

Anwendung von iNDTact Sensorsystemen zur Schadenserkennung und Qualitätsprüfung an Faserverbundbauteilen

Dr. Raino Petričević



Sensitive Structures

testXpo

15. Oktober 2018

Grundlagen der Schallemissionsanalyse

- Prinzip
- Vor- und Nachteile
- Anwendungsbeispiele

Schallemission in Faserverbundwerkstoffen

- Versagensarten
- Anwendungsbeispiele

Zusammenfassung

Grundlagen der Schallemissionsanalyse

- Prinzip
- Vor- und Nachteile
- Anwendungsbeispiele

Schallemission in Faserverbundwerkstoffen

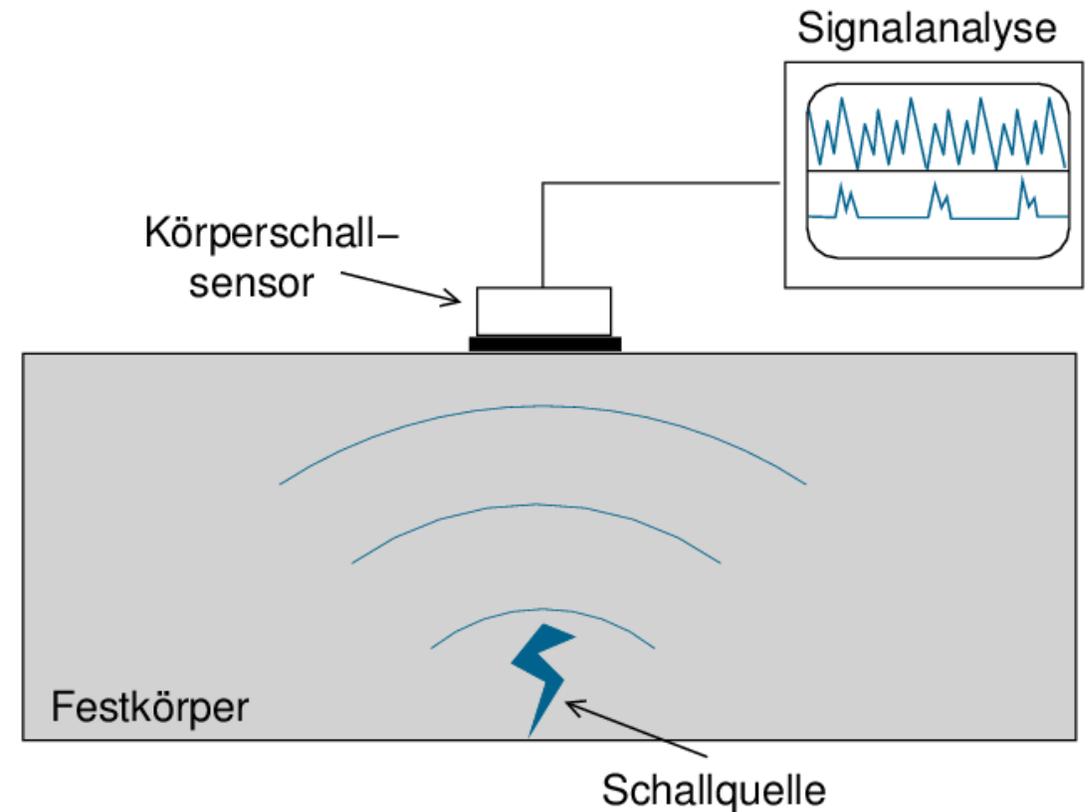
- Versagensarten
- Anwendungsbeispiele

Zusammenfassung

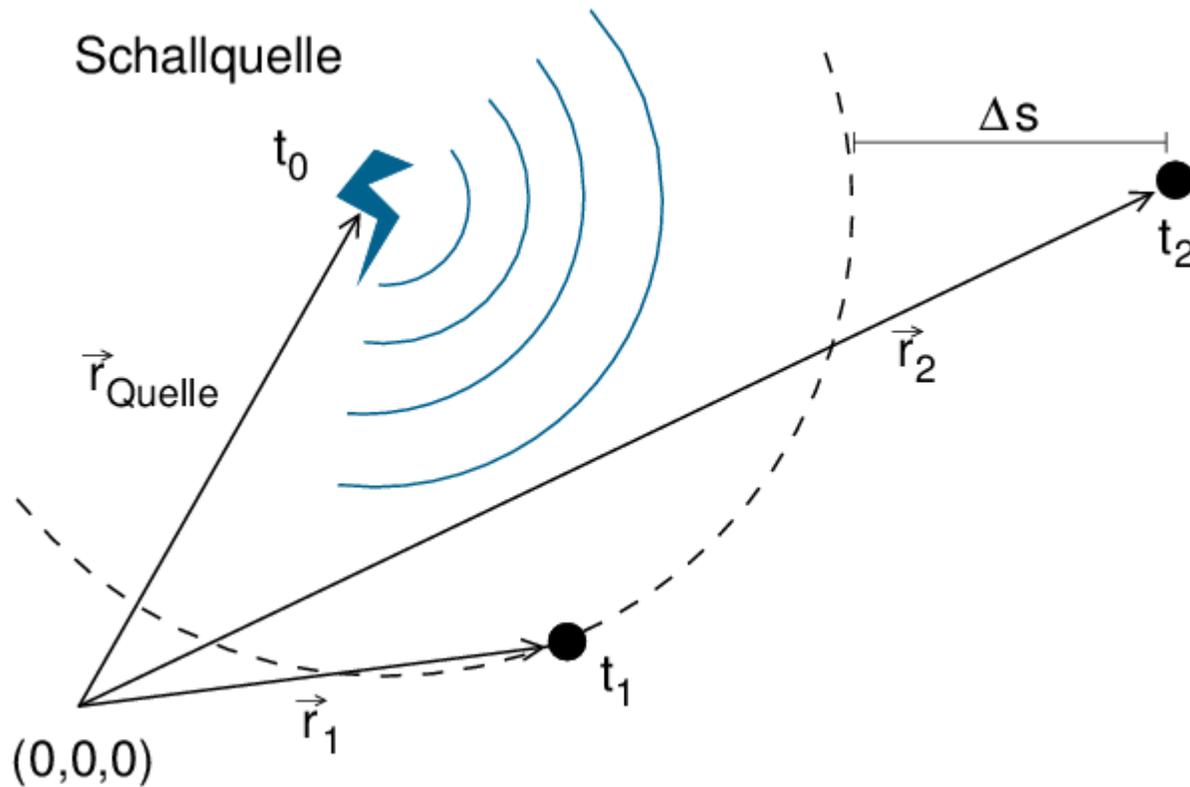
ruckartige Mikroverformung (z.B. Riss)

