

# Verwendung von DICONDE bei der Eisenbahn-Schienenprüfung

Ralf CASPERSON<sup>1</sup>, Alexander FRIEDRICH<sup>1</sup>, Thomas HECKEL<sup>1</sup>, Tianyun ZHANG<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, Deutschland,  
ralf.casperson@bam.de

**Kurzfassung.** Bei der zerstörungsfreien Prüfung verlegter Eisenbahnschienen werden die Rohdaten derzeit in proprietären Datenformaten gespeichert und auf Datenträgern zwischen den Prüfzügen und den auswertenden Stellen versendet. Die proprietären Datenformate sind in der Regel nur den Herstellern der Prüfsysteme bekannt und deren Dokumentation nicht allgemein zugänglich.

Die „Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation“ (DICONDE), basierend auf dem medizinischen Standard „Digital Imaging and Communication in Medicine“ (DICOM), ermöglicht es, sowohl Prüfdaten als auch Prüfergebnisse und Streckeninformationen in einem standardisierten Format zu speichern und zwischen verschiedenen Endpunkten zu übertragen.

Das Poster gibt zunächst einen kurzen Überblick über die hierarchische Struktur von DICONDE und zeigt dann, wie DICONDE bei der Prüfung verlegter Eisenbahnschienen verwendet werden kann. Die geometrischen Besonderheiten (mehrere Kilometer Länge pro Prüffahrt, kurviger Streckenverlauf) stellen dabei eine besondere Herausforderung dar. Im Rahmen des mFUND-geförderten Projektes „Artificial Intelligence for Railway Inspection (AIFRI)“, Förderkennzeichen 19FS2014C, wurde ein Vorschlag für eine Erweiterung des DICONDE-Standards für die Schienenprüfung erarbeitet und bei der ASTM eingereicht.

**Keywords:** DICONDE, Eisenbahnschienen, EU Data Act

## Einführung

Bei der zerstörungsfreien Prüfung verlegter Eisenbahnschienen werden die Rohdaten derzeit in proprietären Datenformaten gespeichert und auf Datenträgern zwischen den Prüfzügen und den auswertenden Stellen versendet. Die proprietären Datenformate sind in der Regel nur den Herstellern der Prüfsysteme bekannt und deren Dokumentation nicht allgemein zugänglich. Sowohl für den Datenaustausch innerhalb des Projektes „Artificial Intelligence for Rail Inspection“ (AIFRI) [1] als auch für die Veröffentlichung anonymisierter Datensätze im Rahmen des Projektes wurde daher nach einem standardisierten Datenformat gesucht.

Die „Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation“ (DICONDE), basierend auf dem medizinischen Standard „Digital Imaging and Communication in Medicine“ (DICOM), ermöglicht es, sowohl Prüfdaten als auch



Prüfergebnisse und Streckeninformationen in einem standardisierten Format zu speichern und zwischen verschiedenen Endpunkten zu übertragen.

Nach dem EU Data Act [2] müssen Daten FAIR sein, d. h. auffindbar (findable), zugänglich (accessible), interoperabel und wiederverwendbar (reusable). Ab Mitte 2025 sind innerhalb der EU nur noch Datenformate zulässig, die dem FAIR-Prinzip entsprechen. Proprietäre Datenformate sind dann nicht mehr erlaubt! DICONDE erfüllt schon heute die Anforderungen des EU Data Acts.

## 1. Grundlagen

DICONDE basiert auf dem medizinischen Standard DICOM [3], der von der Medical Imaging & Technology Alliance (MITA), einer Abteilung der US-amerikanischen National Electrical Manufacturers Association (NEMA) herausgegeben wird. Dieser medizinische Standard wurde und wird von der ASTM International, ehemals American Society for Testing and Materials, an die zerstörungsfreie Prüfung angepasst, indem einige Datenfelder eine neue Bedeutung erhalten, aber auch neue Datenfelder definiert werden. So wird z. B. aus dem Patienten die geprüfte Komponente, der Arzt wird zum Inspektor und die ethnische Zugehörigkeit zum Material.

