



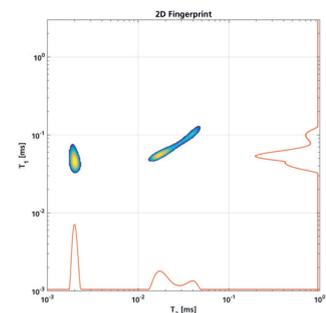
## Polymer-Profiler: Mobiles Magnetresonanz Profiling im Labor und in der Produktion

Kunst, Klebe- und Dichtstoffe sowie andere in der Magnetresonanz signalgebende Materialien lassen sich zerstörungsfrei mit dem Polymer-Profiler Programm des Fraunhofer EZRT analysieren und charakterisieren. Die für die mobilen MRI Systeme der Firma Pure Devices GmbH entwickelte Software nutzt für diese Anwendung eine dedizierte Hardware, wodurch eine herausragende Sensitivität erreicht wird. Die Signale werden mittels Magnetfeld und Hochfrequenz-Radiowellen gemessen, ausgewertet und visuell aufbereitet. Veränderungen im Material, z.B. durch chemische oder thermische Prozesse oder durch Alterung, haben Einfluss auf das MR-Messsignal, sodass rechtzeitig Maßnahmen zur Qualitätssicherung bzw. Regelung von Prozessen ergriffen werden können.

### Messprinzip Relaxometrie

Die Relaxometrie ist die Messung der MR-Relaxationszeiten  $T_1$ ,  $T_2$  und  $T_2^*$ . Diese materialcharakteristischen Parameter werden mittels spezieller Messsequenzen quantitativ bestimmt. Aus diesen Parametern lassen sich Karten, sogenannte Fingerprints, anfertigen, welche charakteristische Muster (ähnlich eines Fingerabdrucks) des untersuchten Materials beinhalten.

Die Aufnahme der Relaxationszeiten  $T_1$ ,  $T_2$  und  $T_2^*$  beginnt ca. 5  $\mu$ s nach Anregung und erfolgt in einem Zeitraster von bis zu 8 ns ( $T_2^*$ ) bzw. 20  $\mu$ s ( $T_2$ ). Diese bisher nicht erreichten Abtastzeiten erhöhen nicht nur die Aufnahmequalität der sehr schnell abfallenden Signale, sondern wirken sich auch direkt auf die Unterscheidbarkeit der zugrundeliegenden komplexen Abklingverläufe aus.



Bei der 2D-Fingerprint-Messmethode wird die Korrelation zweier Relaxationszeiten dargestellt. Dies erhöht die Aussagekraft der charakteristischen Materialinformationen. Nicht korrelierte Einzelmessungen hingegen beinhalten lediglich die Informationen der Projektionen (siehe Zeitachsenprofile).

Somit werden auch die charakteristischen Messpunkte kurzer Relaxationen, wie sie beispielsweise in Kunststoffen vorkommen, erfasst, womit eine Analyse von einzelnen Prozessen in diesen Materialien möglich ist.

Mittels Relaxometrie lassen sich schnelle und kleinste Änderungen der  $T_2^*$  Relaxationszeiten, wie sie beispielsweise bei Aushärte- oder Trockenvorgängen vorkommen, zerstörungsfrei monitoren. Änderungen der Relaxationskurve werden nahezu in Echtzeit registriert, sodass das Messsystem nicht nur zur Qualitätskontrolle eingesetzt werden kann, sondern auch inline zur Qualitätsregelung, z.B. von Extrudern.

Zur Charakterisierung von Werkstoffen bietet die Polymer-Profiler Software zusätzlich eine 2D-Fingerprint-Messmethode, welche zwei der materialcharakteristischen Relaxationszeiten in Beziehung zueinander bringt und so eine detailliertere Karte der entsprechenden Materialeigenschaften als Ergebnis ausgibt. Die Auswertung dieser Karte zeigt die charakteristischen Relaxationsprofile der korrelierten Zeiten  $T_1$  und  $T_2$ . Mit dieser Methode lassen sich Werkstoffe anhand ihrer Karten eindeutig identifizieren und Materialänderungen nachverfolgen.

