

# Auslegung von Systemen zur ultraschallunterstützten Zerspanung

**Other Conference Item**

**Author(s):**

Gull, Michael

**Publication date:**

2011

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006807021>

**Rights / license:**

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

# Auslegung von Systemen zur ultraschallunterstützten Zerspanung

Zürich, 30.06.2011

Michael Gull

- Motivation
- Stand der Technik
- 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

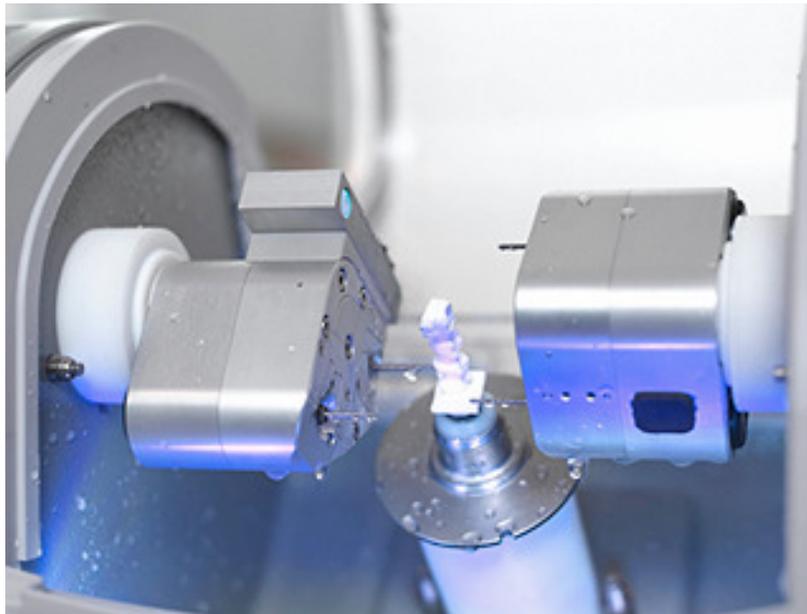


Bild 1: Herstellung einer Zirkonoxid- Brücke [1]



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

[1] [www.cerec.uzh.ch](http://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

- Schleifdorn:

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

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

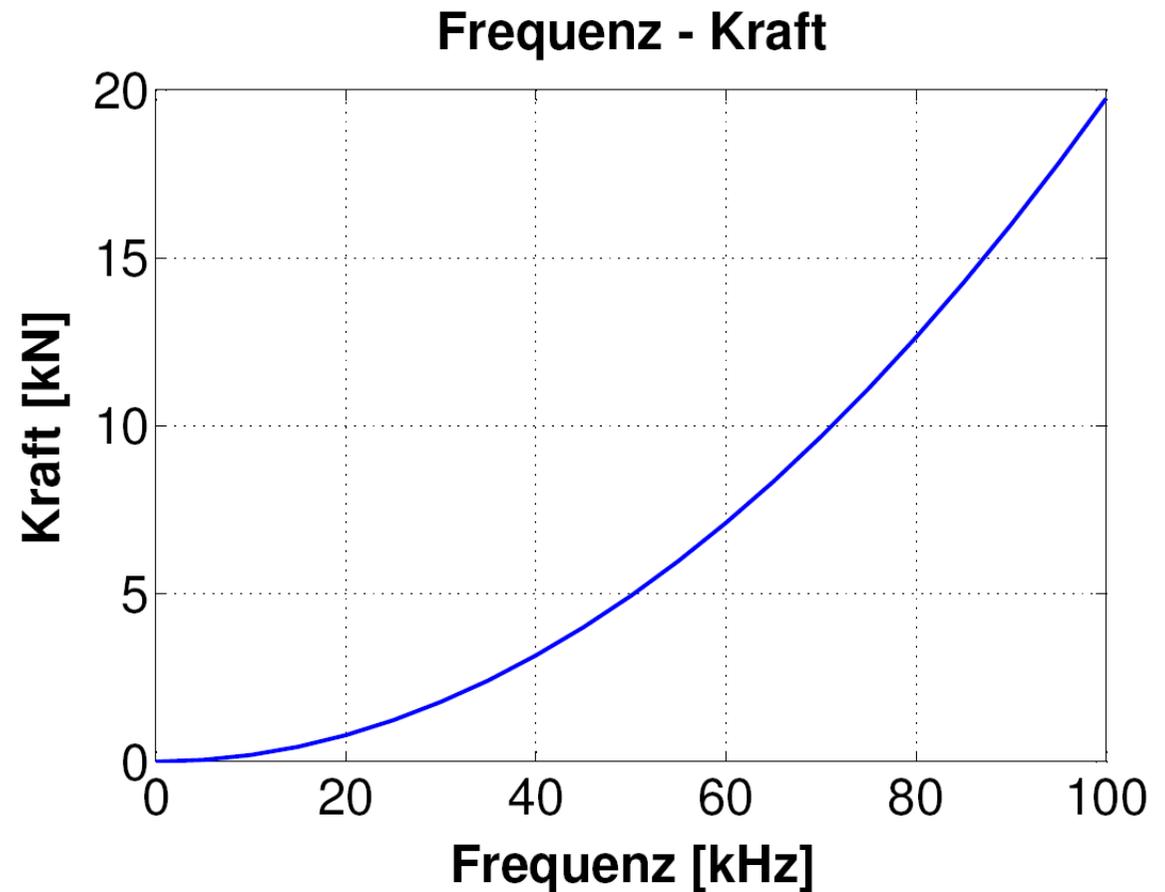


$$x = x_0 \sin(\omega t)$$

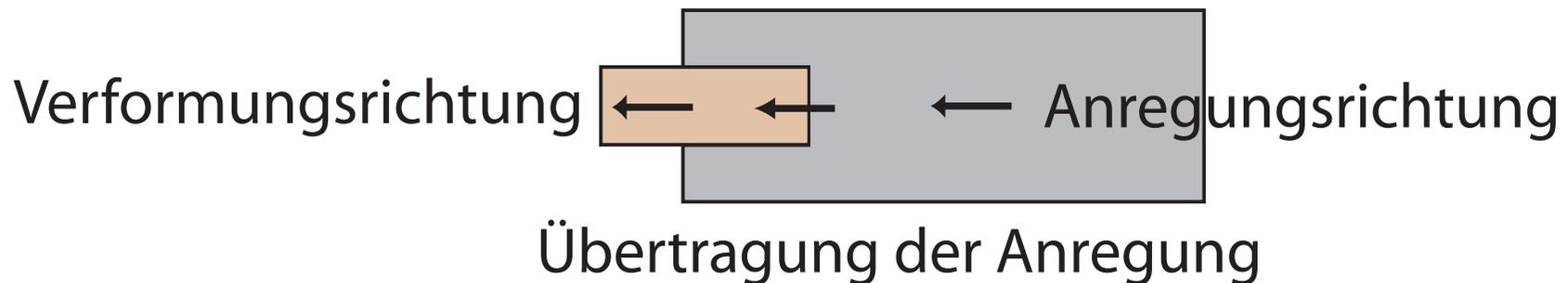
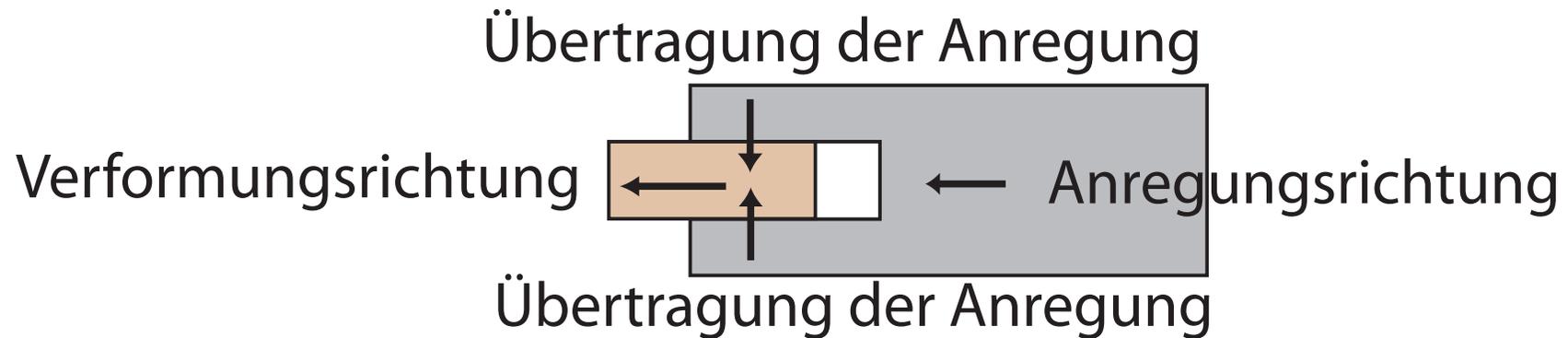
$$\dot{x} = x_0 \omega \cos(\omega t)$$