DICONDE besteht aus dem Basisstandard ASTM E2339 [4] und Erweiterungen für verschiedene Prüfverfahren. Bei der Schienenprüfung kommen die beiden Substandards ASTM E2663 für die Ultraschallprüfung [5] und ASTM E2934 für die Wirbelstromprüfung [6] zum Einsatz. Im Gegensatz zum kostenlos verfügbaren Basisstandard DICOM sind die entsprechenden Dokumente zu DICONDE nur käuflich zu erwerben (u. a. über den Beuth-Verlag).

Die Daten sind in vier Hierarchieebenen organisiert: Prüfobjekt, Studie, Serie und Daten (Abb. 1). Bei der Schienenprüfung entspricht das Prüfobjekt dem geprüften Gleis und die Studie einer Prüffahrt. Eine Studie besteht in der Regel aus vier Serien: der Wirbelstromprüfung der linken Schiene, der Wirbelstromprüfung der rechten Schiene, der Ultraschallprüfung der linken Schiene und der Ultraschallprüfung der rechten Schiene. Jede Serie enthält wiederum mehrere Datensätze. Bei der Wirbelstromprüfung sind dies der X- und Y-Kanal, bei der Ultraschallprüfung Blenden- und Amplitudendaten. Außerdem lassen sich in einer Serie auch Prüfberichte und die Ergebnisse einer manuellen oder automatischen Auswertung speichern.

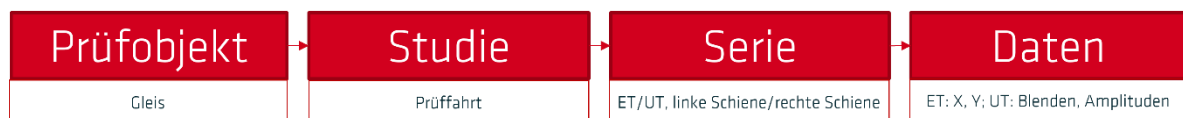


Abb. 1: Hierarchieebenen

Zum Thema DICONDE ist bei der DGZfP ein kostenloses Informationsblatt [7] erhältlich.

## 2. Speicherung von Metadaten

DICOM besitzt ein umfangreiches Verzeichnis an Metadaten, das nach Themen in sog. Modulen geordnet ist. Auch die Datenfelder, die nur in DICONDE verwendet werden, sind bereits im Basisstandard DICOM definiert. Für Metadaten, die nicht in den genannten ASTM-Standards aufgeführt sind, kann auf alle Elemente des medizinischen Standard DICOM zurückgegriffen werden. So verwenden wir bei der Schienenprüfung z. B. die Felder

„Patient Orientation“ für die linke oder rechte Schiene im Gleis und die linke oder rechte Seite des Prüfzuges sowie „Rotation Direction“ für die Fahrtrichtung des Prüfzuges.

Gibt es in dem umfangreichen Verzeichnis für bestimmte Metadaten kein passendes Datenfeld, z. B. für die Kalibrierdaten der Wirbelstromsonden, können zusätzlich private Datenfelder definieren werden. Auf diese Weise lassen sich alle relevanten Metadaten einer Schienenprüfung in DICONDE speichern.

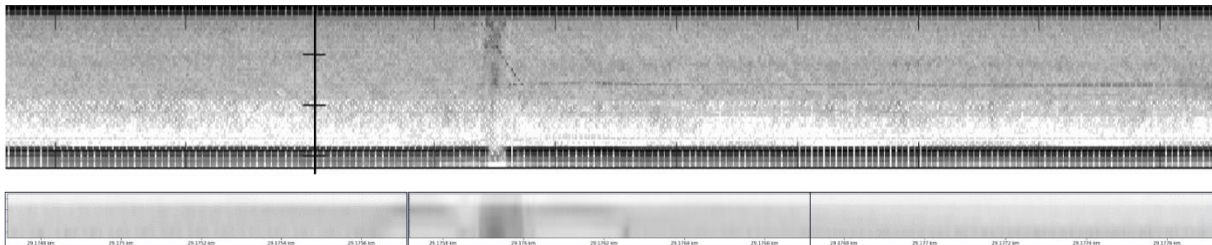
### 3. Speicherung großer Datenfelder

Bei der Schienenprüfung werden die Wirbelstromdaten als C-Bild, die Ultraschalldaten als B-Bild (SAFT-Rekonstruktion) gespeichert.

