

Zukunftstechnologie Multisensorische Mustererkennung

mit Beispielen aus der Drucktechnologie

Prof. Dr.-Ing. Volker Lohweg

**Institut Industrial IT
Arbeitsgebiet Industrielle Signalverarbeitung
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik
Fachhochschule Lippe und Höxter,
Liebigstr. 87, D-32657 Lemgo**

Inhalt

- **Einführung**
- **Ansätze und Konzepte**
- **Praktisches Beispiele**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

- **Was ist effektive Maschinenüberwachung (Condition Monitoring)?**
- **Wie lassen sich eingeführte Bildverarbeitungskonzepte erweitern?**
- **Kann man Maschinenüberwachung und klassische bildverarbeitungs-basierte Inspektionsaufgaben „verheiraten“?**

Einführung

Was ist effektive Maschinenüberwachung (Condition Monitoring)?



see



hear



taste



touch

© Johannes Schaeede, KBA-Giori S.A., Lausanne

Einführung

- **Multisensor-Fusion**

Definitionen

Datenfusion: Kombinierte Information zur Schätzung oder Vorhersage realer Verhältnisse in einer Umgebung.

Sensorfusion: Datenfusion von vielen Sensoren gleicher oder unterschiedlicher Art.



„... at least fifty,
maybe a hundered
horses ...“

- **Warum sind Multisensorsysteme notwendig?**

- Verschiedene Fertigungstechniken müssen erfasst werden,
- Maschinenfehler erzeugen Produktionsfehler,
- Nicht immer sind Kamerasysteme notwendig oder sinnvoll,
- Qualitätssicherung muss konzeptionell mit eingeschlossen werden.

- Hieraus folgt: Optische Bildverarbeitung muss konzeptionell erweitert werden.
- Verbesserung von
 - Inspektionsstabilität
 - Verbesserung von Falschklassifikationen
 - Benutzerakzeptanz

- **Stand der Technik heute: Monosensor-Systeme**
 - Schwierigkeiten mit Monosensor-Systemen
 - **Signalrauschen:**
 - Sensoren, Beleuchtung, Montage, Externe Quellen (Antriebe)
 - **Intraklassen Variationen:**
 - Sensoralterung, Wartung, etc.
 - **Interklassen Variationen:**
 - Unterschiedliche Produktionsverhältnisse über einen Produktionszyklus, etc.
 - **Keine Daten-Allgemeingültigkeit:**
 - Kein stabiles Systemverhalten durch Anlernen eines zeitlich begrenzten Zustands.

- **Herausforderungen in Multisensor-Systemen**
 - Robuste Sensoren
 - Sensor Performance
 - Kopplung von Bild- und anderen Daten
 - Erzeugung von synchronen (korrelierten) Zeitdatensätzen
 - Berechnung von fusionierten Datensätzen
 - Methoden - was ist der beste Ansatz?
 - Komplexität
 - Statistische Methoden (Bayes Ansatz)
 - Dempster-Schafer Methoden
 - Fuzzy Methoden, etc.
 - Mensch-Maschine-Interkommunikation
 - Integration von menschlichen Wissen
 - Interaktion mit dem System

- **Multisensor-Systeme**

Ein generisches System besteht aus vier Hauptkomponenten:

