

14.12.08

Gruppe C

Karsten Hinselmann (karsten.hinselmann@gmx.de)

Marc Strafela (strafela14@gmx.de)

Uwe Popp (uwepopp86@googlemail.com)

## **ZfP-Praktikum**

# **Protokoll zur Laservibrometrie und Ultraschallprüfung**

## **Laservibrometrie**

### **Grundlagen zur Laservibrometrie**

Allgemein gilt, dass Körper zur Schwingung angeregt werden können, indem sie Schallwellen absorbieren. Elastische Wellen werden im Körper erzeugt und haben eine Oberflächenauslenkung zur Folge. Besonders große Amplituden erhält man, wenn der Körper mit einer seiner Eigenfrequenzen angeregt wird.

Bei der Laservibrometrie wird beim Durchlaufen eines bestimmten Frequenzbereichs der Frequenzunterschied des eingestrahnten und reflektierten Laserlichts gemessen. Diese Frequenzverschiebung wird durch Oberflächenbewegung erzeugt (Doppler-Effekt). Die Überlagerung zweier Wellen unterschiedlicher Frequenz nennt man Schwebung.

Somit lassen sich also Oberflächenverschiebungen über Schwebungen erkennen. Durch interferometrische Messung der Auslenkung lässt sich das Resonanzlinienmuster bestimmen, welches die Bauteilgeometrie wiedergibt. So lassen sich schadensbedingte Veränderungen eines Objekts per Schwingungsanalyse charakterisieren. Dies alles lässt sich kontaktfrei an Körpern bewerkstelligen.

### **Versuchsdurchführung**

Mit dem Laservibrometer soll das Resonanzspektrum einer rechteckförmigen Metallplatte untersucht werden. Die Platte wird in einem schallgedämpften Raum nahezu frei aufgehängt und hinter ihr wird ein Lautsprecher (100 Hz – 20 kHz) aufgestellt, der zur Anregung dient. Hierbei können zwei Signale genutzt werden. Das Sweep- Signal, dass die Frequenzbereiche nacheinander durchläuft, oder das Chirp- Signal, bei dem mit mehreren Frequenzen gleichzeitig angeregt wird.

Um eine hohe Auflösung zu erhalten, wird eine hohe Anzahl von Messpunkten gewählt. Dadurch werden Messfehler gering gehalten. Der Messbereich liegt zwischen 40Hz und 20 kHz. Während der Laserstrahl nun die Oberfläche des Prüfobjekts abrastert, überlagert der Rechner die Frequenz des detektierten Strahls mit der Frequenz des emittierten Strahls. Die entstehende Schwebung dient zur Bestimmung der Eigenschwingungsformen. Idealerweise sollte die Probe möglichst gleichmäßig streuen.

Man erhält die Amplitude in Abhängigkeit der Frequenz. Die erhaltenen Schwingungsmuster können nun am Computer in 2D und in 3D ausgewertet werden. Man erkennt deutlich die Übergänge von Maxima und Minima, wodurch sich die Knotenpunkte der stehenden Welle abzählen lassen.

Auch muss man hierbei beachten, dass die Eigenfrequenzabstände, anders als in stabartigen Bauteilen, nicht mehr konstant sind. Man muss die horizontale (x) und vertikale (y) Richtung beachten.

Unter einer Fouriertransformation einer Funktion  $f(x)$  versteht man das Integral:

$$F(f)(\varpi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-i\varpi x} d\varpi$$

Sie ermöglicht uns den Übergang für den uns benötigten Darstellungsbereich.

