

# KORROSIONS- UND FEHLERPRÜFUNG

## PRÜFUNG UNZUGÄNGLICHER KOMPONENTEN UND KONSTRUKTIONSTEILE MIT LANGREICHWEITIGER ULTRASCHALL-TECHNIK

### Stichworte

Geführte Ultraschallwellen, Plattenwellen, elektromagnetischer Ultraschall, EMUS, Korrosion

Guided Waves, Plate Waves, Electromagnetic Ultrasound, EMAT, Corrosion

### Ausgangssituation

Sicherheitsrelevante Infrastrukturen wie Pipelines in chemischen und petrochemischen Anlagen, Gas- und Wasserleitungen sowie Tragkonstruktionen aus Pfeiler-, Mast- oder Säulen-Elementen können bei unzureichender oder fehlerhafter Isolierung korrodieren. Da die Sichtprüfung vielfach nicht anwendbar ist und die Korrosionsbereiche für andere Verfahren oft nicht direkt zugänglich sind, ist die Erfassung und Bewertung der Schäden schwierig (linke Abbildung). Zusätzlich führt die Oberflächenkorrosion gewöhnlich zu einer meist flächig ausgebildeten und wenig tiefenbetonten Wanddickenschwächung mit komplexer Geometrie, so dass kommerzielle Mess- und Prüfverfahren an ihre Grenzen stoßen und keine belastbaren Aussagen über den schadhafte Bereich treffen können.

Unzugängliche Bereiche können mit langreichweitigen Ultraschallwellen, sogenannten geführten Wellen, untersucht werden. Unter idealen Bedingungen können damit Prüfbereiche von bis zu 50 m erfasst werden, ohne dass mit großem Aufwand die Isolierung entfernt oder das Bauteil komplett ausgegraben werden muss. Werden Wandler auf Grundlage von elektromagnetisch angeregtem Ultraschall (EMUS-Wandler) eingesetzt, ist kein direkter Kontakt zwischen Prüfkopf und Prüfling erforderlich, es kann also auf ein Koppelmittel verzichtet werden. Da nichtleitende Werkstoffe die Kopplung nicht beeinflussen, brauchen dünne Isolationsschichten nicht vom Testkörper entfernt werden.

### Aufgabenstellung und Durchführung

Der Einsatz von dispersiven geführten Ultraschallwellenmoden bietet die Möglichkeit, sehr geringe Wanddickenschwächungen im Schallweg einer Ultraschall-Transmissions- und / oder -Reflexionsmessung zu detektieren. Daher eignen sie sich zum Erfassen kleiner Korrosionsschäden. Der Messeffekt basiert auf der Veränderung sowohl der Phasen- als auch der Gruppengeschwindigkeit des dispersiven Ultraschallwellenmode über die Wanddicke. Durch Auswertung der Phase und / oder der Schalllaufzeit des Empfangssignals sind somit quantitative Informationen über die Fehler zugänglich.

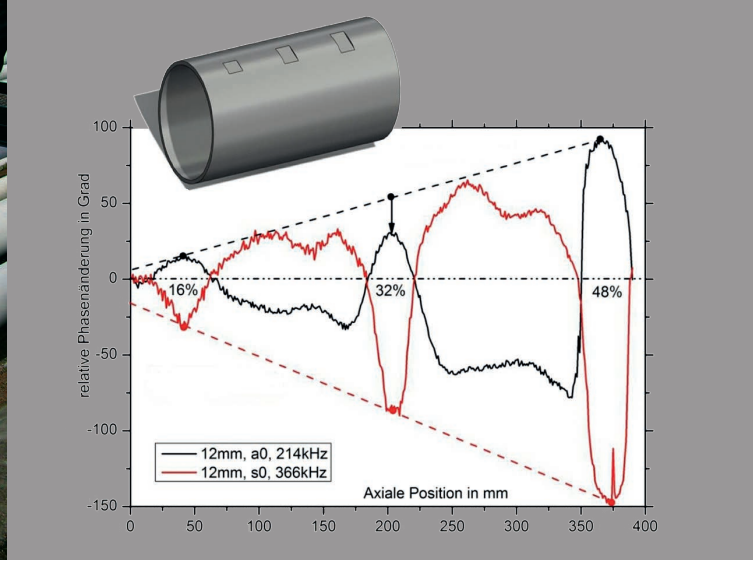
Zur Anregung und zum Empfang der modenrein geführten Wellen werden EMUS-Wandler verwendet. EMUS-Prüfköpfe haben gegenüber der klassischen Anregung den entscheidenden Vorteil, dass die Ultraschallwandlung direkt in der Testkörperoberfläche durch magnetostriktive Wechselwirkung und Lorentz-Kräfte stattfindet. Damit sind koppelmittelfreie und berührungslose Anregung sowie Empfang der Ultraschallsignale möglich. Oberflächeneinflüsse werden minimiert und Ankoppelprobleme sind weitgehend ausgeschlossen. Hierdurch wird eine präzise Phasenmessung möglich.

