



## **Nutzung von bildgebenden Verfahren zur Verbesserung der zFP-Prüfaussage**

Frank Wolfsgruber, Gunter Guse,  
Gordon Hünies, Friedrich Mohr  
intelligeNDT Systems & Services GmbH,  
AREVA NDE-Solutions Germany



- **Einführung**

- **Hintergrund**

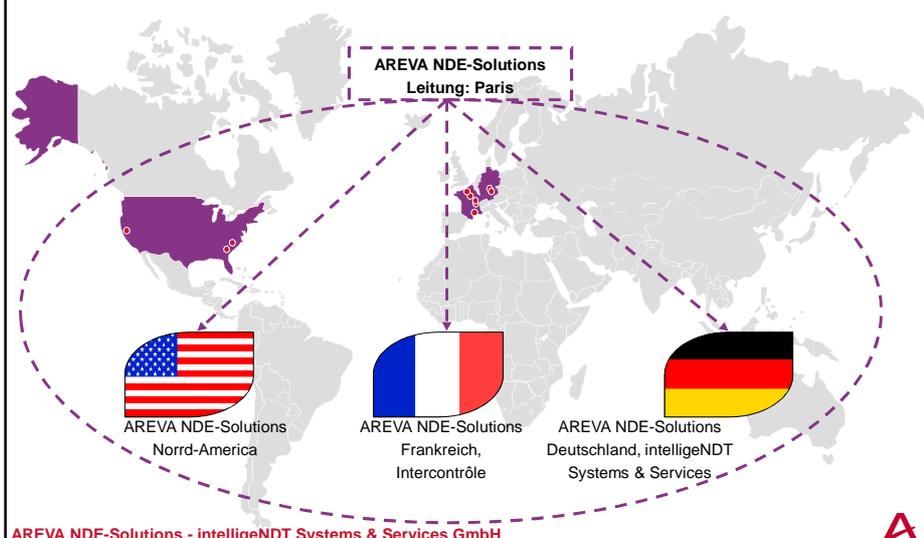
- **Prozessverbesserung**

- **Umsetzungsbeispiele**

- Prüfung des Reaktordruckbehälters
- ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich
- ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich

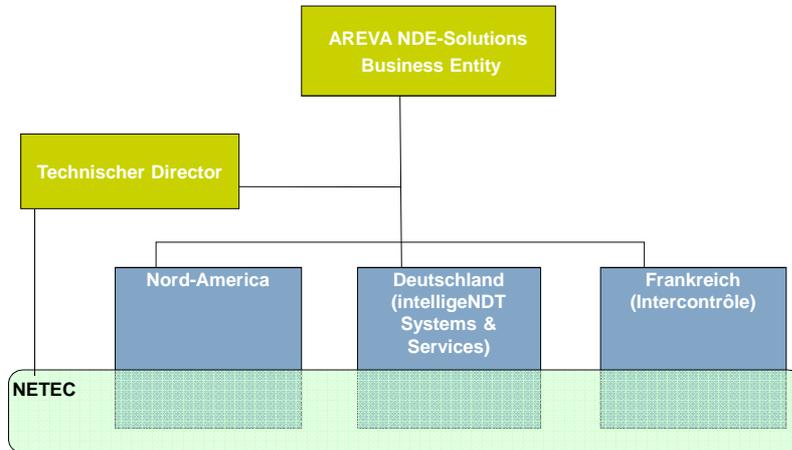
## AREVA NDE-Solutions

Eine weltweite Organisation mit mehr als 700 ZfP Mitarbeitern



## AREVA NDE-Solutions

Eine weltweite Organisation mit mehr als 700 zfP Mitarbeitern



AREVA NDE-Solutions - intelligenteNDT Systems & Services GmbH



## AREVA NDE-Solutions Market segmentation

### ► Prüftechniken

- ◆ Für eine große Anzahl von Anwendungen
- ◆ Entwicklungskapazitäten
- ◆ Hochqualifiziertes zfP Entwicklungszentrum - NETEC

### ► Produkt & System Lösungen für den industriellen Markt

- ◆ Eisenbahn: Instandhaltung und Produkte für Rad und Achsenprüfung
- ◆ Luftfahrtbereich: Prüfung von Composite Komponenten
- ◆ Schmieden & Stahl: Prüfung von Schweißnähten, Rohrleitungen, große Schmiedeteile

### ► Nuklear Services

- ◆ Automatisierte Prüfung von Dampferzeugern Heizrohren (WS, US, VT)
- ◆ Automatisierte Prüfung von Behältern, Stutzen, Einbauten und Rohrleitungen (US, RT, WS, VT)

AREVA NDE-Solutions - intelligenteNDT Systems & Services GmbH



## Inhalt der Präsentation:

- Einführung
- **Hintergrund**
- Prozessverbesserung
- Umsetzungsbeispiele
  - Prüfung des Reaktordruckbehälters
  - ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich
  - ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich

## Hintergrund

Die Grundlagen von zerstörungsfreien Prüfungen sind in den landesspezifischen Regelwerken definiert.

Unterschiedlich sind Anzahl von Prüfungen, Einschallrichtungen  
Bewertungsrichtlinien.

Jedoch sind die technischen Grundlagen die für die Bewertung maßgeblich sind, für die meisten Anwendungen gleich.

z.B. die Ultraschallprüfung

Bei der Datenaufnahme werden Koordinaten getriggert Amplitude und Laufzeit erfasst. Ausgewertet werden dann auch diese beiden Größen: Amplitude und Laufzeit.

Bei der online Datenauswertung versuchte man, in der Vergangenheit, durch Datenreduktion die Verarbeitungsgeschwindigkeit zu erhöhen und damit in vertretbarer Prüfzeit ein qualitativ gutes Prüfergebnis zu erreichen.

Die Entwicklung auf dem Computersektor in den letzten Jahren ermöglicht heute andere Möglichkeiten der Datenauswertung und damit schnellere Bewertung und auch präzisere Prüfaussagen.

