

SF2 Systems zur semantischen Frühwarnung bei Hydratbildung in Offshore-Well

Fast 7 Tage Vorwarnzeit bei der Identifizierung von Hydratbildung in Erdöl-Produktionsleitungen



12+

Sensor- und Feature-Kanäle simultan fusioniert



722.192

Records analysiert
(1 Hz Sampling)



90%

Stabile Zustandsübereinstimmung
13h vor Expertenerkennung



6T 21H

Drift-Indikation
vor dem Stöfall

DIE HERAUSFORDERUNG – Das unsichtbare Risiko im tiefen Meer

In der Tiefsee-Förderung – wie im Petrobras 3W-Szenario^{*)} analysiert – entstehen unter hohem Druck und Kälte eisartige Hydrat-Klumpen. Diese führen in Offshore-Systemen zu kritischen Blockaden und kostspieligen Produktionsstopps:

- **Späte Erkennung** → konventionelle SCADA Systeme schlagen oft erst Alarm, wenn kritische Grenzwerte bereits überschritten sind.
- **Modellkomplexität** → physikalische Flow-Assurance-Modelle erfordern präzise thermodynamische Parameter und eine ständige Validierung je Asset.
- **Datenmangel** → klassische ML-Ansätze benötigen große Mengen gelabelter Fehlerbeispiele für jedes einzelne Well-Szenario und aufwendiges Feature Engineering.

Die Kernfrage lautet:
Kann die Annäherung an einen kritischen Hydrat-Zustand bereits Tage vor der Statusänderung als semantische Drift sichtbar gemacht werden?

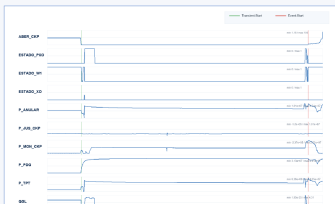


^{*)} Vargas, R. E. V., et al. (2019). A realistic and public dataset with rare undesirable real events in oil wells. Journal of Petroleum Science and Engineering, 181, 106223.

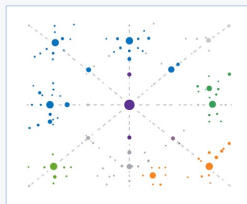
DIE SF2-LÖSUNG – Zustandsräume komplexer Systeme sichtbar machen

SF2 wandelt die Rohsensordaten in digitale Zustandsfingerabdrücke um, vergleichbar einer „FaceID“ für Maschinen. Anstatt einzelne Kanäle zu interpretieren, lernt SF2 eine charakteristische Prozesssignatur des Normalbetriebs und des Fehlerzustands.

Rohe Sensorkanäle in WELL-25



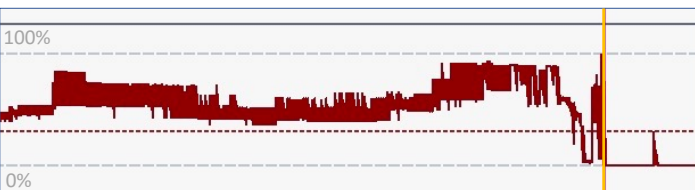
SF2 Sensor Fusion



Fingerprint Normalbetrieb vs. Warnphase



DAS ERGEBNIS – Signifikante Vorwarnzeit & kontinuierliche Drift-Analyse



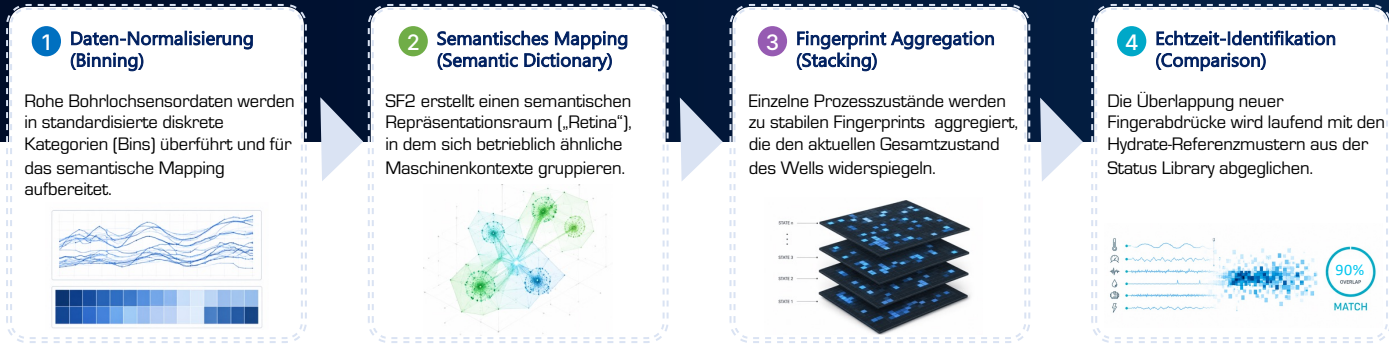
Überlappungsanalyse als Zeitreihendiagramm (Ausschnitt)

Kritischer Bereich von T-72h bis T+12h auf einer linearen Achse.
Gelbe Linie markiert annotierten Störfall, den SF2 bereits frühzeitig identifiziert.

