



WIAP®

MEMV®



# Metall entspannen mit Vibration

## BERICHT WM 886 SPANNUNGEN MESSEN

### Barkhausen Rauschen

#### 1 BARKHAUSENRAUSCHEN

##### 1.1 Barkhausenrauschen Analyse



Die Barkhausenrauschen Analyse (BNA), genannt auch magnetoelastische oder mikromagnetische Methode, beruht auf dem Prinzip von induktiven Messungen eines rauschartigen Signals, welches bei Magnetisierung eines ferromagnetischen Bauteils erzeugt wird. Nach dem deutschen Wissenschaftler Professor Heinrich Barkhausen, der das Prinzip dieses Phänomens schon im Jahre 1919 erklärt hat, wird das Signal Barkhausenrauschen genannt.

##### 1.2 Barkhausenrauschen - das Phänomen

Ferromagnetische Materialien besitzen kleine magnetische Bereiche, die modellhaft winzigen Stabmagneten ähneln und Domänen genannt werden, oder auch Weißsche Bezirke. Jede Domäne wird entlang einer bestimmten kristallographischen Vorzugsrichtung magnetisiert. Die Domänen werden voneinander durch Grenzen getrennt, die als Domänenwände oder Blochwände bekannt sind. Durch Wechsellagerfelder bewegen sich die Domänenwände hin und her. Damit sich eine Domänenwand bewegen kann, muß sich die Domäne an einer Seite der Wand vergrößern, während die Domäne an der Gegenseite schrumpft. Das Ergebnis ist eine Änderung der allgemeinen Magnetisierung des Teils.

Wenn eine Spule aus leitfähigem Draht in die Nähe eines ferromagnetischen Bauteils gestellt wird, während die Domänenwand sich bewegt, erzeugt die entstehende Magnetisierung einen elektrischen Impuls in der Spule. Erstmals wurden die elektrischen Betrachtungen der Bewegung der Domänenwand von Professor Heinrich Barkhausen im Jahre 1919 gemacht. Er hat

bewiesen, dass der Magnetisierungsprozess, der durch eine Hysteresekurve charakterisiert wird, eigentlich nicht stetig und ununterbrochen abläuft, sondern aus kleinen, sprungartigen Schritten besteht, die entstehen, wenn sich die magnetischen Domänen unter dem angewandten Magnetfeld bewegen. Wenn alle elektrischen Impulse, die durch alle Domänenbewegungen entstehen, addiert werden, wird ein rauschartiges Signal oder das Barkhausenrauschen erzeugt.

Das Barkhausenrauschen verfügt über ein Leistungsspektrum, das bei der Magnetisierungsfrequenz beginnt und bei den meisten Materialien bis über 2 MHz ansteigt. Es wird exponentiell gedämpft als eine Funktion des Abstands, um welchen es sich im Material bewegt hat. Dies wird vor allem durch die Wirbelstromdämpfung verursacht, die durch die sich vermehrenden elektromagnetischen Felder entsteht, die durch die Domänenwände erzeugt werden. Das Ausmaß der Dämpfung legt die Tiefe fest, in der Informationen erfasst werden können (Messtiefe). Die Hauptfaktoren, die diese Tiefe beeinflussen, sind

der Frequenzbereich des analysierten Barkhausenrauschens sowie

die Leitfähigkeit und Permeabilität des Prüfmaterials.

Die möglichen Messtiefen für praktische Anwendungen befinden sich zwischen 0,01 und 1,5 mm, in der Regel wird zur Randzonenanalyse (Schleifbrandprüfung) nur der oberflächennahe Bereich bis ca. 0,05 mm Tiefe ausgewertet.