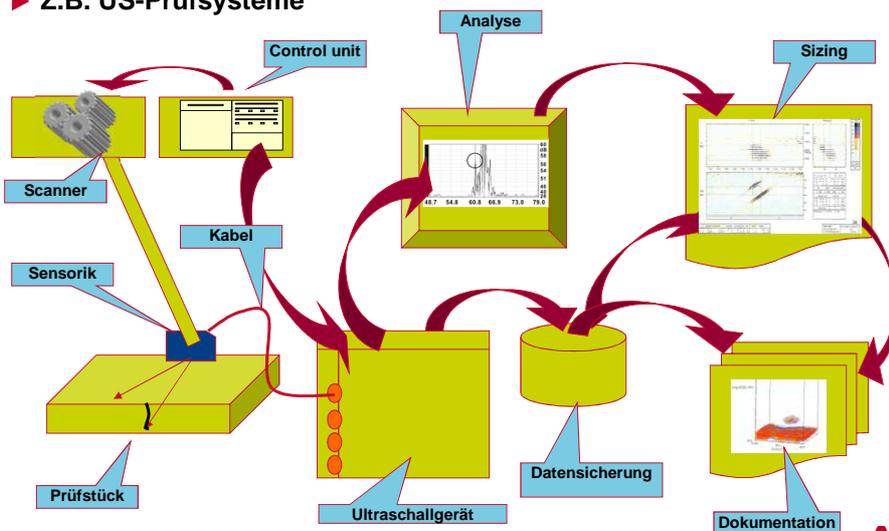
**→ Durch den Einsatz der Datentechnik sind heute schneller bessere Ergebnisse zu erzielen**

## Inhalt der Präsentation:

- Einführung
- Hintergrund
- **Prozessverbesserung**
- Umsetzungsbeispiele
  - Prüfung des Reaktordruckbehälters
  - ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich
  - ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich

## Bestandteile einer automatisierten zfP-Prüfung

### ► Z.B. US-Prüfsysteme



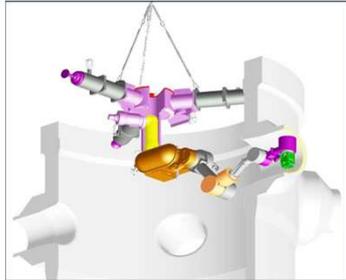
## Prozessoptimierung

- Durch die schnellere Datenaufnahme und die schnellere Datenverarbeitung gibt es bei einer zfP Prüfaufgabe mehrfach die Ansatzpunkte zur Prozessverbesserung durch den Einsatz von Computerprogrammen bzw von Bildverarbeitung
- Die Prüfaufgabe wird als Gesamtsystem betrachtet.
- Das Modeling ist durchgängig von der Entwicklung der Prüflösung bis hin zur Übergabe des Prüfprotokolles
- Folgende Unterstützungsprogramme tragen zur Verbesserung der Prüfaussage bei :
  - Modelling bei der Prüfbereichsabdeckung
  - Modelling bei der Schallfeldauslegung
  - Modelling bei der Bewerten der Anzeige.
  - Für die Anzeigen Charakterisierung spezielle Berechnungsansätze
    - SAFT
    - Tomographie
    - Averaging
    - Filter Algorithmen
    - Imaging

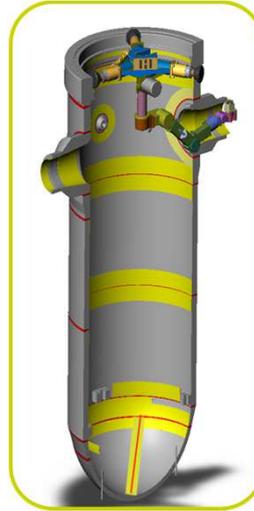
## Inhalt der Präsentation:

- **Einführung**
- **Hintergrund**
- **Prozessverbesserung**
- **Umsetzungsbeispiele**
  - Prüfung des Reaktordruckbehälters
  - ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich
  - ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich

## Prüfung des Reaktordruckbehälters



Die Prüfung des RDBs ist auf den kritischen Pfad in der Revision in einem Kernkraftwerk. Die Prüfung wird deshalb getrieben durch die Optimierung der Durchführungszeit, bei 100% Prüfbereichsabdeckung und höchster Qualität der Prüfaussage.



AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH

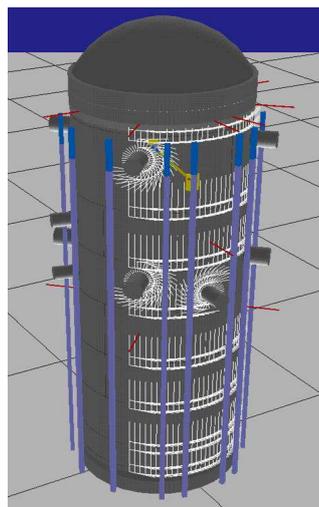
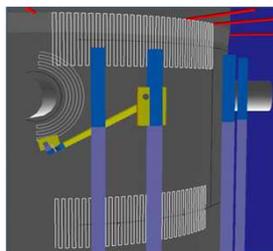
Advanced NDE techniques – F.Mohr. - October 2013

- p.13



## Prüfung des Reaktordruckbehälters

Die Softwareunterstützung beginnt heute bei dem 3-D design von neuen Manipulatoren. Hier werden Zugänglichkeit, mögliche Kollisionen, Prüfbereichsabdeckung, Handhabbarkeit und auch die Zeiten für Auf- und Abbau sowie der Durchführung simuliert.

