

# Klassifikation von Schweißnahtfehlern mittels Ultraschall

Peter HOLSTEIN<sup>1</sup>, Andreas THARANDT<sup>2</sup>, Stefan LANGROCK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH, Nauendorfer Str. 2, 06112 Halle,  
sonotec@sonotec.de

<sup>2</sup> Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, FB IMN, Gustav-Freytag-Str. 41 a,  
04277 Leipzig, atharandt@web.de

<sup>3</sup> Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Halle GmbH, Köthener Str. 33a, 06118 Halle,  
langrock@slv-halle.de

**Kurzfassung.** Die Prüfung von Schweißnahtfehlern unter praktischen Bedingungen gestaltet sich auch deshalb schwierig, weil es mehrere "Sorten" von Unregelmäßigkeiten nach DIN EN ISO 6520-1 gibt.

Deren Ausdehnung, Lage und Struktur können zu komplexen Fehlerbildern führen. Die Interpretation ist unter den üblichen Bedingungen der mobilen Prüfung teilweise schwierig und oft nicht eindeutig. Im Beitrag wird versucht, mittels Klassifikationsstechniken Ultraschallsignale (A-Bilder) so zu bewerten, dass eine gewisse robuste Ortsauflösung (Lokalisation) und Sortierung der Unregelmäßigkeiten in den Schweißnähten erfolgen kann. Ziel ist dabei, dem Prüfer Entscheidungshilfen (auch ohne wesentlichen Erfahrungshintergrund) für den praktischen Einsatz zur Verfügung zu stellen. Dabei werden möglichst viele ortsaufgelöste Scans automatisch aufgezeichnet und mit Hilfe von Klassifikationsalgorithmen interpretiert.

# Klassifikation von Schweißnahtfehlern mittels Ultraschall

Peter Holstein (SONOTEC), Andreas Tharandt (HTWK Leipzig), Stefan Langrock (SLV Halle)

Die Prüfung von Schweißnähten unter praktischen Bedingungen gestaltet sich schwierig, da es mehrere „Arten“ von Unregelmäßigkeiten nach DIN EN ISO 6520-1 gibt. Deren Ausdehnung, Lage und Struktur können zu komplexen Fehlerbildern führen. Die Interpretation ist unter den üblichen Bedingungen der mobilen Prüfung teilweise schwierig und oft nicht eindeutig (siehe z.B. Norm DIN EN 1713).

Mittels Klassifizierungstechniken werden Ultraschallsignale (A-Bilder) so bewertet, dass eine gewisse robuste Ortsauflösung (Lokalisation) und Klassifikation der Unregelmäßigkeiten in den Schweißnähten erfolgen kann. Ziel dabei ist es, dem Prüfer Entscheidungshilfen (auch ohne wesentlichen Erfahrungshintergrund) für den praktischen Einsatz zur Verfügung zu stellen. Dabei werden möglichst viele orts aufgelöste Scans automatisch aufgezeichnet und mit Hilfe von Klassifikationsalgorithmen interpretiert.

## Praxis

- Prüfer muss sich ständig auf A-Bild konzentrieren
- zur Bewertung ist ein großer Erfahrungshintergrund notwendig
- viele Scans müssen gedanklich verbunden werden (hoher subjektiver Anteil an der Bewertung)

## Problemstellung

- aus A-Bild ist Fehler nicht direkt beschreibbar
- viele A-Bilder liefern komplexere Sichtweise, jedoch keine zusammenhängende Information

## Ziel

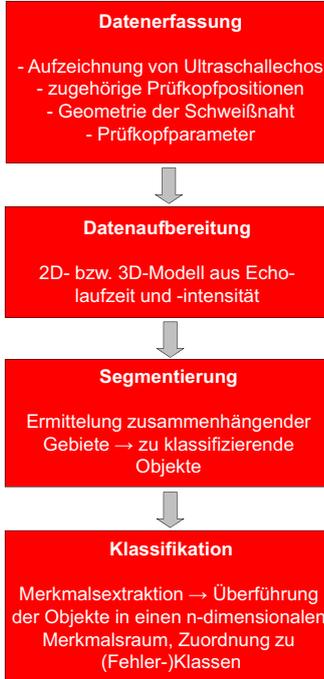
- Auffinden räumlich zusammenhängender Fehlerquellen
- Zuordnung unterschiedlicher Fehlerquellen zu verschiedenen Fehlerarten
- topologisch zusammenhängende Fehler:
  - flächenhafte Fehlstellen (z.B. Bindefehler)
  - räumliche Fehlstellen (z.B. Einschlüsse)

Flächenhafte Fehlstellen sind in der Praxis gefährlicher und außerdem schlechter detektierbar.

