SF2 SEMANTIC FOLDING SENSOR FUSION

SF2 Systems – Precision Maintenance im Reinraum ohne Umbau der Förderanlage

Conveyor Track Intelligence –
Ein Thin[gk]athon-Erfolg bei Infineon & ZEISS

418.938	72	15 m	Abweichungsmuster
Messwerte verarbeitet	Zustandsmerkmale pro Zeitschritt	Infineon-Teststrecke erprobt	der Defektpassagen zuverlässig erkannt

DIE HERAUSFORDERUNG – Verschleiß in kilometerlangen Fördersystemen

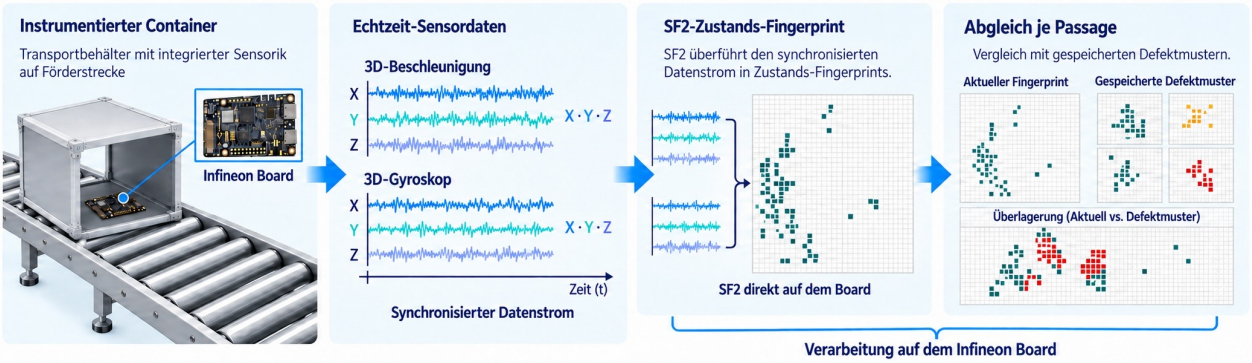
Grenzwertsysteme reagieren meist nur auf punktuelle Messwerte. Umso wichtiger ist es, Defektsignaturen im laufenden Transportprozess zuverlässig zu erkennen.

In der Halbleiterfertigung transportieren Rollenfördersysteme empfindliche Waferbehälter über große Distanzen durch Reinräume. Verschleiß an Rollen oder Antrieben kann die Produktqualität und Anlagenverfügbarkeit maßgeblich beeinträchtigen.
Dies führt zu spezifischen Herausforderungen in der Instandhaltung:

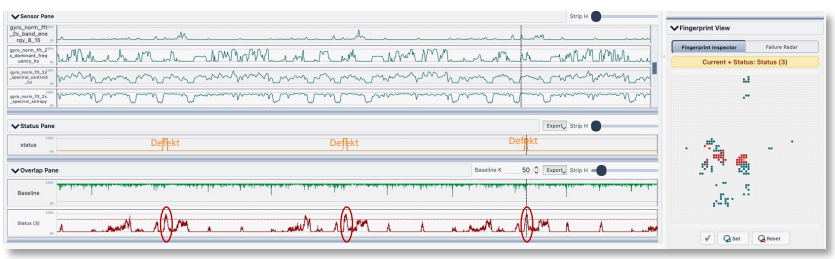
- **Lange Transportwege** erschweren eine präzise Fehlerlokalisierung
- **Beginnender Verschleiß** ist in regulären Sensordaten nur schwer zu identifizieren.
- **Seltene Defekte** führen zu einem Mangel an gelabelten Trainingsdaten.
- **Zustandsüberwachung** muss ohne Anlagenumbau realisierbar sein.