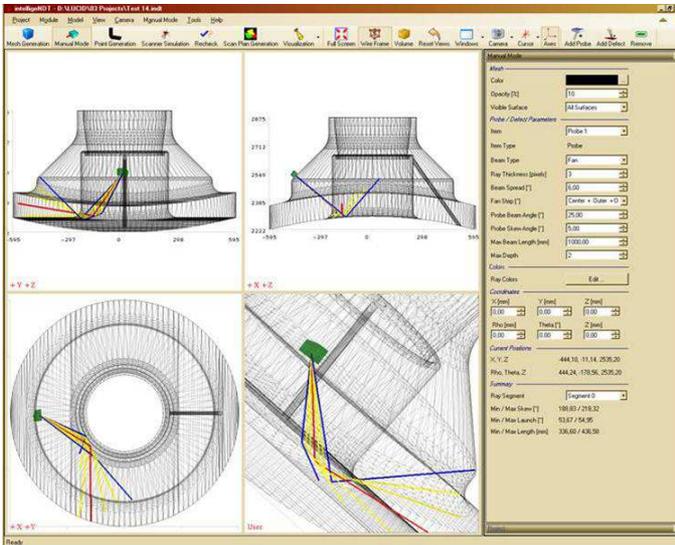


AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## Prüfung des Reaktordruckbehälters -- Stützenprüfung

### Fehlererkennbarkeit:



**Zentralstrahl –  
Simulation über “n”  
Sprünge möglich**

**Input-Parameter:**

- Einschallwinkel
- Schwenkwinkel
- max. Schallweg

**Output –Parameter:**

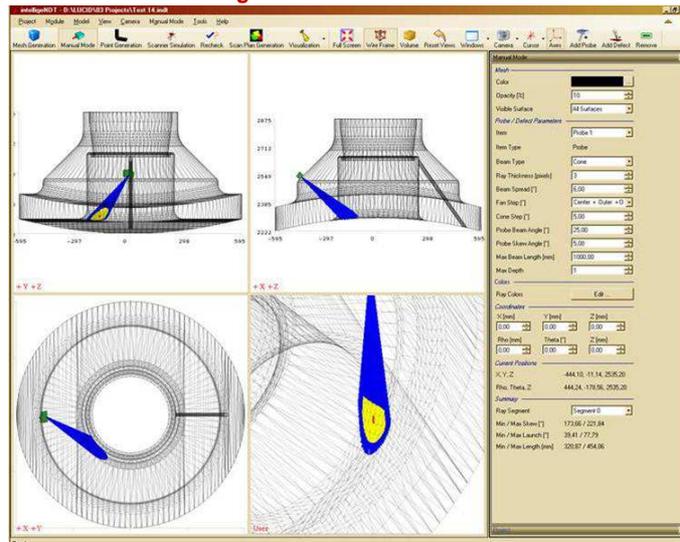
- Nach 1tem Sprung:**
- Auftreffwinkel innen
  - Schallbündel innen
  - Schallweg

AREVA NDE-Solutions - intelligenDT Systems & Services GmbH



## Prüfung des Reaktordruckbehälters -- Stützenprüfung

### Schallfeldberechnung:



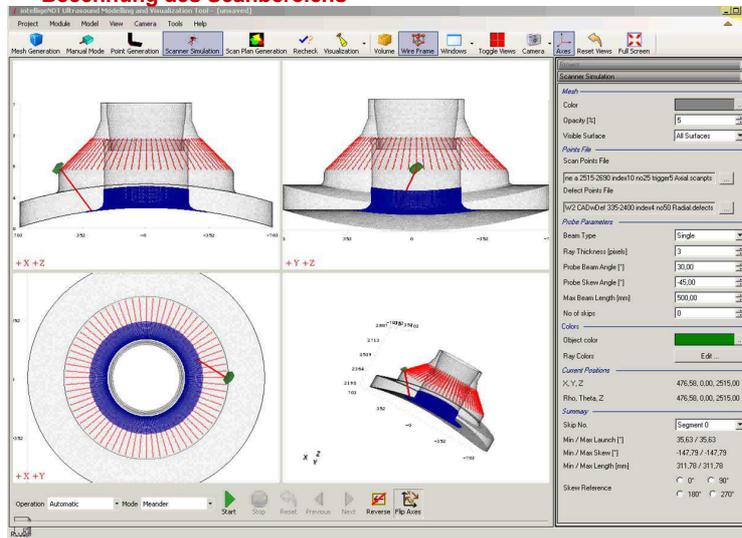
**Die Berechnung  
des Schallfeldes  
in der 3-D  
Geometrie gibt  
Hinweise auf die  
zu erwartende  
Anzeigensignalgü-  
te**

AREVA NDE-Solutions - intelligenDT Systems & Services GmbH



## Prüfung des Reaktordruckbehälters -- Stutzenprüfung

### Berechnung des Scanbereichs



Durch Rückwärtsrechnung lässt sich der Scanbereich an der Oberfläche bei vorgegebenen Auftreffbedingungen an der Fehlerposition berechnen.

AREVA NDE-Solutions - intelligenteNDT Systems & Services GmbH



## Prüfung des Reaktordruckbehälters -- Stutzenprüfung

### Umsetzung der Simulationsergebnisse:

Die Simulationsergebnisse sind die Vorgaben für das Manipulationskonzept. Komplexe Geometrien erfordern neuartige Prüfroboter

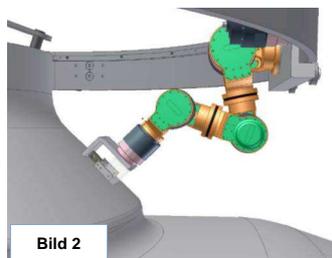


Bild 1

Realisierung in einem kombinierten Schweißnaht und Stutzenmanipulator für SWR-RDBs



Bild 2 & 3

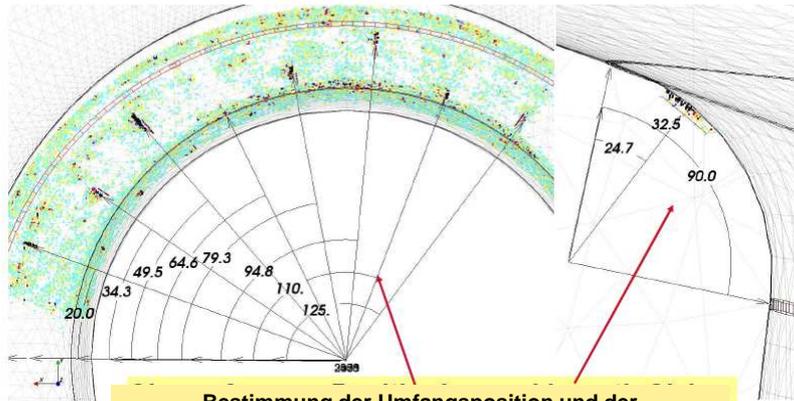
Design und Realisierung für eine Stutzenprüfung, inklusive der Stutzeninnenkante

