

# Mit Terahertz-Strahlung zerstörungsfrei messen

Aufgrund der vielfältigen Anforderungen an den Autolack, werden mindestens vier verschiedene Schichten auf eine moderne Karosserie aufgetragen. Bisher war es nicht möglich, die Dicke solcher Mehrschichten auf Metall oder Kunststoff zerstörungsfrei zu messen – die Terahertz-Technologie soll dies künftig ändern.

Die Wahl der richtigen Beschichtungsdicke ist immer ein Kompromiss. Um einwandfrei zu funktionieren, müssen die Beläge eine Mindestdicke haben. Gleichzeitig sollte aber nur so viel Farbe verwendet werden, wie wirklich notwendig ist. Um hier das richtige Gleichgewicht zu finden und die Sicherheitsmargen niedrig zu halten, ist eine zuverlässige Messtechnik entscheidend.

Früher wurden Autokarosserien mit einfachen Harzen lackiert, heute werden – um einen optimalen Schutz des Blechs zu gewährleisten – viele aufeinander abgestimmte Beschichtungen aufgetragen. Auch Teile aus Kunststoff, wie zum Beispiel Stoßstangen, werden lackiert, um ein stimmiges Erscheinungsbild zu gewährleisten. Meist geschieht dies in vollautomatisierten Lackierstraßen, deren Funktion genau überwacht werden muss. Und genau hier stoßen die traditionellen Messverfahren an ihre Grenzen.

Zurzeit müssen komplexe Mehrschichtsysteme und beschichtete Kunststoffe häufig noch mithilfe eines zerstörenden Keilschliffes geprüft werden. Dies geschieht außerhalb der Produktionslinie und verzögert das Qualitätsmanagement. Um diese Lücke zu schließen, entwickelt Fischer zurzeit eine neue Technologie. Mithilfe der Terahertz-Strahlung ist es erstmals möglich, nasse Lacke in der laufenden Produktion berührungslos zu messen und zerstörungsfrei Mehrschichtsysteme auf Metall und Kunststoff zu kontrollieren.

## Funktionsweise

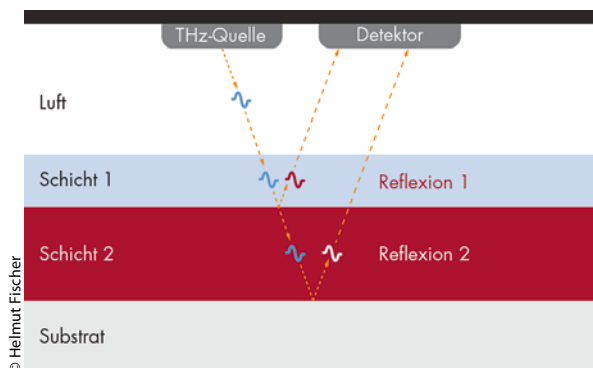
Die Terahertz-Strahlung (THz) besteht aus elektromagnetischen Wellen mit Frequenzen zwischen 100 GHz (0,1 THz) und 10 THz. Somit ist Terahertz kurzwelliger als Mikrowellen aber langwelliger als Infrarot oder sichtbares Licht. Erst seit etwa zehn

Jahren existieren leistungsfähige Strahler und Detektoren für diesen Frequenzbereich, wodurch Terahertz wissenschaftlich und technisch nutzbar wird.