→ erzeugt transiente elastische Spannungswelle

- Detektion durch Körperschallsensor
- Umwandlung in elektrisches Signal (Spannung)
- Signalanalyse



Ortung von Schallemissionsquellen



transientes Signal

$$|\vec{r}_i - \vec{r}_{\text{Quelle}}| = v \cdot (t_i - t_0)$$

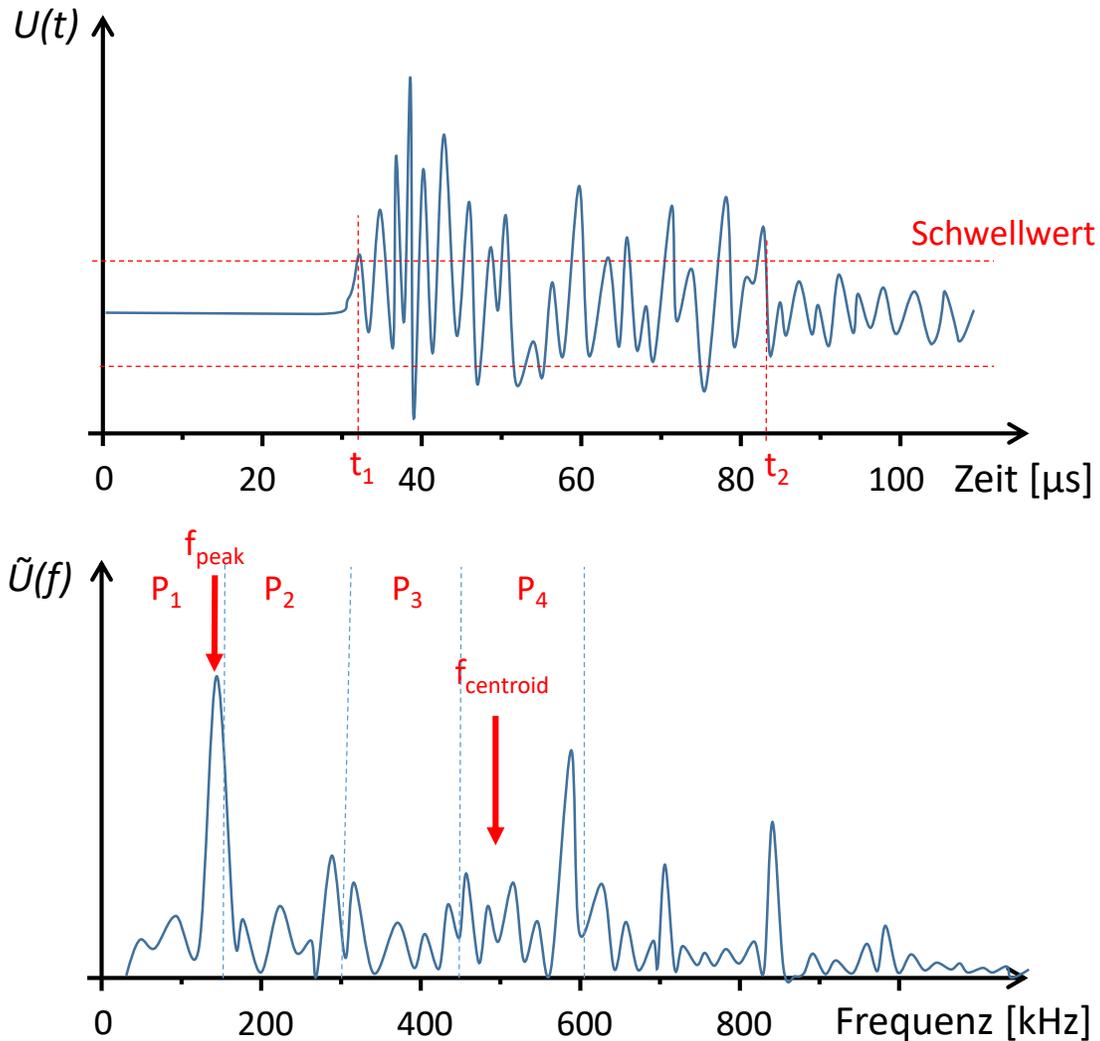
\vec{r}_{Quelle} und t_0 unbekannt

$$\Delta s = v \cdot (t_2 - t_1) = \text{const.}$$

→ Hyperbel

→ für N Dimensionen mindestens $N+1$ Sensoren

Charakteristische Signalparameter



Energie	$E = \int_{t_1}^{t_2} U^2(t) dt$
Spektrum	$\tilde{U}(f) = \text{FT}[U(t)]$
Frequenzmaximum	$\tilde{U}(f_{\text{Peak}}) = \max[\tilde{U}(f)]$
Frequenzspektrum-Schwerpunkt	$f_{\text{Centroid}} = \frac{\int f \cdot \tilde{U}(f) df}{\int \tilde{U}(f) df}$
gewichtetes Frequenzmaximum	$f_{\text{WP}} = \sqrt{f_{\text{Peak}} \cdot f_{\text{Centroid}}}$
Partielleistung n	$P_n = \frac{\int_{f_n}^{f_{n+1}} \tilde{U}^2(f) df}{\int_0^{f_{\text{max}}} \tilde{U}^2(f) df}$

Vorteile

- integrales Prüfverfahren: mit wenigen Sensoren ganzes Bauteil überwachen
- Prüfung unter Betriebsbedingungen und in Echtzeit
- Detektion der Keimbildung von Schäden → Vorhersage größerer Folgeschäden
- Lokalisierung des Schadens über Ortungsverfahren
- Unterscheidung von Schadensarten durch Signalanalyse

Nachteile

- Grenzflächen und Inhomogenitäten verändern die Wellenform aufgrund Überlagerung und Modenkonzersion auf ihrem Laufweg
- Dämpfung und Dispersion verschlechtern Aussagefähigkeit der Signale

