

Auslegung von Systemen zur ultraschallunterstützten Zerspanung

Presentation

Author(s):

Gull, Michael

Publication date:

2010

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006806997>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Auslegung von Systemen zur ultraschallunterstützten Zerspanung

Zürich, 18.11.2010

Michael Gull

- Motivation
- Stand der Technik
- Modellvorstellung
- Kinematik
- Dynamik
- Übertragung der Verformung
- Dynamische Auslegung
- Messungen

- Anstieg der Nachfrage für die Bearbeitung sprödharter Materialien wie Keramik, PKD, CBN
- Bedürfnis, diese Materialien effizient zu bearbeiten

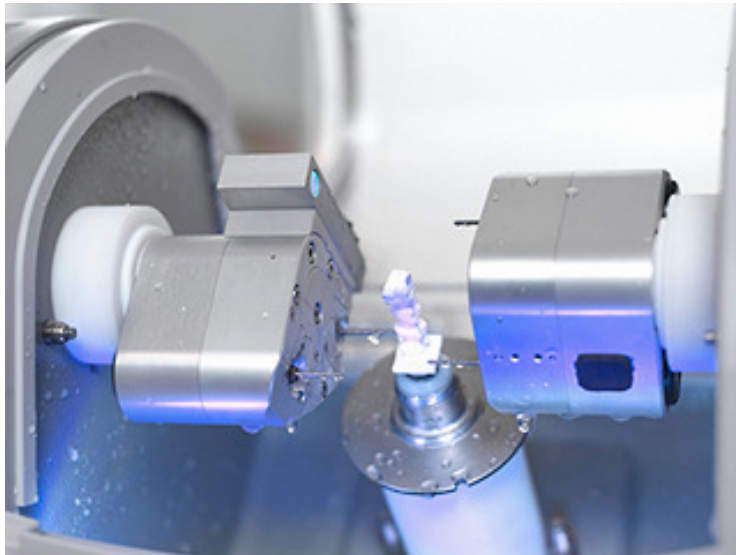


Bild 1: Herstellung einer Zirkonoxid- Brücke [1]



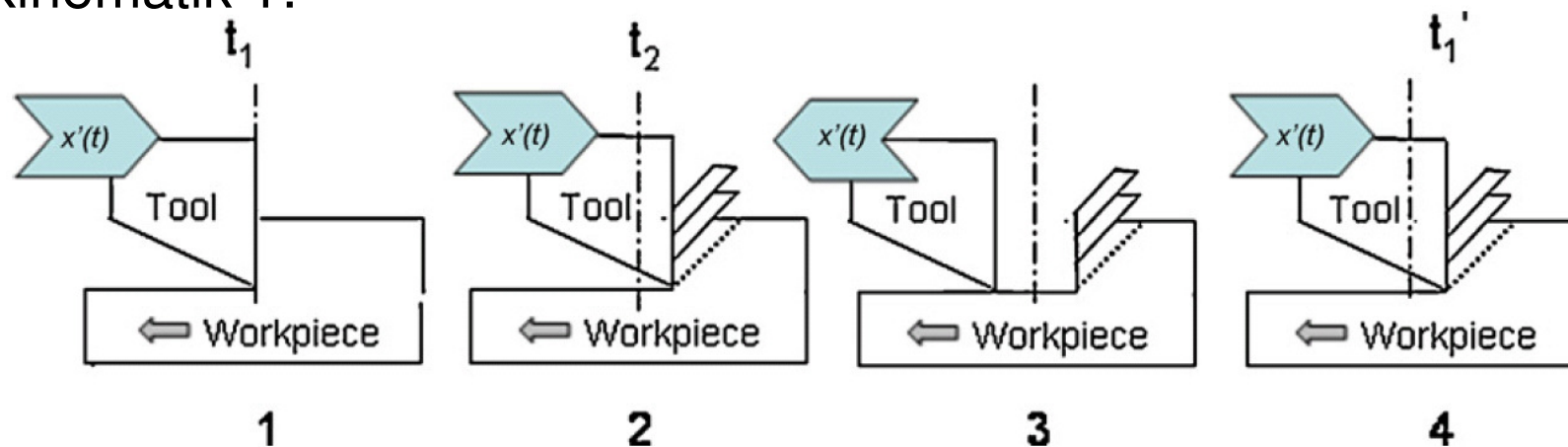
Bild 2: Formschleifen eines Zahnersatzes aus einem Keramikblock [1]

[1] www.cerec.uzh.ch

- Grund für Ultraschall: Erhöhung des Zeitspannvolumens
- Ansatz: Einbringung von zusätzlicher Energie in den Prozess
- Erste Versuche in den 70er Jahren
- Hauptschwierigkeiten:
 - Implementierung auf WZM wegen Energieübertragung
 - Übertragung einer elektrischen Spannung auf ein schnell rotierendes Werkzeug
 - Regelung der Oszillation und Kontrolle der Schwingungsamplitude während des Bearbeitungsprozesses
- Prozessverständnis am Wachsen

- US – Schleifen: Wirkweise und daraus resultierende Vorteile / Nachteile
 - Mikrorisse in der Oberflächenregion des Werkstücks durch oszillierende Bewegung
 - Schwächung des Werkstückmaterials
 - reduzierte Prozesskräfte
 - höheres Zeitspanvolumen
 - Gleichzeitiges Zersplittern bzw. Schärfung der Schleifkörner (Messung mit Raster – Elektronen – Mikroskop)
 - reduzierte Prozesskräfte
 - erhöhter Verschleiss

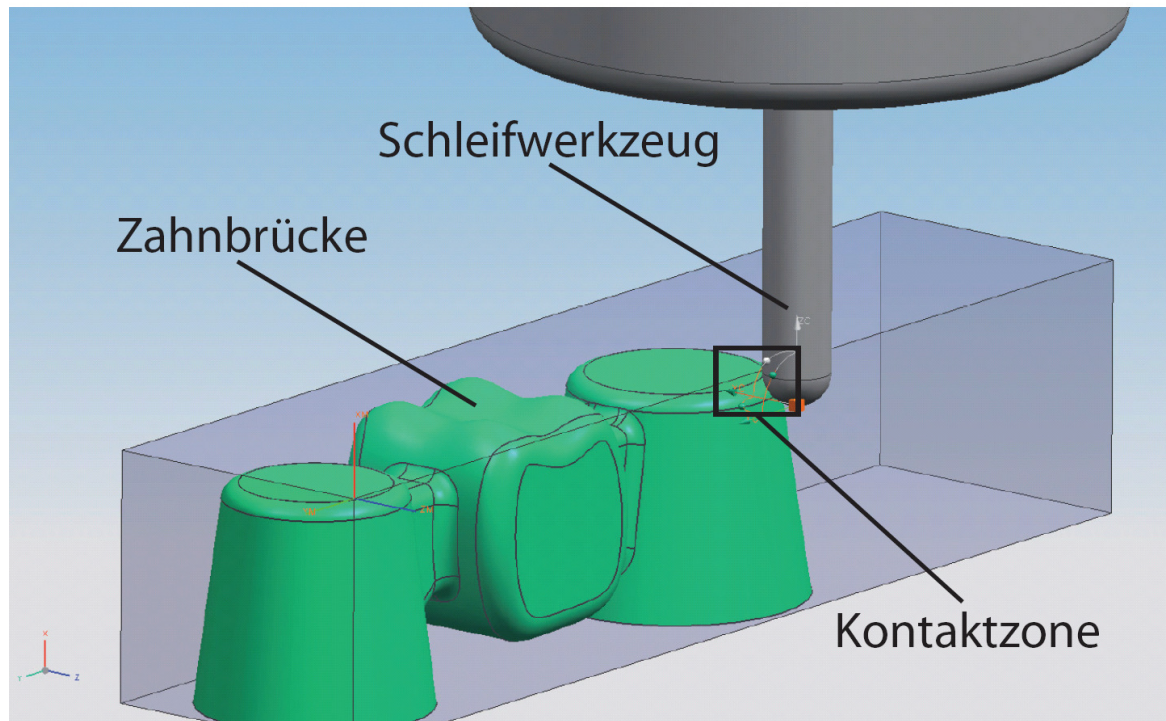
- Modellvorstellung:
Durch die Schwingung entsteht eine Kontaktunterbrechung zwischen Werkzeug und Werkstück, was zu einer Reibungsreduktion führt.
- Kinematik 1:



