

Geführte Mikrowellen für die Zerstörungsfreie Prüfung

Johann HINKEN¹, Aschwin GOPALAN²

¹ fitm Hinken Consult, Magdeburg

² Rohmann GmbH, Frankenthal

Kontakt E-Mail: johann.hinken@fitm.de

Kurzfassung

Mikrowellen und Ultraschallwellen sind zwar von unterschiedlicher physikalischer Natur, jedoch sind ihre Ausbreitungseigenschaften ganz ähnlich. Für bestimmte Anwendungen wie metallene Rohrwände hat sich die Ultraschallprüfung mit geführten Wellen als geeignet erwiesen. Entsprechend bieten sich auch geführte Mikrowellen für bestimmte Prüfaufgaben an. Dazu gehören insbesondere elektrisch isolierende, also dielektrische Rohre, wie z.B. Polyethylen(PE)-Rohre und insbesondere Rohre aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK). Im Gegensatz zu Mikrowellen können Ultraschallwellen für die ZfP von GFK nur bedingt eingesetzt werden, weil sie eine verhältnismäßig hohe Dämpfung in GFK haben. –

In diesem Beitrag wird zunächst die Theorie geführter Mikrowellen anhand von Plattenwellen zusammengestellt. Sie fußt auf der Beschreibung durch Eigenwellen (Moden), die klassifiziert werden hinsichtlich ihrer Feldkomponenten in Ausbreitungsrichtung und danach, ob ihre Feldverteilung senkrecht zur Plattenausdehnung gerade oder ungerade ist. Die Felder sind in der Platte konzentriert, ragen aber mit exponentiellem Abfall auch in den Außenraum hinein. Die charakteristischen Gleichungen werden für den praktischen Fall von Polyethylen und eine Betriebsfrequenz von 24,125 GHz ausgewertet. –

Anschließend wird eine Ankoppelvorrichtung erläutert, die als Art Adapter zwischen einem Standardhohlleiter und der zu prüfenden Platte wirkt. Ähnlich wie in der Ultraschallprüftechnik nutzt die Ankoppelvorrichtung die Funktion eines Prismas und die konstruktive Interferenz zur Anregung der gewünschten Eigenwelle in der Platte. –

Eine praktische Realisierung der Ankoppelvorrichtung sowie Ergebnisse erster Dämpfungsmessungen der verwendeten Plattenwelle werden dargestellt. Als Anwendungsbeispiel wird die Prüfung der Naht eines stumpfverschweißten PE-Rohres gezeigt.



P36 Geführte Mikrowellen für die Zerstörungsfreie Prüfung

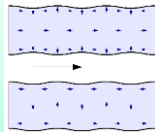
Johann Hinken, fitm Hinken Consult, Magdeburg, Deutschland
 Aschwin Gopalan, Rohmann GmbH, Frankenthal, Deutschland
 DGZfP-Jahrestagung 2021, Osnabrück



fitm Hinken Consult

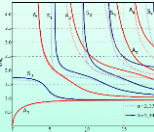
Ähnlichkeit zwischen Ultraschallwellen und elektromagnetischen Wellen (Mikrowellen (μ W)):

Ultraschall-Plattenwellen (Lamb-Wellen), symmetrische (S) und antisymmetrischen (A) Moden.
 Z.B. in metallenen Platten.



Schwingungsrichtungen der S-(oben) und A-(unten) Moden

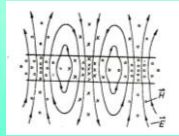
Von Michael Schmidt - Drawing created myself. CC BY 2.5. https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=Schwingungsrichtungen_S_A-Moden



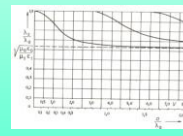
Beispielhaftes Dispersionsdiagramm der S-(blau) und A-(rot) Moden: Ausbreitungsgeschwindigkeit über Frequenz, normiert

Von Siebert - Eigenes Werk, CC BY 3.0. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=227175>

Elektromagnetische (μ W) Plattenwellen, symmetrische und antisymmetrische E- und H-Moden.
 In dielektrischen Platten.



Elektrische (E) und magnetische (H) Feldverteilung der Grundwelle (antisymmetrische E-Mode)



Beispielhaftes Dispersionsdiagramm von antisymmetrischen E-Moden: Wellenlänge λ über Frequenz, normiert

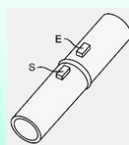
Quelle: H.-G. Unger: Elektromagnetische Theorie für die Hochfrequenztechnik, Teil 1, Heft 9, 1981

P36 Geführte Mikrowellen für die Zerstörungsfreie Prüfung

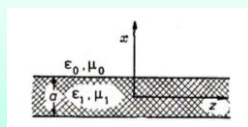


fitm Hinken Consult

Prüfung von Schweißnähten in stumpfverschweißten PE-Rohren:

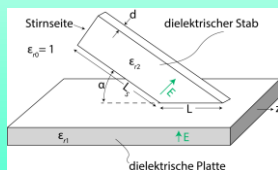
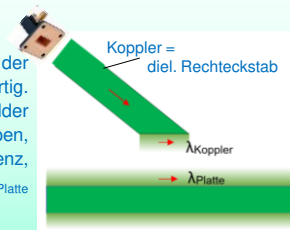


Bauteilskizze

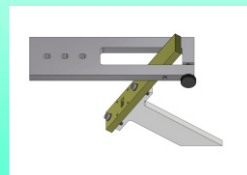


Rohrwand entspricht Platte

An- und Auskopplung der Plattenwelle: prismaartig. Annäherung so dass Felder überlappen, konstruktive Interferenz, in z-Richtung: $\lambda_{z/Koppler} = \lambda_{Platte}$



Skizze und 3-D-Modell von praktischer Ausführung des Kopplers



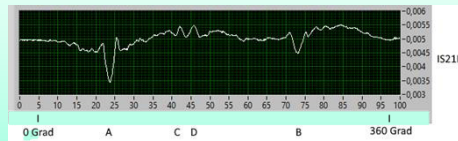
P36 Geführte Mikrowellen für die Zerstörungsfreie Prüfung



fitm Hinken Consult



Labormäßiger Aufbau zur Mikrowellenprüfung der Schweißnaht eines stumpfgeschweißten, drehbar gelagerten PE-Rohres ($D_{\text{außen}} = 125 \text{ mm}$, $d_{\text{Wand}} = 8,5 \text{ mm}$). Frequenz: 24 GHz. Die beiden Koppler zur Ein- und Auskopplung bestehen aus Plexiglas. Sie sind bei der Prüfung enger zusammen.



Umfangsscan mit Anzeigen künstlicher Defekte:
A, B - Durchgangsbohrungen mit $\varnothing 5 \text{ mm}$ bzw. $\varnothing 3 \text{ mm}$.
C, D - Sacklochbohrungen von innen mit $\varnothing 3 \text{ mm}$ und Tiefen von etwa 2 mm bzw. 4 mm.

>> Rohrwand wird in gesamter Dicke geprüft.

Kontakt: Johann Hinken
fitm Hinken Consult
Breitscheidstrasse 17
D-39114 Magdeburg, Germany

Tel.: +49 391 503894-30
Mobil.: +49 171 2053208
Email: johann.hinken@fitm.de
www.fitm.de