→ Nachteile können durch Signalrekonstruktion beseitigt werden

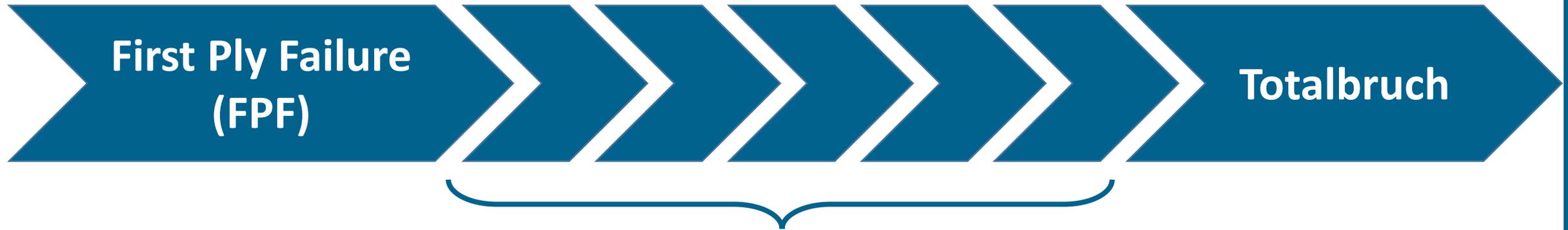
Grundlagen der Schallemissionsanalyse

- Prinzip
- Vor- und Nachteile
- Anwendungsbeispiele

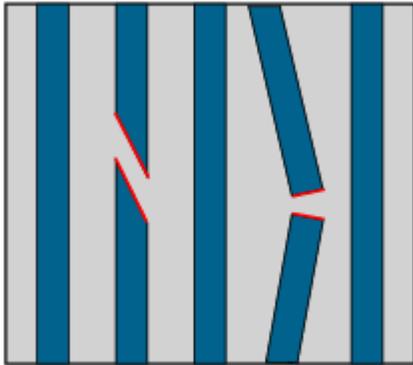
Schallemission in Faserverbundwerkstoffen

- Versagensarten
- Anwendungsbeispiele

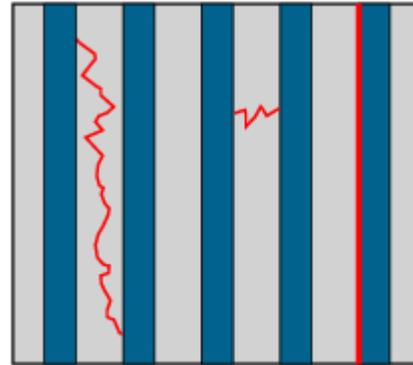
Zusammenfassung



**Sukzessives Bruchgeschehen
über
Akustische Emissionen**

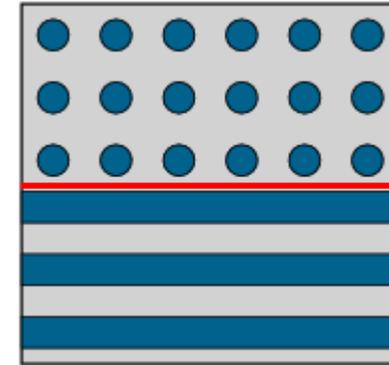


Faserbruch



Zwischenfaserbruch

- Matrixbruch/Matrixriß (Kohäsivversagen)
- Faser-Matrix-Ablösung (Adhäsivversagen)