Im Folgenden findet man Bilder der Schwingungsmuster in 2D bei Eigenfrequenzen:

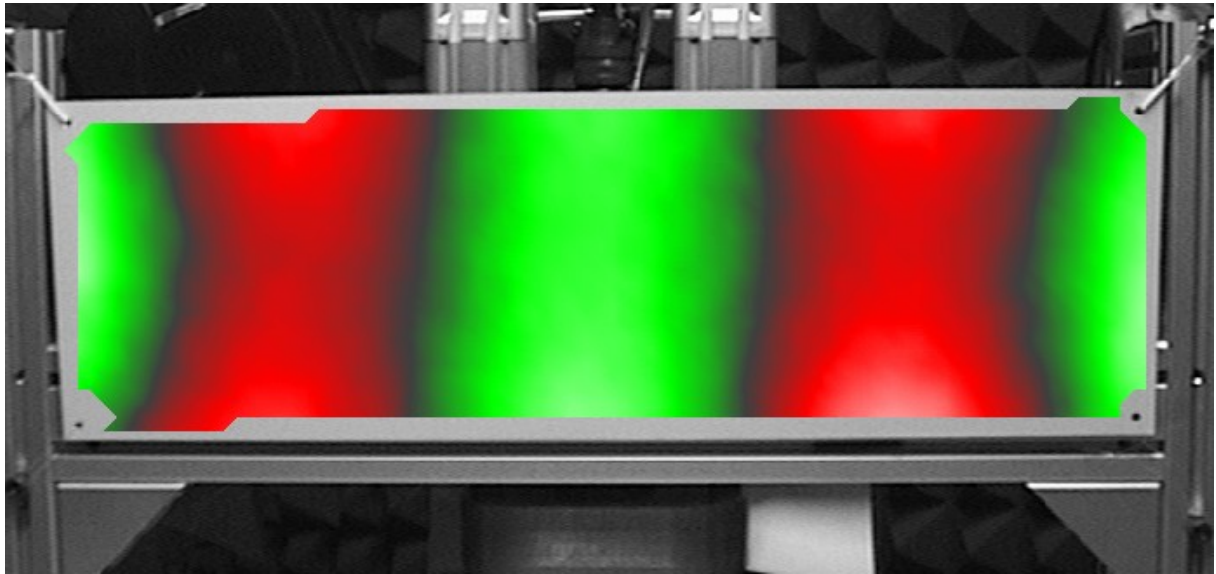


Abbildung 1: Eigenschwingungen bei 43,75 Hz

Man kann 4 Knoten in x-Richtung zählen.

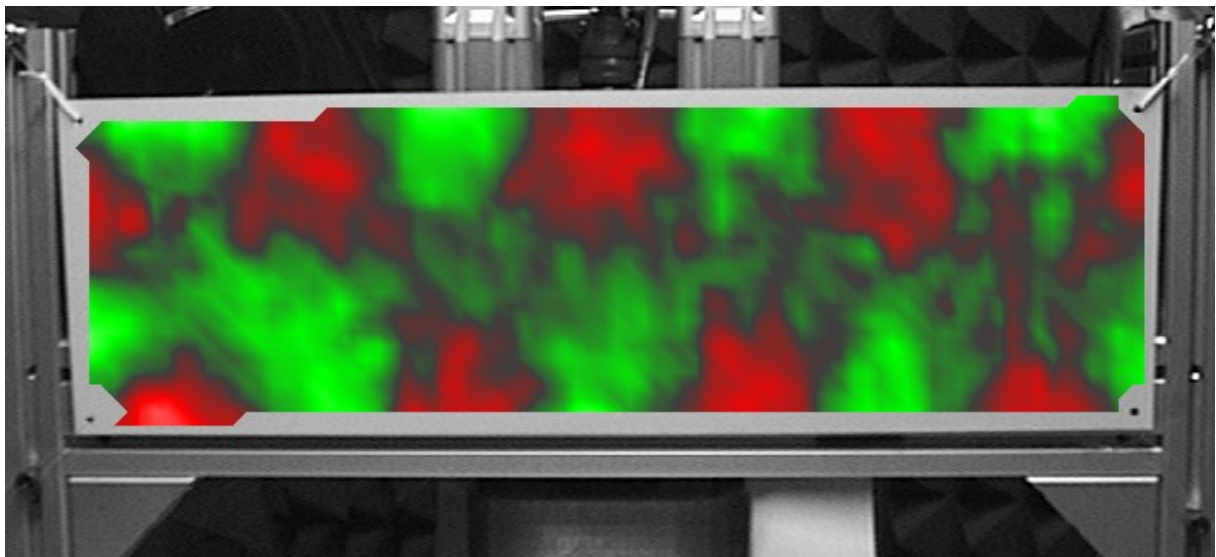


Abbildung 2: Eigenschwingungen bei 237,5 Hz

Man kann 8 Knoten in x-Richtung zählen.