Aufhebung der Haftreibung auf der Spanfläche des Reibkorns [1]

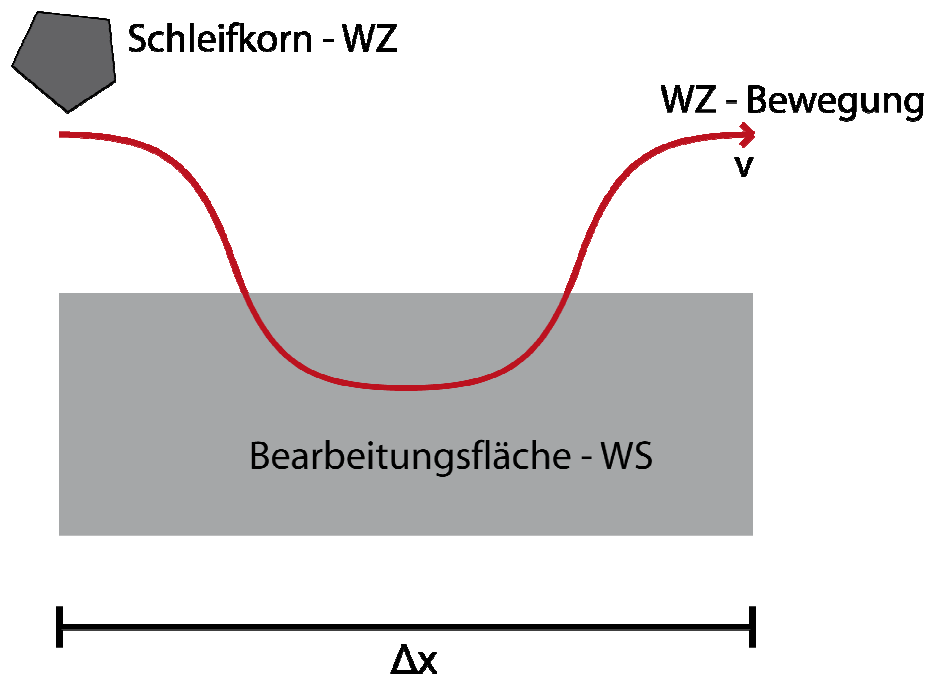
[1]: D.E. Brehl, T.A. Dow / Precision Engineering 32 (2008) 153–172

- Randbedingungen:
 - Schnittgeschwindigkeit um 50 m/s
 - Kleine Kontaktfläche zwischen Werkzeug ($\varnothing 5$ mm) und Werkstück



- Kinematik 2:

Das Schleifkorn durchfährt in der zu bearbeitenden Kontaktfläche die Wegstrecke Δx mit mindestens einer Oszillation.



Bestimmung der Anregungsfrequenz:

$$\begin{aligned} \Delta x &= 2.5 \text{ mm} \\ v_c &= 50 \text{ m/s} \\ \rightarrow \Delta t &= 50 \text{ } \mu\text{s} \\ \rightarrow f &= 20 \text{ kHz} \end{aligned}$$

- Schleifdorn:

$$m = 10 \text{ g}$$

$$x_0 = 5 \text{ }\mu\text{m}$$

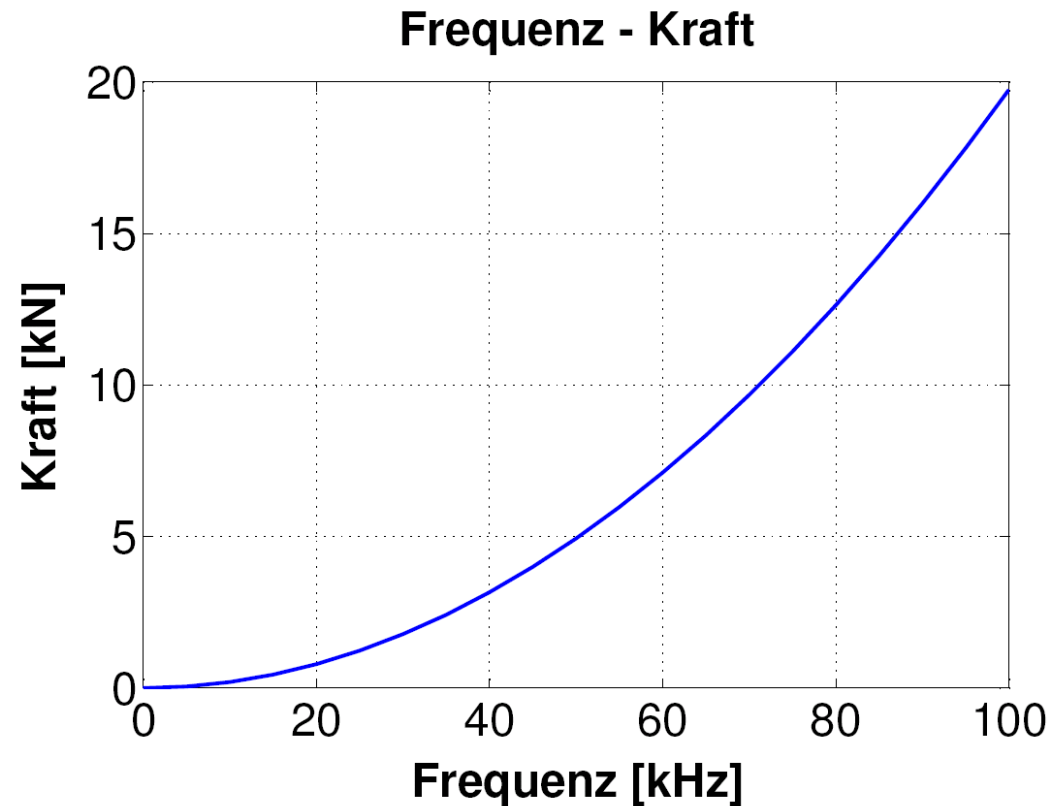


$$x = x_0 \sin(\omega t)$$

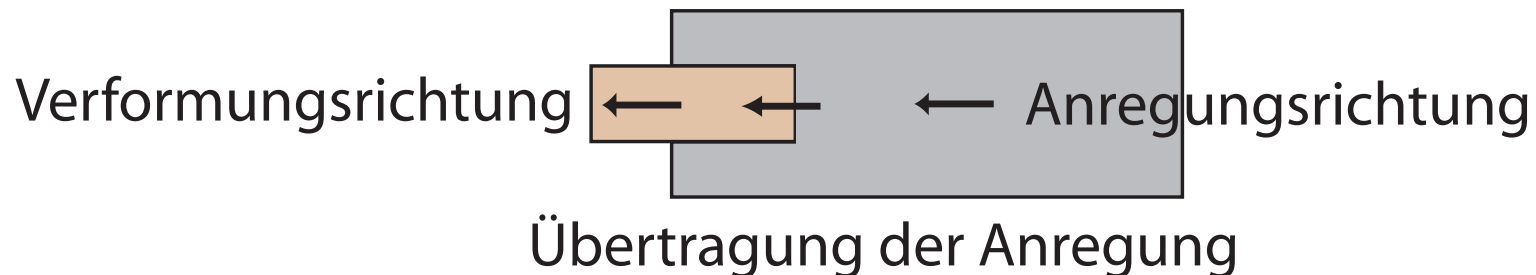
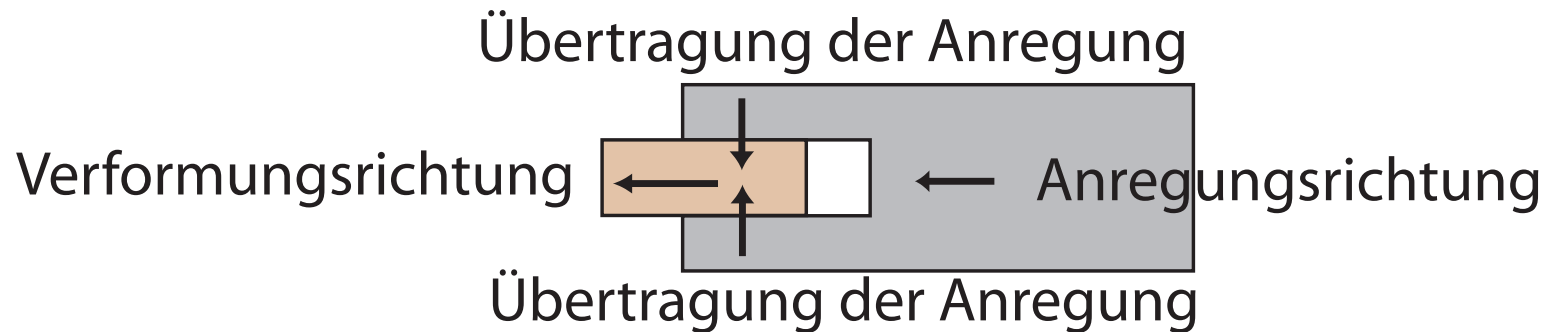
$$\dot{x} = x_0 \omega \cos(\omega t)$$

