

# adhäsion **KLEBEN+ DICHTEN**

Das Fachmagazin für industrielle Kleb- und Dichttechnik

## **Marktübersicht**

Die Hersteller von  
2K-Dosieranlagen

## **Kleb- und Dichtstoffe**

Weiterbildung zum Umgang  
mit modernen Haftklebstoffen

## **Aus Forschung und Entwicklung**

Aushärtung von Dichtmassen  
prozessbegleitend absichern



Kleben in der Automobilindustrie

**Nachhaltige Verbindungen  
für die Mobilität von morgen**

# Aushärtung von Dichtmassen prozessbegleitend absichern

Für die prozessbegleitende Qualitätskontrolle zur Aushärteüberwachung von Dichtmassen wurde ein Ultraschallsystem weiterentwickelt. Dieses ermöglicht die Überwachung der Aushärtung an prozessbegleitenden Proben in Echtzeit direkt nach der Applikation. Messungen mit einem Demonstrator zeigen die Aushärteverläufe von zwei getesteten Dichtmassen. Das angepasste Messsystem wird zeitnah auf den Markt kommen.

Julian Heine, Mareike Schlag

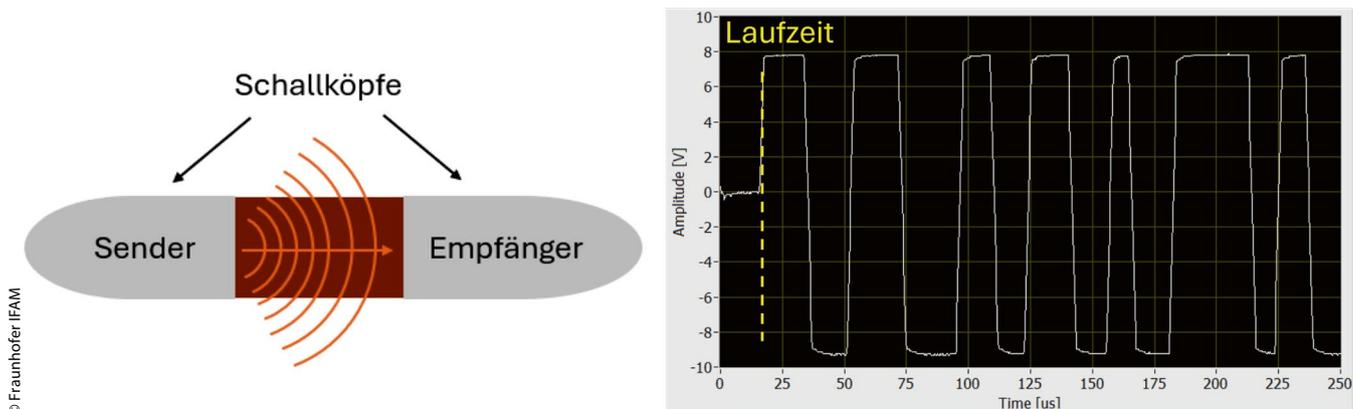
Dichtmassen sind ein integraler Bestandteil in der Fertigung im Flugzeugbau sowie anderen Branchen im Transportsektor. Dabei dienen sie nicht nur als Korrosionsschutz und Verbindungstechnik, sondern insbesondere im Flugzeugbau zur kontinuierlichen Verbesserung der strömungstechnischen Eigenschaften. Eine ausführliche und stetige prozessbegleitende Überwachung der Materialeigenschaften ist demnach zwingend erforderlich. Nach aktuellem Stand wird jedoch keine prozessbegleitende Qualitätssicherung zur Aushärteüberwa-

chung eingesetzt. Stattdessen werden ausschließlich die Dichtmassen mit genormten Laborverfahren für jede Charge geprüft, jedoch nicht direkt an bauteilähnlichen Geometrien.