Sowie 1 Knoten in y-Richtung.

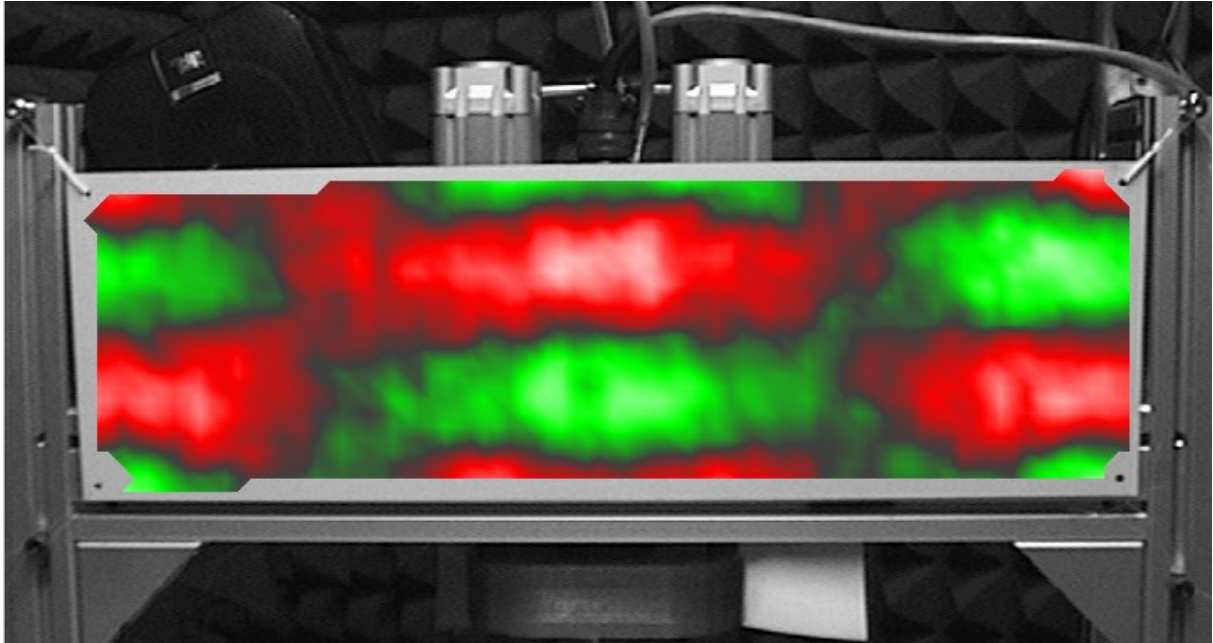


Abbildung 3: Eigenschwingungen bei 268,8 Hz  
 Man kann 2 Knoten in x-Richtung zählen.  
 Und 3 Knoten in y-Richtung.