$$\ddot{x} = -x_0 \omega^2 \sin(\omega t)$$

$$F_{\max} \propto \omega^2$$



- Übertragung der Anregung in die gleiche Richtung wie Anregungsrichtung
- Formschluss anstelle von Kraftschluss

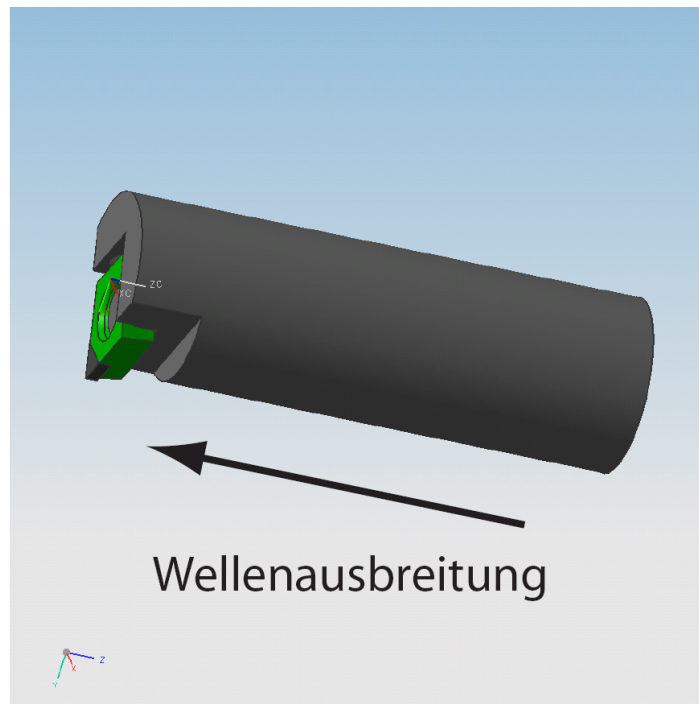


Optimale Übertragung:

Formschluss

→ geringe Reibung

→ geringe Wärmeentwicklung

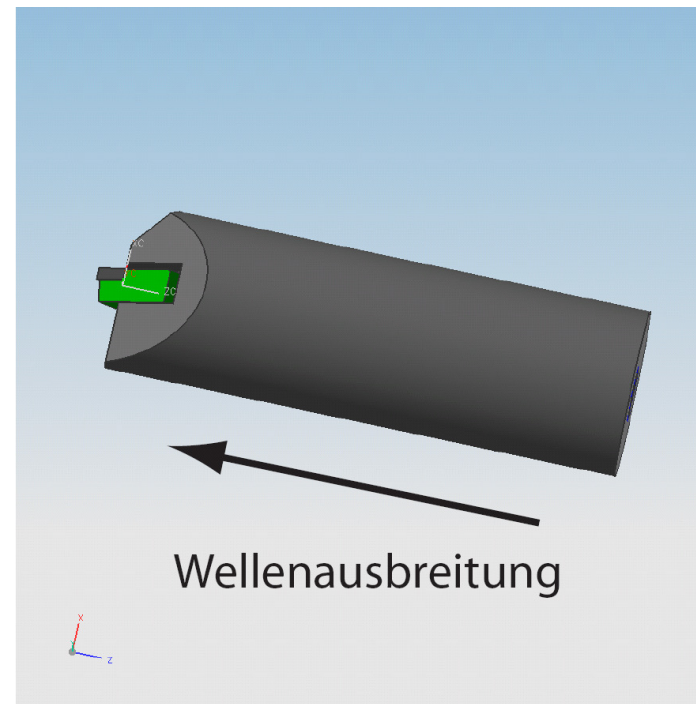


Nicht optimale Übertragung:

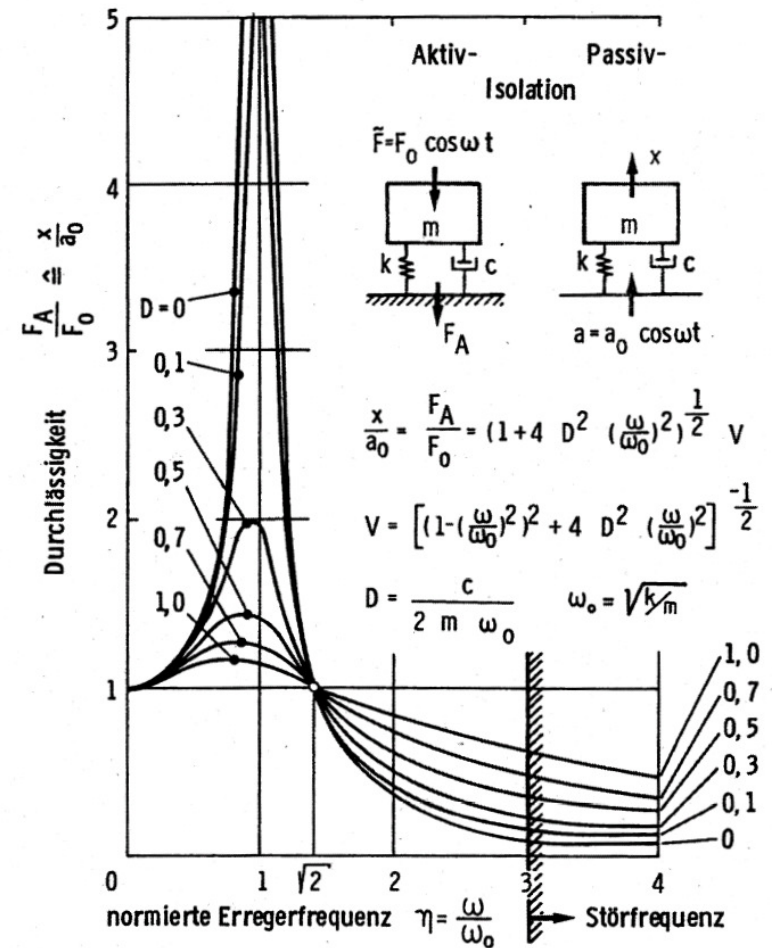
Kein vollständiger Formschluss

→ hohe Reibung

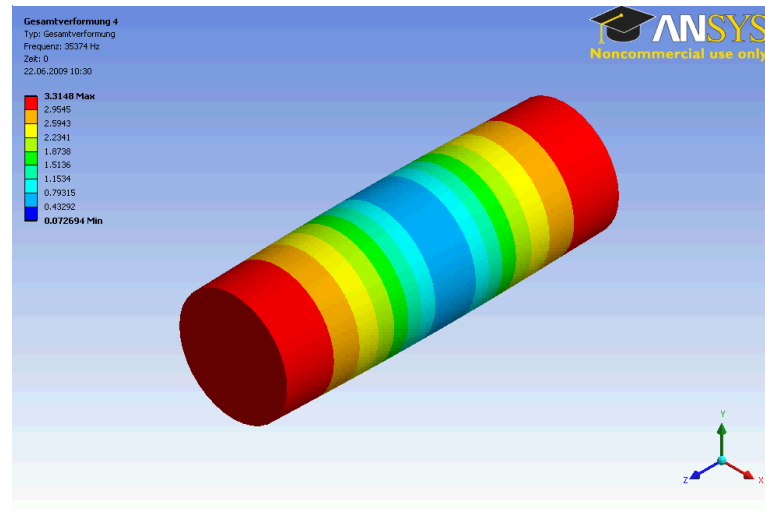
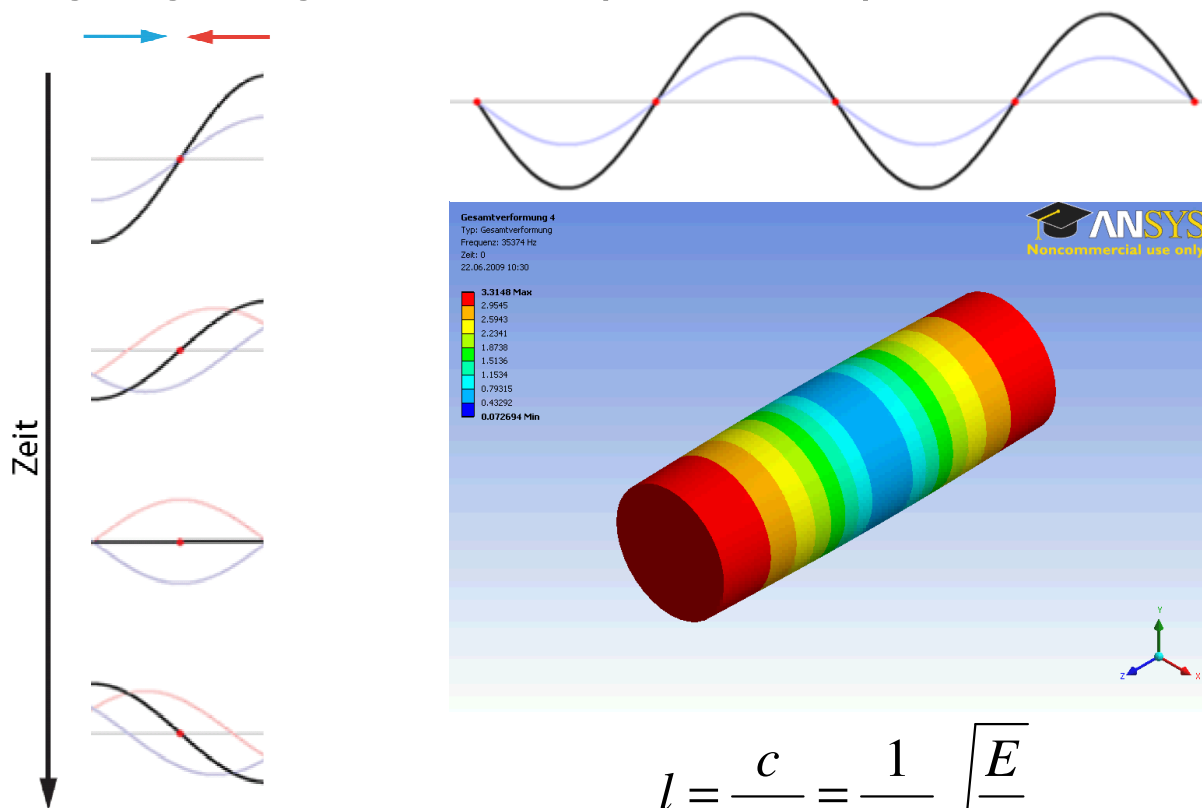
→ hohe Wärmeentwicklung



- Analogie zwischen der Fundamentierung von Werkzeugmaschinen und Ultraschallsystemen
- Analogie:
 - Modellansatz
 - Kenntnisse über Eigenmode
- Unterschiede:
 - Fundamentierung $\eta > 3$
 - Ultraschall $\eta = 1$



- Stehende Welle:
 - Überlagerung zweier entgegengesetzter Wellen
 - Bedingungen: gleiche Frequenz, Amplitude

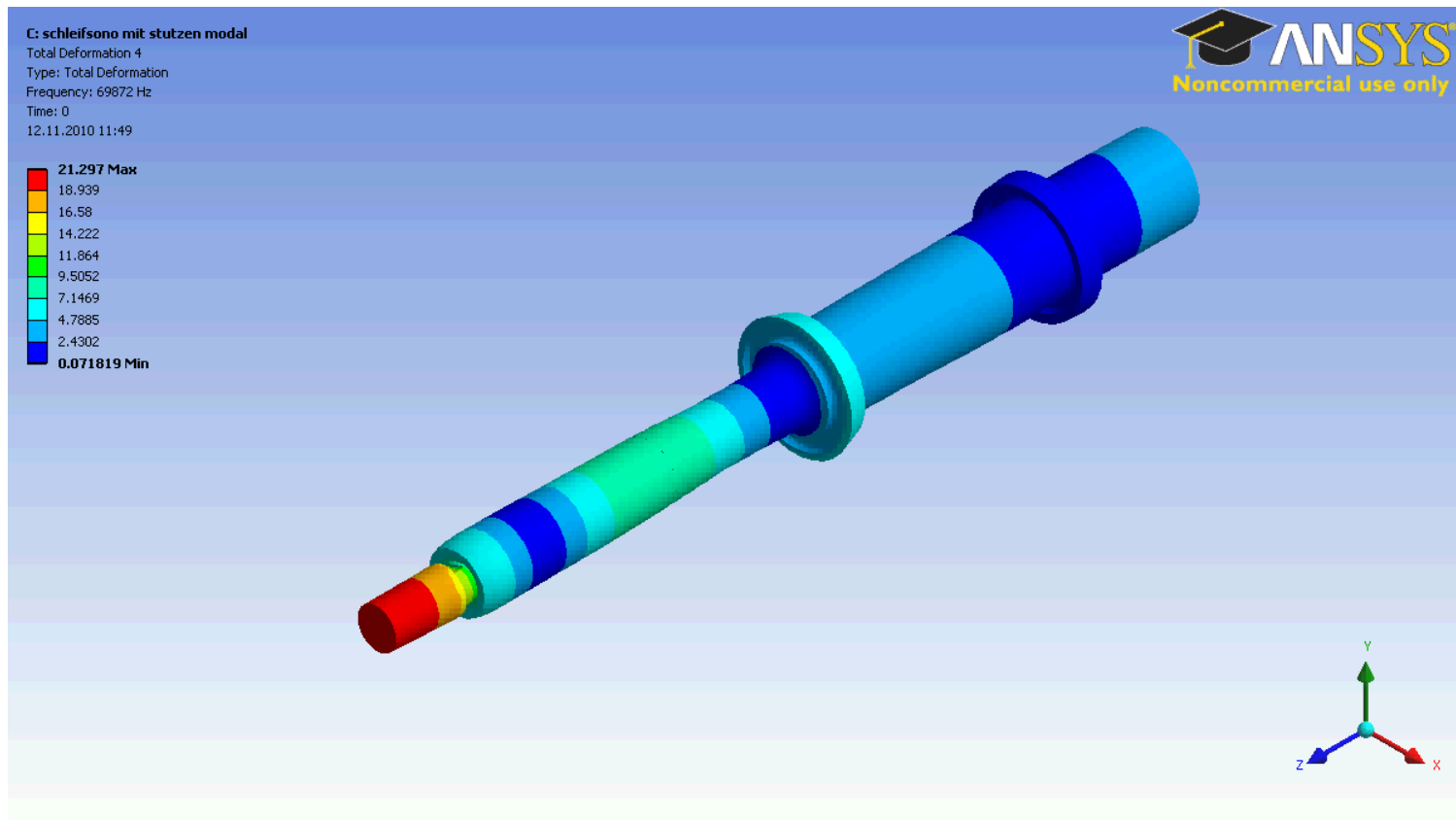


$$l = \frac{c}{2f} = \frac{1}{2f} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