Durch den speziellen Prüfkopfaufbau kann räumlich periodisch eine Kraftwirkung eingepreßt werden, wodurch besonders effektiv und selektiv reine Moden geführter Ultraschallwellen angeregt werden. Die Periodizität der Krafteinwirkung entspricht hier der Spurwellenlänge. Um einen weiten Bereich an Spurwellenlängen abdecken zu können, wurden EMUS-Wandler entwickelt, die ein Umschalten auf verschiedene Spurwellenlängen ermöglichen. Somit können mit einem einzigen Wandler ohne Prüfkopfwechsel ein großer Parametersatz abgedeckt und verschiedene Arbeitspunkte im Dispersionsdiagramm gezielt angesteuert werden.





Rohrleitungen in einer petrochemischen Fabrik



Detektion künstlich eingebrachter Flachstellen, Ergebnisse

## Ergebnisse

Im Rahmen von Labormessungen konnten mit der vorgestellten Methode auch geringe Wanddickenreduktionen im Schallweg erkannt werden. Bei einer optimalen Wahl der Arbeitspunkte im Dispersionsdiagramm der verwendeten geführten Wellenmoden können sogar lokal begrenzte Wanddickenänderungen mit einer minimalen Tiefe von weniger als 10 Prozent der nominellen Wanddicke sicher detektiert werden.

Für ein Testrohr mit künstlich eingebrachten Flachstellen zur Simulation von Auflagekorrosionsstellen (maximale Tiefe der Flachstellen 16, 32 und 48 Prozent der Wandstärke) zeigt die rechte Abbildung exemplarisch die Änderung der Phasenlage des Transmissionsignals für zwei unterschiedliche Lamb-Wellenmoden ( $A_0$  und  $S_0$ ). Das Rohr wurde in axialer Richtung abgescannt, die Einschallung erfolgte in Umfangsrichtung.

## Ihr Vorteil

Nicht direkt zugängliche Bereiche von Komponenten und Anlagenteilen können mit geführten Ultraschallwellen inspiziert werden. Diese Methode ist auch äußerst sensitiv gegenüber flachen Wanddickenreduktionen und kann lange Distanzen erfassen. Quantitative Fehlerinformationen können aus Laufzeit, Phasenlage sowie dem Transmissions- als auch Reflexionsverhalten ermittelt werden. Durch Datenfusion erhält man deutlich genauere und zuverlässigere Informationen über die Wanddickenreduktion im Schallweg.

## Summary

In light of government regulations and the potential risks to public safety and the environment, recurring structural inspections are essential in the context of condition-oriented maintenance. These inspections are time-consuming and present a major challenge when large or difficult-to-access structures are involved. Through the targeted application of long-range, couplant-free ultrasound inspection methods, defects can be detected at an early stage to prevent further deterioration from occurring.

The methods described above also provide quantitative information about the damage, making it possible to carry out a more precise analysis.

## Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Patrick Jäckel  
+49 681 9302 3941  
patrick.jaeckel@izfp.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Frank Niese  
+49 681 9302 3921  
frank.niese@izfp.fraunhofer.de