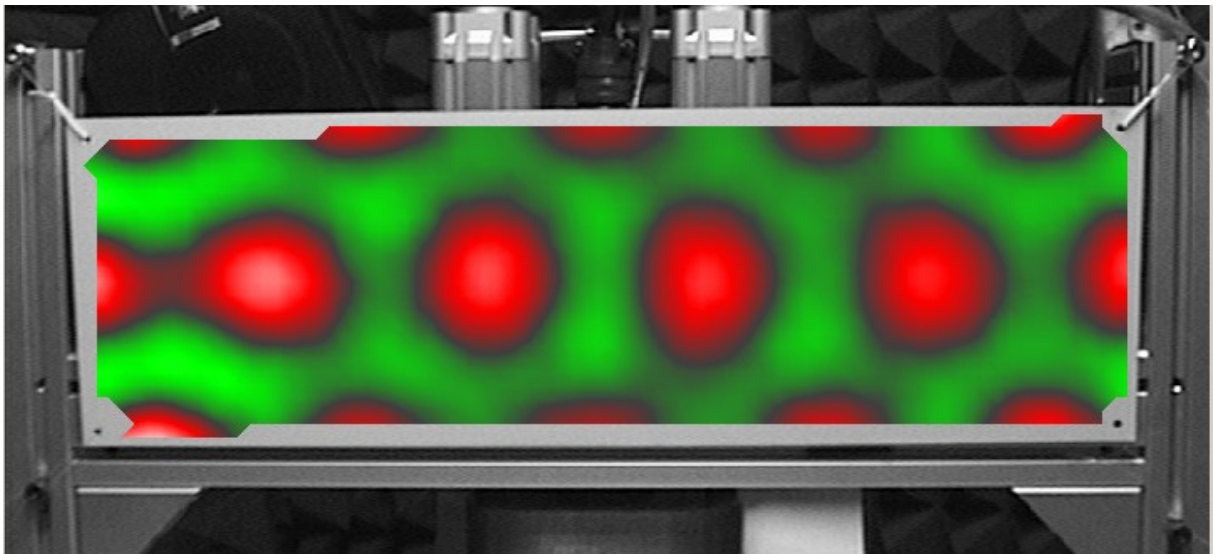


Abbildung 4: Eigenschwingungen bei 481,3 Hz  
 Man kann 10 Knoten in x-Richtung zählen.  
 Und 2 Knoten in y-Richtung.  
 Die Verzerrung auf der linken Seite kann durch ungleichmäßige Anregung durch den Lautsprecher erfolgen.

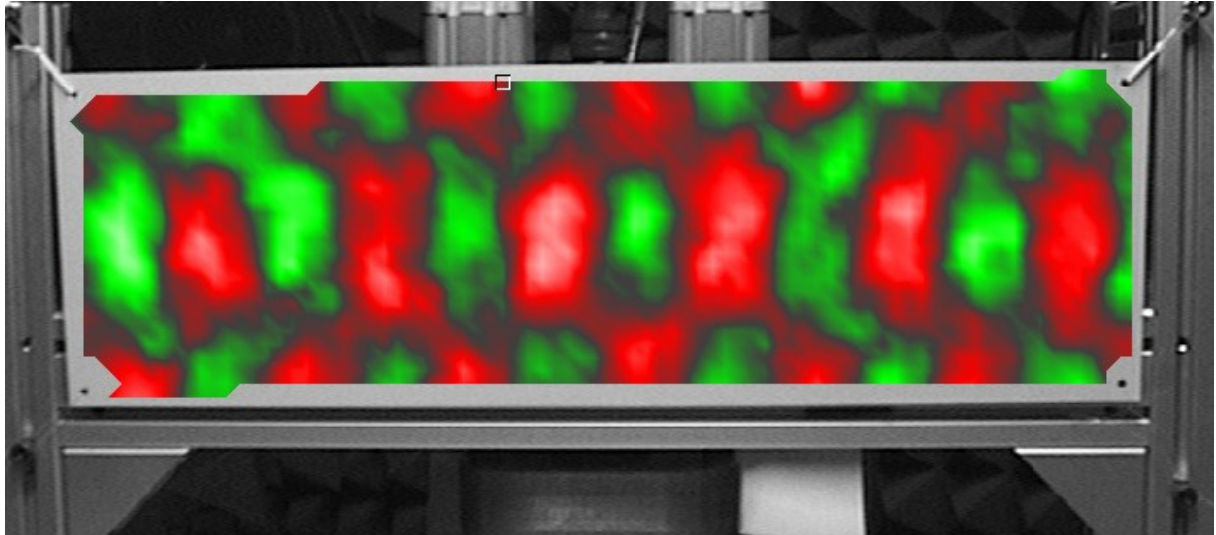


Abbildung 5: Eigenschwingungen bei 737,5 Hz  
Man kann 13 Knoten in x-Richtung zählen.  
Und 2 Knoten in y-Richtung.