Die Ultraschallmesstechnik bietet eine Möglichkeit zur Überwachung des Aushärtezustands von Dichtmassen. Dieses Verfahren ermöglicht es, das Aushärteverhalten während der gesamten Reaktion in Echtzeit zu verfolgen. Die Dichtmasse kann prozessbegleitend in die entsprechende Messform appliziert werden, wodurch der Aushärtezustand

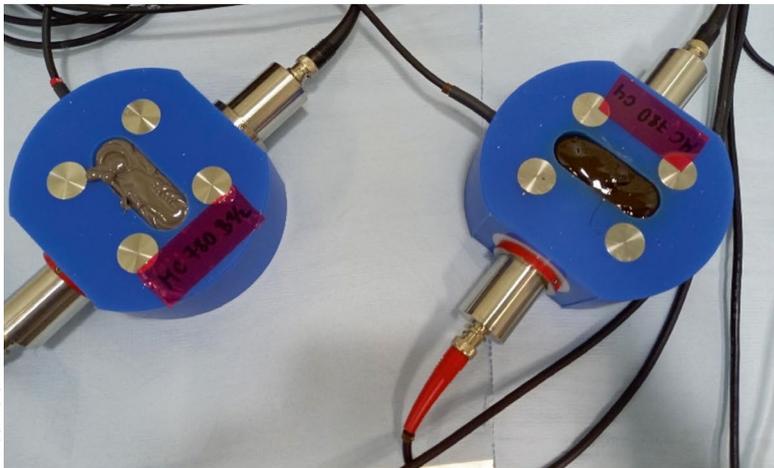
unter denselben Bedingungen wie beim realen Bauteil überwacht werden kann. Die Ultraschallmethode ist bereits in anderen Branchen etabliert, zum Beispiel zur Aushärteüberwachung von Beton in der Baubranche (System von Ultratest GmbH).

Das bestehende Ultraschall-System der Firma Ultratest wurde im Rahmen des Lufo-Projektes „Piranha“ (FKZ: 20Q1921) auf den Messeinsatz zur Aushärteüberwachung von Dichtmassen im Luftfahrtbereich angepasst. Es wurde ein Labormessgerätes zur ultraschallbasierten



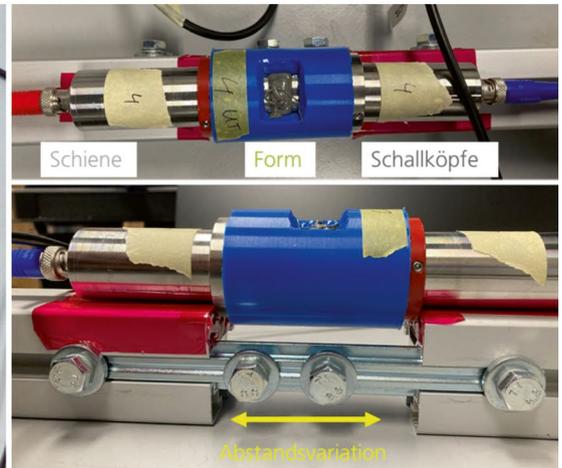
**Bild 1** Funktionsprinzip der Ultraschallmessung. Ein Ultraschall-Puls wird durch das Prüfmaterial gesendet und wird vom Empfänger aufgenommen. Rechts ist ein beispielhaftes Empfänger-Signal zu sehen. Anhand der Laufzeit, die es benötigt bis der Ultraschallpuls vom Sender zum Empfänger gelangt, kann man Rückschlüsse auf die Aushärtung des Materials ziehen.

a) Abstand Schallkörper: 20 mm



© Fraunhofer IFA M

b) Abstand kleiner 20 mm (einstellbar)



**Bild 2** Aufbau des Ultraschall-Systems. Links: Die bestehende Prüfkammer mit einem Schallkopfabstand von 20 mm. Rechts: Der entwickelte Aufbau zur Einstellung variabler kleiner Abstände. Damit kann der Messabstand auf die Geometrie der Abdichtfuge angepasst werden.

Kontrolle des Aushärteprozesses als Demonstrator erstellt.