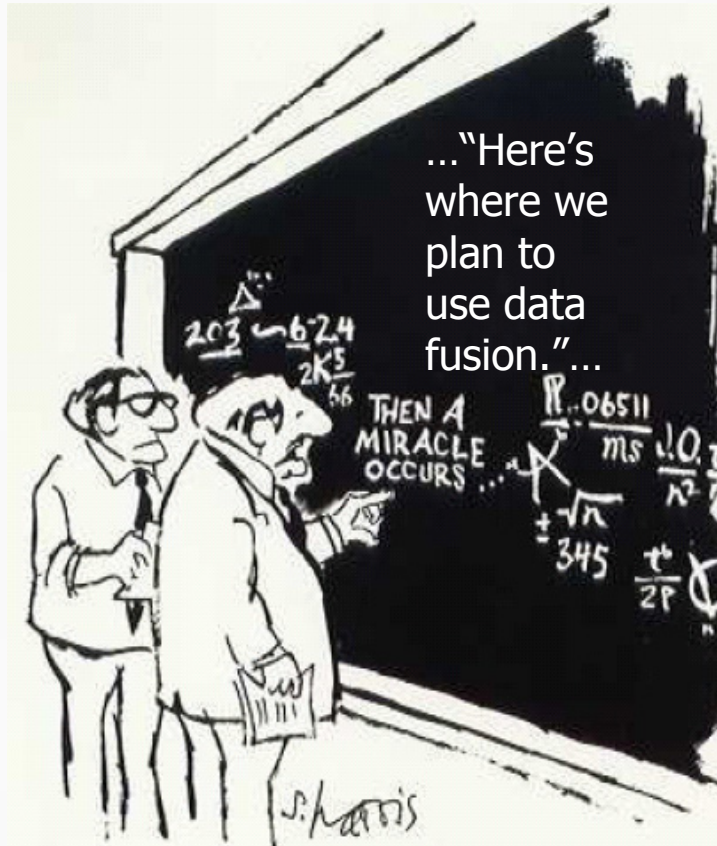
- Die **Sensor Einheit**, welche die Rohdaten von verschiedenen Messstellen bzw. Sensoren aufnimmt;
- Die **Merkmalsextraktions-Einheit**, welche aus den Datensätzen die entsprechenden Merkmale generiert;
- Die **Klassifikationseinheit**, die die aktuell einlaufenden Daten mit den Referenzdaten vergleicht;
- Die **Entscheidungseinheit**, welche die Klassifikationsergebnisse einer - im einfachsten Fall - Gut/Schlecht-Entscheidung zuführt.

- **Kombination aus verschiedenen Sensortypen und Inspektionsmethoden für eine verallgemeinerte Maschinenüberwachung**

- Optische Inspektion
 - Farbkamera-basierend
- Infrarot Inspektion
 - NIR-Sensorik
- Detektor-basierende Inspektion
 - Temperaturmessung
 - Druckmessung
 - Akustische Messung
 - Durchflussmessung
 - usw.

- **Fragestellung: „Können Multisensor-Systeme Ergebnisse gegenüber Monosensor-Systemen verbessern?“**
- **Die Frage kann eindeutig mit **Ja** beantwortet werden.**
 - vgl. entsprechende Publikationen
 - Ansatz: Poissonverteilung im Produktionsprozess