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

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



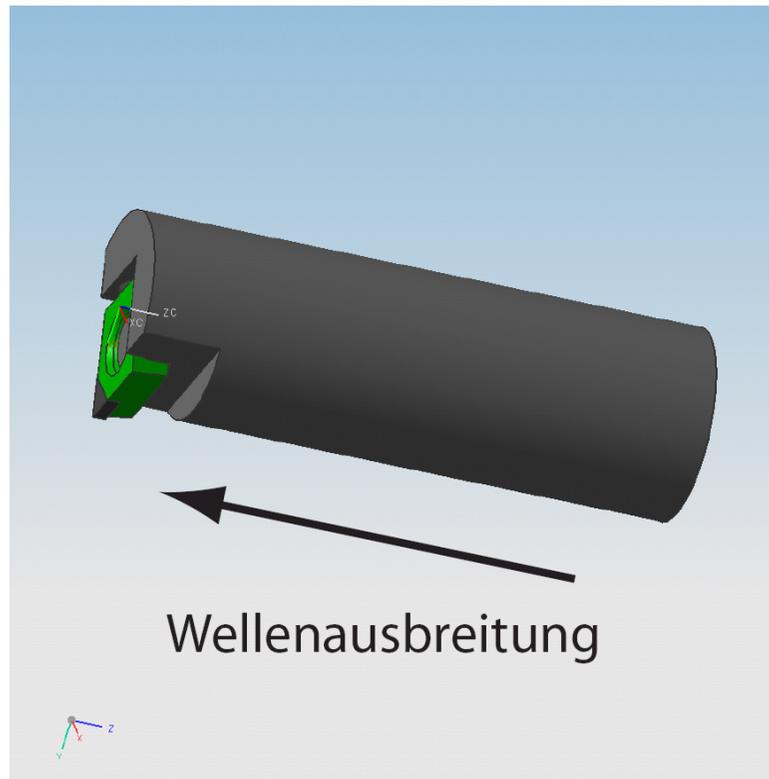
- Übertragung der Anregung in die gleiche Richtung wie Anregungsrichtung
- Formschluss anstelle von Kraftschluss



