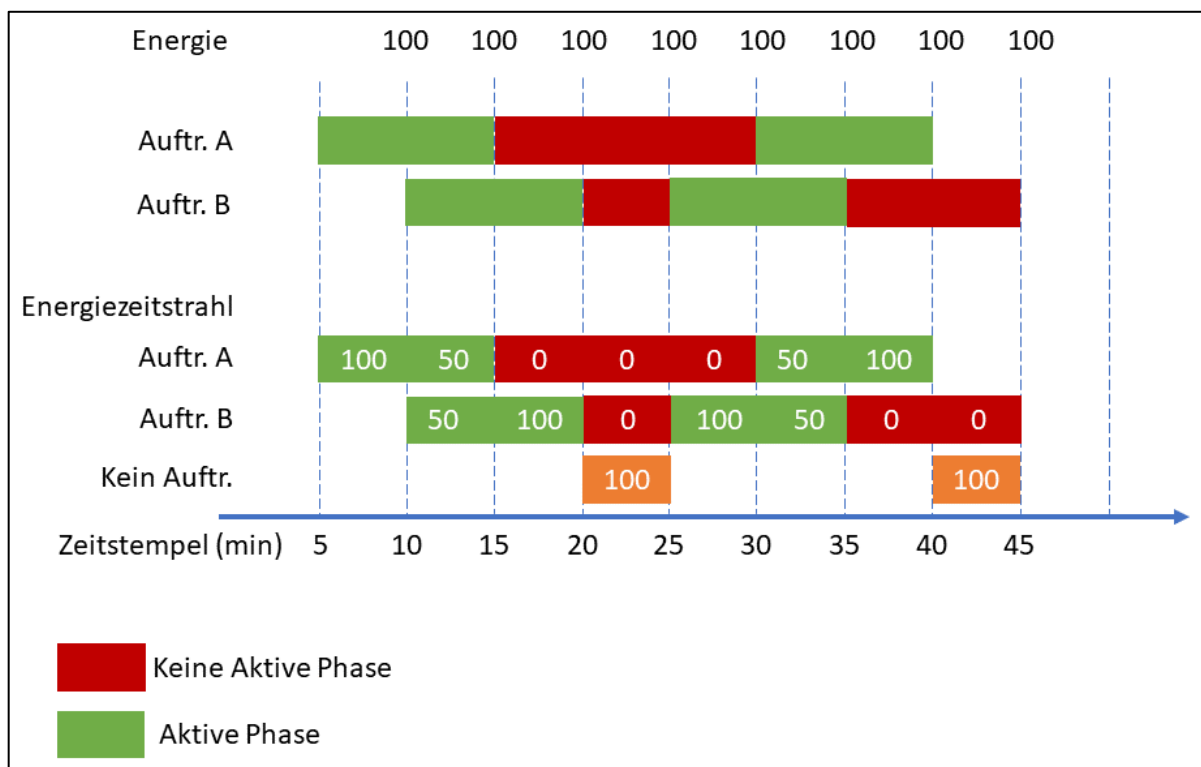


Bild 20: Verteilung der Energieverbrauchswerte auf mehrere Vorgänge

3.4.3 Aggregation von Energieverbrauchswerten einer Maschinenlinie

In einigen Fertigungsprozessen werden Bauteile auf Maschinenlinien gefertigt. In FORCAM FORCE™ wird eine Maschinenlinie mit einem eigenen Arbeitsplatz modelliert, der die Maschinenlinie repräsentiert. Die Teilnehmer der Maschinenlinie werden ebenfalls als Arbeitsplätze modelliert und einer gemeinsamen Arbeitsplatzhierarchie zugeordnet.

Die Energieverbrauchswerte werden wie zuvor beschrieben auf die einzelnen Arbeitsplätze verteilt. Zusätzlich wird die Summe der Energieverbrauchswerte der Einzelarbeitsplätze aber auf den Arbeitsplatz verteilt, der die Maschinenlinie repräsentiert.

3.4.4 EAS de-/aktivieren

Pfad (Workbench): Konfigurationen > System > FORCAM FORCE™ > Konfigurationen > Module > Tracing > Energiedatenverdichtung

Der Energieaggregationsservice kann in der Workbench aktiviert oder deaktiviert werden. Die Aggregation basiert auf der Berechnung des EAS. Standardmäßig läuft die Berechnung immer alle 5 Minuten ab. Berechnet werden dabei die Werte der letzten Stunde.