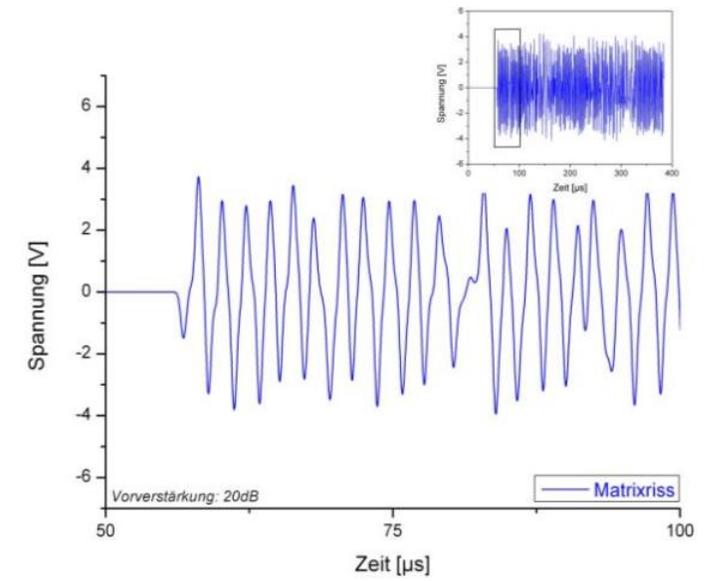
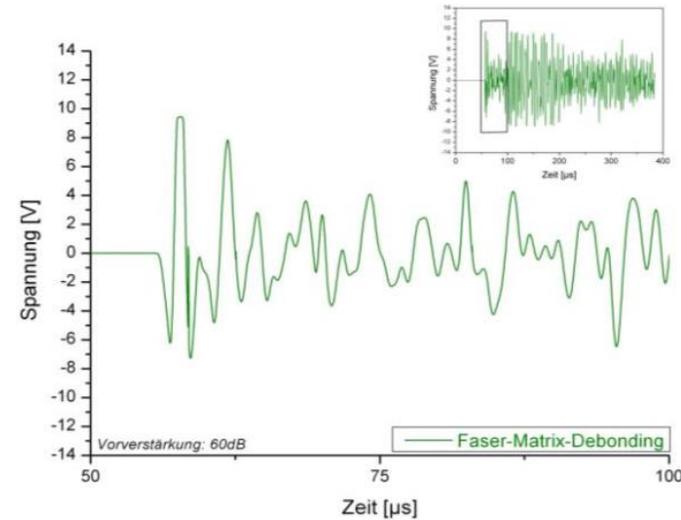
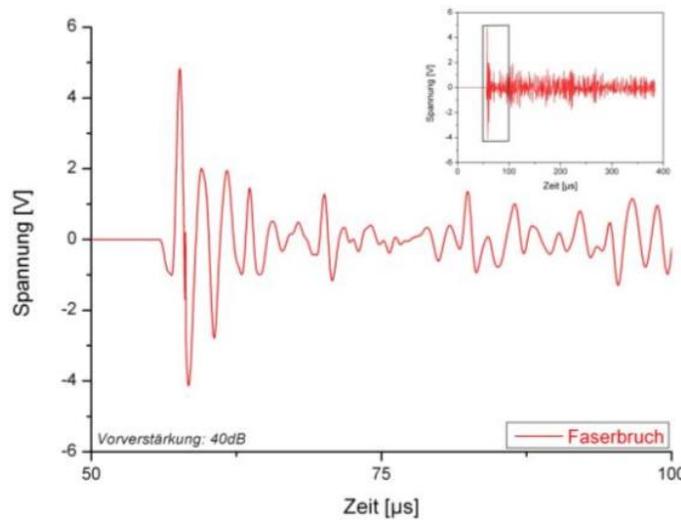
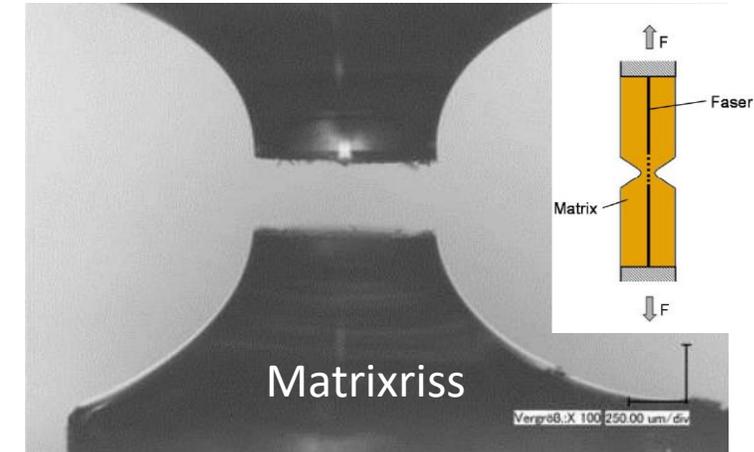
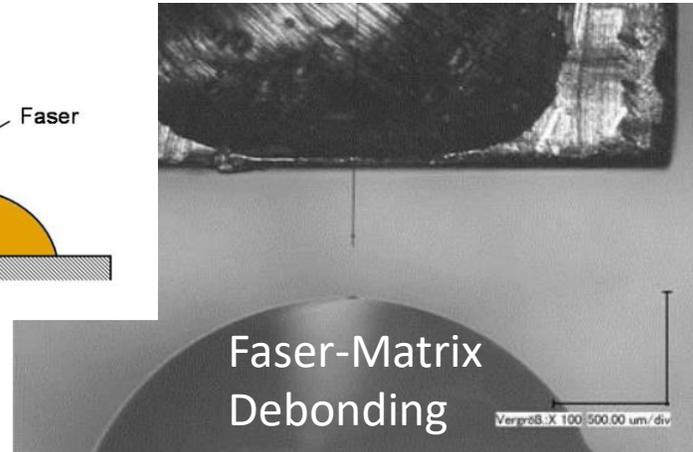
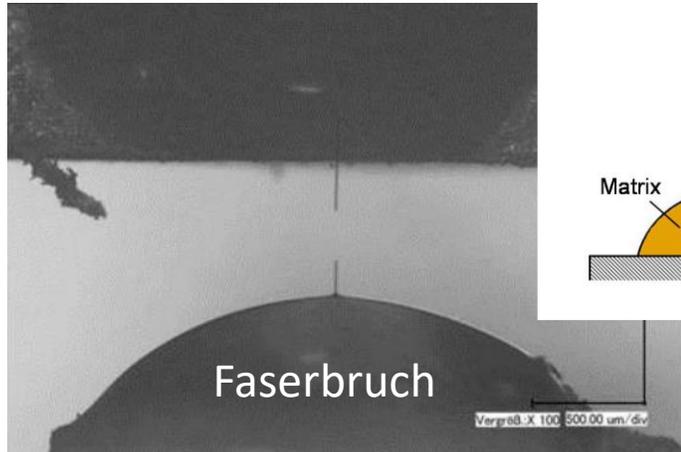


Delamination von Schichten

Schallemission in Faserverbundwerkstoffen

Gezielt erzeugte Schädigungen

Richler et al., 19. Kolloquium Schallemission, Vortrag 2 (Augsburg, 2013)