- Ansys
- Modalanalyse:
 - Ohne Anregung
 - Hilft die Eigenmoden (Längs-, Biege- und Torsionsschwingung) der Sonotrode in einem Frequenzbereich zu finden
 - Hilft zur Optimierung der Länge / Gestalt der Sonotrode
- Harmonische Analyse:
 - Harmonische Kraftanregung in axialer Richtung
 - Zeigt auf, welche der gefundenen Moden angeregt werden
 - Zeigt, ob die angeregte Mode gut isoliert ist
 - Zeigt das Verhältnis zwischen longitudinaler und transversaler Schwingungsamplitude

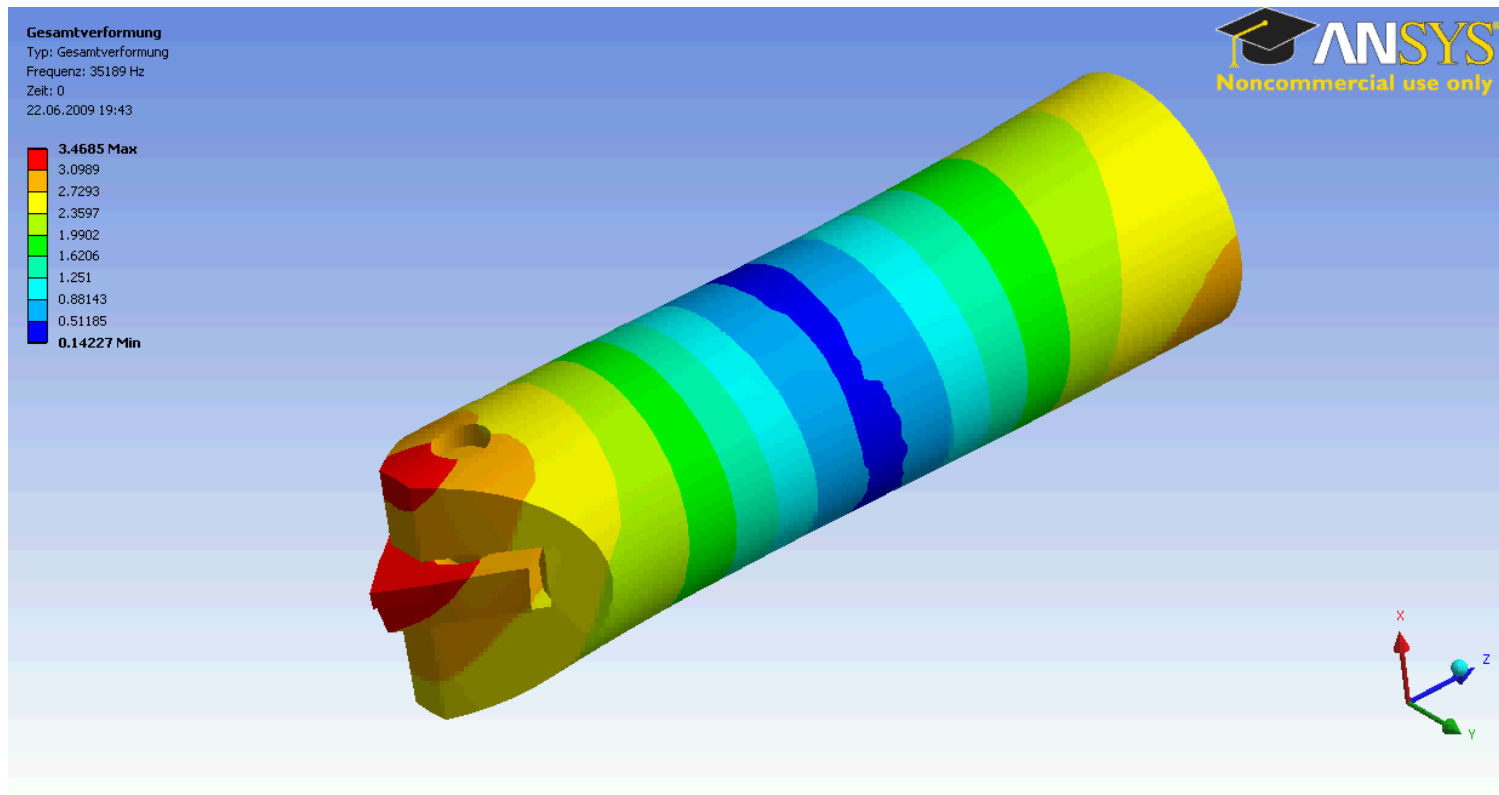
Dynamische Auslegung: Simulation mit FEM II *inspire*

- Modalanalyse: Längsmode bei 70 kHz



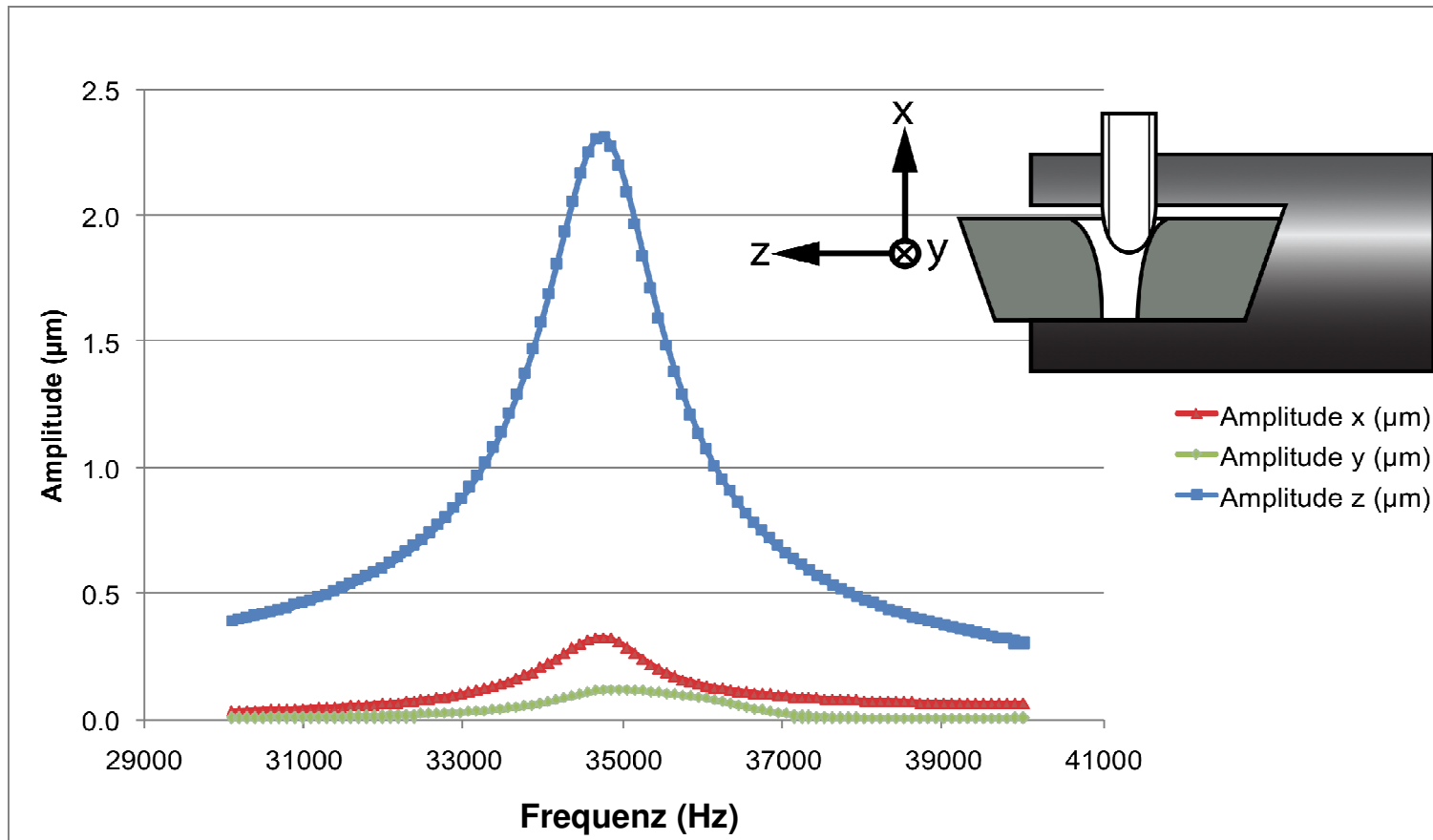
Dynamische Auslegung: Simulation mit FEM III *inspire*