Die Größe einzelner Bilder ist in DICOM und somit auch in DICONDE auf maximal  $65\,535 \times 65\,535$  Pixel ( $65\,535 = 2^{16} - 1$ ) begrenzt. Eine Studie bzw. Prüffahrt ist jedoch rund 20 km lang. Bei einer lateralen Auflösung von 1 mm bei der Wirbelstromprüfung bzw. 3 mm bei der Ultraschallprüfung ergeben sich Datenfelder mit einer Länge von rund 20 000 000 bzw. 6 700 000 Pixeln.

DICOM bietet neben der Speicherung einzelner Bilder auch die Möglichkeit, bis zu  $2^{64}$  Bilder in einem Datensatz als sog. Frames zu speichern. Solche Multi-Frame-Images werden u. a. für stereografische Bilder, Videosequenzen oder hochauflösende Mikroskopie verwendet.

Analog zur hochauflösenden Mikroskopie werden die Daten bei der Schienenprüfung auf mehrere Frames aufgeteilt, die dann beim Laden zu einem Gesamtbild zusammengesetzt werden (Abb. 2). Während sich bei der Mikroskopie die einzelnen Frames überlappen oder auch Lücken auftreten können, gibt bei der Schienenprüfung der Wert „Dimension Organization Type = TILED\_FULL“ an, dass die Daten lückenlos und überlappungsfrei aneinander gereiht werden.



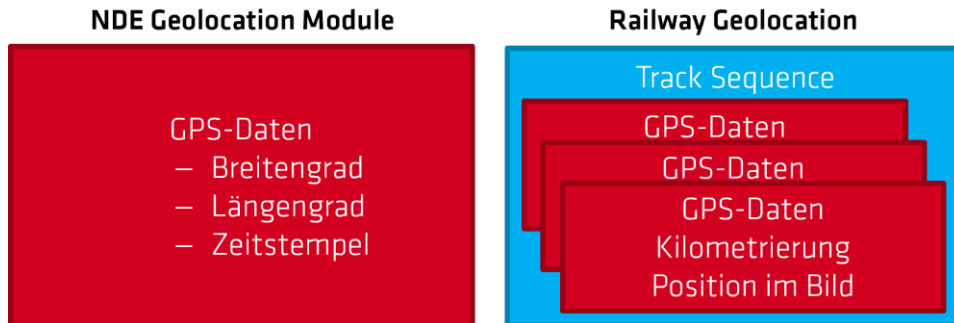
**Abb. 2:** Multi-Frame-Image am Beispiel einer aluminothermischen Schweißnaht: oben Ultraschall, unten Wirbelstrom

### 4. Geolocation

Die Zuordnung der Prüfdaten zu der Kilometrierung der Gleise erfolgt über eine lineare Transformation, die als NDE Geometry Module in der ASTM E2339 definiert wird. Diese lineare Transformation reicht jedoch nicht aus, um Streckenverläufe, Wegmarken, Zeitstempel oder Kilometersprünge darzustellen.

DICOM definiert ein „Visual Light Photographic Geolocation Module“, mit dem sich der Standort und die Ausrichtung eines Fotoapparates während der Bildaufnahme speichern lässt. Dieses Modul wird von DICONDE als „NDE Geolocation Module“ unverändert übernommen. Da sich der Prüfzug während der Datenaufnahme kontinuierlich weiterbewegt, genügt es jedoch nicht, einen festen Standort abzuspeichern. Die Lösung bietet der medizinische Standard DICOM: In der Neurologie gibt es Verfahren namens Traktografie zur Visualisierung von Nervenfasern. Dabei wird der Verlauf einer einzelnen Nervenfaser in

einer sog. „Track Sequence“ in Form kartesischer Koordinaten gespeichert. Kombiniert man die Track Sequence aus der medizinischen Traktografie mit dem NDE Geolocation Module, fügt zu den GPS-Koordinaten die Kilometrierung, Wegmarken und die Position innerhalb der Prüfdaten hinzu, lassen sich die geprüften Streckenverläufe in DICONDE speichern (Abb. 3).