System	Bezeichner	Wert
▼ FORCAM FORCE™	▼ Energiedatenverdichtung	
▼ Konfigurationen	Verdichtungsdienst aktiv	<input checked="" type="checkbox"/>
> Allgemein	Alle X Stunden umkodieren	1
▼ Module	Zeitraum für Umkodierung (Std.)	24
> Runtime	Verdichtungsintervall für Arbeitsplatz (Minuten)	5
> Workbench	Verdichtungsintervall für Linienarbeitsplatz (Minuten)	5
> Worker		
▼ Tracing		
LRK Daten-Poller		
Trace-Austauschdaten-Poller		
Maximale Ebenenanzahl		
Virtuelles Prozessabbild		
Trace-Cache-Warming		
Trace-Buchungskonfiguration		
Energiedatenverdichtung		
> Webservices		

Bild 21: Konfiguration der Energiedatenverdichtung in der Workbench

Tabelle 10: Konfigurationsparameter des Energieaggregationsservice

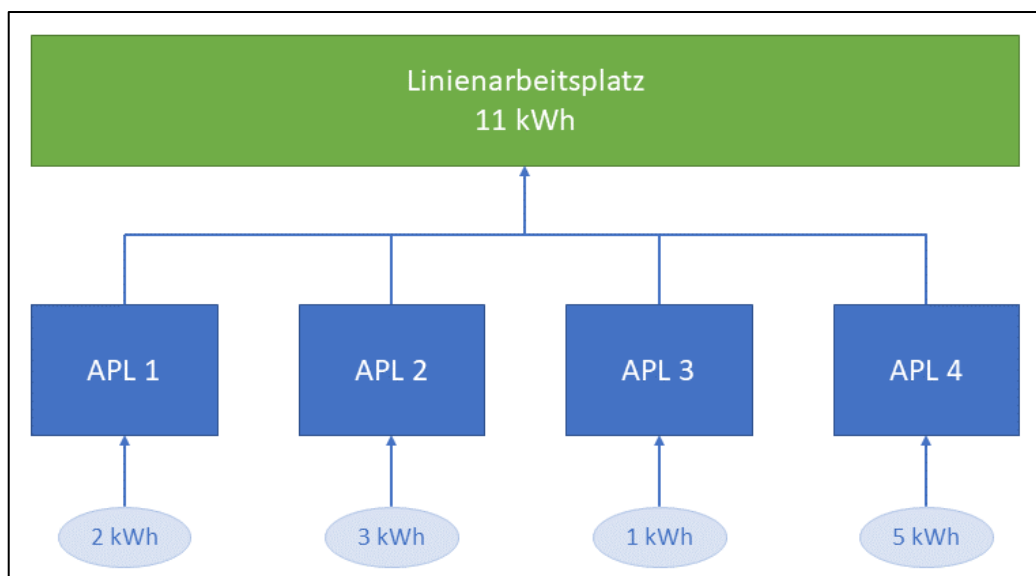
Parameter	Erklärung
Verdichtungsdienst aktiv	Ist ein Haken gesetzt, ist der EAS aktiv.
Alle X Stunden umkodieren	Bestimmt den Zeitintervall in Stunden, nach dem die Werte neu berechnet werden sollen (standardmäßig 1). D.h. i.d.R. werden die letzten 24 Stunden einmal stündlich berechnet.
Zeitraum für Umkodierung (Std.)	Bestimmt den Zeitraum in Stunden, der neu berechnet werden soll (standardmäßig 24)
Verdichtungsintervall für Arbeitsplatz (Minuten)	Bestimmt, nach wie vielen Minuten die Verteilung der neuen Energieverbrauchswerte seit der letzten Verteilung für einen Einzelarbeitsplatz stattfindet
Verdichtungsintervall für Linienarbeitsplatz (Minuten)	Bestimmt, nach wie vielen Minuten die Verteilung der neuen Energieverbrauchswerte seit der letzten Verteilung für einen Linienarbeitsplatz stattfindet

3.4.5 Aggregation von Linienarbeitsplätzen

Pfad (Workbench): Stammdaten > Arbeitsplatz > Arbeitsplatz-Hierarchie

Der EAS kann den Energieverbrauch von Linienarbeitsplätzen berechnen. Der Linienarbeitsplatz selbst hat keinen Energieverbrauch. Er ist ein virtueller Arbeitsplatz, der physisch nicht existiert. Er repräsentiert lediglich die Linie als Ganzes.

Bei der Aggregation eines Linienarbeitsplatzes wird der Verbrauch jedes einzelnen Arbeitsplatzes der Linie summiert. Die Summe des Verbrauchs aller Arbeitsplätze wird als Verbrauch der Linie berechnet.