AREVA NDE-Solutions - intelligenteNDT Systems & Services GmbH



## Prüfung des Reaktordruckbehälters -- Stutzenprüfung

Ergebnisdarstellung von Anzeigen an der  
Stutzeninnenkante im 3-D-Raum



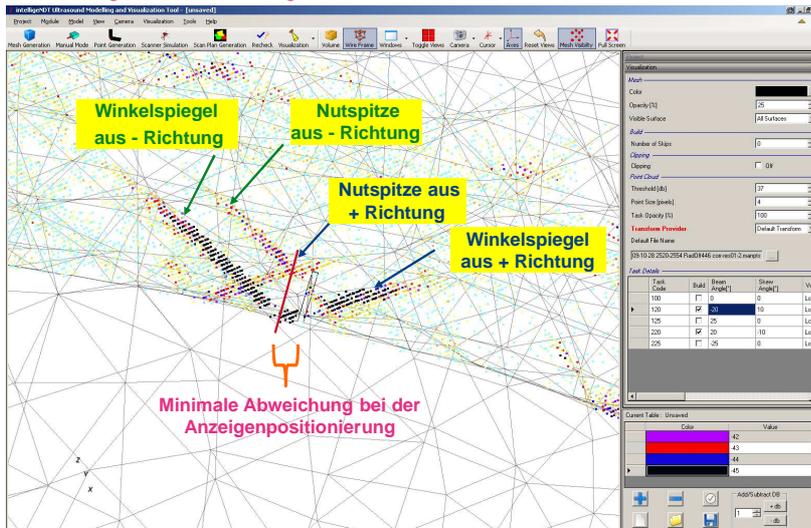
Bestimmung der Umfangsposition und der  
Längenausdehnung durch Nutzung der 3-D Darstellung

AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## Prüfung des Reaktordruckbehälters -- Stutzenprüfung

Bestimmung der Tiefenausdehnung im 3-D-Modell



AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH

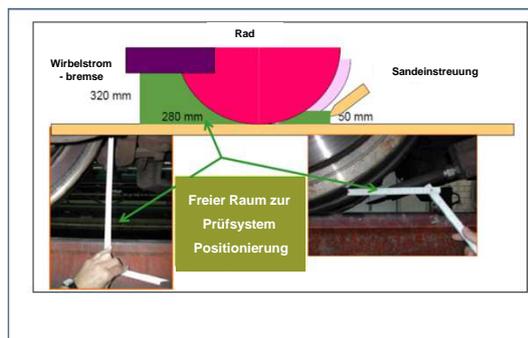


## Inhalt der Präsentation:

- Einführung
- Hintergrund
- Prozessverbesserung
- Umsetzungsbeispiele
  - Prüfung des Reaktordruckbehälters
  - ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich
  - ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich

## ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich

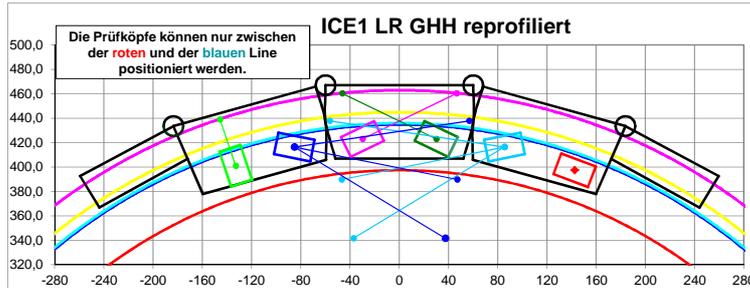
ZfP-Systeme für die Eisenbahnradprüfung am Zug in der Instandhaltung müssen ebenfalls die geometrischen, zeitlichen und prüftechnischen Randbedingungen erfüllen. Ein minimales sehr kompaktes Prüfsystem das zu einer hohen Datendichte führt ist hier erforderlich.



## ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich

Basierend auf den geometrischen Radbedingungen wird die Prüfbereichsabdeckung und der Positionierbereich der Prüfköpfe definiert.

Beim Einsatz von horizontal schwenkenden Phased Array Prüfköpfen wird der Schwenkwinkel mit eingerechnet.



AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich

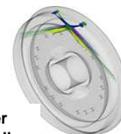
Beispiel für den Einsatz eines 3-D-Modelling Programms bei der Prüftechnikdefinition am Eisenbahnrad

