

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 adsorbieren. Elastische Wellen werden im Körper erzeugt und haben eine Oberflächenauslenkung zur Folge. Besonders große Amplituden erreicht man, wenn die Modulationsfrequenz der Schallquelle der Eigenfrequenz des Körpers entspricht. Durch interferometrische Messung der Auslenkung lassen sich Rückschlüsse auf die Beschaffenheit des Körpers ziehen.

Wenn zwischen Schallsender und Schallempfänger eine Relativbewegung stattfindet, so nimmt der Empfänger eine andere Frequenz wahr als der Sender abgestrahlt hat. Dieses Verhalten ist als der ‚Doppler – Effekt‘ bekannt.

Somit lassen sich also Oberflächenverschiebungen über Schwebungen erkennen. Das Resonanzlinienmuster gibt hierbei die Baugeometrie wieder. 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, das die Frequenzbereiche nacheinander durchläuft, oder das Chirp- Signal, bei dem mit mehreren Frequenzen gleichzeitig angeregt wird.

Um zu vermeiden, dass durch schlechte Auflösung falsche Messwerte entstehen, wird eine höhere gewählt und ein Frequenzbereich von 40 Hz – 20 kHz eingestellt.

Der Laserstrahl des Vibrometers wird nun gespalten, sodass ein Strahl die Oberfläche abtastet. Der reflektierte Strahl wird nun mit dem anderen Teilstrahl überlagert. 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:

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

Sie ermöglicht uns den Übergang für den uns benötigten Darstellungsbereich.

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

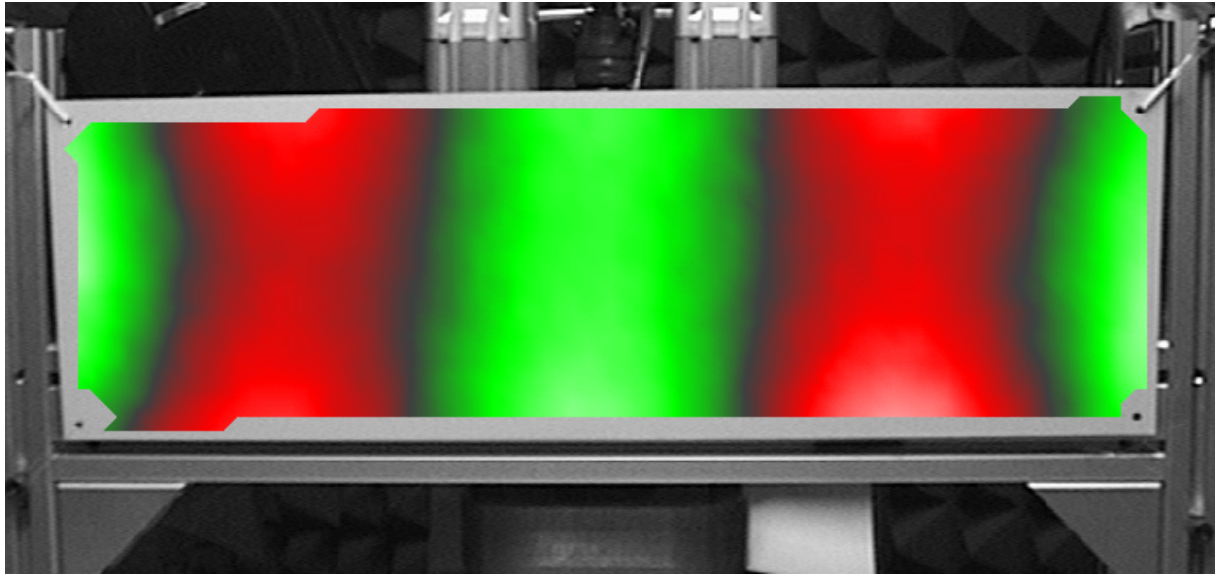


Abbildung 1: Eigenschwingungen bei 43,75 Hz

Man kann 4 Knoten in x-Richtung zählen.