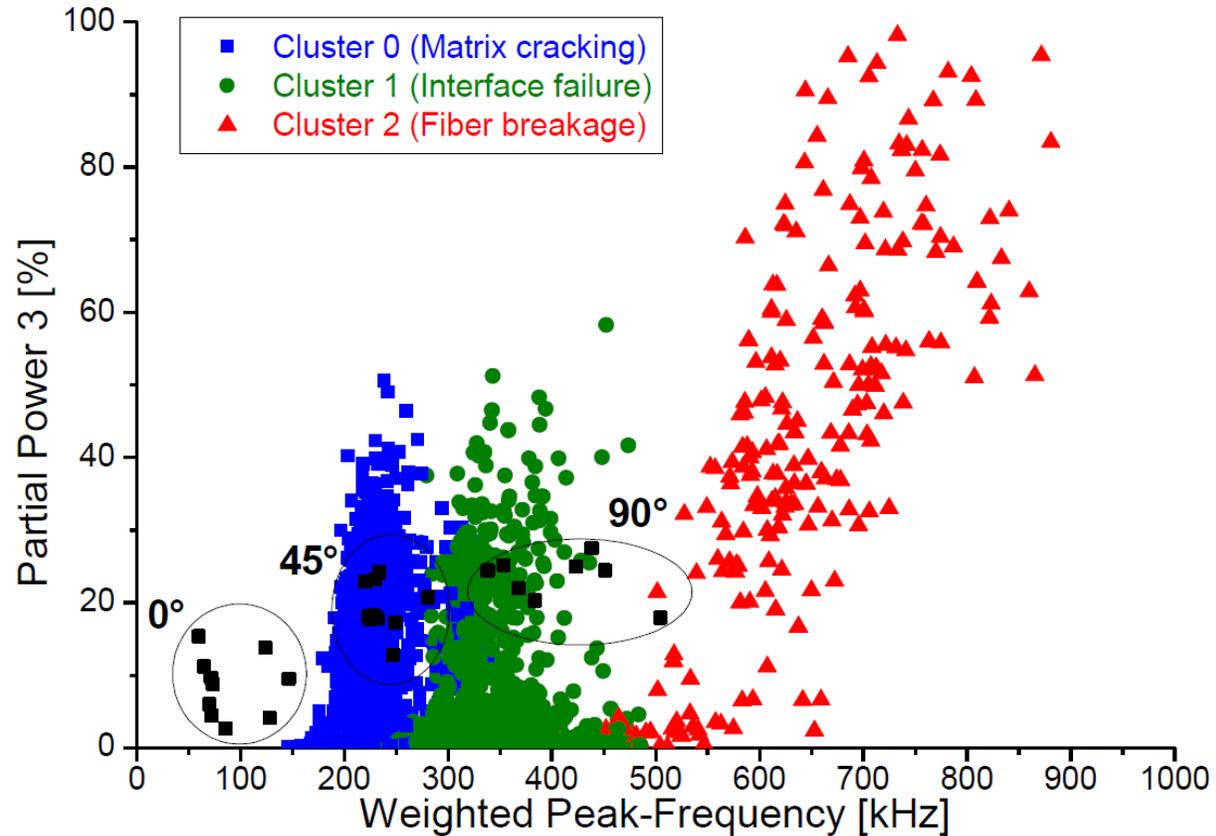


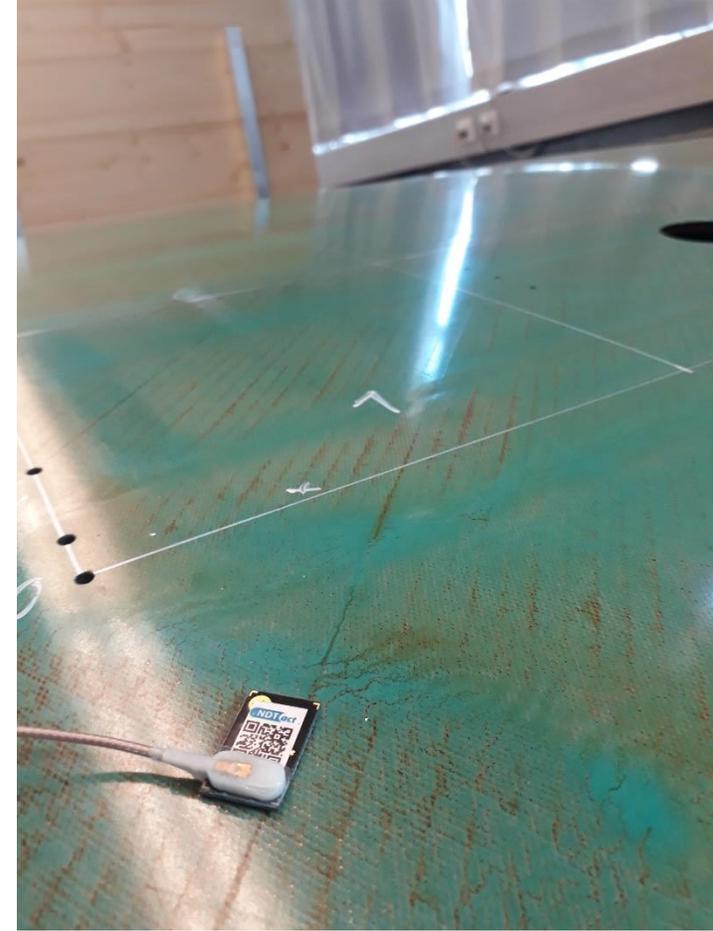
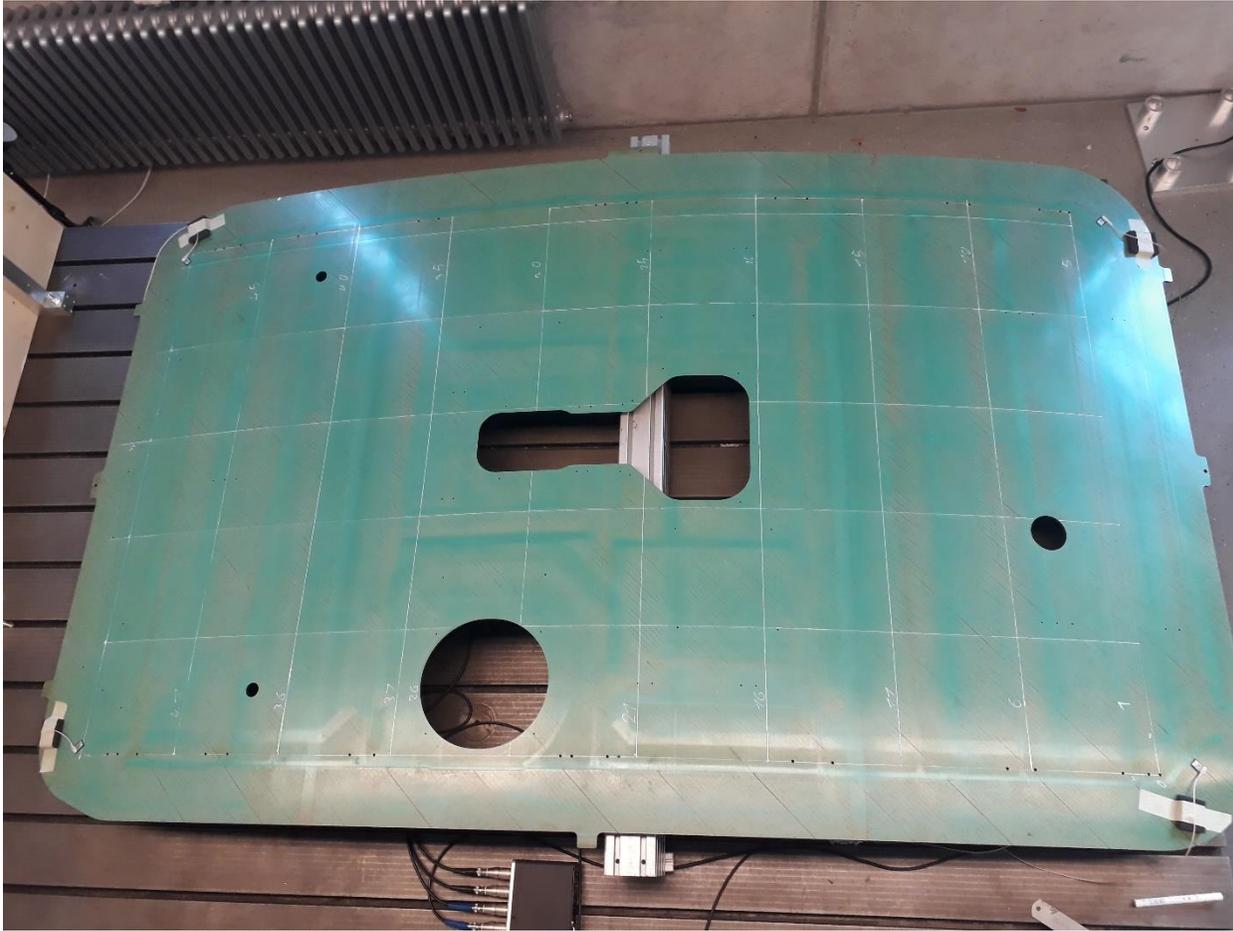
Fig. 15. Diagram of weighted peak frequency vs. partial power 3 of experimental measurement of double cantilever beam specimen [Sause, 2010d] compared to positions of features extracted from simulated signals for 0°, 45° and 90° propagation direction (all configurations).