Bild 22: Aggregation bei einem Linienarbeitsplatz

Um einen Arbeitsplatz- bzw. Vorgangszeitstrahl für einen Linienarbeitsplatz berechnen zu können, muss dieser in der Hierarchie-Konfiguration als Arbeitsplatz definiert werden.

- ❗ Für die Konfiguration eines Arbeitsplatzes bzw. einer Hierarchie, siehe das Handbuch **Stammdaten und Systemkonfiguration**.

Hierarchien

Kurzbeschreibung	Beschreibung	Code	Anzahl Ebenen
ERP-HIER	ERP-Hierarchie	ERP-Hierarchie	2
DNC-HIER	DNC-Hierarchie	DNC-Hierarchie	6
ORG	ORG	Organisatorische Hierarchie	2

Line

Attribute: Line WP -

#	Attributname	Beschreibung	Wert
1	Linienarbeitsplatz	Linienarbeitsplatz	WP-Standard-07 - WP-Standard-07 (150-A1-A1 ▾)

Ok
Abbrechen

Hierarchie-
Hierarchie-
ERP-HIER - ER
DNC-HIER - D
ORG - ORG
Line - Line

Line WP - Line WP	Line WP	Line WP		(1) Attribute ▾
WP-Standard-09 - WP-Standard-09	WP-Standard-09 - WP-Standard-09 ▾		WP-Standard-09	
WP-Standard-08 - WP-Standard-08	WP-Standard-08 - WP-Standard-08 ▾		WP-Standard-08	

Bild 23: Konfiguration einer Linienhierarchie

4 Anhang

4.1 Abkürzungen

Tabelle 11: Verwendete Abkürzungen

Abkürzung	Beschreibung
APL	Arbeitsplatz
CO₂	Kohlenstoffdioxid
DB	Datenbank
DCU	Collection Unit (Datenerfassungseinheit)
DEP	Datenerfassungspunkt
EAS	Energieaggregationsservice
kWh	Kilowattstunde
m³	Kubikmeter
ms	Millisekunden
Nm³	Normkubikmeter
PDE	Prozessdatenelement
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
SFT	Shop Floor Terminal

4.2 Abbildungsverzeichnis

<i>Bild 1: Vereinfachte Architektur der Energieanalyse</i>	<i>3</i>
<i>Bild 2: Energieverbrauch pro Arbeitsplatz als Säulendiagramm</i>	<i>5</i>
<i>Bild 3: Energieverbrauch pro Arbeitsplatz als Tabelle</i>	<i>6</i>
<i>Bild 4: Konzept der Kumulation</i>	<i>7</i>
<i>Bild 5: Energieverbrauch pro Material als Säulendiagramm</i>	<i>7</i>
<i>Bild 6: Energieverbrauch pro Material als Tabelle</i>	<i>8</i>
<i>Bild 7: Energieverbrauch pro Betriebszustand als Säulendiagramm</i>	<i>9</i>
<i>Bild 8: Energieverbrauch pro Betriebszustand als Hitliste</i>	<i>10</i>
<i>Bild 9: Meistverbrauchende Arbeitsplätze als Kreisdiagramm</i>	<i>11</i>
<i>Bild 10: Energieverbrauch pro Arbeitsplatz als Tabelle</i>	<i>12</i>
<i>Bild 11: Lastverlauf</i>	<i>12</i>
<i>Bild 12: Prozessdatenvisualisierung im Shop Floor Terminal</i>	<i>16</i>
<i>Bild 13: iframe im HTML-Template der Startseite</i>	<i>17</i>
<i>Bild 14: Konfigurationsseite für Energietypen</i>	<i>18</i>
<i>Bild 15: Beispielhafte Konfiguration von Signalen</i>	<i>19</i>
<i>Bild 16: Konfiguration der Prozessdatenerfassung</i>	<i>20</i>
<i>Bild 17: Signalwerte als Formeln in der Visualisierung</i>	<i>21</i>
<i>Bild 18: Auswahl des Erfassungstyps</i>	<i>23</i>
<i>Bild 19: Recoding beim EAS</i>	<i>29</i>
<i>Bild 20: Verteilung der Energieverbrauchswerte auf mehrere Vorgänge</i>	<i>30</i>
<i>Bild 21: Konfiguration der Energiedatenverdichtung in der Workbench</i>	<i>31</i>
<i>Bild 22: Aggregation bei einem Linienarbeitsplatz</i>	<i>32</i>
<i>Bild 23: Konfiguration einer Linienhierarchie</i>	<i>33</i>