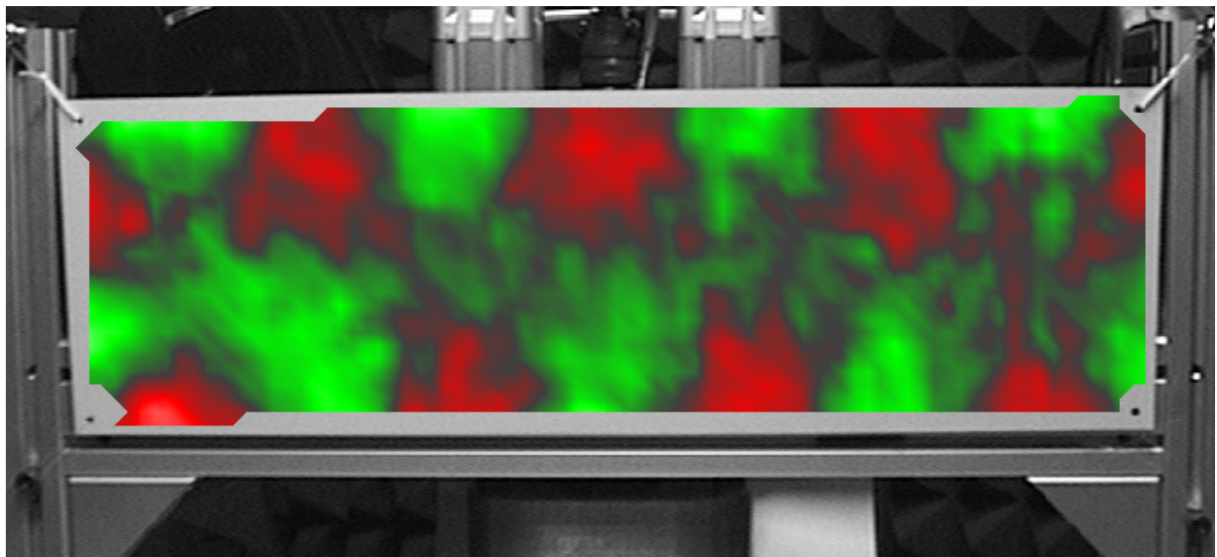


Abbildung 2: Eigenschwingungen bei 237,5 Hz

Man kann 8 Knoten in x-Richtung zählen.

Sowie 1 Knoten in y-Richtung.

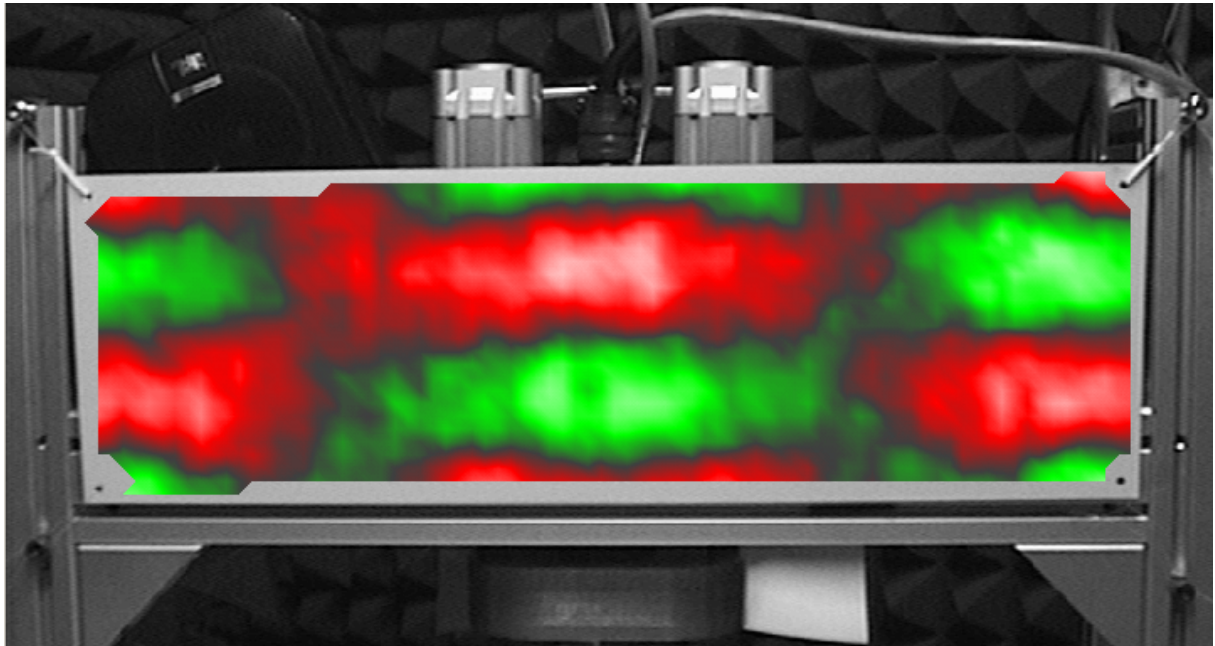


Abbildung 3: Eigenschwingungen bei 268,8 Hz
 Man kann 2 Knoten in x-Richtung zählen.
 Und 3 Knoten in y-Richtung.