Optimale Übertragung:  
Formschluss

→ geringe Reibung

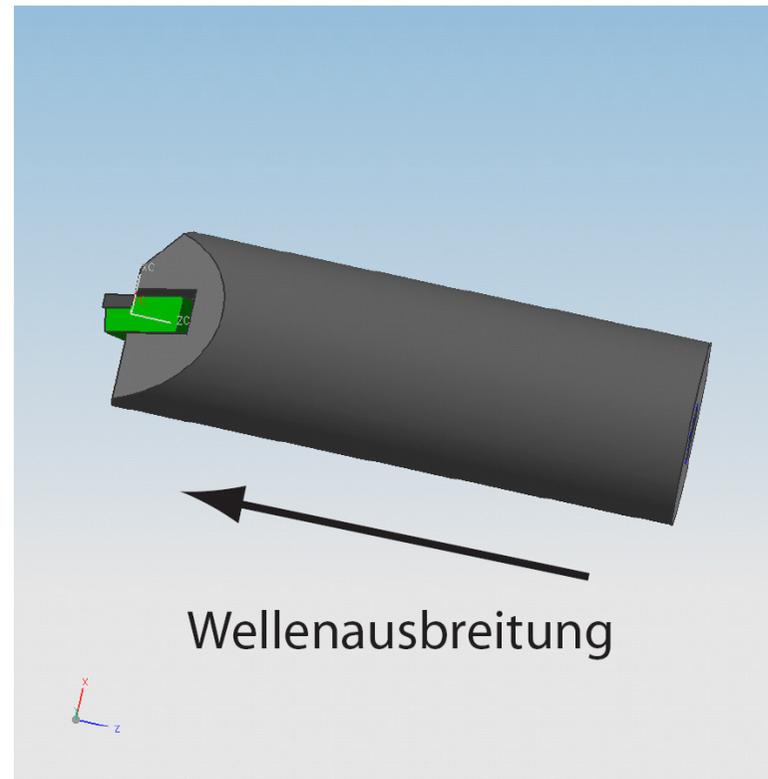
→ geringe Wärmeentwicklung



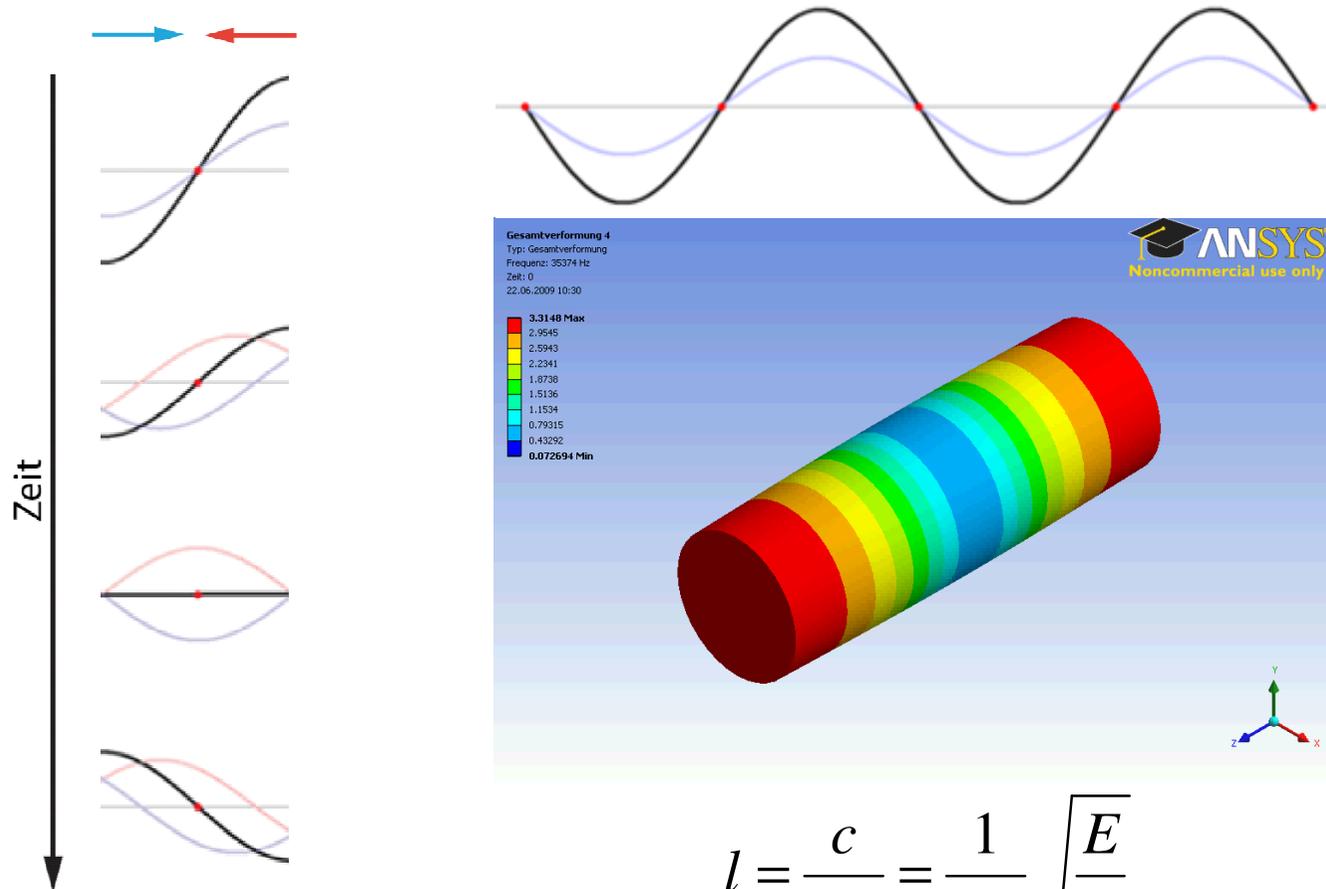
Nicht optimale Übertragung:  
Kein vollständiger Formschluss