3-D Ansicht der Schallverlaufberechnung bei der V-Durchschallung



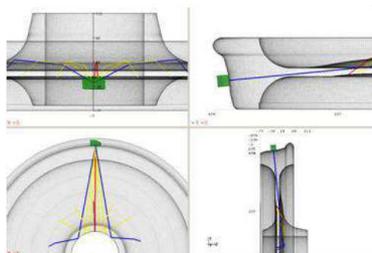
Kleinsten Einschallwinkel

Die Schallfeld-Charakteristik ist farblich dargestellt



größter Einschallwinkel

mittlerer Einschallwinkel

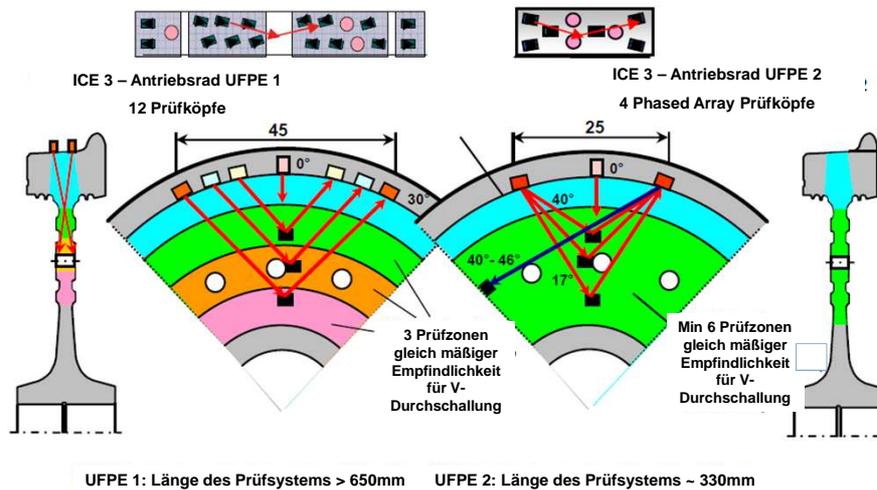


Beam Modeling for rail discs in 3-D Visualization

AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



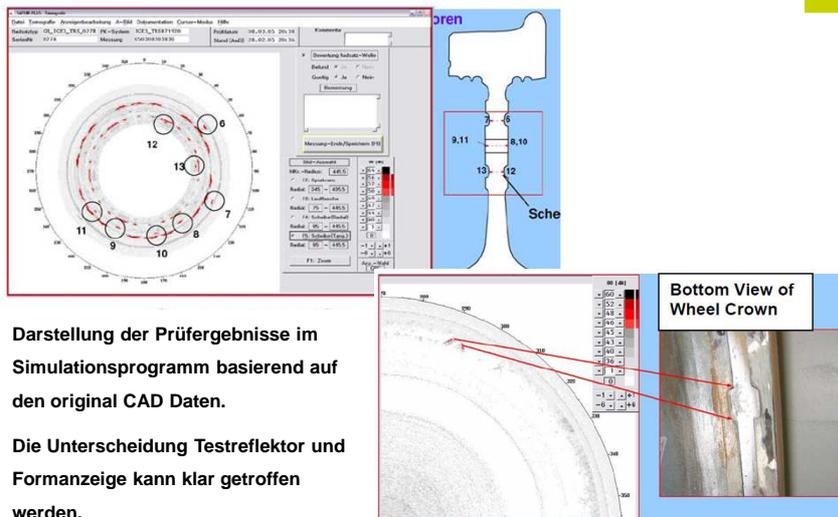
## ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich



AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



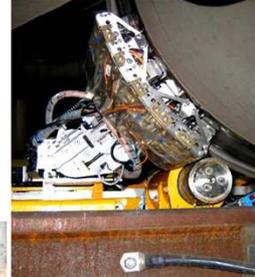
## ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich



AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich



Umsetzung der Ergebnisse der Simulation in der Prüftechnik und der Mechanik vor Ort, im Entstandhaltungswerk.

AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich

### ► Hohlwellenprüfung

- ◆ Schnelle Innenprüfung
- ◆ Fehlersuche
- ◆ Fehlercharakterisierung
- ◆ Fehlerausdehnungsbestimmung

### ► Umsetzung durch

- ◆ Hohe Datendichte bei der Aufnahme
- ◆ Alle Einschallrichtungen durch ein System abgedeckt
- ◆ Alle Informationen in einem Prüfzyklus erhalten
- ◆ Verbesserung der Prüfaussage durch SAFT-Auswertung.



Prototyp der iLA Sonde mit allen Sensoren

(Patent ist angemeldet)

### ➤ Weiter Vorteile:

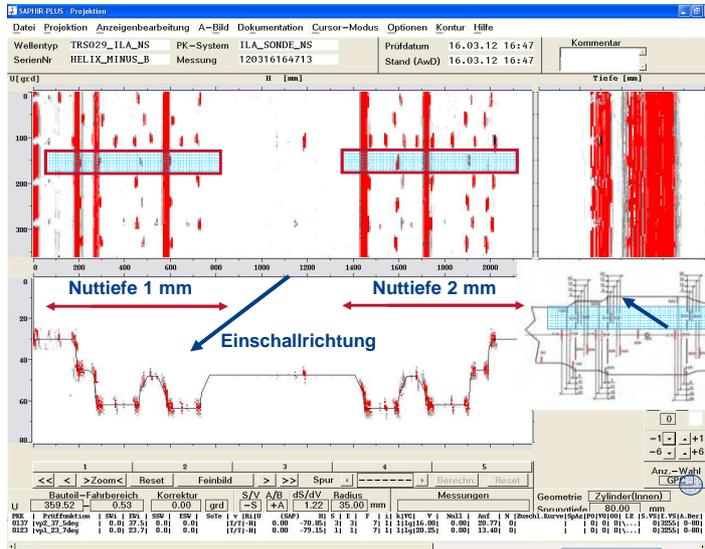
- ❖ Kompakte Bauart → bessere Abdeckung der Randbereiche
- ❖ Weniger Ultraschallkanäle → Kostenreduktion

AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich

### Ergebnisdarstellung



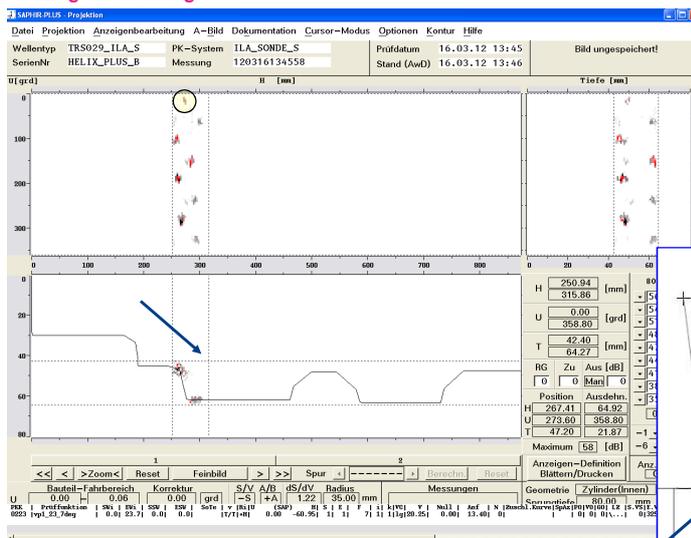
Verbesserte Detektion durch Überlagerung von mehreren Einschallwinkeln und Einblendung der Bauteilgeometrie

AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich

### Anzeigenbewertung



Online Bewertung durch Zoomfunktionen im 2-D Raum

Einer der schwierigsten Fehler (34B)

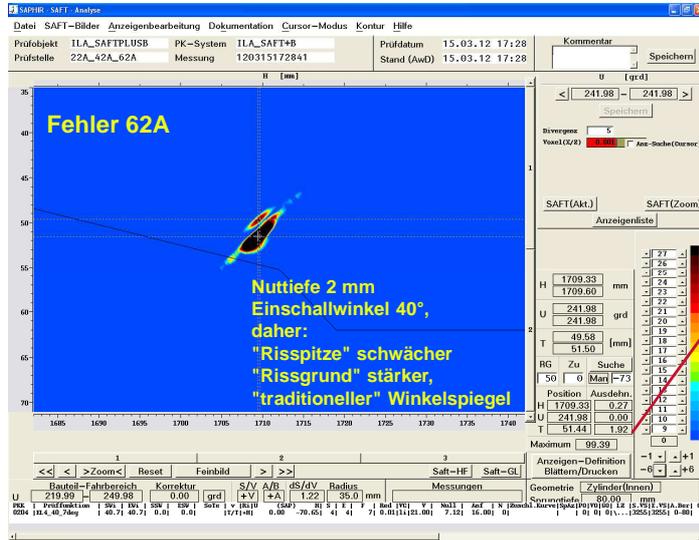
Nuttiefe 1 mm,  
5 mm vor steilster Kante,  
7 dB SNR

AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich

### Tiefenbewertung der Anzeige mittels SAFT



Selbst bei noch nicht optimierter Fokussierung deutliche Trennung der Nutspitze und gute Tiefenbewertung

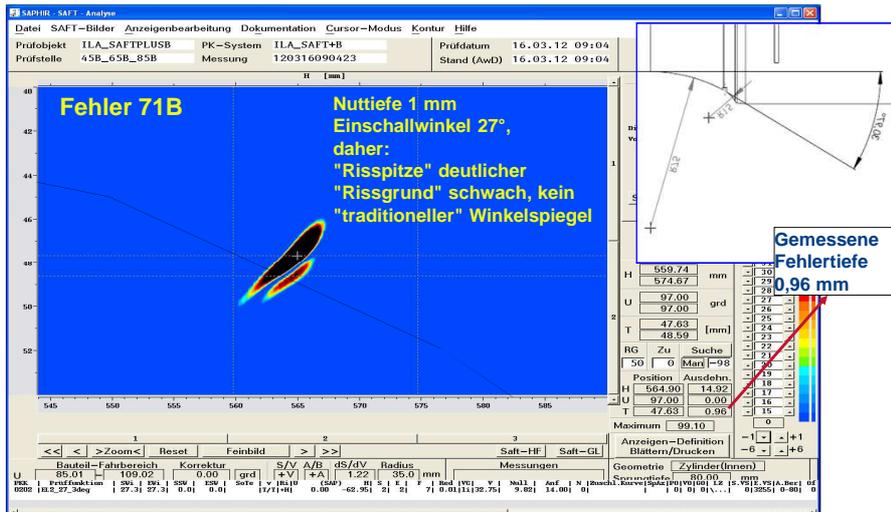
Gemessene Fehlertiefe 1,92 mm

AREVA NDE-Solutions - intelligente Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich

### Tiefenbewertung der Anzeige mittels SAFT



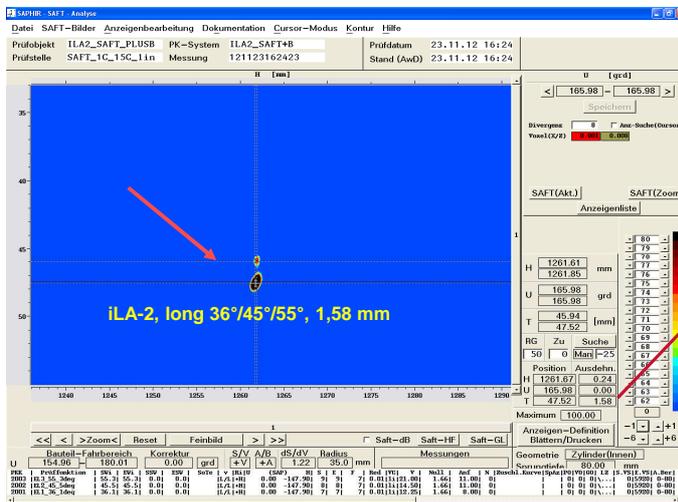
Gemessene Fehlertiefe 0,96 mm

AREVA NDE-Solutions - intelligente Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich

### Tiefenbewertung der Anzeige mittels SAFT



AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



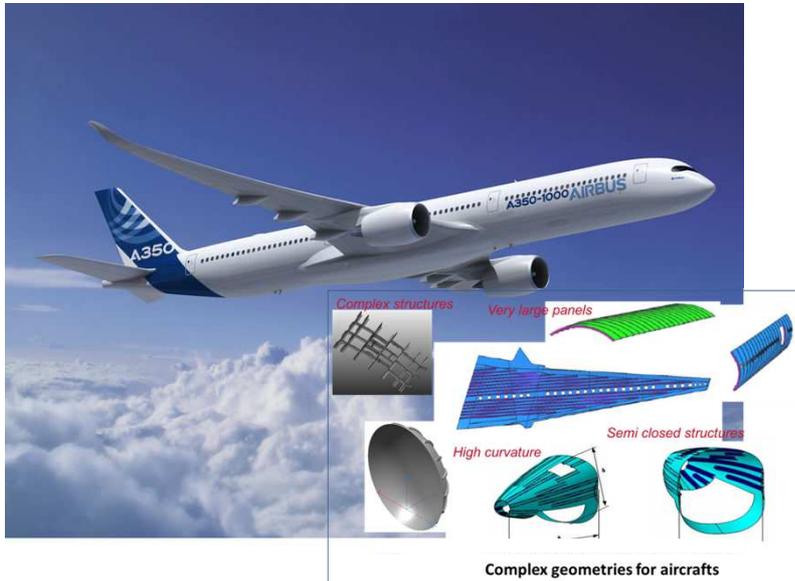
## Inhalt der Präsentation:

