

Einführung in die Mikrowellenprüftechnik

Johann H. HINKEN¹

¹ FI Test- und Messtechnik GmbH i. L., Magdeburg

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

Kurzfassung

Die Mikrowellenprüftechnik zielt primär auf die Erkennung von Defekten unter der Oberfläche von Bauteilen aus elektrisch isolierenden Materialien ab. Dazu gehören u.a. schalldämpfende Kunststoffe wie PTFE, glasfaserverstärkte Kunststoffe wie GFK sowie Schäume. Bauteile aus diesen Materialien können mit Mikrowellen zerstörungsfrei auf Porositäten, Lunker, Risse, z. T. Delaminationen, Fremdmaterialeinschlüsse, fehlerhafte Klebung und Stoßschäden untersucht werden. Unter Mikrowellen versteht man elektromagnetische Wellen mit Frequenzen von 300 MHz bis 300 GHz. Bei der Mikrowellenprüfung werden primär Unterschiede in der Dielektrizitätszahl des Grundmaterials und der zu erkennenden Defekte erkannt. Wie in der Optik treten Erscheinungen wie Brechung, Beugung und Reflexion auf. Andererseits wird die Prüfung ganz ähnlich wie die Wirbelstromprüfung durchgeführt und ausgewertet. Es werden die technischen Grundlagen der Mikrowellenprüfung erläutert und Anwendungsbeispiele aus dem Labor und der industriellen Praxis gegeben. Das scannende und das direkt bildgebende Verfahren NIDIT werden gezeigt. Die Hauptvorteile der Mikrowellenprüftechnik sind - gegenüber der Ultraschallprüftechnik: Es ist kein Koppelmittel nötig. - gegenüber der Röntgentechnik: Es sind keine besonderen Sicherheitsmaßnahmen erforderlich.

Einführung in die Mikrowellenprüftechnik



Johann Hinken

FI Test- und Messtechnik GmbH i. L., Magdeburg

4. Fachseminar des FA MTHz der DGZfP
Mikrowellen- und Terahertz-Prüftechnik in der Praxis
2. April 2019, Fraunhofer IIS, Fürth

1. Einleitung
2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
4. Schluss

1. Einleitung
2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
4. Schluss

Mikrowellen-Prüfung zielt primär ab auf



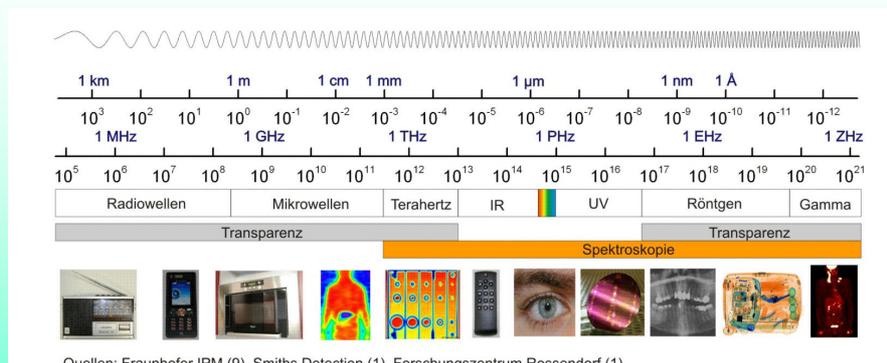
- **die Erkennung von Defekten unter der Oberfläche von Bauteilen aus elektrisch isolierenden Materialien, dazu gehören**
- Schalldämpfende Kunststoffe wie
 - PTFE (Teflon)
 - Glasfaserverstärkte Kunststoffe GFK, Aramidfaser...
 - Schäume
- Auch Keramik, Glas, Holz, naturfaserverstärkte Kunststoffe, WPC
- Große Wandstärken, dicke Bauteile
- Porositäten, Lunker, Risse, z. T. Delaminationen, Fremdmaterialeinschlüsse, fehlerhafte Klebung, Stoßschäden, usw.
- Auch für Bestimmung von Materialeigenschaften: Harzmangel/-überschuss, Fasergehaltsschwankungen, Faserfehlorientierung



Beispiel GFK: geeignet erscheinende herkömmliche Verfahren

- Ultraschall: Dämpfung durch Streuung an Faser-Matrix-Übergängen: „körnige“ Struktur, Rayleigh-Streuung – Koppelmittel erforderlich
- Röntgen-CT: kostspielig, Schwächungswerte zwischen Grundwerkstoff GFK und Fehlern (zumeist Luft) zu gering.
- Verbesserungspotential durch Mikrowellen:
 - Gegenüber U.S.: kleinere Streudämpfung wegen größerer Wellenlänge (Dämpfung durch Rayleigh-Streuung prop. $1/\lambda^4$) > größere Beobachtungstiefe, kein Koppelmittel
 - Gegenüber Röntgen-CT: vor allem preiswerter, weil keine Sicherheitsrisiken

Grundlagen der der Mikrowellenprüfung: Spektrum der elektromagnetischen Wellen



Quellen: Fraunhofer IPM (9), Smiths Detection (1), Forschungszentrum Rossendorf (1)

Mikrowellen: 300 MHz ... 300 GHz.