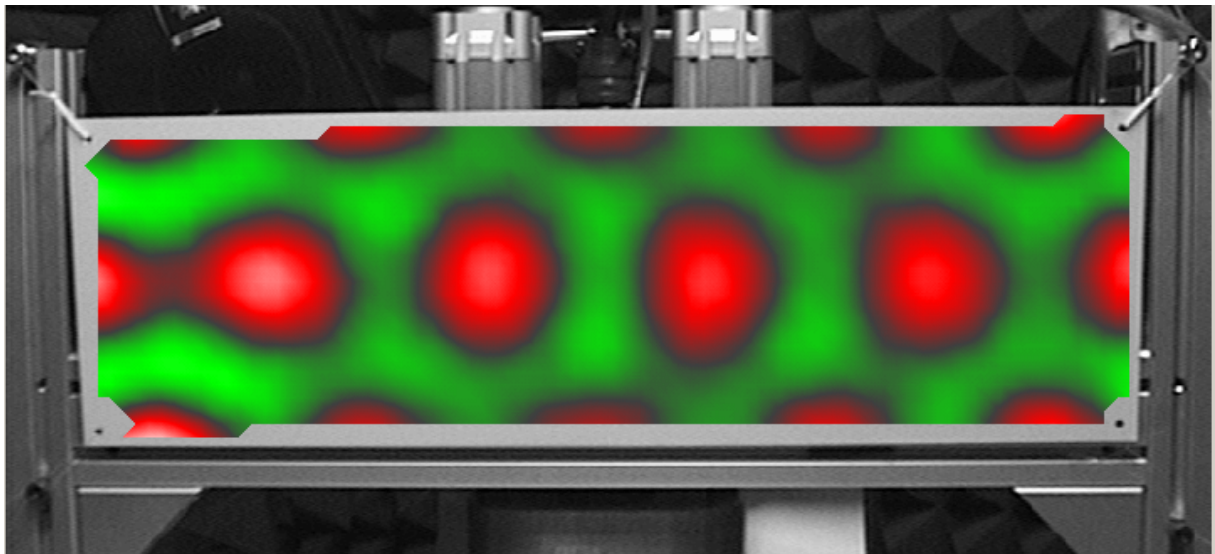


Abbildung 4: Eigenschwingungen bei 481,3 Hz
 Man kann 19 Knoten in x-Richtung zählen.
 Und 2 Knoten in y-Richtung.
 Die Verzerrung auf der linken Seite kann durch ungleichmäßige Anregung durch den Lautsprecher erfolgen.

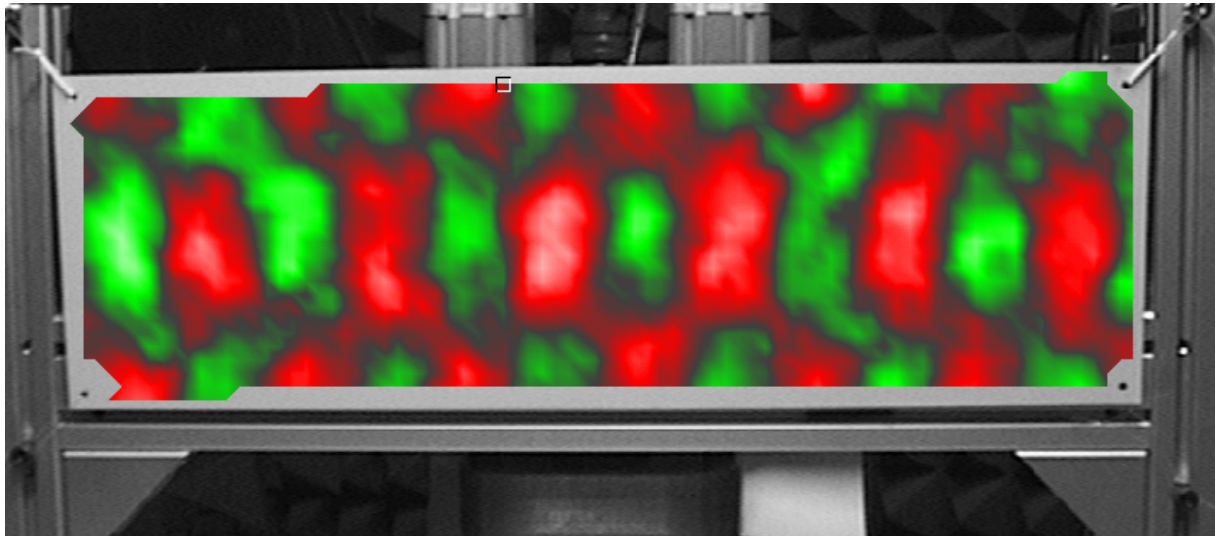


Abbildung 5: Eigenschwingungen bei 737,5 Hz
Man kann 13 Knoten in x-Richtung zählen.
Und 2 Knoten in y-Richtung.