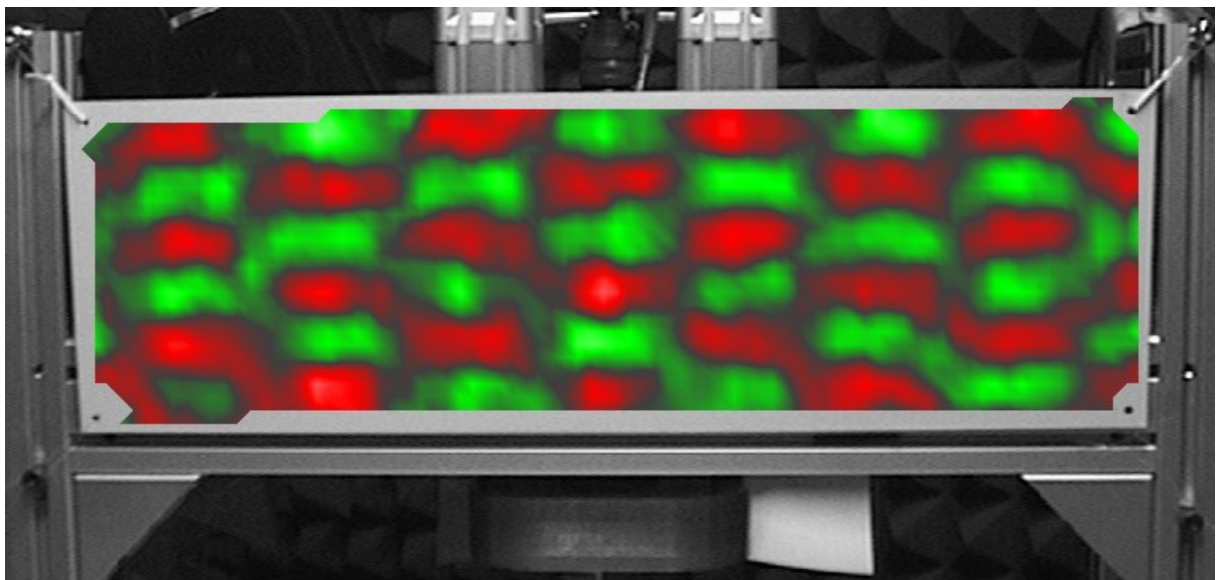


Abbildung 6: Eigenschwingungen bei 1963 Hz  
Man kann 8 Knoten in x-Richtung zählen.  
Und 5 Knoten in y-Richtung.