Terahertz (THz): > 300 GHz, Teil des Infrarot(IR)-Bereichs.

- 1. Einleitung
- 2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
- 3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
- 4. Schluss

Grundlagen der Mikrowellenprüfung:



Es werden die örtlichen Unterschiede in der **Permittivität (Dielektrizitätszahl)** ϵ_R des transparenten Materials genutzt.
 ---> Brechung, Beugung und Reflexion, wie in der Optik.

zwei Prinzipien sind möglich:



- 1. Einleitung
- 2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
- 3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
- 4. Schluss

Grundlagen der Mikrowellenprüfung:



Handgerät FMH1

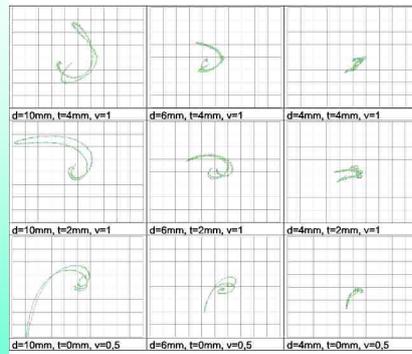


1. Einleitung
2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
4. Schluss



Grundlagen der Mikrowellenprüfung:

Die **Anzeigen** enthalten Informationen zu Defektgröße und Tiefenlage.



PP-Platte, 10mm dick, mit Flachbodenbohrungen (FBH): Durchmesser d , Restwandstärke t , Verstärkung v .

Darstellung des Reflexionsfaktors in komplexer Ebene, gemessen von verdeckter Seite.

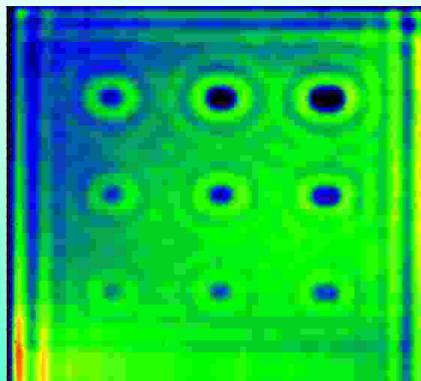
J. H. Hinken und D. Beilken: Mikrowellen-Defektoskopie mit erweitertem Wirbelstromprüfsystem. Magdeburg, 2005

1. Einleitung
2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
4. Schluss



Grundlagen der Mikrowellenprüfung:

Darstellung nach Art eines **C-Scans**. Die Farben sind entweder dem x-Wert, dem y-Wert, dem Winkel oder der Weite der Auslenkung vom Nullpunkt zugeordnet.



PP-Platte, 10mm dick, mit Flachbodenbohrungen

Von oben nach unten:
Durchm. $d=10, 6, \text{ und } 4\text{ mm}$

Von links nach rechts:
Überdeckung $t=4, 2, \text{ and } 0\text{ mm}$

Dargestellt ist der y-Wert (Imaginärteil) des Reflexionsfaktors.

1. Einleitung
2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
4. Schluss

Grundlagen der Mikrowellenprüfung: Antennen



Koaxialsonde für höhere Ortsauflösung



Hohlleitersonde größere Beobachtungstiefen



Offener Hohlleiter und Linse für Beobachtungstiefen bis 60 mm

1. Einleitung
2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
4. Schluss

Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung:



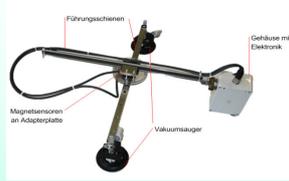
Handgerät FMH1



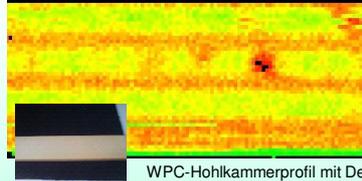
Vorschaltgerät FVG: spezielle Ausführungsform des FMH1 mit Anschluss an Wirbelstrompüfgerät.

1. Einleitung
2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
4. Schluss

Handscanner



Aufbau des Handscanners. Drahtlose Verbindung zu Laptop als Bedienkonsole.



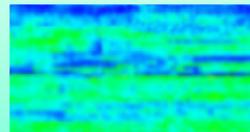
WPC-Hohlkammerprofil mit Defekten. Von außen, siehe eingesetztes Foto, sind diese Defekte visuell nicht erkennbar.