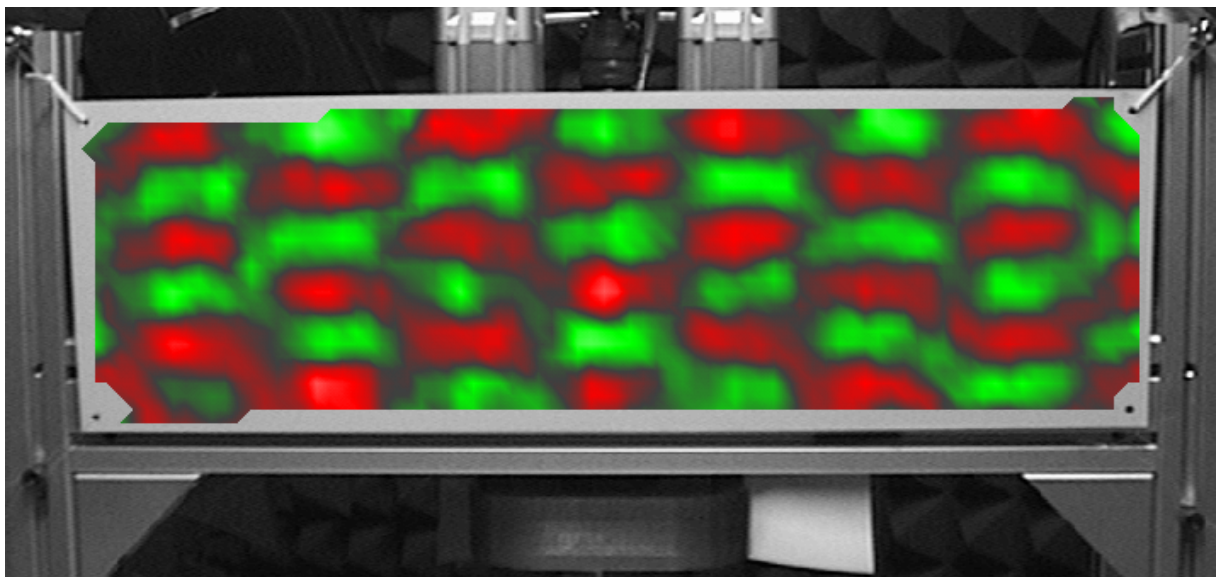


Abbildung 6: Eigenschwingungen bei 1963 Hz
Man kann 8 Knoten in x-Richtung zählen.
Und 5 Knoten in y-Richtung.