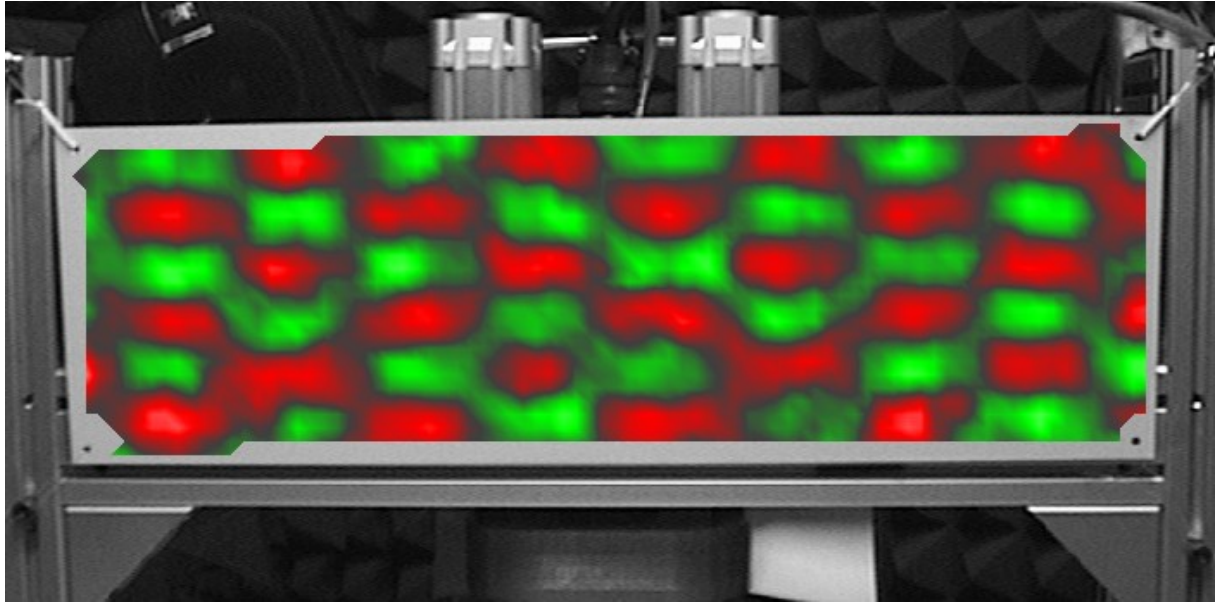


Abbildung 7: Eigenschwingungen bei 2038 Hz  
Hier zählt man 9 Knoten in x- und 5 Knoten in y-Richtung.

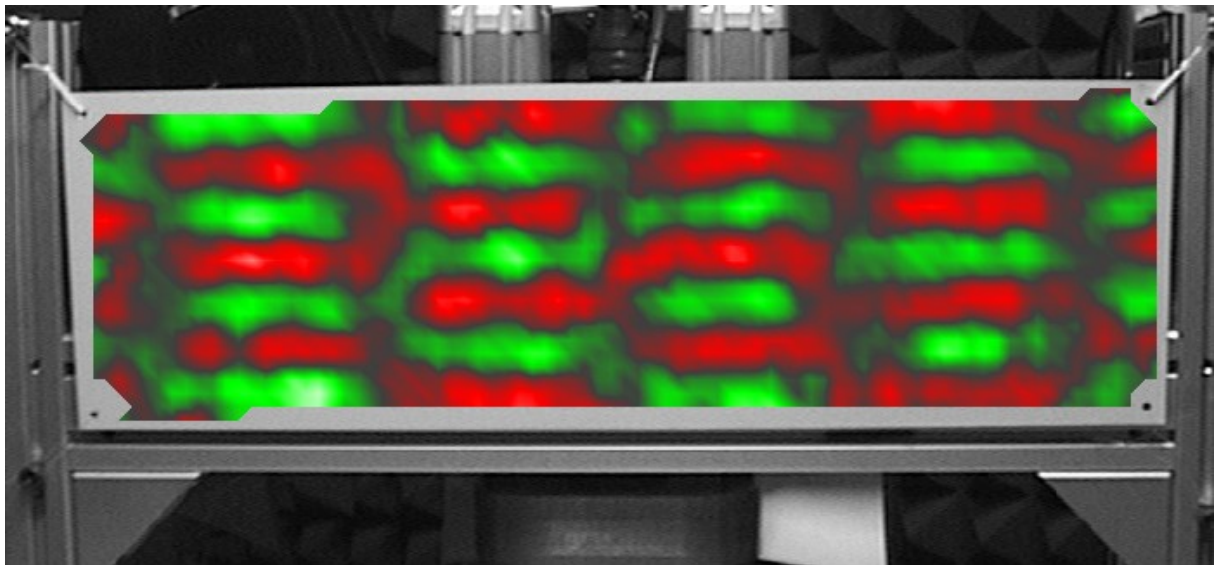


Abbildung 8: Eigenschwingungen bei 2344 Hz  
Hier erkennt man 5 Knoten in x- und 6 Knoten in y-Richtung.