DIE SF2-LÖSUNG – Der Transportcontainer wird zum mobilen Inspektor

Im Rahmen eines von **Infineon Technologies** und **ZEISS Digital Innovation** veranstalteten Thin[gk]athons erkannte SF2 bekannte Defektpassagen in einem bereitgestellten Sensordatensatz eindeutig. Anschließend implementierte SF2 die Sensor-Fusion-Software auf dem **PSOC™ Edge E84 AI Kit.** Damit entstand ein instrumentierter Transportcontainer zur Echtzeitverarbeitung der Sensorsignale.



DAS ERGEBNIS – Defekte Rollen eindeutig identifiziert



Thin[gk]athon-Nachweis

- ✓ Muster im Overlap-Verlauf erkennbar
- ✓ Überwachung via Mobile Carrier
- ✓ Keine Zusatzsensorik an der Förderstrecke
- ✓ Keine Data-Science-Entwicklung erforderlich

SF2 erkennt Verschleißsignaturen direkt im laufenden Transport ohne zusätzliche Sensorik an der Förderstrecke.

WIE SF2 FUNKTIONIERT

1 Daten-Normalisierung (Binning)

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

2 Semantisches Mapping (Semantic Dictionary)

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

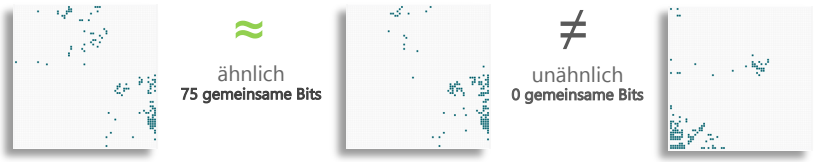
3 Fingerprint Aggregation (Stacking)

Einzelne Prozesszustände werden zu stabilen Fingerprints aggregiert, die den aktuellen Gesamtzustand des Systems widerspiegeln.

4 Echtzeit-Identifikation (Comparison)

Aktuelle Fingerprints werden mit gespeicherten Defektmustern verglichen. Ein steigender Overlap zeigt eine stärkere Übereinstimmung mit dem Fehlerzustand.

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 und nächster Entwicklungsschritt

Frühere Wartung
Verschleißsignaturen vor kritischem Abrieb prüfen

Präzise Lokalisierung
Ereignisse spezifischen Streckenabschnitten zuordnen

Skalierbarer Betrieb
Zusätzliche Container erweitern die Abdeckung

Ohne Umbau
Sensorik fährt im Transportcontainer

Ausschussrisiken reduzieren
Teure Wafer vor Schäden und Partikelverunreinigung schützen

Auf der Infineon-Teststrecke konnte die technische Machbarkeit der Defekterkennung bestätigt werden. Für den Pilotbetrieb wird SF2 die Sensor-Fingerprints um eine Streckenlokalisierung mit AprilTags, Magnetometer und 60-GHz-Radar ergänzen. Damit können Instandhaltungsteams wiederkehrende Signaturen prüfen, betroffene Rollenbereiche eingrenzen und die Fehlerbibliothek um neue Muster erweitern.

PRECISION MAINTENANCE

Von der Defekterkennung zur gezielten Wartung

FAZIT

Der erfolgreiche Einsatz beim Infineon Thin[gk]athon belegt die Leistungsfähigkeit der SF2-Technologie: Im von Infineon bereitgestellten Datensatz konnten defekte Rollen zuverlässig identifiziert werden. Der entscheidende Vorteil: SF2 verarbeitet Sensorrohdaten direkt und ohne Vorabwissen über die Systemarchitektur. Ein Normalbetriebsdatensatz der Anlage bildet die Grundlage. Referenzsequenzen bekannter Defekte ermöglichen die gezielte Wiedererkennung entsprechender Passagen. Als nächsten Schritt implementierte SF2 die Software auf einem Infineon-Board. Als mobiler Carrier in einem Testwagen, entfällt so der Bedarf an zusätzlicher Sensorik.

Weitere Informationen unter www.SF2systems.com

SF2 SYSTEMS

© 2026 SF2 Systems GmbH

info@SF2systems.com | www.SF2systems.com