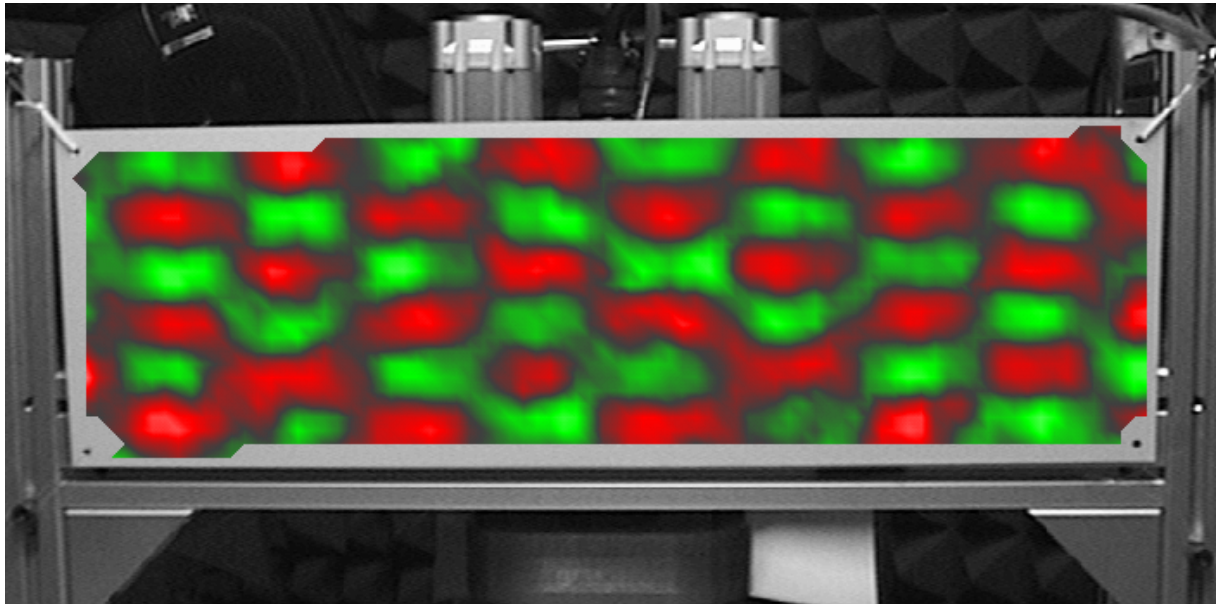


Abbildung 7: Eigenschwingungen bei 2038 Hz
Hier zählt man 9 Knoten in x- und 5 Knoten in y-Richtung.

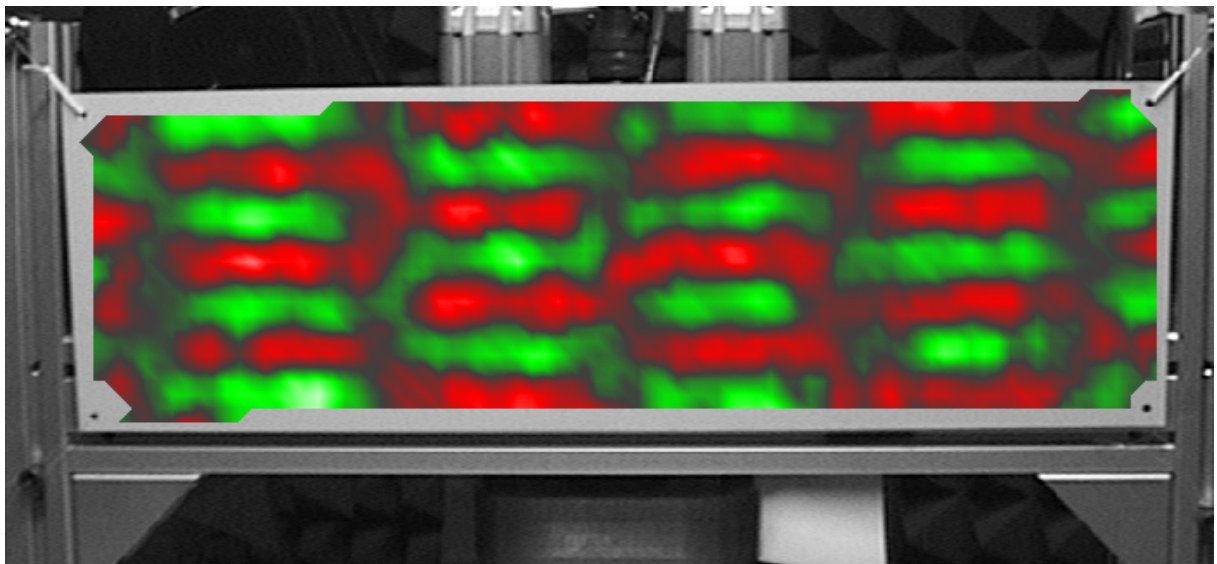


Abbildung 8: Eigenschwingungen bei 2344 Hz
Hier erkennt man 5 Knoten in x- und 6 Knoten in y-Richtung.

Fazit

Man sieht bei den vielen vorhandenen Resonanzfrequenzen sehr unterschiedliche Schwingungsmuster. Tendenziell rücken die Extrema bei höheren Frequenzen dichter zusammen.

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 piezoelektrischer Körper einer Verformung ausgesetzt, entsteht eine elektrische Polarisation. Dieser Effekt ist

reversibel, d.h. bei einer Gleichspannung würde sich ein Piezokörper in eine Richtung verformen.

Damit lassen sich Prüfköpfe aus Piezokeramiken herstellen, die durch eine hochfrequente Wechselspannung 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 Nachteil bei Metallbauteilen ist allerdings die durch Wasser bedingte Korrosion, welche man beachten muss. In diesem Falle muss also ein Koppelmedium gewählt werden, dessen Impedanz der Probe und dem Prüfkopf entspricht und nicht korrosiv auf beide wirkt.

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.

Insofern muss man die Impedanzen von Koppelmedium, Ultraschallprüfkopf und Prüfobjekt derart abgleichen, dass der Reflektionskoeffizient möglichst gering wird.