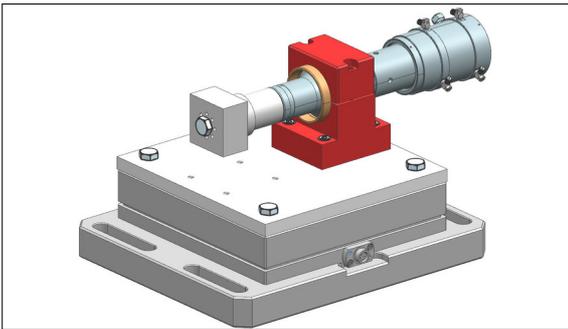




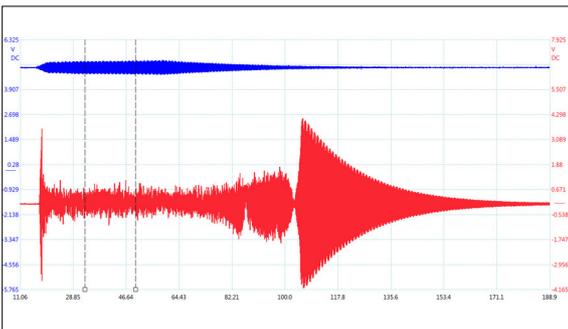
Antonio Verdicchia

Diplomand	Antonio Verdicchia
Examinator	Prof. Dr. Mohammad Rabiey
Experte	Wolfgang Knapp, Ingenieurbüro Dr. W. Knapp, Schleithem, SH
Themengebiet	Produktentwicklung

## Ultraschallunterstütztes Fräsen



Konstruktion des Ultraschallsystems mit axiale Schraubenverbindung zur Schwingungsrichtung



Signal der US-Schwingung an der Sonotrode (blau: Wirbelstromsensor; rot: Laservibrometer)



Amplitudenmessung mit Wirbelstromsensor und Laservibrometer an Sonotrode mit Langlöcher

**Einleitung:** Das ultraschallunterstützte Zerspanen wird intensiv während der letzten 15 Jahre ausgeführt, vor allem im Bereich der Hochleistungswerkstoffe wie Keramik und Glaswerkstoffe, welche sprödharte Stoffeigenschaften besitzen. Die steigende Anwendung von keramischen Werkstoffen für technische Bauteile und Implantate in der Medizintechnik, die als Ersatz für Knochen und Zähne dienen, weisen eine hohe Härte und Verschleissfestigkeit auf. Ausserdem kann die technische Keramik nicht auf Endmass gesintert werden, so dass eine spanende Bearbeitung notwendig ist. Das ultraschallunterstützte spanende Fertigungsverfahren bringt deshalb grosses technologisches Potential bei der Bearbeitung von sprödharten Werkstoffen.

**Problemstellung:** Aufgabe dieser Bachelorarbeit ist es eine Halterung für das Werkstück so zu konzipieren und zu entwickeln, dass es an der Sonotrode festgemacht werden kann. Im Unterschied zur verbreiteteren Variante, wo das Werkzeug mit Ultraschall angeregt ist, wird bei dieser Arbeit das Werkstück zum Schwingen gebracht. Die Sonotrode wird mit Hilfe eines Ultraschallgenerators in eine Schwingung versetzt, welche sich um die 20 kHz befindet. Ob die Sonotrode mit der erwartenden Frequenz schwingt oder nicht, soll anhand von Messungen mit einem Laservibrometer und Wirbelstromsensor festgehalten werden. Dazu muss die max. Amplitude, welche die Sonotrode erreicht, gemessen werden. Ziel wäre mit einer Kraftmessplatte die auftretenden Kräfte bei Fräsversuchen aufzunehmen und Unterschiede zwischen dem ultraschallunterstützten und dem konventionellen Fräsen zu zeigen.

**Fazit:** Beim ersten Konzept wird das Werkstück direkt an der Sonotrode mit einer Schraube axial befestigt. Auf diese Art kann das System aber nicht zum Schwingen gebracht werden, da es keine Eigenfrequenz um die 20 kHz aufweist. Grund dafür ist die einerseits frühzeitige Reflexion der sich im Körper verbreitende Welle und andererseits die Schraube, welche die Ausdehnung der Sonotrode verhindert. Dies konnte ebenfalls anhand einer Simulation mit ANSYS festgestellt werden. Die simulierten Moden befinden sich ausserhalb des vom Ultraschallgenerator möglichen Frequenzbereichs. Beim zweiten Konzept, wo die Sonotrode Langlöcher aufweist, um eine Schraubenverbindung quer zur Schwingungsrichtung herzustellen, kann die Sonotrode zum Schwingen gebracht und die Messungen durchgeführt werden. Für die Messung der Amplitude hat sich der Wirbelstromsensor erfolgreich bewährt. Dieser wird auf seinen Messbereich zwischen 0.08 und 0.88 mm kalibriert und mit einem PicoScope verbunden. Dabei ist es wichtig mit einem Abtastintervall von mind. 20  $\mu$ s die Schwingung abzutasten, da sonst eine Schwingung dargestellt wird, die nicht der Realität übereinstimmt. Die max. Amplitude der Sonotrode liegt bei 23.64  $\mu$ m und die Frequenz erreicht die 20.15 kHz. Dasselbe wurde mit einem Laservibrometer versucht zu messen. Dieser hat aber einen Messbereich von max. 500 mm/s und mit dem Wirbelstromsensor konnte an der Sonotrode eine Geschwindigkeit von 1575 mm/s ermittelt werden. Somit ist der Laservibrometer für diese Aufgabe nicht geeignet. Eine Schraubenbefestigung quer zur Schwingungsrichtung kann trotzdem nicht vollzogen werden, da erstens das zusätzliche Gewicht der Schrauben die Eigenfrequenz des Systems beeinflusst und zweitens das Material der Sonotrode beim Festziehen der Schrauben so beeinträchtigt wird, dass es nicht mehr schwingen kann.