### Anpassung des Ultraschall-Aufbaus

Bei der Ultraschallmessung wird das Prüfmaterial, in diesem Fall die Dichtmasse, zwischen zwei Schallköpern – einem Sender und einem Empfänger – platziert. Anschließend wird vom Sender ein Ultraschallpuls durch die Dichtmasse gesendet, welcher vom Empfänger aufgenommen wird. Der schematische Aufbau ist in *Bild 1* dargestellt. Dort ist auch ein beispielhaftes Signal

zu sehen, das vom Empfänger aufgenommen wurde. Die Zeit, die der Ultraschallpuls benötigt, um den Empfänger zu erreichen, wird als Laufzeit bezeichnet. Diese ist abhängig von den Materialeigenschaften des Prüfmediums und ändert sich entsprechend mit dem Aushärtezustand der Dichtmasse. Das bestehende Messsystem der Firma Ultratest besteht aus einer Silikonform mit zwei Öffnungen für die Schallköpfe, die in einem festen Abstand von 20 mm eingestellt sind. Durch eine Öffnung in der Messform wird die Dichtmasse eingefüllt (*Bild 2a*). Da Dichtfugen in der

Luftfahrt und anderen Branchen in der Regel deutlich schmaler sind, wurde ein Aufbau entwickelt, bei dem der Abstand der Schallköpfe variabel eingestellt werden kann, sodass auch kleinere Messabstände möglich sind. Hierdurch kann der Messabstand die Geometrie der Abdichtfuge abbilden, was vergleichbare prozessbegleitende Messungen zum realen Bauteil erlaubt. Der kleinere Abstand bedingt jedoch, dass die zeitliche Auflösung des Ultraschallsystems sowie mehrere Hardware-Komponenten verbessert werden müssen. Diese Arbeiten wurden von Ultratest durchgeführt.

# OBERFLÄCHEN WEITERDENKEN.

MIT DEM JOT-NEWSLETTER.



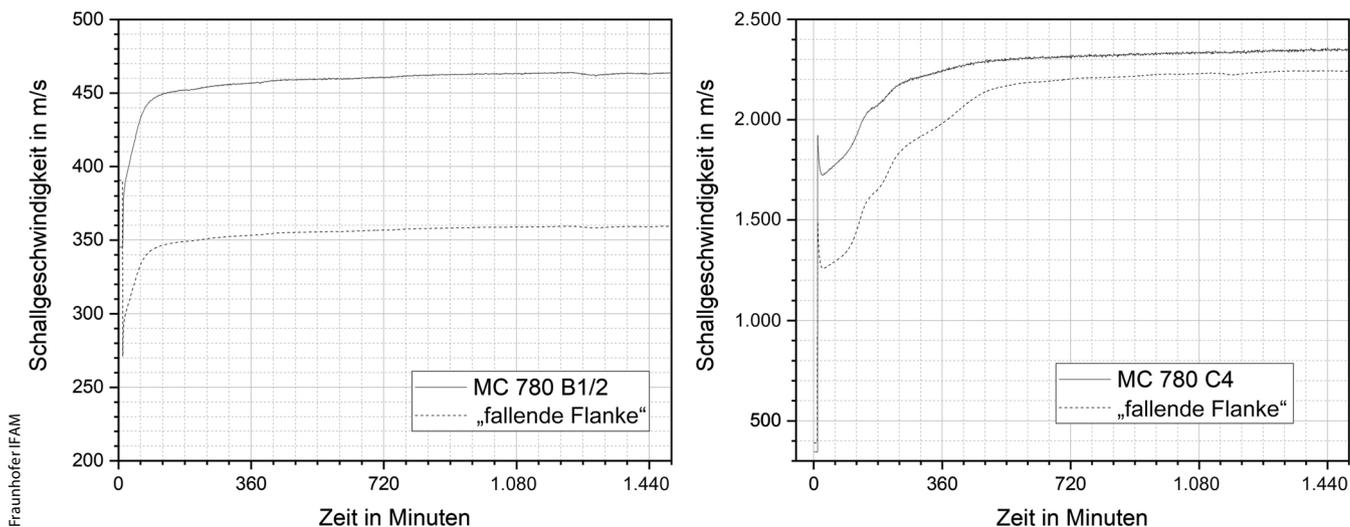
- Die ganze Welt der Oberflächentechnik
- Trends schneller erkennen
- Mit dem eigenen Wissen glänzen
- Aktuelle Impulse mit konkreten Anregungen
- Praxisnah und anwenderorientiert.