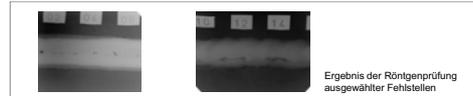
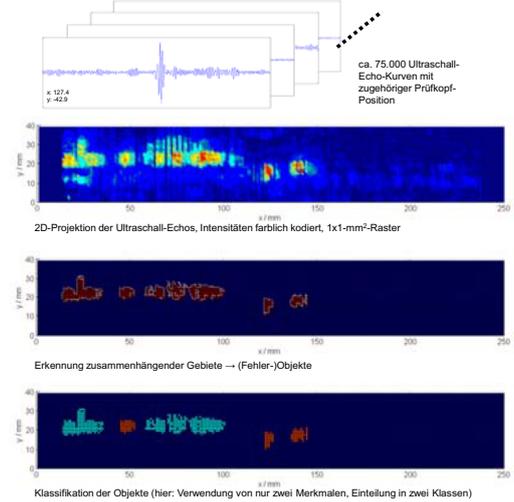
Bei einem ungünstigen Prüfwinkel können diese leicht übersehen werden.

Aus einer Vielzahl von A-Scans wird eine weitere Datenebene erzeugt, wobei immer sehr viele Daten in die Bewertung eingehen.

Mit der Klassifikation soll eine Entscheidungshilfe für den Prüfer zur Verfügung gestellt bzw. Grundlagen für eine Automatisierbarkeit gelegt werden.



Beispiel: I-Naht (250 mm) mit verschiedenartigen Fehlstellen



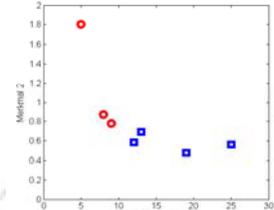
## Klassifikationsproblem

Modell: n-dimensionaler Merkmalsraum

- Ausdehnung in x-Richtung
- Verhältnis Breite zu Länge
- Maß für „Rundheit“ (Formfaktor  $R=U^2/4A$ )
- Oberfläche, Volumen, (mittlere) Intensität

Herausforderung in der Praxis:

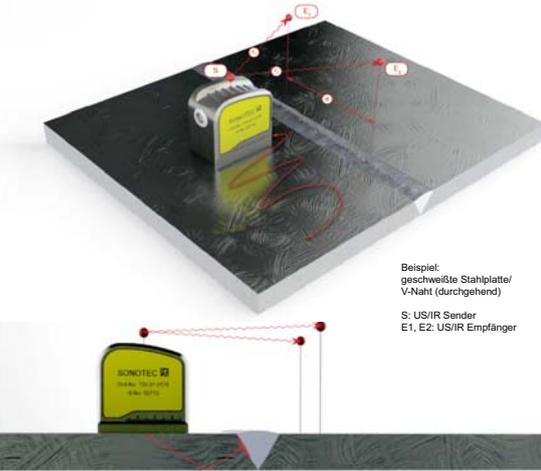
- große Merkmalsstreuung
- fehlendes Expertenwissen



## Zur Klassifikation:

Lernverfahren:

- das System lernt aus einer großen Datenmenge selbst ohne *a priori* Kenntnisse (Cluster-Analyse) - Klassen werden vom System definiert
- Prüfer „belehrt System“ - Klassen werden vorgegeben -> danach kann System „eigenmächtig“ entscheiden



## Datenerfassung

- automatisierte Ortskodierung der A-Scans
- Freihandbewegung des Prüfkopfs möglich
- freie Wahl der A-Bild-Dichte
- Kombination verschiedener Einschallwinkel möglich
- Akkumulation von Scans
- Akkumulation von Metadaten

## Messung und Klassifikation mit MATLAB

- alle Daten in MATLAB-Struktur verfügbar
- flexible Auswertung und Nachbearbeitung
- beliebige algorithmische Verknüpfung von Daten

## Schlussfolgerung

Die Klassifikation soll den Prüfer bei der Fehlerzuordnung unterstützen oder für spezielle Fälle sogar eine automatisierbare Unterscheidbarkeit ermöglichen. Die Klassifikation kann flexibel verschiedenen Ultraschall-Fehlerbildern angepasst werden.