- Modalanalyse: Längsmode bei 35 kHz

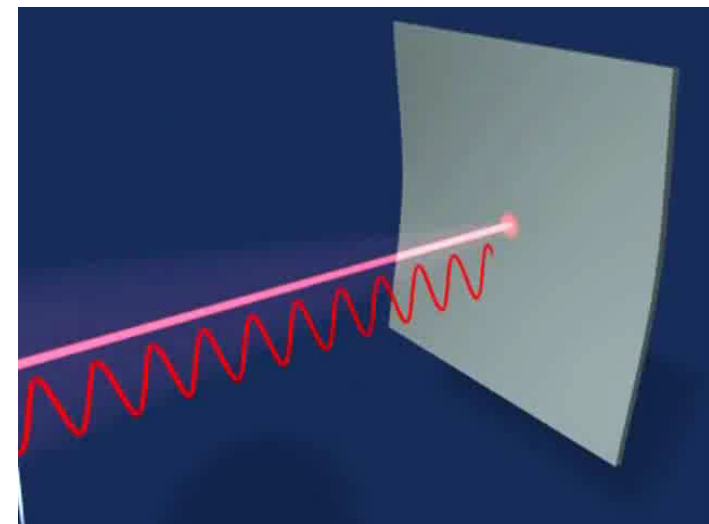
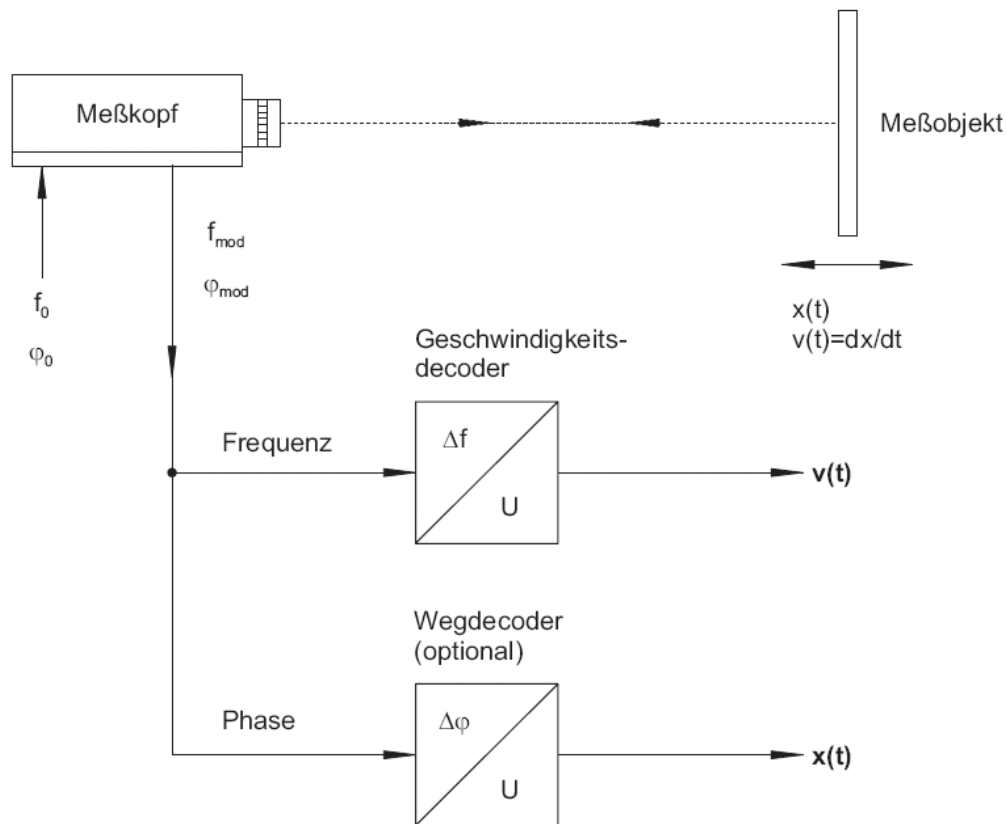