- **Kombinationsmethoden**

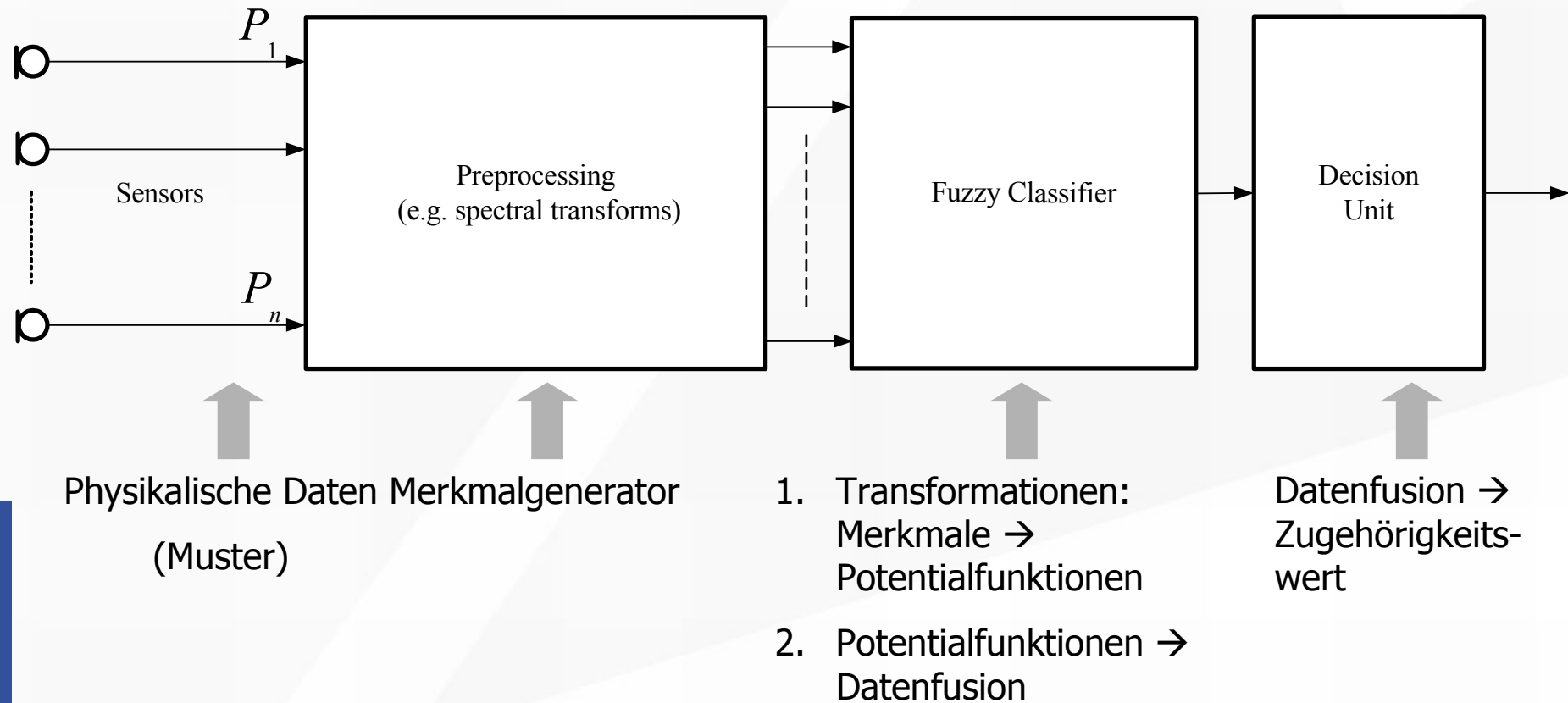


- **Fuzzy Methoden ...**

- Verwendung von Expertenwissen
- Integration des Wissens über
 - Linguistische Variable
 - Linguistische Modifikatoren
- Fuzzy-Classifer-Modell mit Potentialfunktionen für jede Sensoreinheit
- Datenkopplung über adaptives Klassifikatormodell

Ansätze und Konzepte

• Fusion und Klassifikation



- **Linguistischer Ansatz**

- Abhängigkeiten werden in linguistischer Form verwendet:

„If ... and ... then Else ... is ...“ - Regeln

- Allgemeine Form:

if < Prämisse > then < Konklusion >

- Linguistische Variable:

- Temperatur: {kalt, normal, warm}

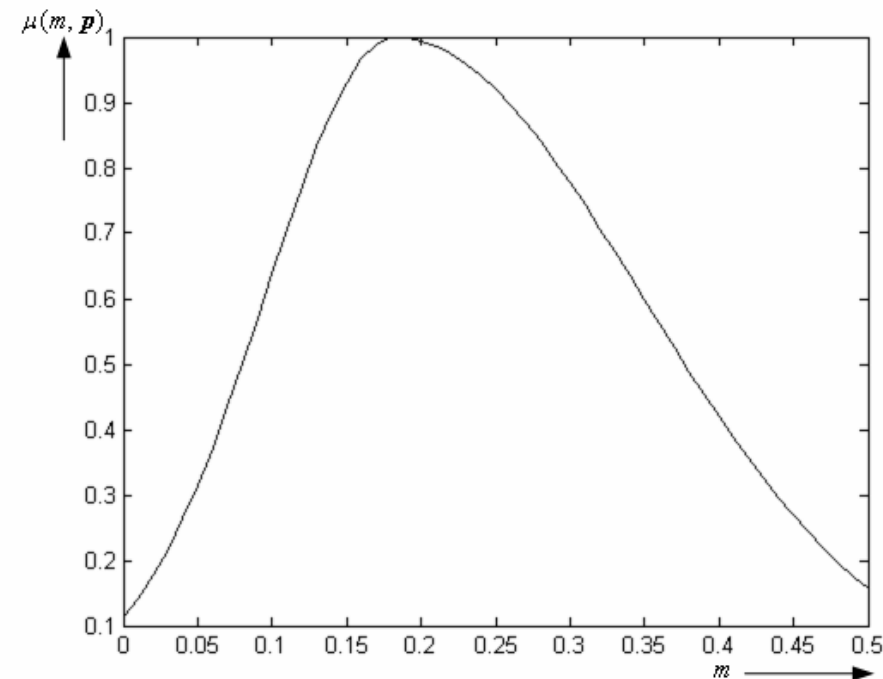
- Ölpreis : {günstig, normal, teuer}

- Ölverbrauch : {gering, mittel, hoch}

- Fuzzy Regel:

if *Temp.* is kalt and *Ölpreis* is günstig then *Ölverbrauch* is hoch

- **Potentialfunktionen μ**
 - Zugehörigkeitsfunktion
 - Basierend auf Messwerten
 - parametrisch
 - Einfach zu generieren
 - Ausgang
 - Zugehörigkeitswert (0 ...1).
 - Normalisierung für Fusion
 - Steuerbar über Expertenwissen



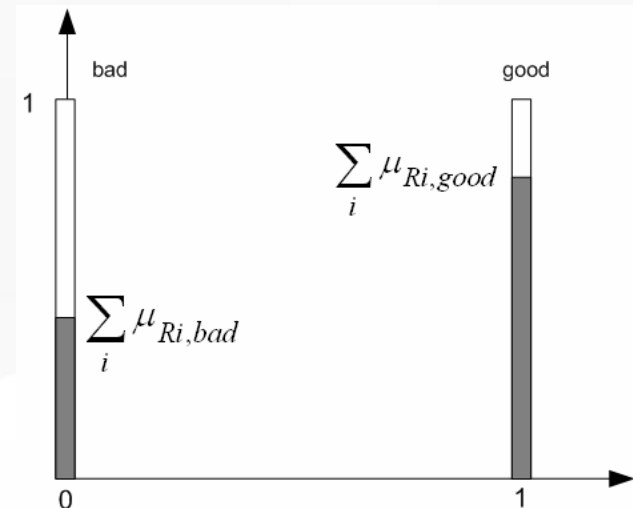
- **Tagaki-Sugeno-Kang System**

R: IF (m_1 is μ_1) AND (m_2 is μ_2) AND ... THEN $y_R = f(m_1, m_2, \dots)$

üblich: $y_R = \mu_R \cdot \delta_{R,allocation}$ (singleton)