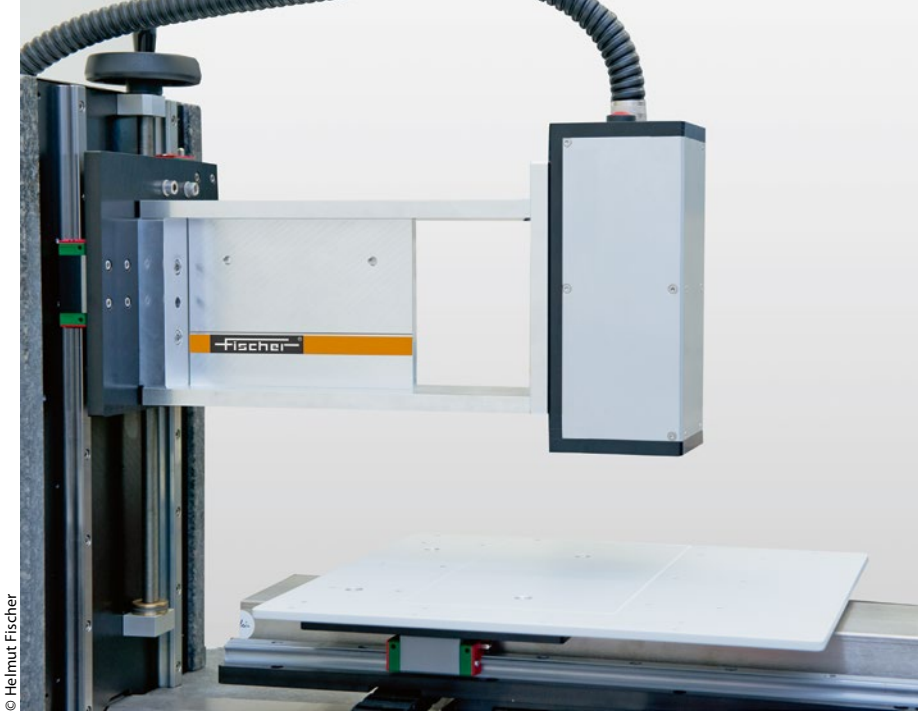
Interessant an der THz-Strahlung ist, wie sie mit verschiedenen Materialien interagiert: Polare Stoffe, wie Wasser, absorbieren die Strahlung sehr gut, während Metalle THz-Spiegel sind und die Strahlung vollständig reflektieren. Das Besondere ist aber, dass Dielektrika, darunter auch Gummi und Lacke, für THz-Strahlen transparent sind.

Diese Transparenz macht sich Fischer bei der Messung der Schichtdicke zunutze. Es gibt optisch dichte Medien, in denen die Terahertz-Strahlung langsam wandert und optisch dünnere Medien, in denen sich das Signal schneller ausbreitet. An den Übergängen zwischen den verschiedenen Schichten werden die THz-Strahlen zum Teil reflektiert. Diesen Effekt kennt man auch vom sichtbaren Licht beim Übergang von Luft zu Wasser oder von der Dickenmessung mit Ultraschall. Bei der Schichtdickenmessung erfasst das Terahertz-System die Zeitverzögerung, mit der die Echos aus den tieferen Schichten am Detektor ankommen. Im selben Schritt wird auch die optische Dichte des Mediums gemessen. Aus diesen Kennzahlen errechnet die Software schließlich die Schichtdicke.

Damit beim Stoffübergang Echos entstehen, die ausgewertet werden können, müssen sich die optischen Dichten von zwei Materialien unterscheiden (Richtwert: 0,2). Die meisten in der Automobilbranche verwendeten Lacke erfüllen diese Bedingung.



Der Terahertz-Puls durchdringt die Kunststoffbeschichtung und wird an den Stoffgrenzen zum Teil reflektiert. Aus der Laufzeit der Reflexionen errechnet die Software die Schichtdicke.



© Helmut Fischer

Besonders in der Automobilindustrie wird die Terahertz-Technologie die Qualitätssicherung spürbar effizienter machen.

### Die Terahertz-Technik im Vergleich

Neben der zerstörungsfreien Messung bietet die Technologie gegenüber herkömmlichen Methoden noch weitere Vorteile. Bereits im Prototyp-Stadium ist der THz-Puls sehr gut reproduzierbar, wodurch diese Methode eine sehr hohe Genauigkeit zeigt: Auf einem Messfleck von weniger als 2 mm lassen sich Schichtdicken von 5 bis 10 µm messen. Im Vergleich zum magnetinduktiven Verfahren, das eine ähnlich gute Auflösung hat, bietet Terahertz aber mit 1 % eine 10-mal bessere Wiederholgenauigkeit.

