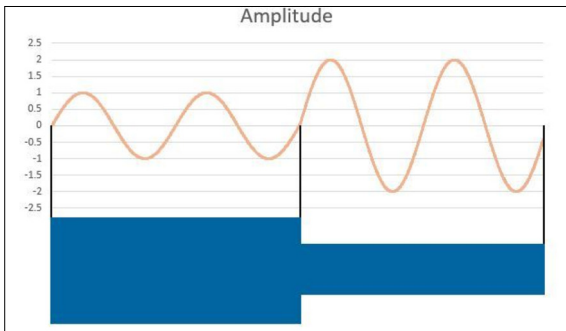




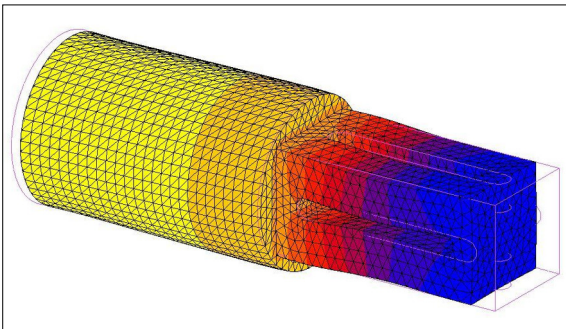
Michael Stucki

Diplomand	Michael Stucki
Examinator	Prof. Dr. Hanspeter Gysin
Experte	Prof. Dr. Hans Gut, MAN Diesel & Turbo Schweiz AG, Zürich, ZH
Themengebiet	Simulationstechnik

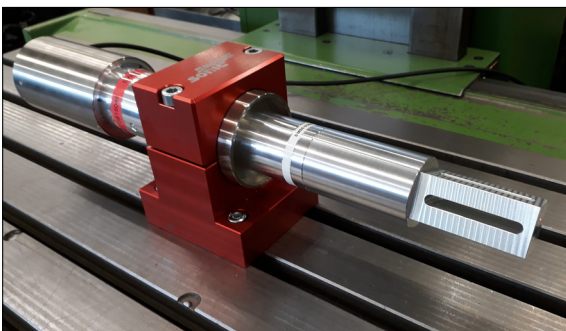
FEM-Auslegung der Sonotrode für werkstückseitig ultraschallunterstütztes Fräsen



Amplitudenverstärkung aufgrund der Geometrie



longitudinale Eigenschwingung bei 21'290Hz. Farblich dargestellt die longitudinale Verschiebung.



Baugruppe mit Booster und selbst entwickelter Sonotrode

Ausgangslage: Die ultraschallunterstützte Zerspanung wird bereits an diversen Orten wie z.B. bei schwer zerspanbaren Superlegierungen und Faserverbundstoffen eingesetzt. Dabei wird jeweils das Werkzeug mit einer Ultraschallfrequenz angeregt. Die Forschungen beschränken sich hauptsächlich auf ultraschallunterstützte Werkzeuge, da es schwierig ist, die Ultraschalleinheit auf die unterschiedlichen Werkstücke anzupassen. Die Frequenzen ändern sich während der Bearbeitung, da das Bauteil ständig an Masse verliert und die Geometrie stetig ändert. Diese Arbeit untersucht ultraschallunterstützte Werkstücke. Ein mögliches späteres Einsatzgebiet könnte die Uhren- oder Medizinaltechnik sein. Die Grösse des Bauteils ist durch die Leistung des Ultraschall-Generators begrenzt. Jedes Bauteil hat eine andere Geometrie, andere Materialkennwerte und folglich auch andere Eigenfrequenzen. Um brauchbare Simulationen zu erhalten, werden verschiedene Körper simuliert. Das Wissen aus der Recherche wird in ein einfaches Modell eingefügt und gerechnet. So erschliesst sich ein immer breiteres Verständnis für die FEM-Simulationen von Ultraschall. Ein Schwerpunkt der Arbeit liegt auf den physikalischen Grundlagen.

Vorgehen: Zuerst muss eine solide Basis über den Ultraschall und die Simulationstechnik erarbeitet werden. Aufbauend auf einfachen Modellen werden Kombinationen erarbeitet, bis schliesslich komplette Sonotroden simuliert werden. Dazu wird zu Beginn ein Zylinder verwendet. Von diesem ausgehend kann die Geometrie immer komplexer werden. Die Schallgeschwindigkeit in einem Körper kann transient implizit oder explizit simuliert und mit der Handrechnung überprüft werden.

Ergebnis: In der parallelen Bachelorarbeit von A. Verdicchia wurde untersucht, wie man eine Sonotrode messen und ob man auf einer Sonotrode fräsen kann. Diese Ergebnisse können ebenfalls für die Überprüfung der Simulation verwendet werden. Sämtliche Simulationen werden ohne äussere Kräfte (Fräs- und Spankräfte) durchgeführt. Während der Messungen wird untersucht, wie sich zusätzliches Gewicht auswirkt. Die benötigte Leistung des Generators ist extrem schnell angestiegen.

Die Simulationen haben gezeigt, dass immer mehrere Wellenformen gleichzeitig auftreten. Dies ist ungünstig, da man für die Bearbeitung rein longitudinale Wellen haben möchte. Die Wellenarten haben unterschiedliche Wellengeschwindigkeiten, was die eindeutige Identifikation zusätzlich erschwert. Zudem ist bei den Simulationen zu beachten, dass die Resultat-Files sehr gross werden (für die abgebildete Sonotrode 0.2s Simulationszeit - > 1.3TB) und die Rechenzeit sehr lange ist. Die ursprüngliche Idee der Anregung einer Sonotrode lässt sich so nicht umsetzen. Die Anregung einer Spindel ist viel einfacher. Zudem gibt es bei dieser mehr konstante Werte, die nur einmal berechnet werden müssen und anschliessend für die ganze Betriebsdauer gelten. Bei der in der BA untersuchten Variante müsste jedes Bauteil komplett neu simuliert werden. Bereits eine kleine Anpassung am Bauteil hat einen hohen Simulationsaufwand zur Folge. Trotzdem sollte das Thema weiterverfolgt werden, da die Technologie «Ultraschall Zerspanung» viel Potential bietet.