SF² SEMANTIC FOLDING SENSOR FUSION



SF2 Systems – Frühwarnpotenzial für die Bioraffinerie Japons

Vorläufermuster bei Blockheizkraftwerk rund 14 Tage vor dem Ausfall

19.487 Messdatensätze
im 5-Minuten-Raster

3 Funktionsbereiche
gemeinsam analysiert

6 Referenzmuster
Vorlaufmuster + Ausfall

≈ 14 Tage Vorwarnung
vor Blockheizkraftwerk-Ausfall

DIE HERAUSFORDERUNG – Drei Funktionen in einem gekoppelten System

Moderne Bioraffinerien stellen als hochgradig gekoppelte Kreislaufsysteme komplexe Anforderungen an die Prozessüberwachung.

Die **Grüne Bioraffinerie in Japons** verwertet regionale Rohstoffe wie Gras-, Klee- und Luzernesilage in einem geschlossenen Wertschöpfungskreislauf. Neben Biogas für die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung werden hochwertiges Proteinfuttermittel und biologische Düngemittel gewonnen.

Ein unvorhergesehener Anlagenausfall beeinträchtigt in diesem Verbund nicht nur die energetische Einspeisung, sondern auch nachgelagerte Standortprozesse. Klassische Grenzwerteanalysen stoßen in dynamischen Mehrgrößensystemen oft an ihre Grenzen: Sie schlagen meist erst dann Alarm, wenn kritische Schwellenwerte überschritten sind und die Störung bereits eingetreten ist.

1 – ENERGIEUMWANDLUNG
Blockheizkraftwerk (BHKW)
Ausfall betrifft Strom- und Wärmeerzeugung.

2 – BIOLOGISCHE PROZESSFUNKTION
Nachfermenter-Rührwerk
Schutzmeldungen betreffen die Durchmischung im Nachfermenter.

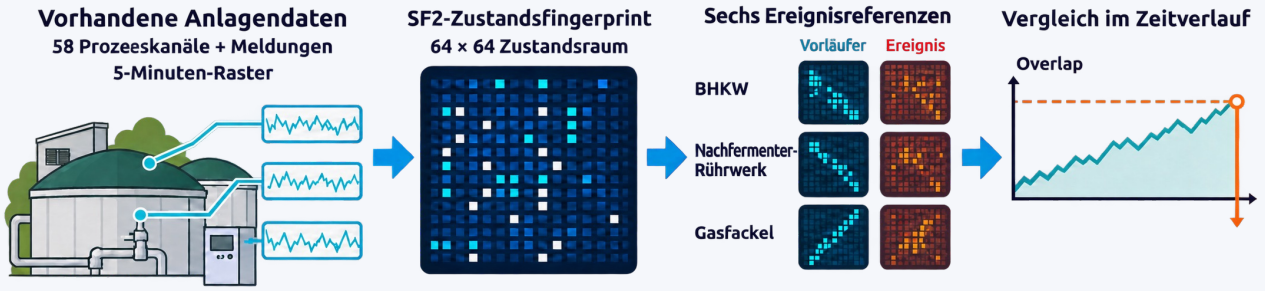
3 – RESERVEFUNKTION
Gasfackel
Eine Störung reduziert die Verfügbarkeit der betrieblichen Gasverwertung als Reserve.

Anlagenstandort:
Grüne Bioraffinerie Japons
BioNorum GmbH
Niederösterreich

Analysedaten:
8. August bis 17. Oktober 2026
19.487 im 5-Minuten-Raster

Analyseprozess:
SF2 Suite RT
< 24h unsupervised Training
Standard PC

DIE SF2-LÖSUNG – Vom Datenarchiv zur Zustandsbibliothek

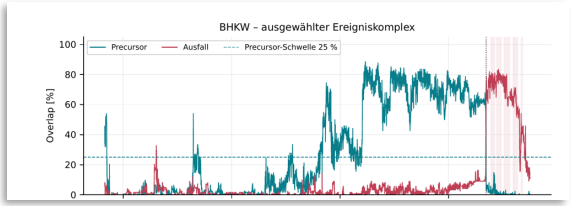


SF2 verdichtet den historischen Anlagenverlauf zu multivariaten Zustandsfingerprints und prüft, ob sich Ereignisse an BHKW, Nachfermenter-Rührwerk und Gasfackel bereits im Vorfeld als wiederkehrende Muster ankündigen.