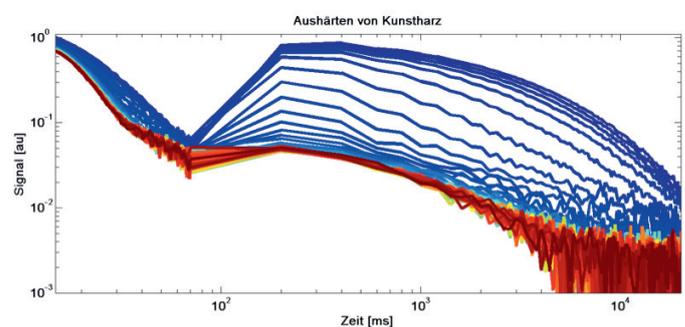
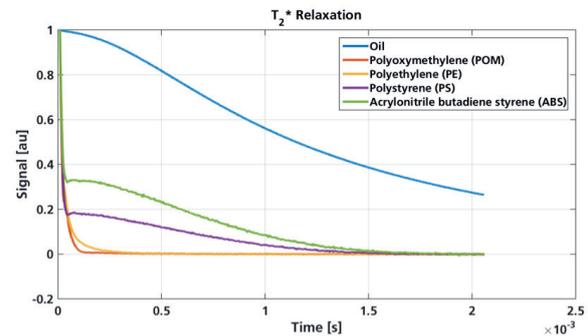
### Anwendungsbereiche

Das neue System kann in zahlreichen Bereichen zum Einsatz kommen, in denen eine Überwachung der Eigenschaften von Kunst-, Kleb- oder Dichtstoffen relevant ist. Im Bereich der Materialforschung ist die Korrelation der 2D-Fingerprints und der Materialeigenschaften interessant.

So kann z. B. untersucht werden, wie sich die Alterung von Polymeren auf deren Eigenschaften auswirkt oder welche Haltbarkeitszeiten erwartet werden können. Klebstoffe und Dichtstoffe können durch das Monitoring der Aushärtevorgänge in Abhängigkeit der Umgebungsparameter, wie z.B. Temperatur und Luftfeuchtigkeit, charakterisiert und optimiert werden.

Betriebe der verarbeitenden Industrie haben die Möglichkeit, die Qualität eingekaufter Kleb- und Dichtmaterialien zu testen und Veränderungen zwischen unterschiedlichen Chargen schon bei der Anlieferung zu kontrollieren.

Eine weitere Anwendung liegt im Bereich des Recyclings. Der Polymer-Profiler erlaubt die Unterscheidung von Kunststoffen, die mit herkömmlichen und etablierten Messverfahren nicht differenziert werden können. Damit ist es möglich diese Kunststoffe im Recycling vollautomatisch zu trennen.



oben:  
Charakteristische Relaxationskurven für verschiedene Materialien

unten:  
Monitoring eines Aushärtevorgangs durch kontinuierliches Messen der charakteristischen Relaxationskurve (blau - flüssig, rot - ausgehärtet)

#### Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT ein Bereich des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS

Institutsleitung  
Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger  
(geschäftsführend)

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Grill  
Prof. Dr. Alexander Martin

Am Wolfsmantel 33  
91058 Erlangen  
Telefon +49 9131 776-0  
info@iis.fraunhofer.de  
www.iis.fraunhofer.de

Bereichsleitung  
Dr. rer. nat. Norman Uhlmann

Magnetresonanz- und  
Röntgen-Bildgebung  
Am Hubland  
97074 Würzburg

Kontakt  
Dr. Philipp Mörchel  
Telefon: +49 931 31-83066  
Fax: +49 931 31-84680  
philipp.moerchel@iis.fraunhofer.de  
www.iis.fraunhofer.de/ezrt