→ hohe Reibung

→ hohe Wärmeentwicklung



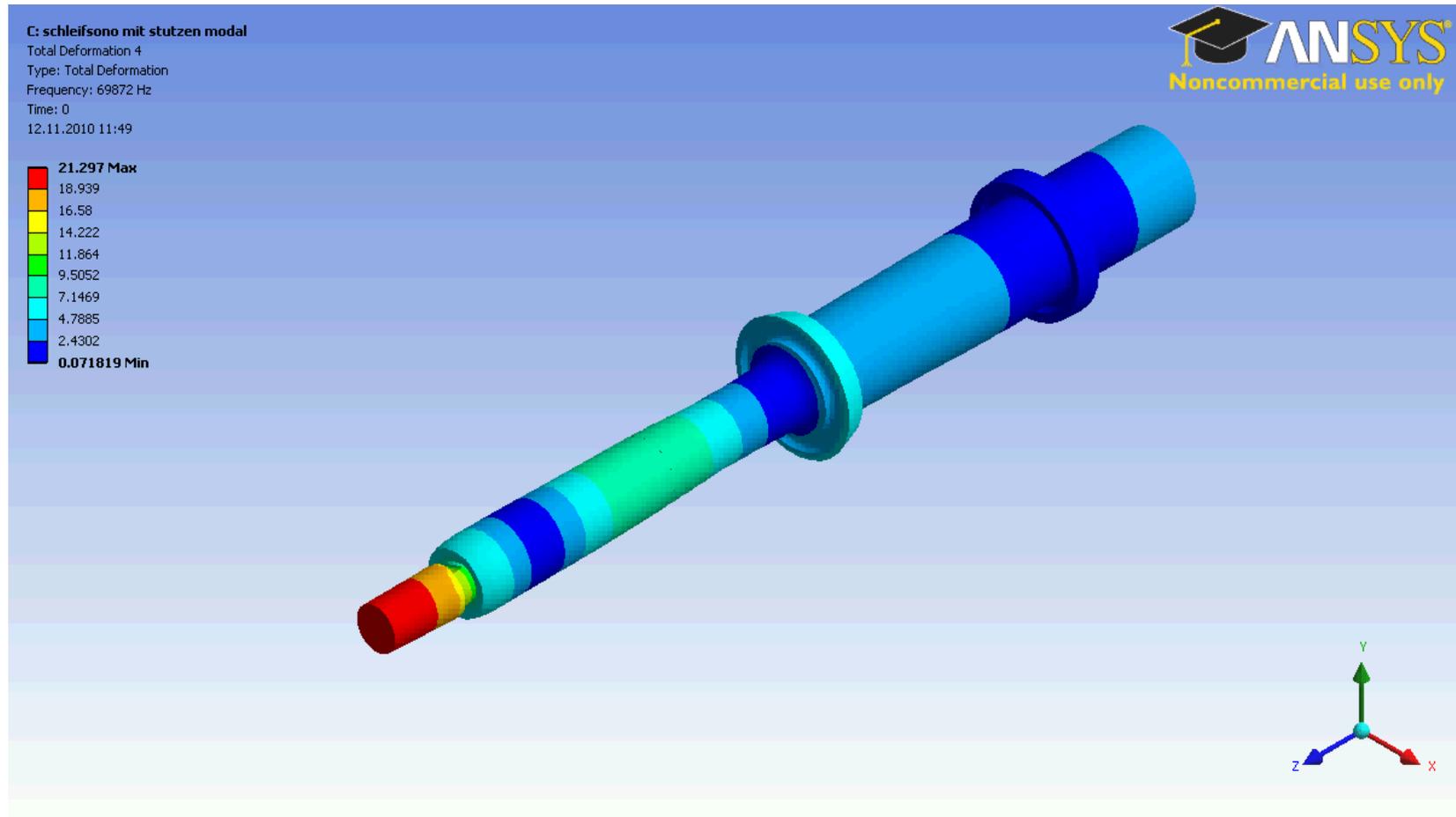
- Stehende Welle:
  - Überlagerung zweier entgegengesetzter Wellen
  - Bedingungen: gleiche Frequenz, Amplitude



