

# Quantenmagnetometrie

## Hochempfindliche Prüfung ferromagnetischer Werkstoffe

### Schädigungen frühzeitig lokalisieren

*Ein Flussleiter, der auf ein optisch gepumptes Magnetometer (OPM) aufgesetzt wird, ermöglicht hochauflösende Messungen der lokalen Magnetisierung von Werkstoffen im Bereich weniger  $\mu\text{m}^2$ .*

Quantensensoren wie zum Beispiel optisch gepumpte Magnetometer (OPM) eröffnen der Messtechnik neue Möglichkeiten. Ähnlich wie Atomuhren nutzen sie atomare Konstanten, sodass man sie nicht kalibrieren muss. Zudem verringern quantenmechanische Prinzipien wie das der Verschränkung die statistische Messunsicherheit gegenüber klassischen Ansätzen. Dies führt zu robusten und hochempfindlichen Sensoren mit außerordentlichem Dynamikbereich.

In miniaturisierten optisch gepumpten Magnetometern (OPM) misst ein Laser anhand der Larmor-Frequenz das Magnetfeld in  $1 \text{ mm}^3$  Rubidium-Gas. Die Empfindlichkeit reicht aus, um in ferromagnetischen Werkstoffen Schädigungen durch Materialermüdung anhand der Magnetisierung zu erkennen – in einem Probenvolumen von nur  $0,1 \text{ mm}^3$ .

Fraunhofer IPM und Fraunhofer IWM arbeiten zusammen mit weiteren Partnern an der Entwicklung neuartiger magnetischer Messsysteme für die Materialprüfung. Die extrem hohe Empfindlichkeit der OPM von nur einem Millionstel des Erdmagnetfeldes ermöglicht eine hochauflösende magnetische Prüfung von Schädigungen in ferromagnetischen

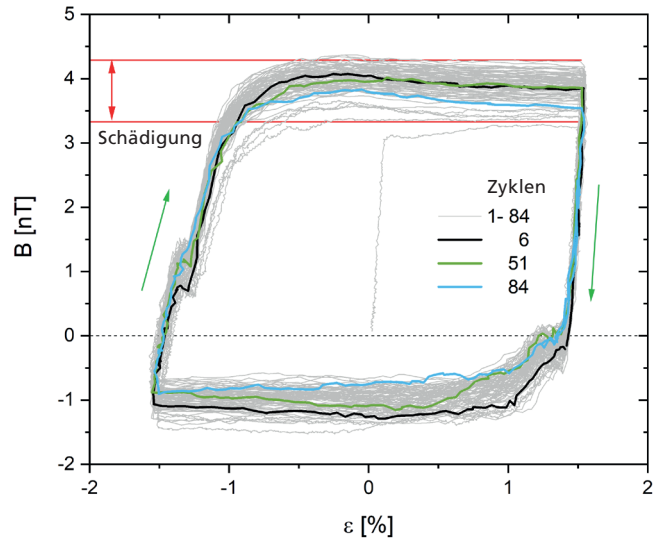
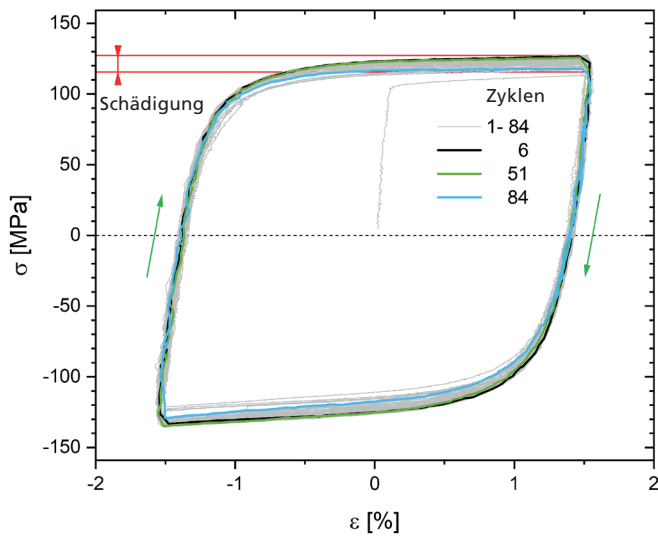
Werkstoffen – etwa von Spannungskonzentrationen an nicht perfekten Schweißnähten in Stahl.