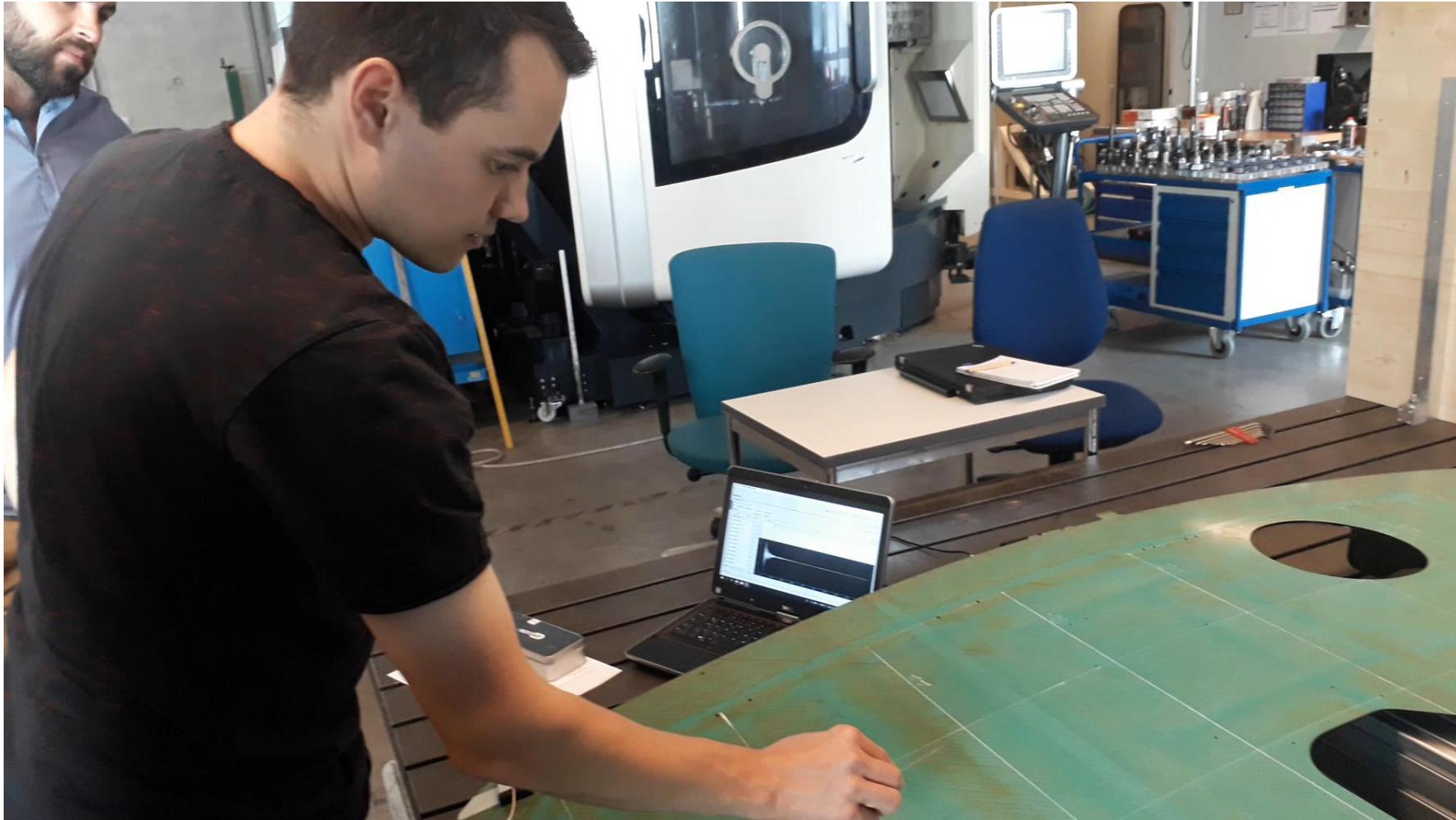
Anwendungsbeispiel Zugprüfung



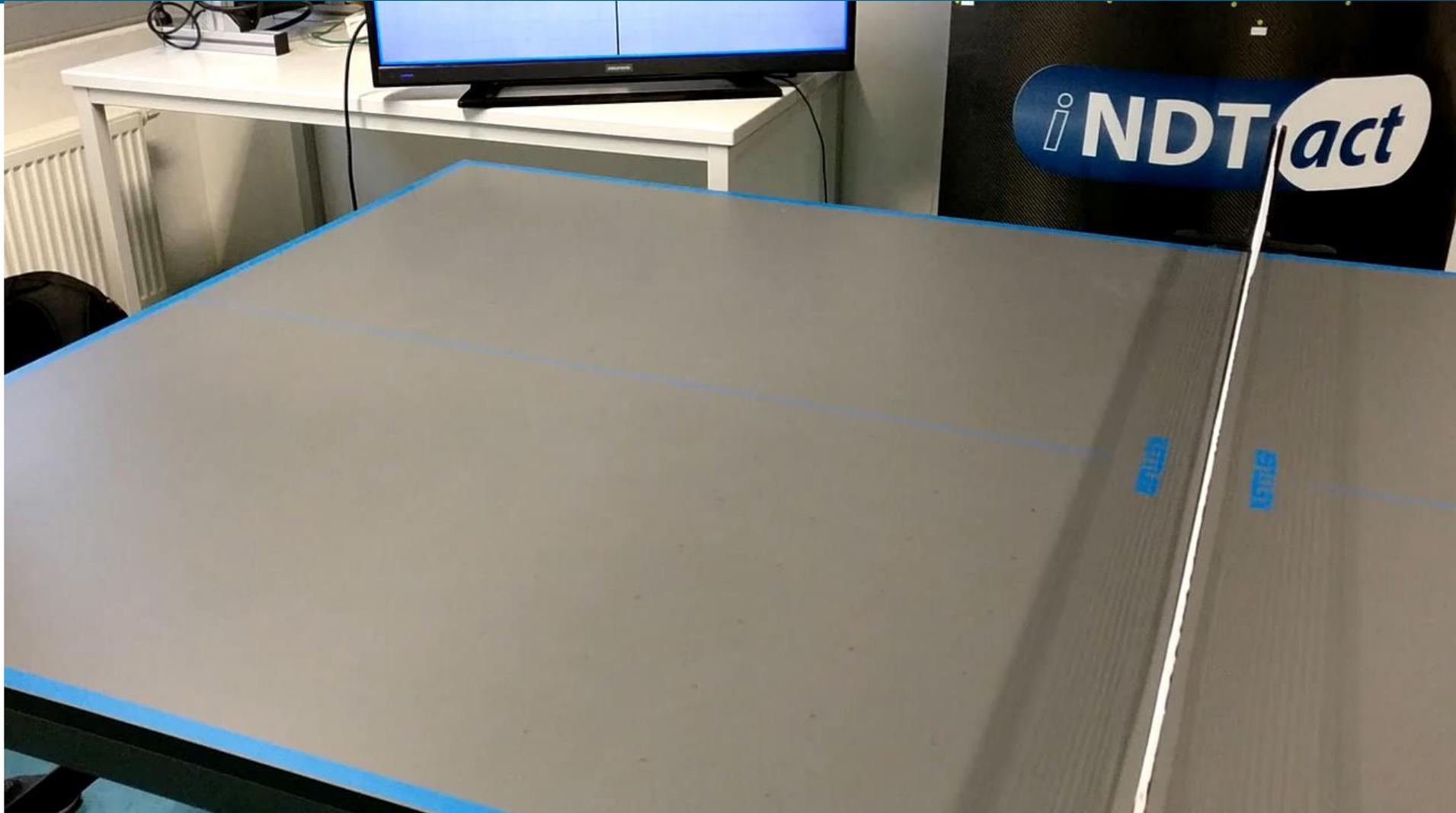
Schallemission in Faserverbundwerkstoffen Ortung durch AI-Teaching