- Einführung
- Hintergrund
- Prozessverbesserung
- Umsetzungsbeispiele
  - Prüfung des Reaktordruckbehälters
  - ZfP Systeme für Anwendungen im Eisenbahnbereich
  - ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich

AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich



AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich

Auch im Luftfahrtbereich gibt es vergleichbare Anforderungen an die zFP:

Schnelle Prüfung innerhalb des Herstellungsprozesses,

Schnelle Auswertung trotz großer Datenmengen, aufgrund der Bauteilgrößen und der Anzahl der Prüffunktionen

Sehr hohe Anforderungen an die Prüfempfindlichkeit und Charakterisierung der Anzeigen

Beispiel: Stringerprüfung

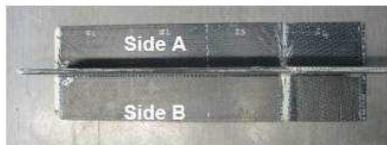


Figure 1: T sample 434020



Figure 2: T sample 434020 - skin

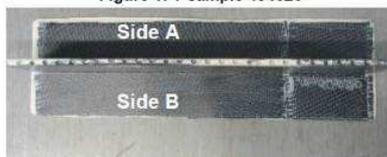


Figure 3: T sample 434022



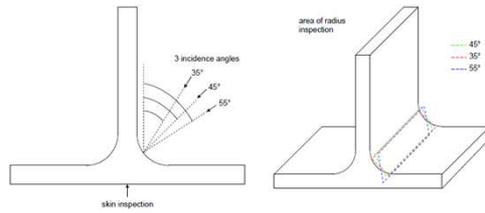
Figure 4: T sample 434022 - skin

AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich

Incidence angle and inspection areas:

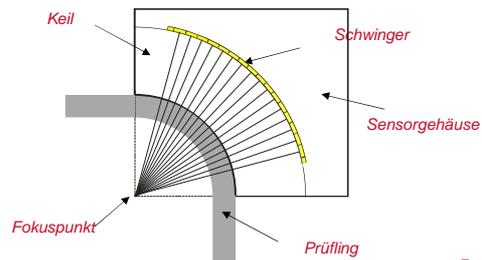


Stringer kommen als Verstärkung der CFK-Struktur in x-beliebigen Varianten vor.

Um die angedachte Funktion erfüllen zu können, müssen die Übergangsbereiche (Radien) nahezu fehlerfrei sein

Es kann in einem Bauteil Varianten der Innen- und Außenradien geben.

Die limitierte Prüfzeit erlaubt nur einen Scann für diesen Prüfbereich

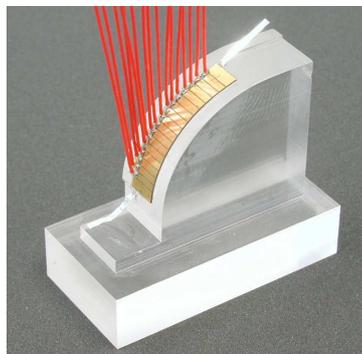


AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich

Durch Simulationen des Schallfeldes und der Scanbereiche wurde ein geeigneter Prüfkopf spezifiziert und in die Mechanik integriert, und an die Geometrie angepasst.



AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH

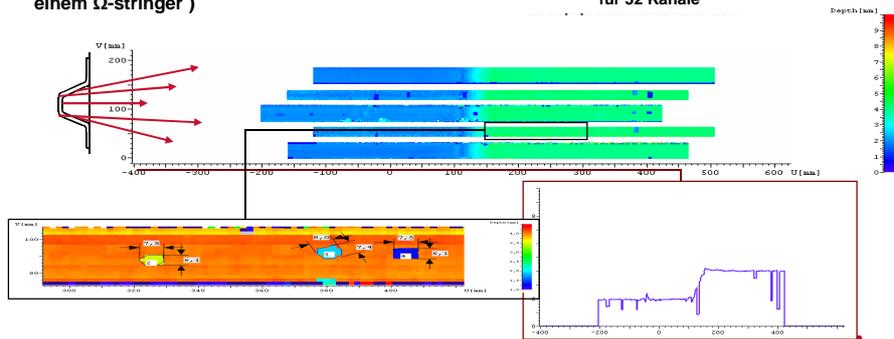


## ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich

Um die Prüfdurchführung zu optimieren werden Ultraschallgerät und Auswertesoftware kundenspezifisch angepasst. Die diversen Bildverarbeitungsmodule und erlauben selbst bei größten Datenmengen eine schnelle präzise Anzeigenbewertung (z.B. Ergebnisdarstellung an einem  $\Omega$ -stringer )



SAPHIR<sup>quantum</sup>  
Hoch flexible Ultraschallelektronik für 32 Kanäle



AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



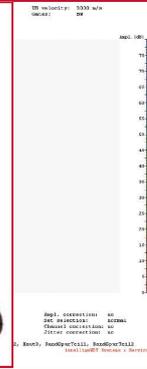
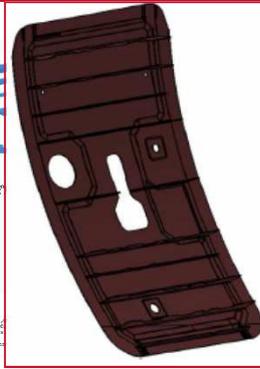
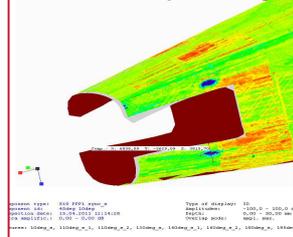
## ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich

### 3D Evaluation:

- ▶ 2-fach gekrümmte Oberfläche
- ▶ Schnelles Softwaremodule für große Datenmengen
- ▶ 2 D / 3D Visualisierung für die Bestimmung der Anzeigenausdehnung