- **Ausgang für alle Regeln:**

$$y = \frac{\sum_R \mu_R \cdot y_R}{\sum_R \mu_R}$$



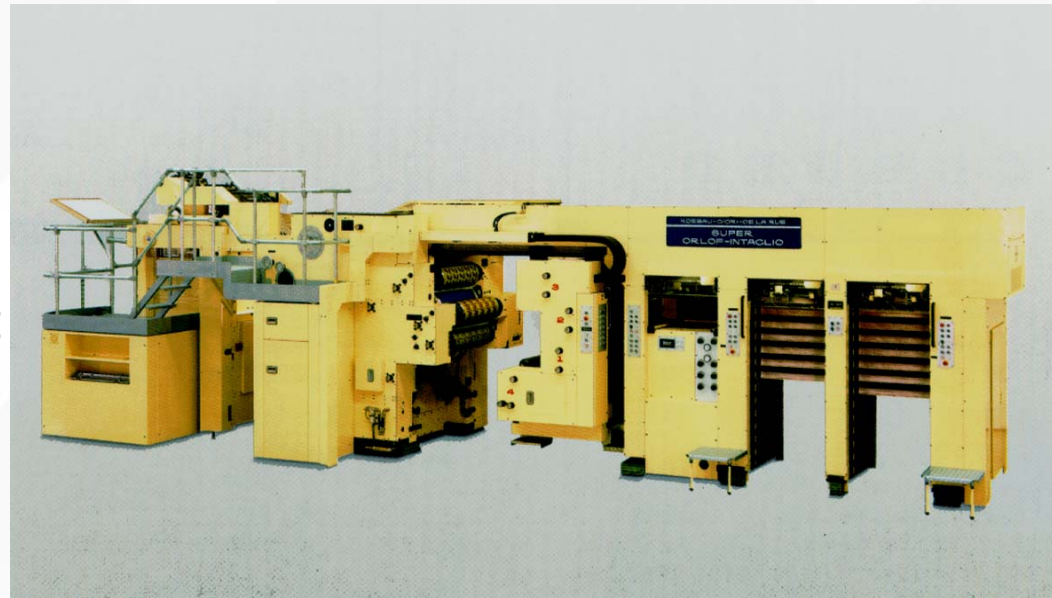
Praktisches Beispiel

- **Beispiel:**

- Maschinenüberwachung und Banknoteninspektion an Stahlstichmaschine

- **Einige Daten**

- Maschinengeschwindigkeit
10.000 Bogen/h
- Überwachte Signale:
14 Signalkanäle
@ 7kHz Abtastrate,
NotaSave III optische Bildverarbeitung
(1 Farbkamera 2048 x 1536 Pixel),
SPS-signale



© KBA-Giori S.A., Lausanne

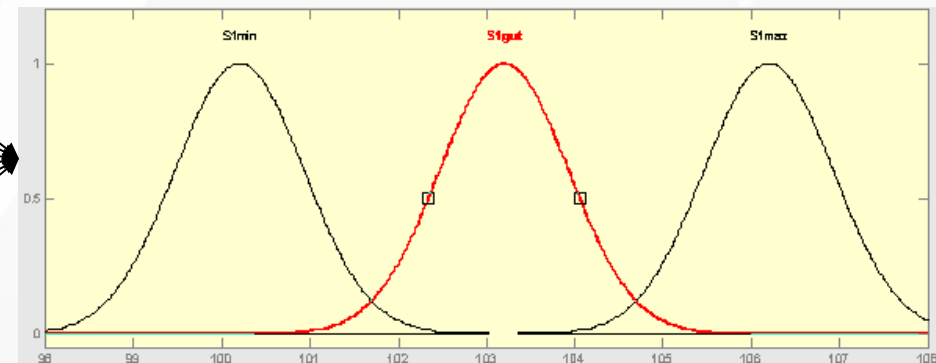
Praktisches Beispiel

Kopplung verschiedener Sensoren in einem Bildverarbeitungs- und Mustererkennungssystem

- ✓ Bilddaten
- ✓ Temperaturdaten
- ✓ Hydraulikdruck
- ✓ Lösungsmittelmenge
- ✓ Stromaufnahme
- ✓ Geräuschdaten