Mehr Anlagenverfügbarkeit aus vorhandenen Daten: SF2 verwandelt bestehende Prozesskanäle in ein multivariates Frühwarnsystem.

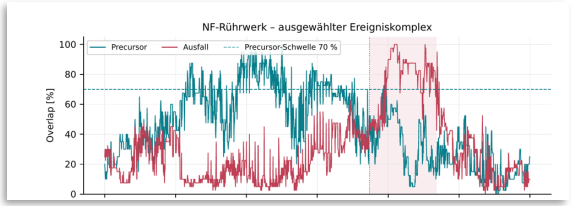
DAS ERGEBNIS – SF2 macht eindeutige Vorwarnmuster in allen drei Funktionsbereichen sichtbar

BHKW



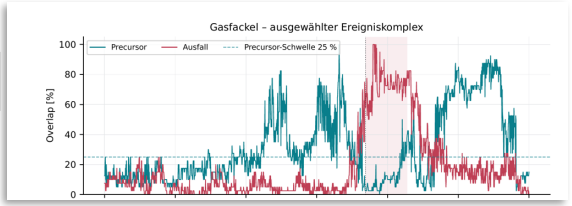
≈ 14 Tage Vorlauf zum BHKW-Ausfall

NF-Rührwerk



≈ 62 h vor Beginn der Rührwerk-Schutzmeldungen

Gasfackel



≈ 53 h vor Beginn der Fackelstörung

QUERVERGLEICH

Fall	Vorläufermuster Ø Overlap in den 72 h vor dem Ausfall	Ausfall	außerhalb Ausfall	Vorlauf
BHKW	68,08 %	68,46 %	4,11 %	≈ 14 Tage
NF-Rührwerk	63,43 %	76,11 %	2,82 %	≈ 62 h
Gasfackel	28,86 %	73,84 %	1,94 %	≈ 53 h

Die retrospektive Analyse identifizierte für Blockheizkraftwerk, Nachfermenter-Rührwerk und Gasfackel klar unterscheidbare Vorläufer- und Ausfallmuster. Erste auffällige Muster traten rund 14 Tage, 62 Stunden sowie 53 Stunden vor den Ausfällen auf und bestätigen das technische Frühwarnpotenzial von SF2.

In allen drei Störereignissen erreichen sämtliche Datensätze während des Ereignisses beim jeweiligen Ausfall-Fingerprint einen Overlap von >25 %. Overlap bedeutet dabei Fingerprint-Ähnlichkeit; nicht Ausfallwahrscheinlichkeit. Die Vorphasenmittel beziehen sich auf die letzten 72 Stunden vor dem jeweiligen Störereignis.

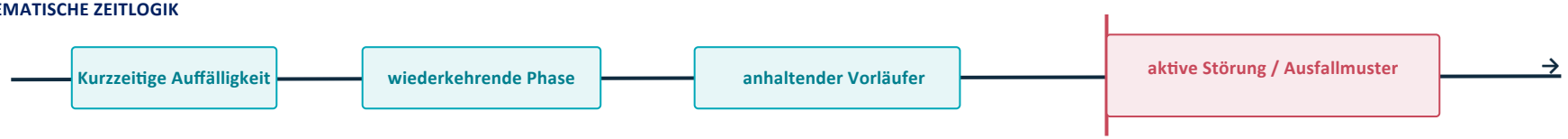
- **BHKW**: 68,5 % während des Ereignisses gegenüber 4,1 % außerhalb
- **NF-Rührwerk:** 76,1 % gegenüber 2,8 %
- **Gasfackel**: 73,8 % gegenüber 1,9 %

Wiederkehrende Vorläufermuster können Betrieb und Instandhaltung auf einen auffälligen Funktionsbereich hinweisen. Meldungen, Prozessverlauf und Wartungshistorie lassen sich anschließend gezielt prüfen und erforderliche Maßnahmen vorbereiten.