C-Scan of the entire part on composed segments



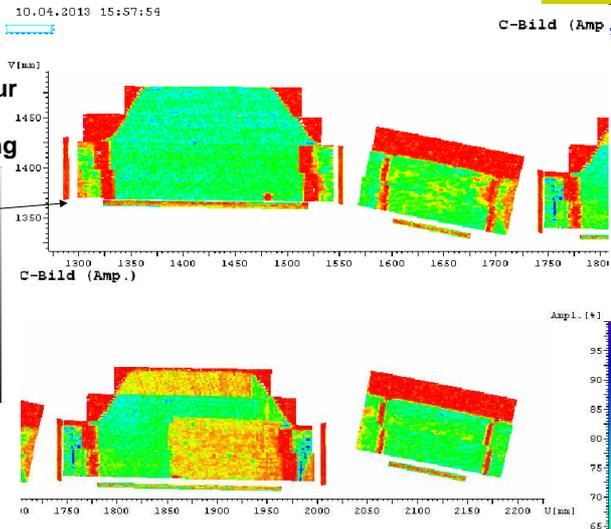
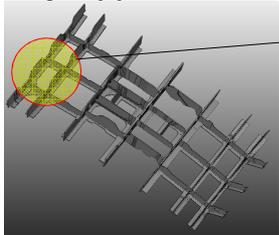
AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich

### Detailauswertung:

- ▶ Unfolded "BOX"
- ▶ 2 D Visualisierung zur Bestimmung der Anzeigenausdehnung

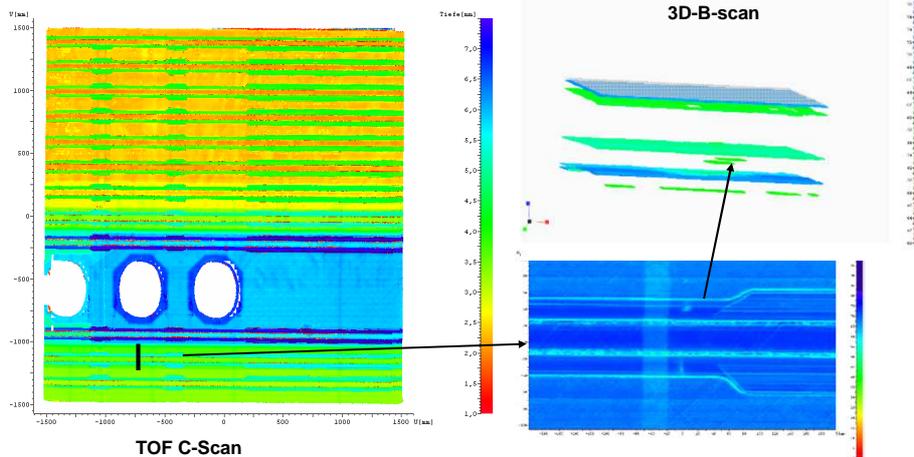


AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich

### Detailauswertung in Hinblick auf die Lagenstruktur



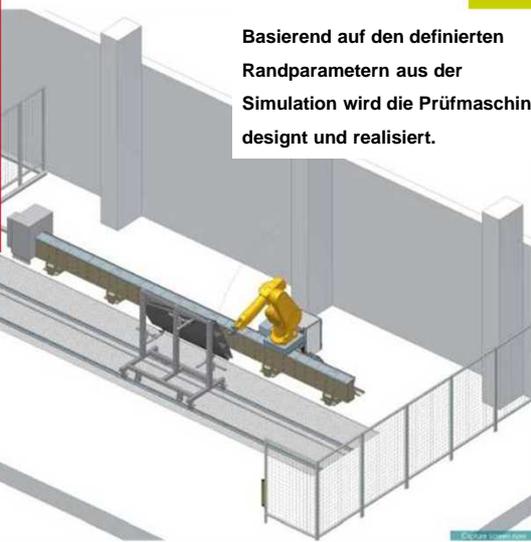
AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## ZfP Systeme für Anwendungen im Luftfahrtbereich



Basierend auf den definierten Randparametern aus der Simulation wird die Prüfmaschine designt und realisiert.



AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## Zusammenfassung

Die präsentierten zfP-Anwendungen zeigen Lösungen für hoch komplexe Prüfaufgaben in den unterschiedlichsten Industriezweigen. Eine erfolgreiche Realisierung hängt zunehmend ab, von der durch Modeling, Simulation und Bildverarbeitung unterstützten Planungs- und Entwicklungsphase. Aber auch die Fehlerbewertung wird zusehend durch die Nutzung der Bildverarbeitung stetig verbessert. Hier stehen wir erst am Anfang, da uns Regelwerke noch teilweise in der Anwendung begrenzen.

**Modeling, Simulation und Bildverarbeitung sind die zukünftigen Grundlagen die eine weiter Prozessverbesserung garantieren in:**

- **Schnellerer Entwicklungszeit → „time to Market“**
- **Geringere Entwicklungskosten → „do it once, but right“**
- **Verbesserte Aussagekraft der Prüfaussage → „as good as possible“.**

**AREVA NDE Solutions mit seiner breiten „In-House“ Kompetenz wird diesen Weg zielstrebig weitergehen, um kundengerechte Lösungen liefern zu können**

AREVA NDE-Solutions - intelligente NDT Systems & Services GmbH



## Note

“ This document contains elements protected by intellectual property rights as well as confidential information.  
Any reproduction, alteration, transmission to any third party or publication in whole or in part of this document and/or its content is prohibited unless AREVA has provided its prior and written consent. This prohibition concerns notably any editorial elements, verbal and figurative marks and images included herein.  
This document and any information it contains shall not be used for any other purpose than the one for which they were provided. In particular, no patent application and/or registered design may be applied for on the basis of the information contained herein.

Legal action may be taken against any infringer and/or any person breaching the aforementioned rules.

No warranty what so ever, express or implied, is given as to the accuracy, completeness or fitness for a particular use of the information contained in this document. In no event AREVA shall be liable for any damages what so ever including any special, indirect or consequential damages arising from or in connection with access to, use or misuse of the information contained in this document.

”