

# Mikrowellenprüfung mit Kreuzpolarisation zur Erkennung von In-Plane-Ondulationen in GFK

Johann HINKEN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> fitm Hinken Consult, Magdeburg

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

## Kurzfassung

Elektromagnetische Wellen und damit auch Mikrowellen sind polarisiert. Das heißt, dass ihre Feldgrößen elektrisches Feld und magnetische Feld Richtungen haben. Sie sind Vektoren. Die Polarisationsrichtung der Welle wird üblicherweise mit der Richtung des elektrischen Feldes gleichgesetzt. Die einfachste Polarisationsart ist die lineare Polarisation. Dabei bewegt sich der elektrische Feldvektor während einer Periode auf einer Geraden hin und her.

Eine Standardantenne in der Mikrowellenprüfung ist der offenen Rechteckhohlleiter. Das elektrische Feld verläuft parallel zur Schmalseite. Wird eine solche Antenne als Sendeantenne, ausgerichtet für horizontale Polarisation, betrieben und gegenüberliegend eine entsprechende Empfangsantenne mit Ausrichtung für vertikale Polarisation, so wird, wenn keine Störung vorliegt, kein Signal empfangen. „Keine Störung“ bedeutet dabei, das Permittivitäts-(d.h. Dielektrizitäts-)Strukturen zwischen beiden Antennen nur rein horizontal oder rein vertikal verlaufen. Solche Strukturen können z.B. Glasfaserverläufe ( $\epsilon_r = 5 \dots 6$ ) in einer Polymermatrix ( $\epsilon_r = 2,5 \dots 3,5$ ) sein.

Bei unidirektionalem glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK) verlaufen die Glasfasern idealer Weise nur in eine Richtung (Längsrichtung, x-Richtung). Wenn also z.B. ein Bauteil aus idealem unidirektionalem GFK in z-Richtung mit längspolarisierter Mikrowelle durchstrahlt wird, so wird eine Empfangsantenne mit Polarisation in Querrichtung (y-Richtung) kein Signal aufnehmen. Nur wenn die Glasfasern in ihrem Verlauf in der x/y-Ebene vom idealen Verlauf abweichen, wenn also „In-Plane-Ondulationen“ auftreten, werden elektrische Feldkomponenten in Querrichtung angeregt. Sie können dann von der Empfangsantenne als „kreuzpolarisierte“ Signal aufgenommen werden.

Im Beitrag wird die Mikrowellen-Transmissionsprüfung, kopolar und kreuzpolar, von GFK-Blattfeder-Elementen der Automobiltechnik beschrieben. Insbesondere die kreuzpolaren C-Bilder zeigen mit hohem Signal-zu-Geräusch-Verhältnis In-Plane-Ondulationen in den Blattfedern

# Mikrowellenprüfung mit Kreuzpolarisation zur Erkennung von In-Plane-Ondulationen in GFK

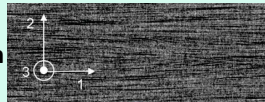
Johann H. Hinken <sup>1)</sup>

1) fitm Hinken Consult, Breitscheidstrasse 17, D-39114 Magdeburg



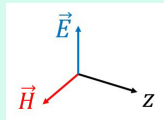
## Ondulationen

- Ondulationen in unidirektionalem Faserverbund reduzieren die Festigkeit. Bei glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) sind Ondulationen durch Mikrowellenprüfung erkennbar.

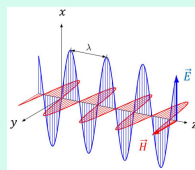


## Polarisation elektromagnetischer Wellen

- Elektromagnetische Wellen: elektrisches und magnetisches Feld (E, H) haben Richtungen. Sie können als Vektoren dargestellt werden.
- Dreibein zusammen mit der Ausbreitungsrichtung z. Polarisationsrichtung : Richtung des elektrischen Feldes.
- Lineare Polarisation: der elektrische Feldvektor zeigt stets in eine Richtung, z.B. in +/- x:

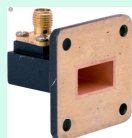


„x-polarisiert“ oder „vertikal polarisiert“:

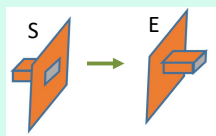


- Mikrowellenantennen strahlen Wellen mit bestimmter Polarisation aus und können auch nur Wellen mit dieser Polarisation empfangen,

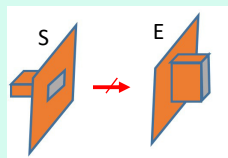
z.B. der offene Hohlleiter:



Kopolarisation:  
Übertragung  
vom Sender S zum Empfänger E



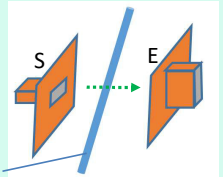
Kreuzpolarisation:  
keine Übertragung  
vom Sender S zum Empfänger E



## Anregung von kreuzpolarisiertem Signal

- Bei schräg liegendem Leiter (Inhomogenität) >>> Anregung von kreuzpolarisiertem Signal. Dabei Leiter: elektrisch oder dielektrisch leitend.

Die Stärke der kreuzpolaren Anregung hängt vom Winkel und von der Stärke der Inhomogenität ab.  
metallener oder dielektrischer Draht



- Schräg heißt: quer zur Ausbreitungsrichtung der Welle und nicht in Richtung des elektrischen Feldes und nicht genau senkrecht zu ihm.
- Bei Ondulationen in GFK ist diese Situation durch schräg liegende Glasfasern ( $\epsilon_r = 6...7$ ) in der homogenen Matrix ( $\epsilon_r = 2,5...3,5$ ) gegeben.

## Tests

- Teil des Aufbaus für scannende Mikrowellen-Transmissionsprüfung bei 24 GHz an GFK-Blattfederabschnitt.

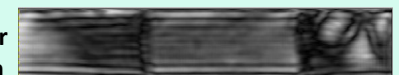
Antennenanordnung hier: kopolar



Draufsicht des Blattfederabschnitts mit sichtbaren Ondulationen auf der rechten Seite



Kopolarer Mikrowellenscan



Kreuzpolarer Mikrowellenscan



- Fazit: Ein kreuzpolarer Mikrowellenscan gibt Ondulationen in unidirektionalem GFK mit hohem Signal-zu-Geräusch-Verhältnis wieder.

### Kontakt:

Johann H. Hinken  
fitm Hinken Consult  
Breitscheidstr. 17  
D-39114 Magdeburg

Tel.: +49 (0) 391-8868 129  
Mobil: +49 (0) 171-2053208  
E-Mail: [johann.hinken@fitm.de](mailto:johann.hinken@fitm.de)  
[www.fitm.de](http://www.fitm.de)