Validierte Ergebnisse

- ✓ **Signifikante Vorwarnzeit:** Annäherung an Fehlerzustand bereits 6T und 21H vor dem Störfall sichtbar.
- ✓ **Hohe Konfidenz:** Warnsignal (Overlap ≥ 90) 13 Stunden vor dem Experten-markierten Ereignis.
- ✓ **Minimaler Setup-Aufwand:** Gesamtes Modell in weniger als 1 Stunde ohne manuelle Grenzwertdefinition erstellt.
- ✓ **Keine System- oder Data-Science-Kenntnisse erforderlich**

WIE SF2 FUNKTIONIERT



SF2 überführt Sensordaten in ein digitales Gesamtzustandsbild und nutzt semantisches Mapping, um Stabilität gegenüber Sensordrift zu gewährleisten. Dadurch bleibt der Betriebskontext der Bohrlochsenorik jederzeit interpretierbar.

Warum Systemverständnis besser ist als statistische Schätzung

SF2 (Deterministisch)

- ✓ Präzise zustandsbasierte Analyse
- ✓ Ermöglicht lokalen Betriebsraum pro Well
- ✓ Erkennt schleichende Veränderungen in Echtzeit
- ✓ Kein gelabelter Trainingsdatensatz erforderlich
- ✓ Erklärbar und reproduzierbar (keine Black Box)
- ✓ 100% Datenhoheit (vollständig lokal)
- ✓ 100% edge-fähig – läuft auf beliebiger Hardware

Modellzentrierte KI (Probabilistisch)

- ✗ Liefert unsichere Approximationen
- ✗ Erfordert oft Cross-Well-Modelle
- ✗ Erkennt Fehler erst nach Schwellwertüberschreitung
- ✗ Benötigt große Mengen gelabelter Daten
- ✗ Black-Box-Verhalten (schwer nachvollziehbar)
- ✗ Meist cloudabhängig (Daten & Sicherheitsrisiko)
- ✗ Meist nicht edge-fähig

MESSBARER BUSINESS IMPACT



Per-Well Modell

Anpassung an lokale Sensorcharakteristik



ROI in Stunden

Wirtschaftlichkeit bereits im Frühbetrieb



Frühzeitige Drift-Erkennung

Kritische Zustände früher sichtbar

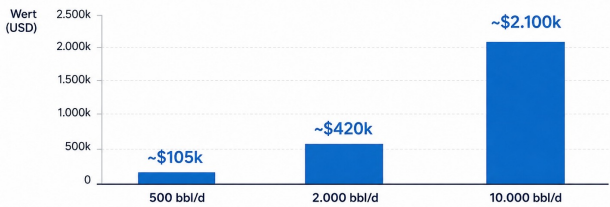


Edge-Ready

Lokale Analyse für Offshore-Infrastruktur

Nur Produktionswert, ohne Workover-/Remediationskosten

Annahme: 70 USD/bbl, 3 Tage vermiedener Stillstand.



Break-even



\$50k Setup bei 2.000 bbl/d:
ca. 8,6 Stunden



\$20k Setup bei 2.000 bbl/d:
ca. 3,4 Stunden

FAZIT

SF2 überführt störbehaftete Well-Sensordaten in eine konsistente Echtzeitrepräsentation des Systemverhaltens. In dieser Fallstudie wurde ein Hydratbildungs-Ereignis mit einer stabilen Vorwarnzeit von fast 7 Tagen erkannt. Dies schafft die Grundlage für eine proaktive Flow Assurance und die Vermeidung kritischer Leitungsblockaden – ohne komplexe thermodynamische Modelle.

Weitere Informationen unter: www.SF2systems.com

ZUKUNFTSPOTENTIAL – Übertragbar auf alle sensorbasierten Systeme

Industrielle
Fertigung

Chemie &
Prozessindustrie

Pharmaindustrie

Industrieanlagen

Automotive
Systeme

Energie-
infrastruktur

Versorgungs-
infrastruktur

Smart Buildings

Digitale
Infrastruktur

Mobilität &
Transport