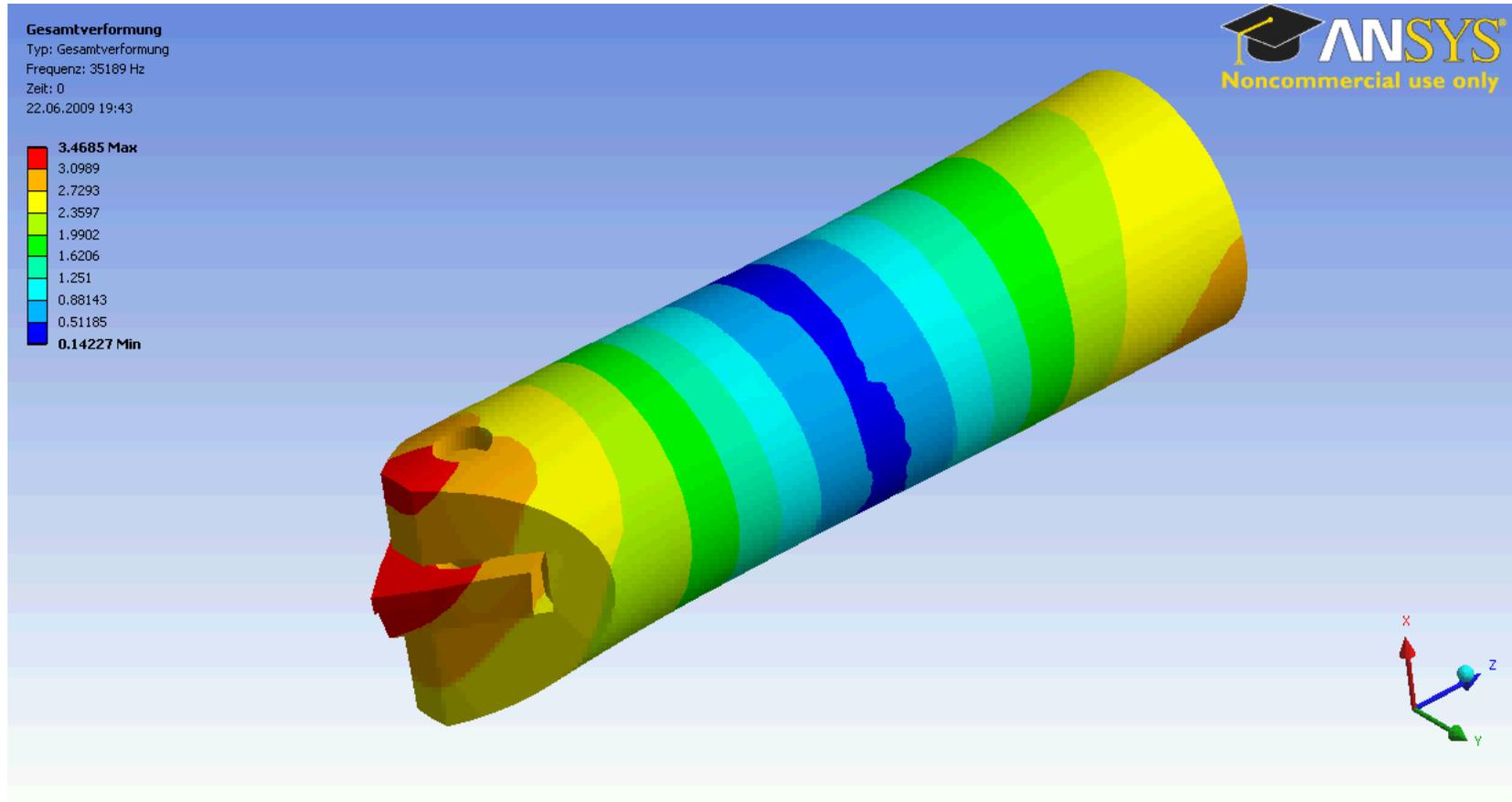
$$l = \frac{c}{2f} = \frac{1}{2f} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