**Abb. 3:** Speicherung von Geo-Koordinaten in DICONDE: links NDE Geolocation Module, rechts Verwendung einer Track Sequence zur Speicherung von Streckenverläufen

## 5. Prüfergebnisse

DICOM verwendet zur Speicherung medizinischer Diagnosen sehr umfangreiche sog. Structured Reports. DICONDE definiert für Prüfergebnisse ein eigenes NDE Indication Module, das wesentlich einfacher aufgebaut ist, aber den Erfordernissen der ZfP voll genügt und sich auch sehr gut für das Labeling von Trainingsdaten für eine KI eignet.

DICONDE definiert nur vier Anzeigentypen: Lunker (VOID), Riss (CRACK), Porosität (POR) und Einschluss (INCL). Diese Liste wurde für die Schienenprüfung um schienentypische Anzeigentypen ergänzt. Die wichtigsten Anzeigentypen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

**Tabelle 1:** Die wichtigsten Anzeigentypen bei der Schienenprüfung

Anzeigentyp	Wert in DICONDE
BelGroSpi	BELGROSPI
Bohrung	DRILLING
Eindrückung	INDENT
Head-Check	HEADCHECK
Herzstück	FROG
Korrosion	CORROSION
Riffel	CORRUGATION
Schienenstoß	JOINT
Schleifriefe	GRINDMARK
Schleuderstelle	WHEELBURN
Schweißnaht	WELD
Schweißnaht-Bindefehler	FUSION
Sondendefekt	TROUBLE
Squat	SQUAT
ungeprüfter Bereich	UNCHECKED
Weichenzunge	TURNOUT

Daneben gibt es weitere, detailliertere Anzeigentypen wie z. B. Isolierstoß (ISO\_JOINT), aluminithermische Schweißnaht (AT\_WELD) oder Abbrennstumpfschweißung (FB\_WELD).

## 5. Ausblick

Die hier vorgestellten und im Rahmen des Forschungsprojektes AIFRI verwendeten Methoden zur Speicherung von Prüf- und Simulationsdaten bei der Eisenbahnschienenprüfung wurden 2023 als Vorschlag für eine Erweiterung von des DICONDE-Standards bei der ASTM eingereicht. Eine Rückmeldung steht noch aus.

## Referenzen

- [1] Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF), „AIFRI“, [Online]. [https://www.dzsf.bund.de/SharedDocs/Standardartikel/DZSF/Projekte/Projekt\\_103\\_AIFRI.html](https://www.dzsf.bund.de/SharedDocs/Standardartikel/DZSF/Projekte/Projekt_103_AIFRI.html). [Zugriff im März 2024].
- [2] Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, Verordnung (EU) 2023/2854, „Datenverordnung“, 13 Dezember 2023. [Online]. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=OJ:L\\_202302854](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202302854). [Zugriff im März 2024].
- [3] Medical Imaging & Technology Association (MITA), „Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM)“, National Electrical Manufacturers Association (NEMA), PS3, 2024. [Online]. <https://www.dicomstandard.org/current>, [Zugriff im März 2024].
- [4] ASTM International, „Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation (DICONDE)“, West Conshohocken, Pennsylvania, USA, ASTM E2339, 2021.
- [5] ASTM International, „Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation (DICONDE) for Ultrasonic Test Methods“, West Conshohocken, Pennsylvania, USA. ASTM E2663, 2018.
- [6] ASTM International, „Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation (DICONDE) for Eddy Current (EC) Test Methods“, West Conshohocken, Pennsylvania, USA, ASTM E2934, 2022.
- [7] Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e. V. (DGZfP), „DICONDE in der ZfP“, ISBN 978-3-947971-30-5, Juni 2023. [Online]. [https://www.researchgate.net/publication/371576133\\_Merkblatt\\_ZfP\\_40\\_-\\_01\\_DICONDE\\_in\\_der\\_ZfP](https://www.researchgate.net/publication/371576133_Merkblatt_ZfP_40_-_01_DICONDE_in_der_ZfP), [Zugriff im März 2024].