Interpretation als
multidimensionale
„Bilder“

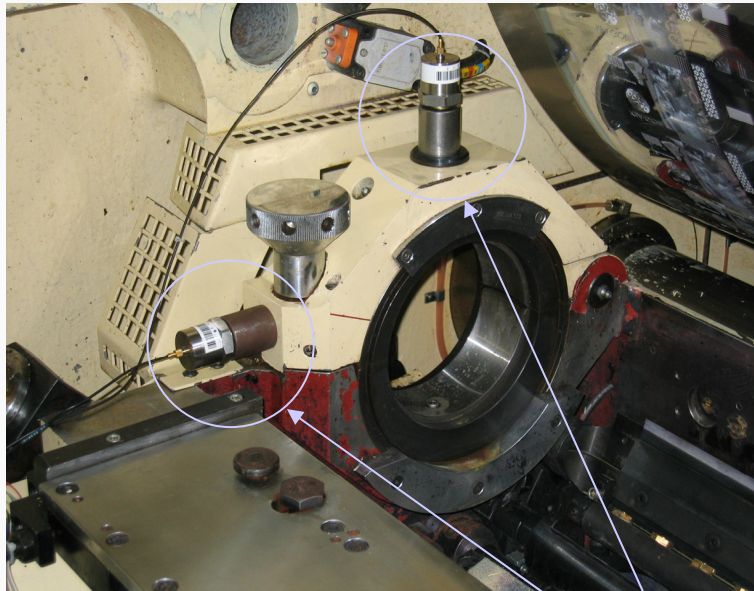
„Unscharfe Mathematik“



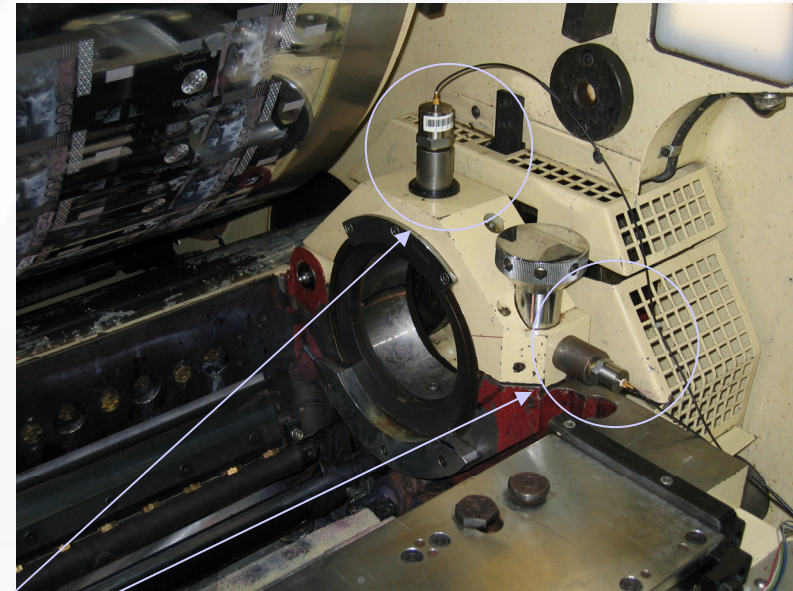
Genau und stabile
Erkennung von Druckfehlern
im Frühstadium

Praktisches Beispiel

- **Akustiksensoren (Beschleunigungsaufnehmer)**



Seite 1 (Motor)



Seite 2

Bruel & Kjaer acc. Sensors,
BW: 15kHz, LP @ 3kHz

© KBA-Giori S.A., Lausanne

- **Ein starkes Konzept: Cepstralanalyse**

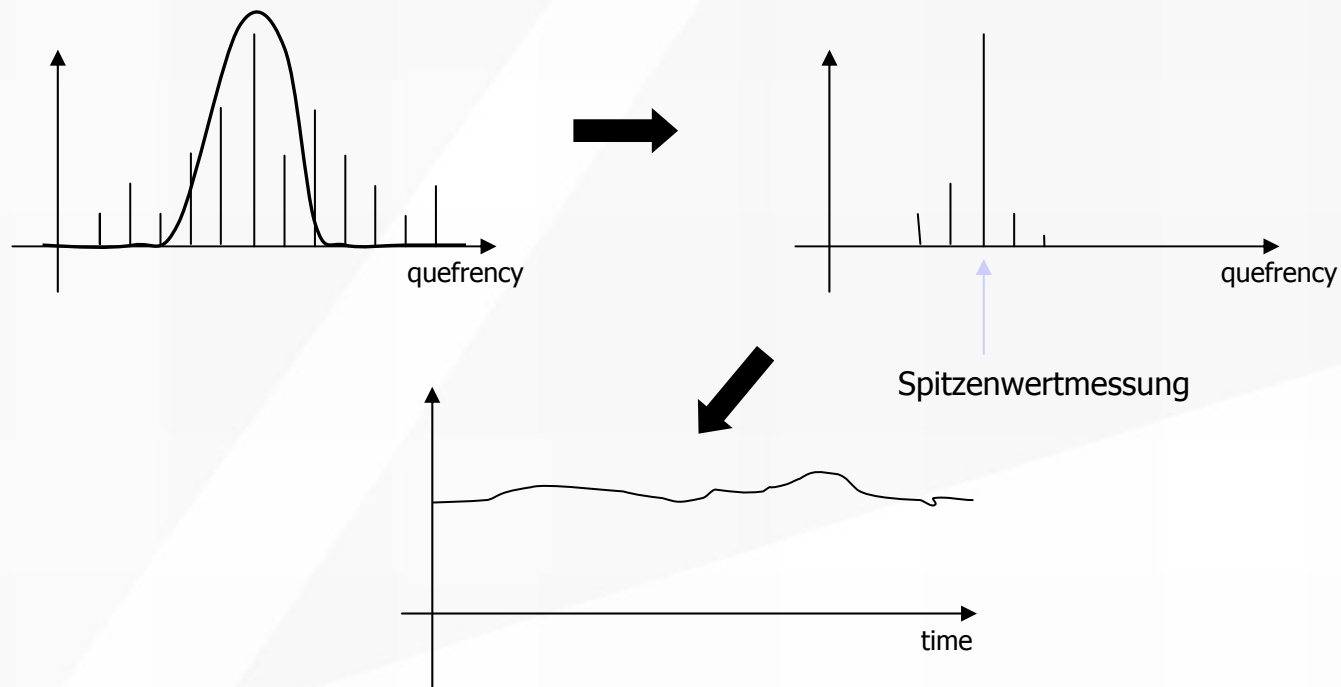
Warum?