- 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

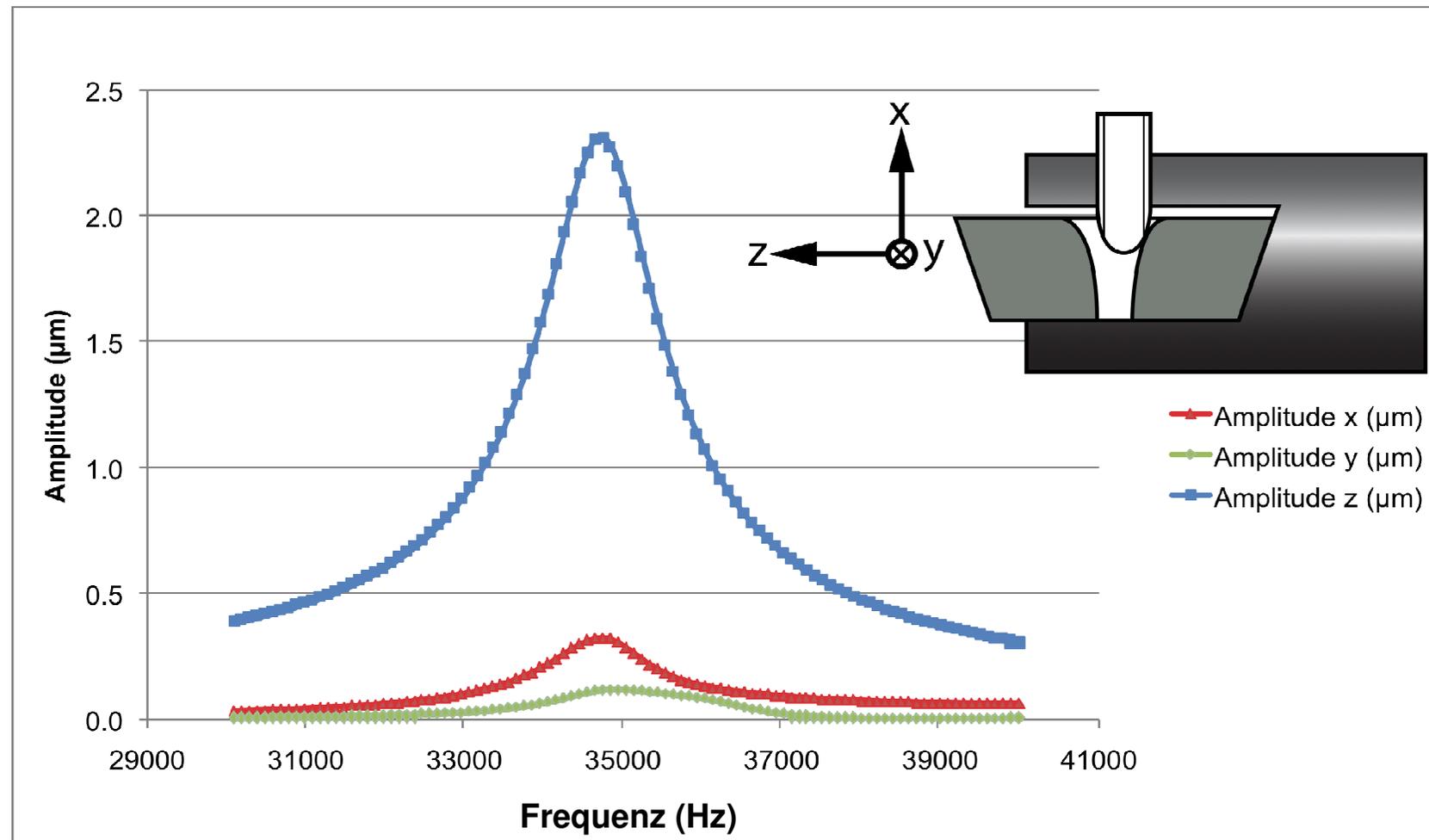
- Modalanalyse: Längsmode bei 70 kHz



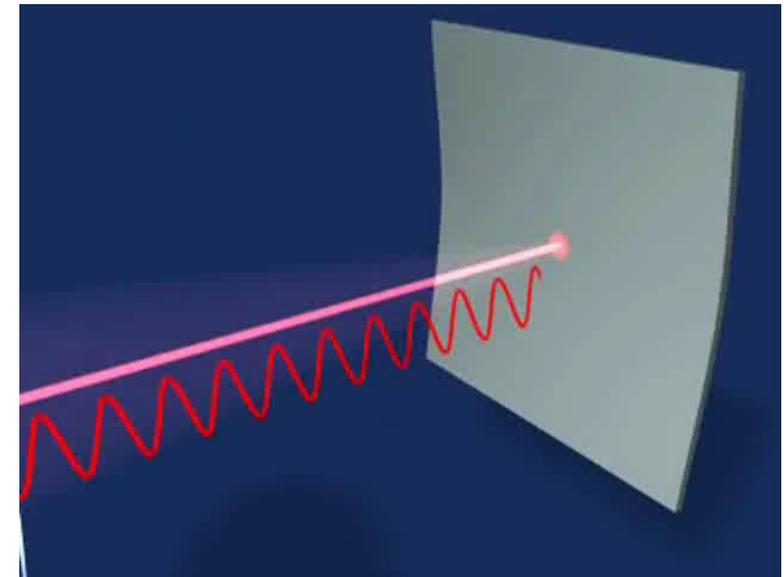
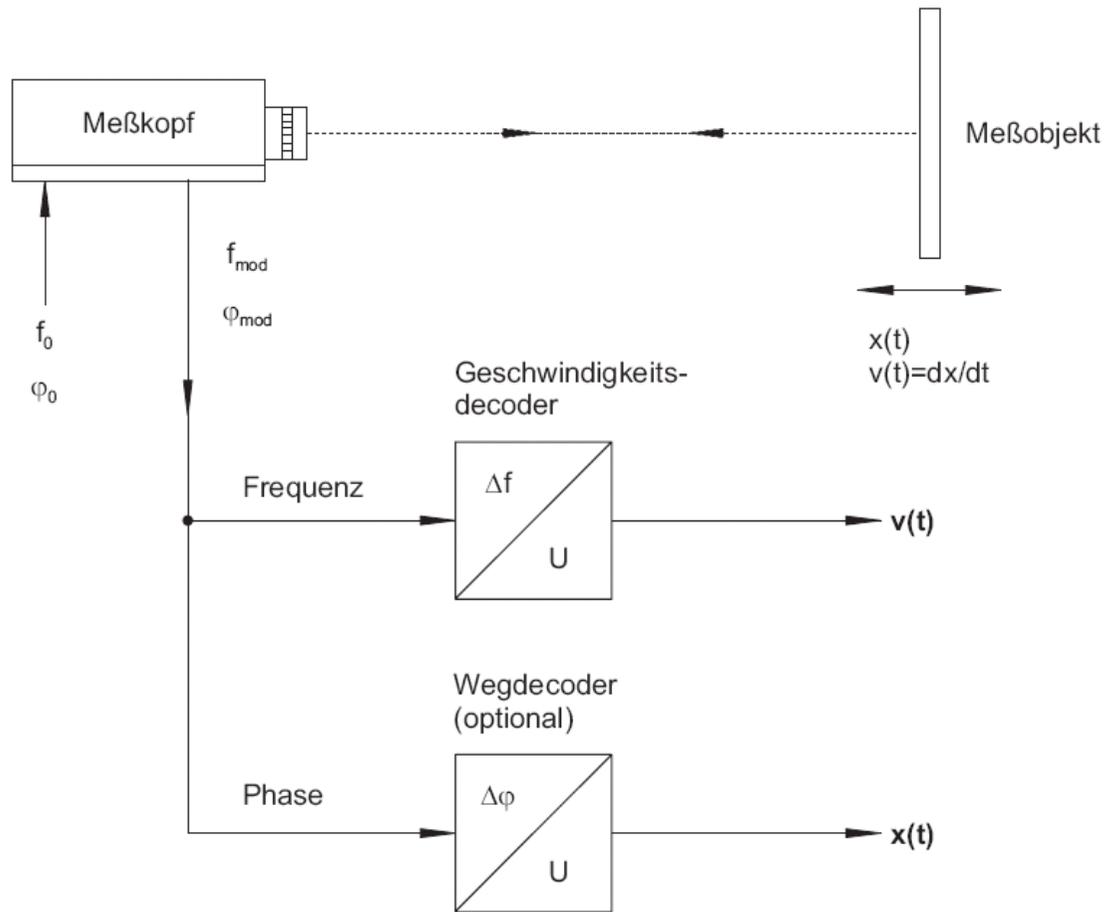
- Modalanalyse: Längsmode bei 35 kHz