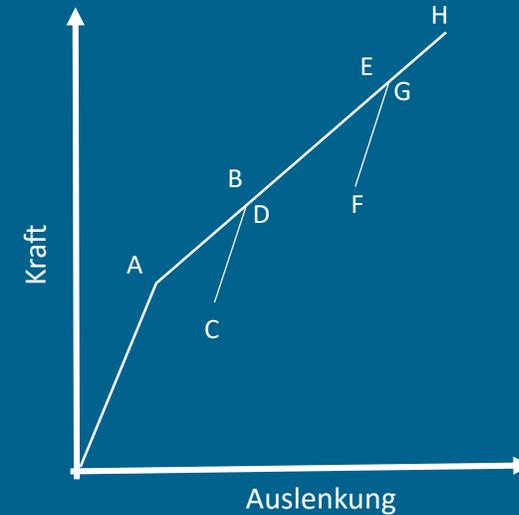
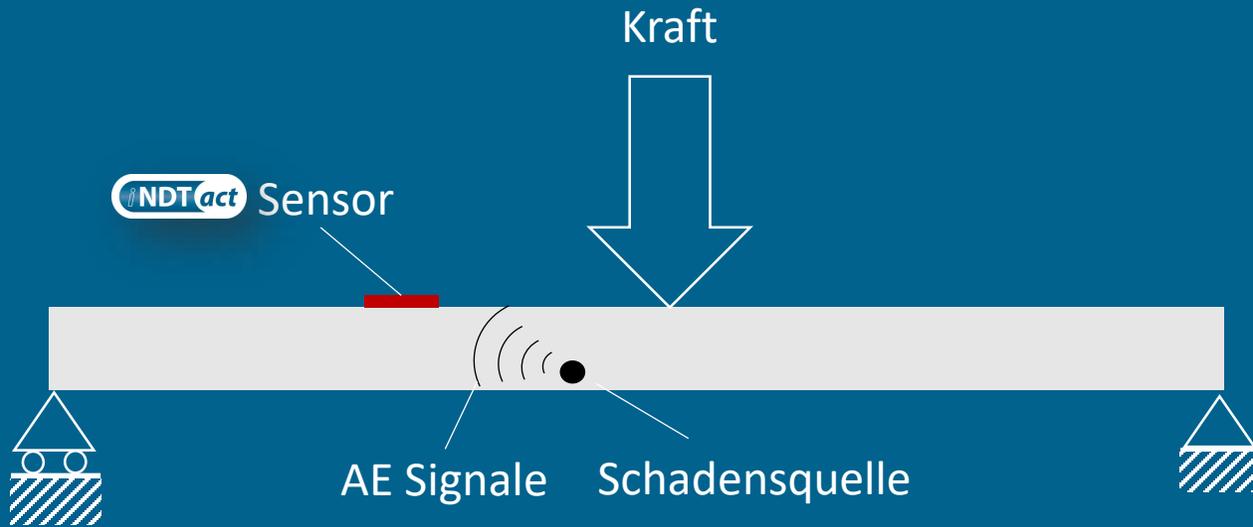
Schallemission in Faserverbundwerkstoffen Ortung durch AI-Teaching