Um diese Empfindlichkeit in industriellen Anwendungen nutzbar zu machen, arbeitet unser Team an neuen Komponenten wie Flussleitern als »magnetischen Prismen« zur Steuerung von Empfindlichkeit und Ortsauflösung, geeigneter Aktorik und speziellen Schirmungen gegen störende Magnetfelder aus der Umgebung. So können kritische Komponenten mit sehr hohen Anforderungen an die funktionale Sicherheit frühzeitig in der Produktion geprüft werden, obwohl die Umgebungsbedingungen hier alles andere als optimal für OPM sind.

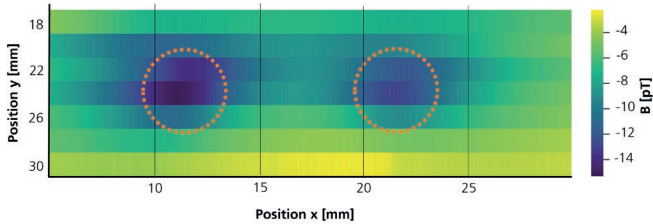
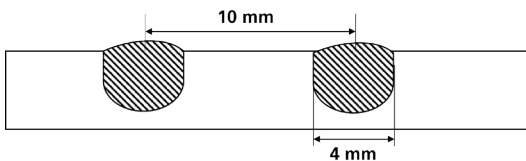
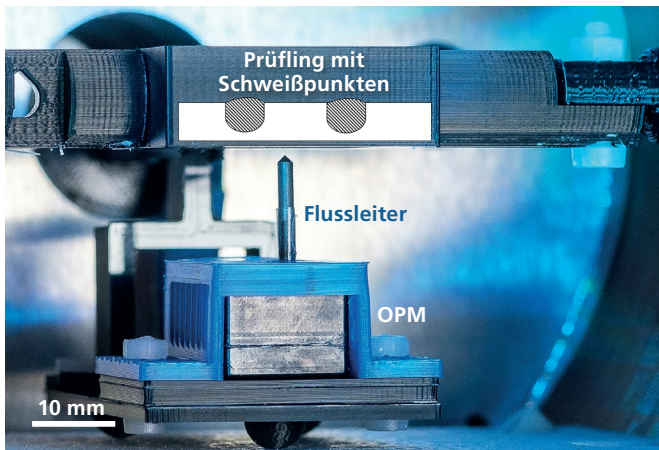
#### QMAG Quantenmagnetometrie

Im Leitprojekt QMAG kooperieren sechs Fraunhofer-Institute zur Erschließung industrieller Anwendungen von Quantenmagnetometern wie OPM oder NV-Zentren in den Bereichen Mikroelektronik, Materialforschung und Durchflussmessung. Das Projekt wird zu gleichen Teilen vom Land Baden-Württemberg und der Fraunhofer-Gesellschaft gefördert.

[www.qmag.fraunhofer.de](http://www.qmag.fraunhofer.de)



Spannungs-Dehnungsdiagramm (links) und magnetisches Streufeld  $B$  (rechts) eines ferritischen Stahls im dehnungsgeregelten Ermüdungsversuch. Das magnetische Streufeld ändert sich mit der Spannung  $\sigma$  (grüne Pfeile) und mit fortschreitender Schädigung im Werkstoff (»Schädigung«, rote Pfeile).



Die magnetischen Streufelder  $B$  von Spannungen, die durch Schweißpunkte oben im Prüfling induziert werden, können an der Unterseite mit Empfindlichkeiten im pT-Bereich gemessen werden – das ist weniger als ein Millionstel des Erdmagnetfelds.

### Kontakt

Dr. Alexander Bertz  
Stellv. Abteilungsleiter Produktionskontrolle  
Gruppenleiter Geometrische Inline-Messsysteme  
Telefon +49 761 8857-362  
alexander.bertz@ipm.fraunhofer.de

Dr. Andreas Blug  
Projektleiter  
Telefon +49 761 8857-328  
andreas.blug@ipm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM  
Georges-Köhler-Allee 301  
79110 Freiburg  
www.ipm.fraunhofer.de

Dr. Simon Philipp  
Meso- und Mikromechanik  
Geschäftsfeld Bauteilsicherheit und Leichtbau

Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM  
Wöhlerstraße 11  
79108 Freiburg  
Telefon +49 761 5142-598  
simon.philipp@iwf.fraunhofer.de  
www.iwm.fraunhofer.de