- Leistungsfähiges Attribut:
 - Periodische Geräusche werden in einer spezifischen Ceptrallinie abgebildet.
- Unterscheidungsbeispiel (Geräusch)
 - **Fourier-Spektrum**: enthält überlappende Frequenzbänder, die schwierig zu analysieren sind.
 - **Cepstrum**: siehe oben.
- Cepstralanalyse lässt sich hervorragend zur Untersuchung von Getrieben und Kugellagern einsetzen.

Praktisches Beispiel

- **Cepstrum-Trendanalyse**

- Filterung
- Spitzenwertmessung



Praktisches Beispiel

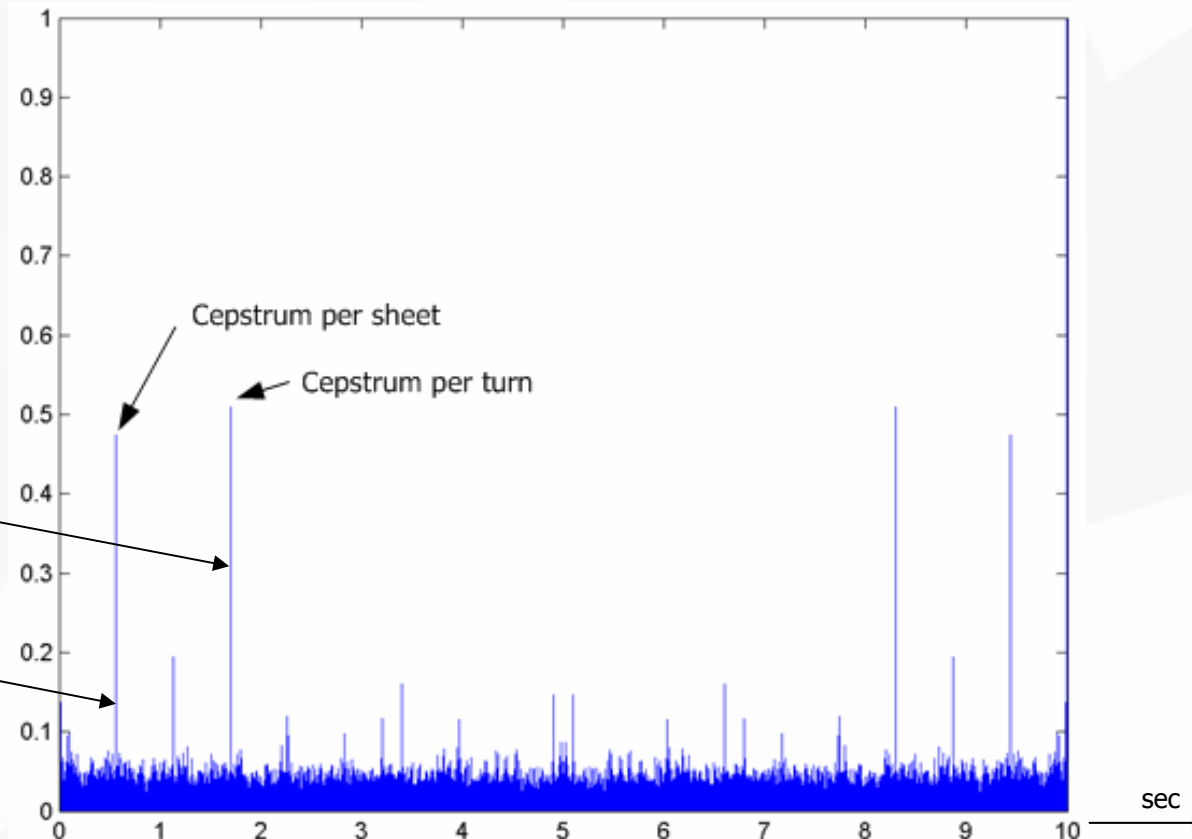
- **Cepstrum-Trendanalyse**

- per sheet
- per turn

@ 6316 sh/h

→ 1.71 s per turn

→ 0.57 s per sheet