### **Fazit**

Man sieht bei den vielen verschiedenen Resonanzfrequenzen sehr unterschiedliche Schwingungsmuster. Es scheint, als ob sich die Extrema in x-Richtung mit steigender Frequenz annähern. Zudem nimmt die Qualität der Eigenschwingungsbilder mit zunehmender Frequenz ab.

### **Ultraschallprüfung**

#### **Experimentalteil**

Mit Hilfe eines Ultraschallprüfkopfes sollen unterschiedliche Materialien untersucht werden, um Fehler im Gefüge qualitativ zu bestimmen.

Ermöglicht wird diese Art der Untersuchung durch den Piezoeffekt. Wird ein piezoelektrischer Körper einer Verformung ausgesetzt, entsteht eine elektrische Polarisierung.

Dieser Effekt ist reversibel, d.h. bei einer Gleichspannung wird sich ein Piezokörper in eine Richtung verformen.

Damit lassen sich Prüfköpfe aus Piezokeramiken herstellen, die durch eine hochfrequente Wechsellspannung hochfrequente mechanische Schwingungen erzeugt. Da dieser Vorgang reversibel ist, dient der Piezo sowohl als Sender als auch als Empfänger.

Als Kontaktmittel wird hierbei Wasser verwendet, aus Gründen der Verfügbarkeit und seinen nicht-toxischen Eigenschaften. Man benötigt ein Koppelmedium, weil ansonsten die Ultraschallwelle an der Luft reflektiert wird (Grenzfläche). Ein Koppelmedium wie Wasser hingegen lässt nur eine geringe Reflexion an der Grenzfläche zu, wenn die Impedanz zum Prüfkopf passt. Ein Koppelmedium muss so gewählt werden, dass dessen Impedanz der Probe und des Prüfkopfes entspricht. Somit wird der Reflexionskoeffizient möglichst gering.

Das häufig benutzte Koppelmedium Wasser ist nicht in allen Fällen ideal. In manchen Fällen kann es das zu untersuchende Bauteil beschädigt werden, etwa durch Korrosion. Ist dies der Fall muss ein Koppelmedium gewählt werden, welches nicht schädigend wirkt aber von seinen Impedanzeigenschaften für die Untersuchung geeignet ist.

Es werden unterschiedliche Platten untersucht. Um sich mit der Bedienung des Prüfgerätes vertraut zu machen wird zunächst eine Kunststoffplatte untersucht, deren Fehlstellen offensichtlich sind. Wenn Fehler vorhanden sind, zeigt die zeitliche Darstellung neben dem Eintrittsecho von der Oberseite der Probe und dem Rückwandecho von der Probenunterseite ein Fehlerecho. An den Bohrungen wird Eintritts- und Rückwandecho überlagert.

Feineinstellungen, sowie Verschiebungen der Kurve können am Oszillograph vorgenommen werden.

Diese Vorgehensweise wird nun auch an anderen Materialien wiederholt.

## **Fazit**

Mit der Ultraschallprüfung lassen sich Defekte gut nachweisen, da Veränderungen schnell am Oszilloskop zu betrachten sind, da zum Beispiel Risse ideale Reflektoren für Ultraschallwellen sind. Allerdings muss auch gesagt werden, dass sich die Ultraschallprüfung nur für Punktuntersuchungen eignet und ein Kontaktmittel benötigt wird. Dadurch ist die Untersuchung von größeren Bauteilen mit einem entsprechenden Zeitaufwand verbunden. Eine Fließbanduntersuchung per Ultraschall wäre demnach nur mit mehreren Prüfköpfen und geeignetem Koppelmedium möglich.

Bei der Ultraschallprüfung muss beachtet werden, dass Impedanzen von Koppelmedium, Ultraschallprüfkopf und Prüfobjekt sich möglichst ähneln, sodass der Reflektionskoeffizient möglichst gering wird.