Dynamische Auslegung: Simulation mit FEM IV *inspire*

- Harmonische Analyse

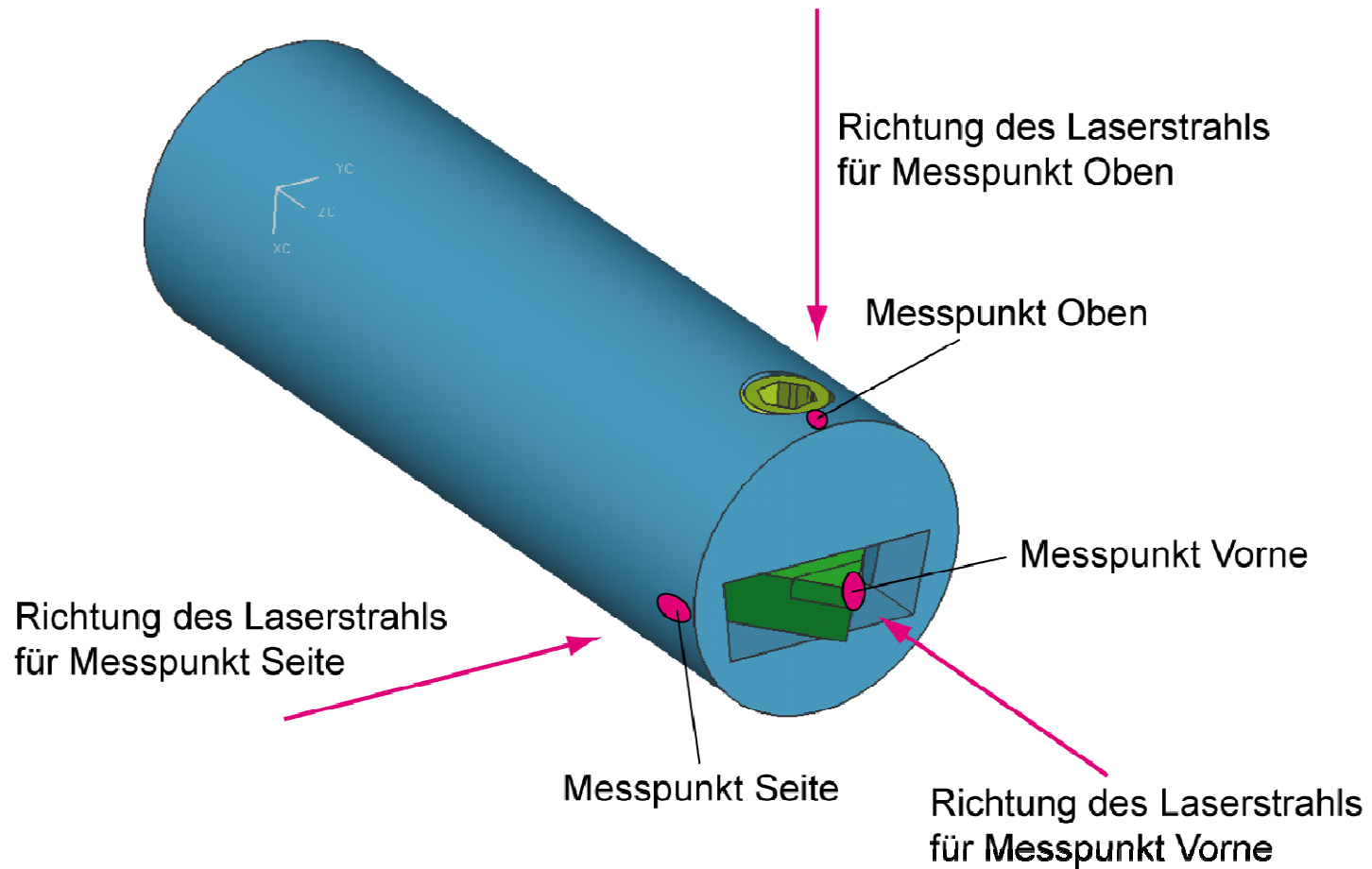


- Funktionsweise Laservibrometer



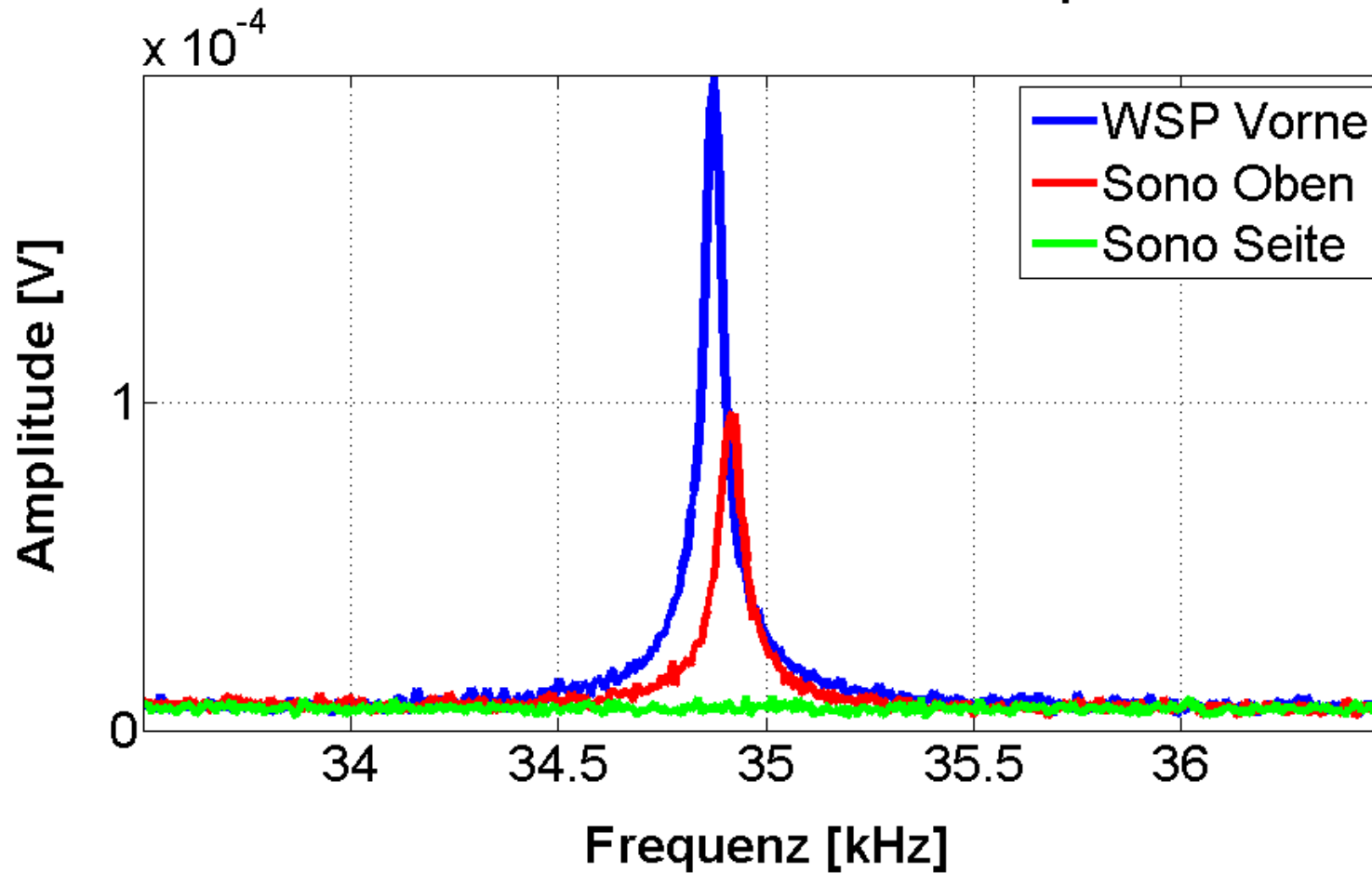
Quelle: www.polytec.com

- Messpunkte an verschiedenen Flächen

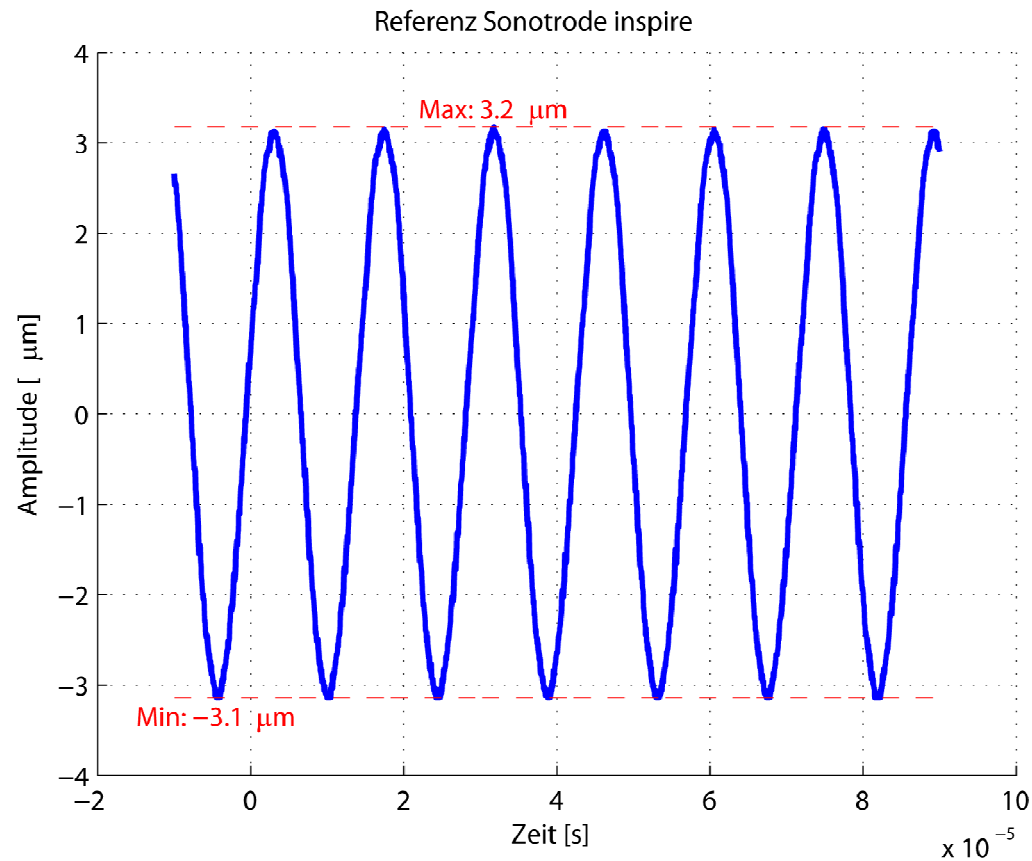


- Beispiel Frequenzspektrum

Sonotrode mit Wendeschneidplatte

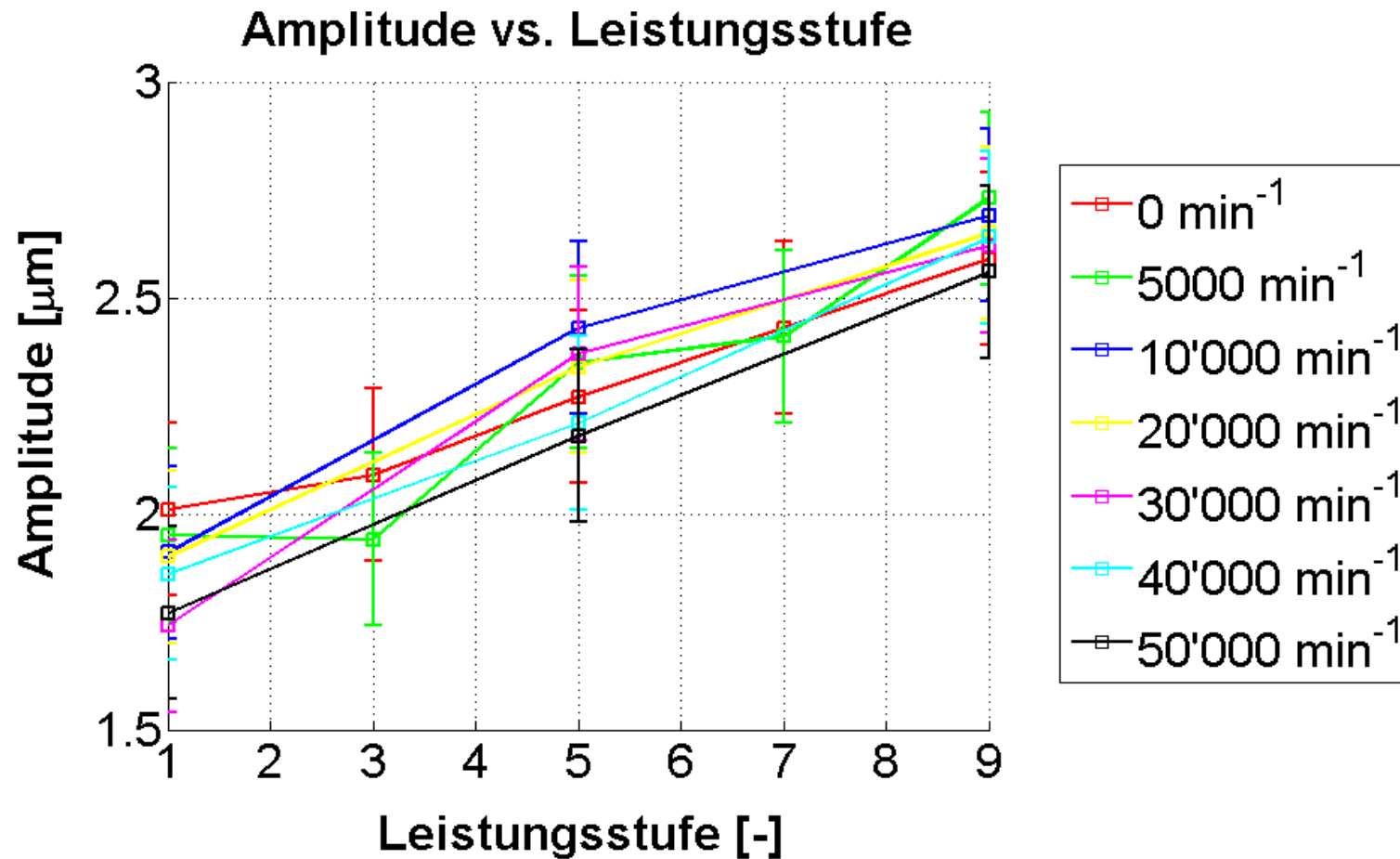


- Amplitudenmessung bei nichtrotierender Spindel und maximaler Generatorleistung:

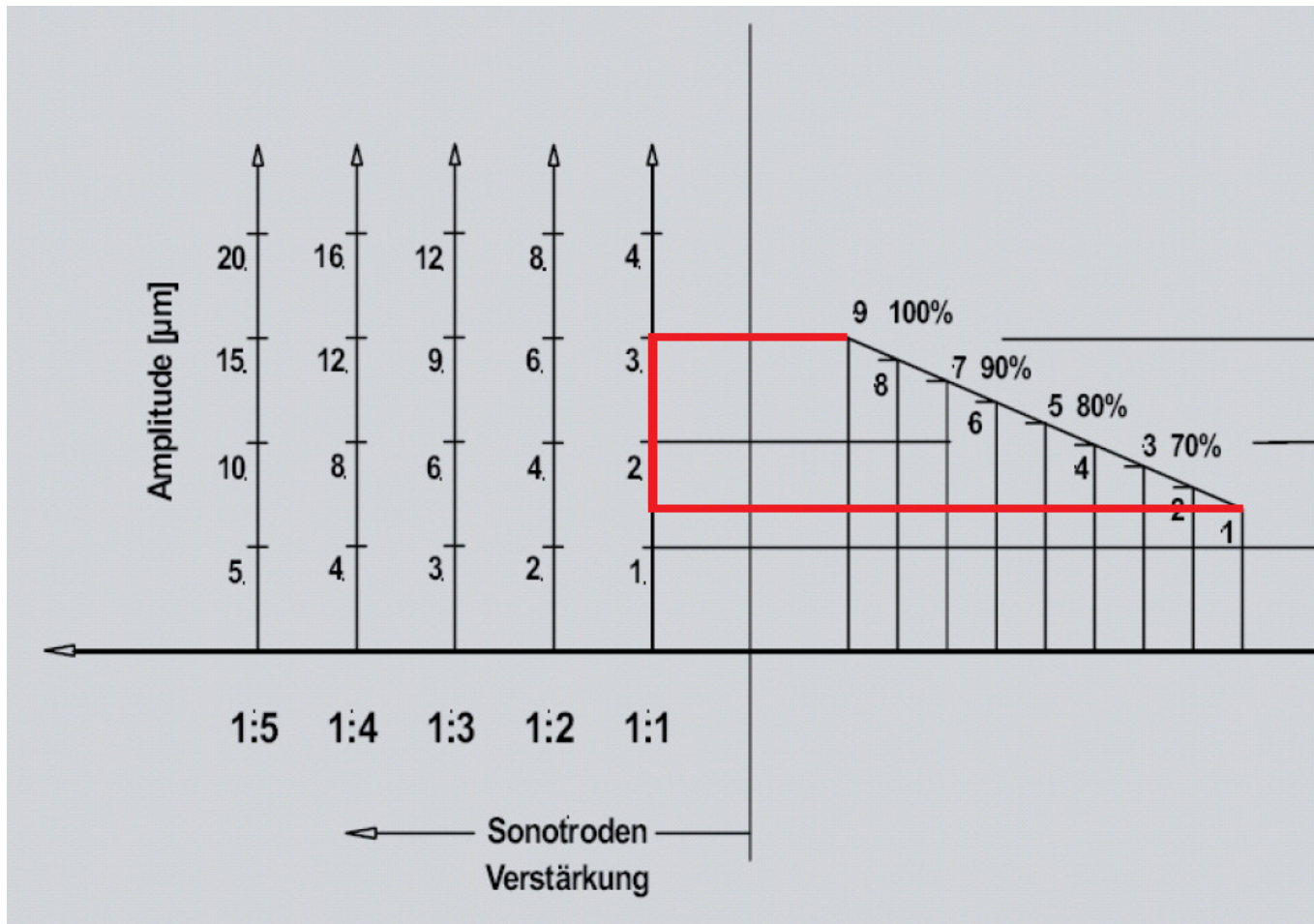


- Amplitude: $\pm 3.2 \mu\text{m}$
- Frequenz: 70 kHz

- Amplitudenmessung bei rotierender Spindel und verschiedenen Generatorleistungen:



- Vergleich mit den Herstellerangaben:



- Bearbeitung von einem PKD-Werkstück
- US - Schwingung im Bereich von 35 kHz
- Diamantschleifscheibe
- Schnittgeschwindigkeit $v_c = 22$ m/s
- Vorschub kraftgesteuert

- Durch den Einsatz einer US – Anregung des Werkstückes konnte die Abtragsleistung verdoppelt werden.
- Schleifscheibe Tyrolit

US	US-Frequenz [kHz]	Schleifzeit [s]	Abtrag [mm]	Q_w [mm ³ /s]	Bemerkungen
nein	-	10	1.6	0.80	Keine Ausbrüche
nein	-	10	1.7	0.87	“
ja	35.9	ca. 8	2.3	1.70	Kante weggebrochen
ja	36.2	ca. 8	2.6	2.10	Keine Ausbrüche

- Schleifscheibe Diacraft

US	US-Frequenz [kHz]	Schleifzeit [s]	Abtrag [mm]	Q_w [mm ³ /s]	Bemerkungen
nein	-	23	2.0	0.48	Keine Ausbrüche
ja	36.2	10	1.8	0.95	“

Auslegung von Systemen zur ultraschallunterstützten Zerspanung

Zürich, 18.11.2010

Michael Gull

gull@inspire.ethz.ch