Jetzt registrieren:  
[jot-oberflaeche.de/newsletter](http://jot-oberflaeche.de/newsletter)



#joinjot

**JOT**  
 WISSEN, WIE ES WEITERGEHT.



**Bild 3** Messungen von zwei Dichtmassen mit dem angepassten Ultraschallsystem. Hierbei steht der Begriff „fallende Flanke“ für eine alternative Auswertemethode. Man erkennt in beiden Fällen einen deutlichen Aushärteverlauf direkt nach der Applikation.

### Aushärteverlauf der Dichtmassen

Mit dem angepassten System wurden nun zwei Dichtmassen vermessen, die Anwendung in der Luftfahrt finden (Naftoseal MC780 B $\frac{1}{2}$  und Naftoseal MC780 C4 der Firma Chemetall GmbH). Die Messungen sind in *Bild 3* zu sehen und zeigen einen deutlichen Aushärteverlauf innerhalb der ersten Stunden. Die mit dem Begriff „fallende Flanke“ bezeichneten Kurven stehen hierbei für eine alternative Auswertemethode, bei der die Laufzeit beim ersten Abfall des Empfängersignals aufgenommen wird. Direkt nach der Applikation der Dichtmassen lässt sich demnach die Aushärtung der Dichtmassen bestimmen. Eventuelle Abweichungen von der erwarteten Kurve können direkt Rückschlüsse auf ein fehlerhaftes Aushärteverhalten der Dichtmasse am realen Bauteil geben.

### Einschätzung der Ergebnisse

Mit der Weiterentwicklung des bestehenden Ultraschallsystems von Ultratest konnte erfolgreich ein Messsystem zur Aushärteüberwachung von Dichtmassen erstellt werden. Dabei lassen sich die Aushärteverläufe der Dichtmassen direkt nach der Applikation in Echtzeit bestimmen. Die Messung ist dabei sehr reproduzierbar für die jeweilige Dichtmasse, wodurch Rückschlüsse auf ein fehlerhaftes Aushärtever-

halten der Dichtmasse am realen Bauteil gegeben werden kann. Das entwickelte Ultraschallsystem stellt eine so vorher nicht da gewesene Möglichkeit der prozessbegleitenden Qualitätskontrolle für den Aushärteverlauf von Dichtmassen dar.

Die entwickelten Bauteile werden bereits vom Partner Ultratest in ein kommerziell erhältliches System für den Einsatz in der Luftfahrtindustrie und deren Zulieferbranchen verfügbar gemacht.

### Förderhinweis

Die Ergebnisse wurden im Verlauf des Lufo VI-Vorhabens „Produktionsbegleitende Qualitätskontrolle der Aushärtung von Dichtmassen mittels Ultraschalltechnik“ (Förderkennzeichen 20Q1921) erzielt. Dieses wurde von dem DLR im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms VI-1 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. //

**Julian Heine, M.Sc.**, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Qualitätssicherung und Cyber-Physische Systeme des Fraunhofer IFAM, [julian.heine@ifam.fraunhofer.de](mailto:julian.heine@ifam.fraunhofer.de)

**Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM**  
Wiener Straße 12  
28359 Bremen  
[www.ifam.fraunhofer.de](http://www.ifam.fraunhofer.de)

### Die Autoren | Kontakt

**Mareike Schlag, M.Sc.**, Gruppenleiterin Prozessbegleitende Qualitätssicherung in der Abteilung Qualitätssicherung und Cyber-Physische Systeme des Fraunhofer IFAM, [mareike.schlag@ifam.fraunhofer.de](mailto:mareike.schlag@ifam.fraunhofer.de)



Flugzeugbau



Thomas Siebel: Wie sich die Produktion von Flugzeugen weiterentwickelt. <https://sn.pub/d6nuas>