GFK-Absorberturm einer Raffinerie



Handscanner im Einsatz zur Untersuchung von Lecks



Anzeige des Handscanners: dunkelblaue Bereiche deuten auf Flüssigkeitsverteilung in der GFK-Wand hin

Johann Hinken

11

1. Einleitung
2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
4. Schluss

Mikrowellenprüfsystem für Verbundplatten



1. Einleitung
2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
4. Schluss



Beispiel: GFK-Blattfeder



Mercedes Sprinter

Volkswagen Crafter

Mit GFK-Blattfedern an der Vorderachse

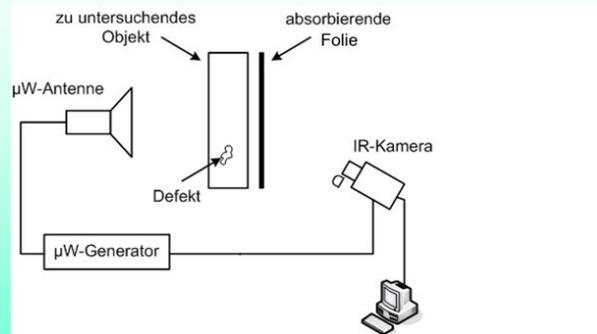


1. Einleitung
2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
4. Schluss



NIDIT-Verfahren zur unmittelbar bildgebenden Mikrowellenprüfung

(NIDIT: non-ionizing direct imaging testing)

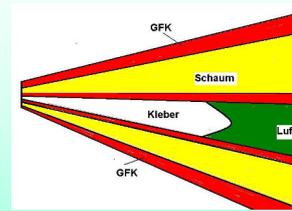
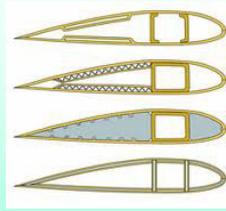


Prinzipielle Anordnung

1. Einleitung
2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
4. Schluss

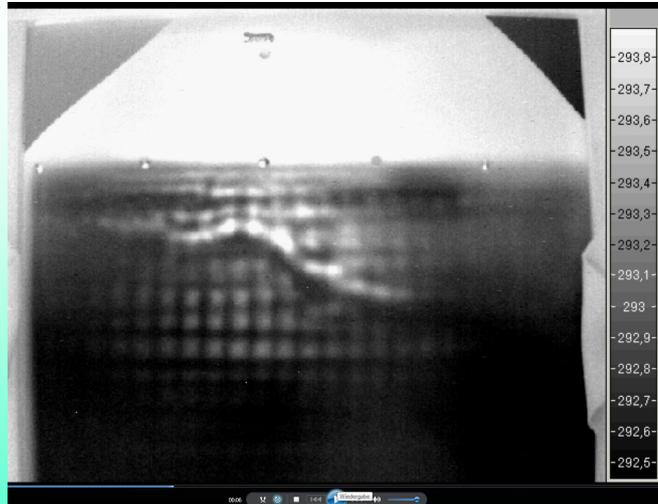


Beispiel **Rotorblatt** von Windkraftanlage



Verbände aus unterschiedlichen isolierenden Materialien,
hier GFK, Schaum, Kleber, Luft.
Prüfung u.a. auf Verklebungsfehler

Es folgt:
NIDIT-Aufnahme einer Kante,
etwa 20 cm dicker Sandwich
aus GFK, Schaum, Kleber und Luft

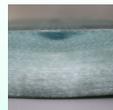


P05.wmv

1. Einleitung
2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
4. Schluss

Mikrowellenprüfung Weitere Anwendungsbeispiele

- Vermessung von Out-of-plane-Ondulationen in GFK
- Anwesenheitskontrolle von Dichtungen in Ventilen
- Personenscanner, 70 bis 80 GHz
- Feuchteverteilungen



Sowie hier im Seminar

- Lackdickenmessung auf CFK, Luftfahrtbereich
- Mikrowellen-Imaging für Automotive-Anwendungen
- Radar zur Prüfung von Beton

1. Einleitung
2. Grundlagen der Mikrowellenprüfung
3. Anwendungsbeispiele zur Mikrowellenprüfung
4. Schluss

Mikrowellenprüfung: Defektoskopie



Vorteile: Im Gegensatz zu UT kein Koppelmittel nötig
Im Gegensatz zu Röntgen usw. keine Sicherheitsmaßnahmen erforderlich
Berührungslos möglich
Große Beobachtungstiefe
Gut automatisierbar
Bei Transmission sogar unmittelbar bildgebend möglich (NIDIT)

Nachteile: Nur bei Isolierstoffen einsetzbar
Nicht bei CFK einsetzbar

Hauptanwendungen:
Bei Kunststoffen, GFK, Keramik, Glas, Holz,...
Zur Erkennung von Fehlern wie Delaminationen, Fremdmaterialeinschlüsse,
Stoßschäden usw.
Zur Bestimmung von Schichtdicken, Faser/Matrixverhältnissen, Porigkeit usw.
Feuchtigkeitsbestimmung
Sicherheitsscanner

Unternehmen, Deutschland: Becker Photonik GmbH, Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG;
hf sensor GmbH. **International:** u.a. Evisive, Inc., USA. ; Satimo, Frankreich

Kontakt: Johann Hinken
FI Test- und Messtechnik GmbH i. L. Mobil.: +49 171 2053208
Breitscheidstrasse 17 Email: johann.hinken@iitm.de
D-39114 Magdeburg, Germany www.iitm.de