THz- und Röntgenstrahlen teilen sich viele Eigenschaften. So können zum Beispiel beide Arten von Strahlung Materie durchdringen. Aber der Vorteil von THz-Strahlung ist, dass sich auch Beschichtungen aus leichten Elementen wie Kohlenstoff analysieren lassen – die meisten Lacke sind mit Röntgenstrahlung nicht messbar. Zudem ist THz durch die relativ gro-

ße Wellenlänge wesentlich energieärmer als Röntgenstrahlung und daher gesundheitlich unbedenklich. THz-Geräte können deswegen offen verwendet werden und benötigen keinen Strahlenschutz.

Anders als Magnetinduktion und Ultraschall funktioniert Terahertz kontaktfrei. Es können also auch problemlos feuchte Lacke früh in der laufenden Produktion vermessen werden. Während die Dickenmessung mit Ultraschall auf einem ähnlichen Prinzip beruht wie Terahertz, erfordert sie eine sehr genaue und aufwendige Kalibrierung. Das Terahertz-System kommt dagegen bei einfachen Schichten gänzlich ohne eine Kalibrierung aus. Alle notwendigen optischen Konstanten werden in einem Schritt gemessen.

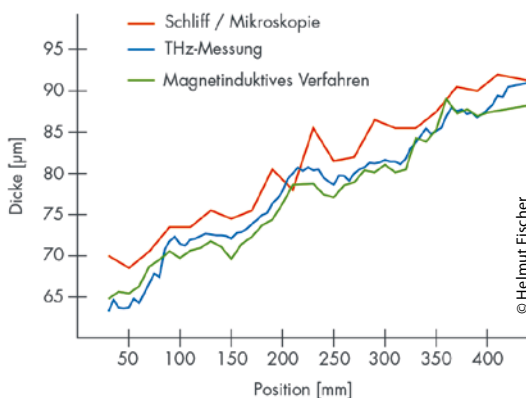
Bei der Analyse von mehrschichtigen Lackierungen muss zur Kalibrierung jede Schicht einzeln gemessen werden. Dabei speichert das Gerät alle notwendigen Größen, wie die optische Dichte. Aus diesen Daten kann bei der eigentlichen Messung

des Mehrschichtsystems die Dicke von bis zu vier einzelnen Schichten errechnet werden – die Messung selbst dauert nur eine Sekunde.

### Weitere Anwendungsgebiete

Das erste Terahertz-System wird speziell für die Messung von Mehrschichten ausgelegt sein. Zusammen mit Automobilisten und Lackherstellern entwickelt Fischer Lösungen, um diese Technik in die Produktionsprozesse zu integrieren. Das Potenzial der Methode ist damit aber noch lange nicht ausgeschöpft.

Der verwendete Terahertz-Puls ist kohärent und beinhaltet viele verschiedene Frequenzen, was eine spektroskopische Analyse erlaubt. Viele Stoffe zeigen im THz-Bereich charakteristische Absorptionsspektren, sodass aus dem Echo auf das Material geschlossen werden kann. Diese Methode heißt Time Domain Spectroscopy. Heute wird diese Methode hauptsächlich in der Sicherheitstechnik eingesetzt, zum Beispiel um Sprengstoffe am Flughafen zu detektieren. Aber auch Kunststoffe können mithilfe von Terahertz unterschieden werden, beispielsweise Polyethylen und Polypropylen. Für die Zukunft eröffnet das viele weitere Anwendungsmöglichkeiten. //



© Helmut Fischer

Bei der Vermessung eines Keilschliffes ist Terahertz etablierten Methoden, wie der Mikroskopie und der Magnetinduktion, ebenbürtig.

### Kontakt

**Helmut Fischer GmbH**  
Sindelfingen, Tel. 07031 3030  
mail@helmut-fischer.de, www.helmut-fischer.de