DIE METHODE - Bewertet werden Vorlauf, Persistenz, Trennschärfe und Prozesskontext

Jeder Fall wird gegen dieselbe Evidenzlogik geprüft – die Schwellen und Signalformen bleiben jedoch funktionsspezifisch. Die Fallbewertung unterscheidet Vorphase, untersuchtes Ereignis und übrigen historischen Bestand. Ein Record mit Zeitstempel *t* ist erst fünf Minuten später vollständig verfügbar; die operativ verwendbare Vorlaufzeit wird entsprechend qualifiziert. Schwellenanteile außerhalb der Vorphase sind keine Falschalarmraten, da die Restmenge andere reale Ereignisse und frühere Warnphasen enthält.

SCHEMATISCHE ZEITLOGIK



WIE FUNKTIONIERT SF2

01 SENSE

Vibration · Strom · Temperatur · Druck · Beschleunigung · Neigung · Durchfluss · Füllstand · Drehzahl · Methangehalt ...

02 FUSE

Rohe Sensorsignale werden in standardisierte diskrete Kategorien (Bins) überführt und für das semantische Mapping aufbereitet.

03 FINGERPRINT

SF2 erstellt einen semantischen Repräsentationsraum, in dem sich betrieblich ähnliche Maschinenkontexte gruppieren.

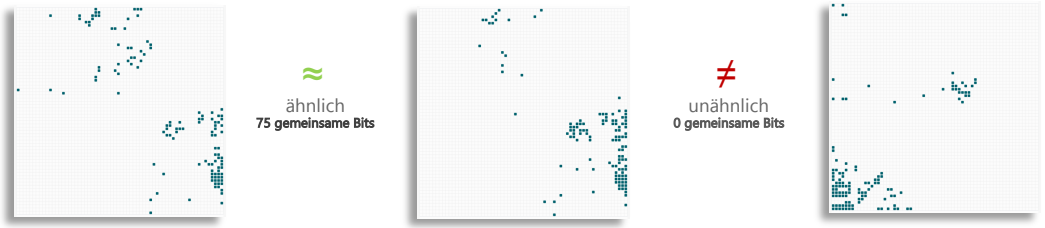
04 COMPARE

Neue Fingerprints werden mit Defektmustern verglichen. Ein steigender Overlap zeigt die größere Nähe zu einem Fehlerzustand.

05 TRIGGER

Statuskanäle und Trigger an das Kundensystem übergeben.

SF2 verarbeitet Zustände als **binäre semantische Fingerprints.**
Die Echtzeitberechnungen basieren auf schnellen Binäroperationen anstatt auf rechenintensiven Matrixmultiplikationen.
Dadurch können sie direkt auf kostengünstiger Standardhardware ausgeführt werden.



WAS SF2 AUSZEICHNET

SF2 - Erklärbare Zustandsintelligenz

- Zustandsbasierte Analyse multivariater Rohsensordaten
- Keine großen gelabelten Fehlerdatensätze erforderlich
- Direkter Overlap als Ähnlichkeitsmaß
- Interpretierbare Ergebnisse (keine Black Box)
- Effiziente Overlap-Vergleiche mit geringer Rechenlast
- Vollständig lokal und air-gap-fähig

Trainingsintensive ML-Ansätze

- Statistische Entscheidungsmodelle aus Trainingsdaten
- Häufig größere historische Datensätze erforderlich
- Ergebnisse abhängig von Modell und Trainingsbasis
- Nachvollziehbarkeit abhängig von Modellarchitektur
- Rechenbedarf abhängig von Modellkomplexität
- Meist cloudabhängig (Daten & Sicherheitsrisiko)

OPERATIVER NUTZEN

Weniger ungeplante Stillstände
Mehr Zeit für kontrollierte Eingriffe

Höhere Anlagenverfügbarkeit
Predictive Maintenance unterstützt zuverlässigen Anlagenbetrieb

Gezieltere Instandhaltung:
Wartungsmaßnahmen bedarfsgerechter planen

Mehrwert aus bestehenden Daten
Vorhandene Prozess- und Sensordaten ohne zusätzliche Messinfrastruktur nutzen

FAZIT

SF2 macht charakteristische Vorläufermuster bereits Stunden bis Tage vor kritischen Anlagenzuständen sichtbar und schafft damit eine fundierte Basis für Predictive Maintenance. Wartung und Diagnose können gezielter geplant werden, bevor es zu längeren Störungen oder Ausfällen kommt.

Weitere Informationen unter www.SF2systems.com

© 2026 SF2 Systems GmbH

info@SF2systems.com | www.SF2systems.com