### 1.3 Barkhausenrauschen – die Eigenschaften

---

Zwei wichtige Materialeigenschaften beeinflussen vorwiegend die Intensität des Barkhausenrauschensignals:

Eine davon ist die Größe, das Vorzeichen und die Verteilung der elastischen Spannungen im Mikrogefüge, die den von Domänen gewählten und in der Vorzugsrichtung der Magnetisierung geschlossenen Weg beeinflussen. Dieses Phänomen von elastischen Eigenschaften, die mit der Struktur der Domänen und den magnetischen Eigenschaften des Materials zusammenwirken, wird magnetoelastische Interaktion genannt. Durch die magnetoelastischen Interaktion verringern Druckspannungen die Intensität des Barkhausenrauschens, während die Zugspannungen die Intensität vergrößern. Dies gilt für Materialien mit positiver magnetischer Anisotropie (Eisen, die meisten Stahlsorten und Kobalt, bei Nickel mit negativer magnetischer Anisotropie ist der Effekt genau umgekehrt.) Diese Tatsache wird bei der Messung der Intensität des Barkhausenrauschens ausgenutzt zur Beurteilung des Eigenspannungszustandes in der Randzone des untersuchten Materials. Die Messung stellt auch die Richtung der Hauptspannungen fest.

Die zweite Materialeigenschaft, welche das Barkhausenrauschen wesentlich beeinflusst, ist die Mikrogefügestruktur. Dieser Effekt kann näherungsweise über die Mikrohärtigkeit beschrieben werden: die Intensität des Rauschens verringert sich in Gefüge mit größerer Mikrohärtigkeit. So vermitteln Barkhausenrauschenmessungen Informationen zum mikrostrukturellen Zustand des untersuchten Materials.

### 1.4 Barkhausenrauschen Analyse – Anwendungen

---

Viele Oberflächenbearbeitungen, wie z. B. Schleifen, Hartdrehen, Einsatz- und Induktionshärtung, Kugelstrahlen verursachen erhebliche Änderungen in Eigenspannung und Mikrogefügestruktur der Randzone, die mittels Barkhausenrauschen charakterisiert werden können. Die Kontrolle von Hartfeinbearbeitungen (Prüfung auf Schleifbrand) stellt die Hauptanwendung des Barkhausenverfahrens dar. Prozesse wie Kriechen und Ermüdung ändern ebenfalls die Eigenspannung und Mikrostruktur und können mittels Barkhausenrauschen analysiert werden.

Praktische Anwendungen der magnetoelastischen Barkhausenrauschenmethode können allgemein in drei Kategorien eingeteilt werden:

Bewertung der Eigenspannungen; solange die mikrogefügestrukturellen Variablen bekannt und konstant bleiben.

Bewertung des Mikrogefüges; solange die Eigenspannungen bekannt und konstant bleiben.

Prüfen von Randzonen auf Veränderungen in Eigenspannung und Mikrogefüge, welche durch Wärmebehandlungen und Bearbeitungsprozesse beeinflusst werden können:

\* Zerstörungsfreie Feststellung von Schleifbrand, Kontrolle des Schleifprozesses

- \* Überwachung von Hartdrehbearbeitungen
- \* Kontrolle von Wärmebehandlungen
- \* Zerstörungsfreie Prüfung von thermischen Schädigungen des Substrats durch Verchromungsschichten hindurch
- \* Bewertung der Oberflächeneigenspannung in Walzen aus Stahl

---

## 2 QUELLENVERZEICHNIS

---

<http://de.stresstechgroup.com/content/de/1041/1671/Barkhausenrauschen%20Analyse.html>

[Praktikumsanleitung Versuch - Lehrstuhl Metallische Werkstoffe](#)

<http://www.mattec.ch/de/services/eigenspannungen.html>

<https://www.psi.ch/sinq/poldi/>

<http://wiap.ch/Diverse%20Sprachen/Deutsch/1.%20Inhalt%2000/Inhalt%2000.htm>

Wikipedia NDE

<http://stressvision.com/>

*Ende Bericht WM 886, Spannungen messen Barkhausen Rauschen  
Hpw 07\_11\_2018*