Praktisches Beispiel

- **Klassifikation**

Wischfehler

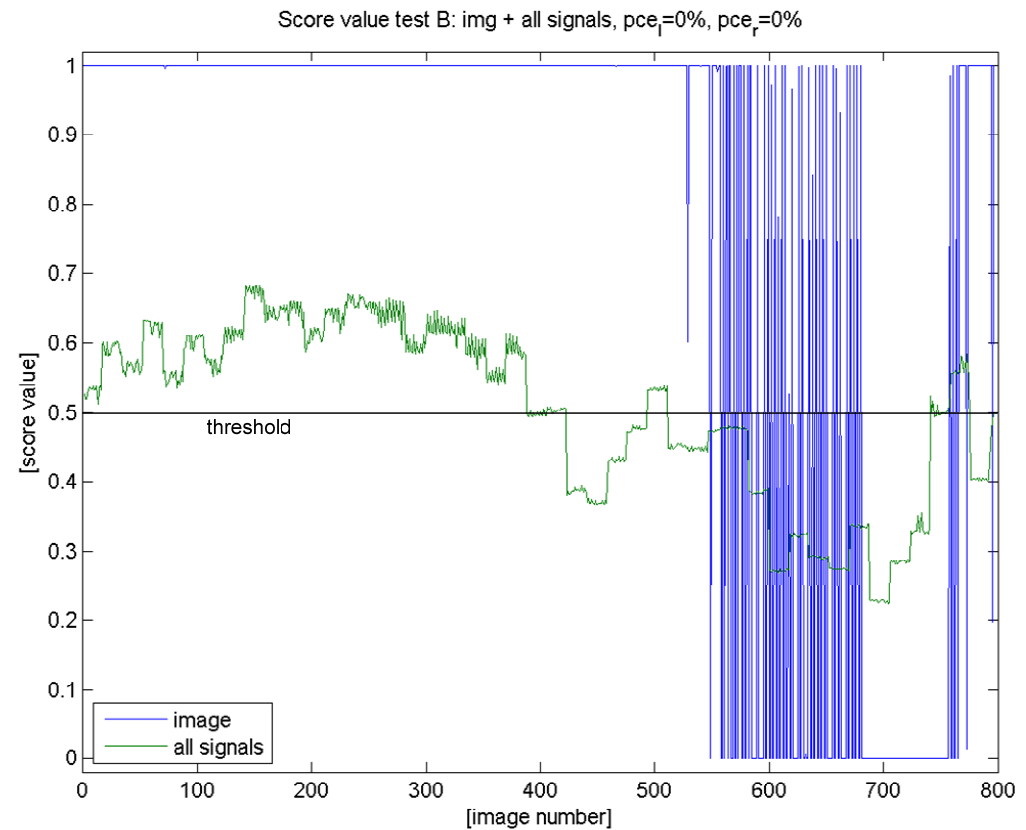


© KBA-Giori S.A., Lausanne

Praktisches Beispiel

- **Klassifikaton**

- Optische Inspektion
- Sensor Inspektion
- Informationsfusion



Zusammenfassung und Ausblick

- ✓ **Sensorkopplung mit Hilfe von unscharfen (fuzzy) Konzepten erweist sich als höchst effektiv zur Beschreibung komplexer Systeme.**
- ✓ **Der Informationsgehalt für die Mustererkennung steigt dramatisch an.**
- ✓ **Effektive Lösungen müssen Expertenwissen einschließen.**
- ✓ **Fuzzy-Pattern-Klassifikation ist ein sinnvoller Ansatz für Multisensorfusion.**