Schallemission in Faserverbundwerkstoffen
Ortung durch AI-Teaching



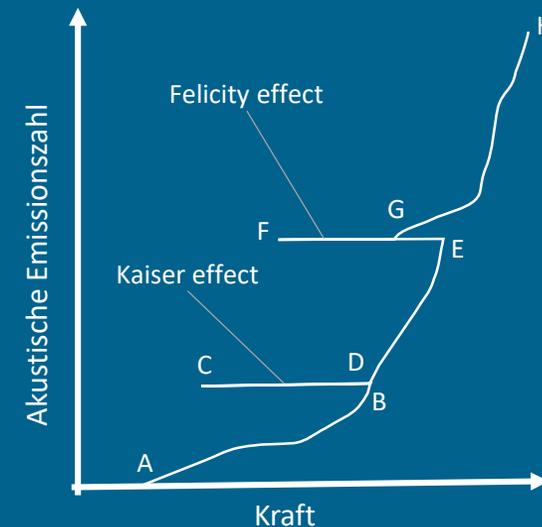
Qualitätsbewertung bei der Bauteilprüfung



$$\text{Felicity ratio} = \frac{\text{load where count start increasing (G)}}{\text{Previous load maximum (E)}} \leq 1$$

= 0,8 ... 1,0 → Bauteil i.O.

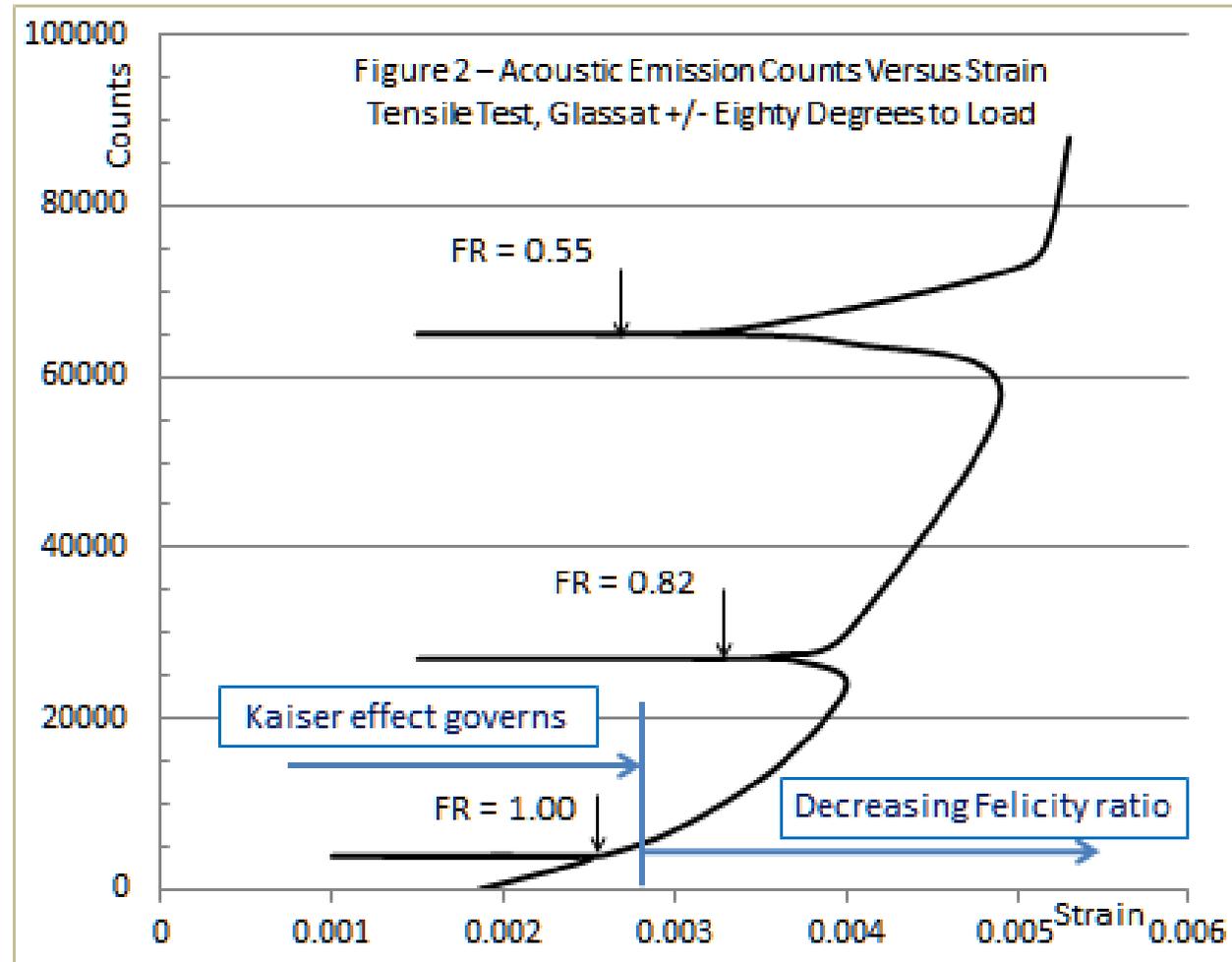
< 0,8 → Bauteil defekt



Beispiel: Drucktankprüfung

The Origin of Comittee of Acoustic Emission on reinforced Plastics and the Term “Felicity Effect”

Timothy J. FOWLER, Spicewood, TX, USA
howzatwk@verizon.net



Grundlagen der Schallemissionsanalyse

- Prinzip
- Vor- und Nachteile
- Anwendungsbeispiele

Schallemission in Faserverbundwerkstoffen

- Versagensarten
- Anwendungsbeispiele

Zusammenfassung

- Schallemissionsanalyse detektiert transiente Spannungswellen durch Risse und plastische Verformungen
- integrales Prüfverfahren: mit wenigen Sensoren lässt sich Bauteil global überwachen
- Prüfung unter Betriebsbedingungen und in Echtzeit
- Detektion der Keimbildung von Schäden → Vorhersage größerer Folgeschäden
- Unterscheidung von Schadensarten durch Signalanalyse
- Klassifikation ist im Wesentlichen abhängig vom Signallaufweg
- Klassifikation lässt sich durch Ortung und Signalrekonstruktion verbessern
- Über Felicity-Ratio auch zerstörungsfreie Qualitätsbewertung von Serienbauteilen möglich



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



www.indtact.de