- Harmonische Analyse, Anregung in z-Richtung

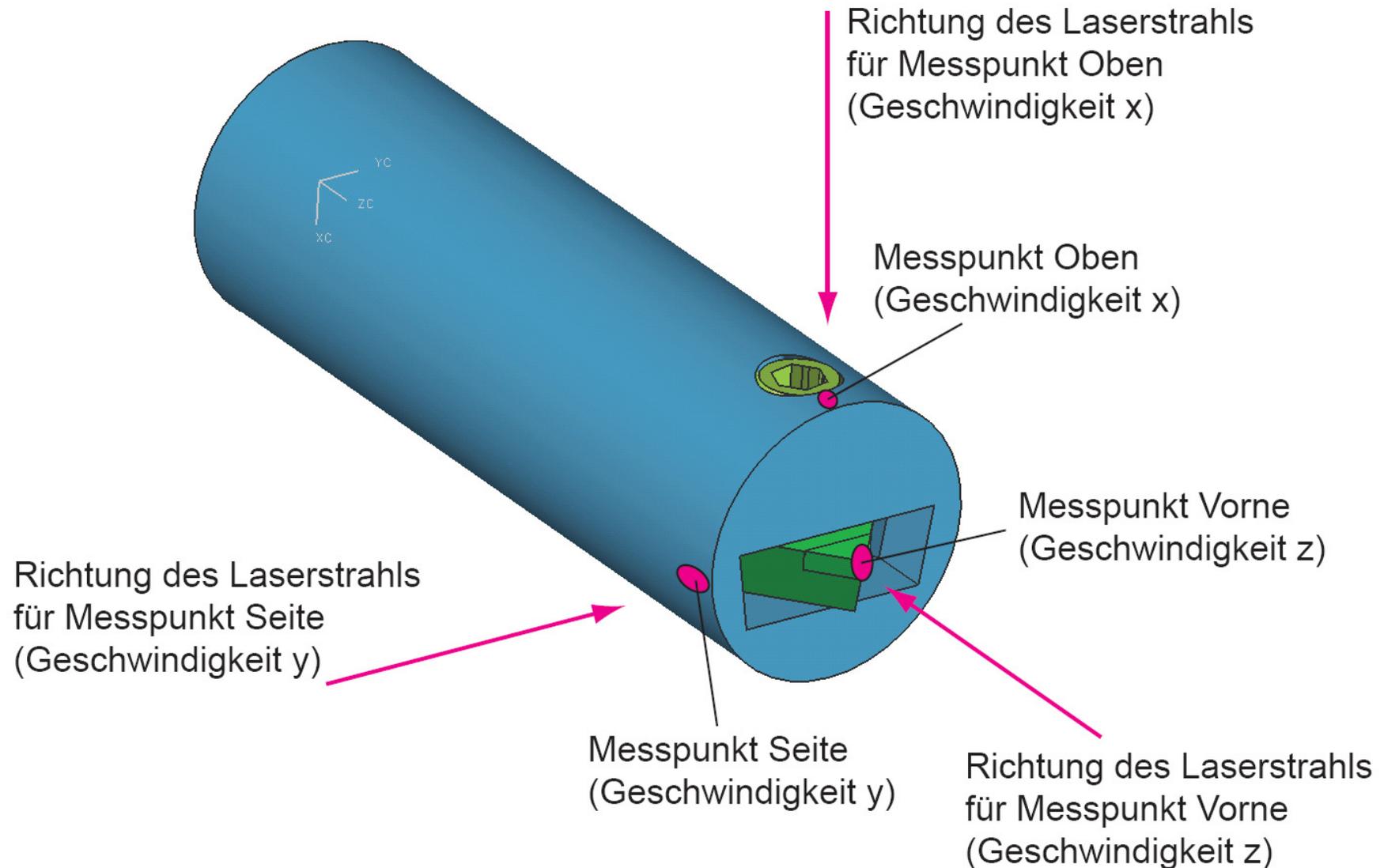


## ■ Funktionsweise Laservibrometer



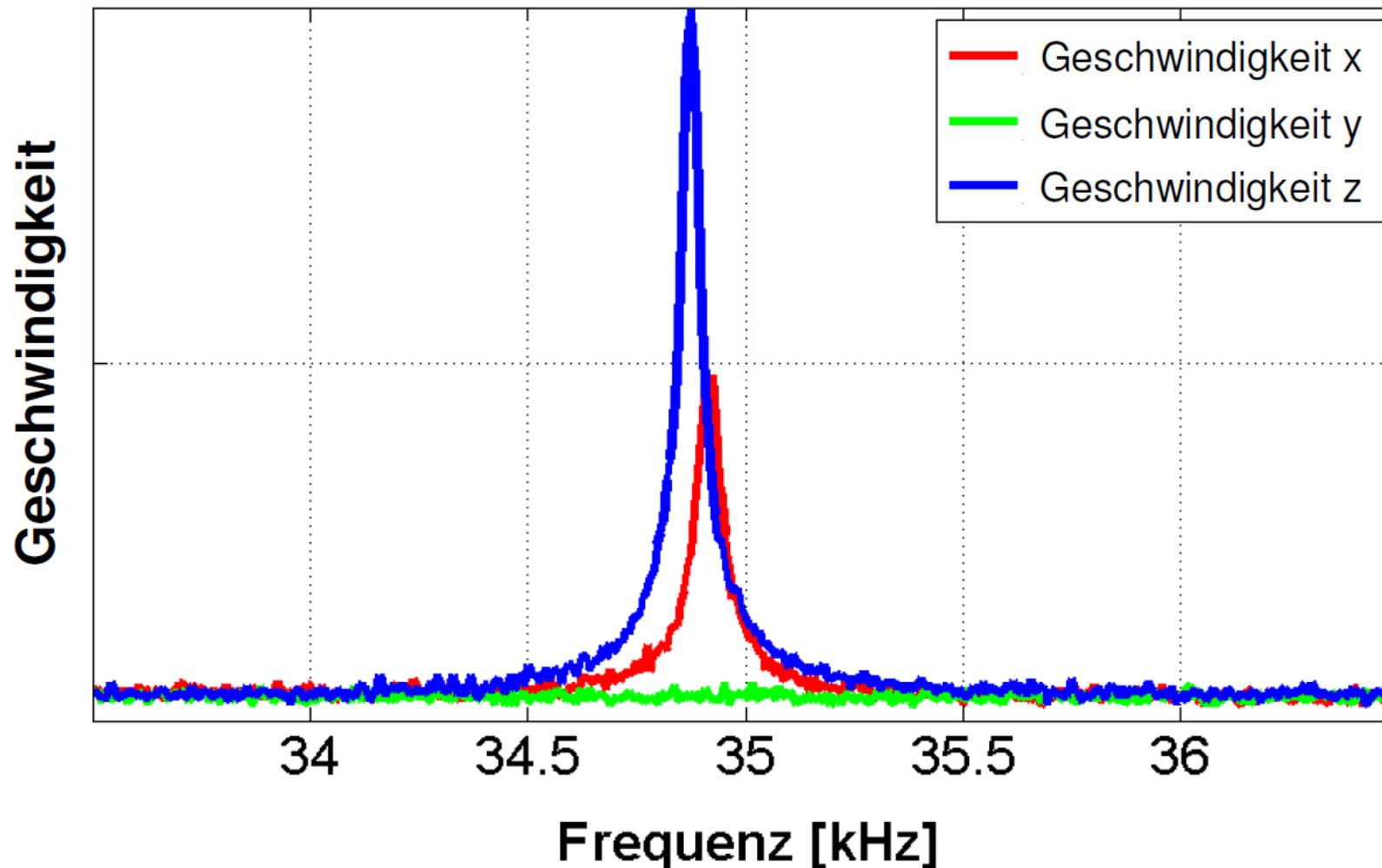
Quelle: [www.polytec.com](http://www.polytec.com)

- Messpunkte an verschiedenen Flächen

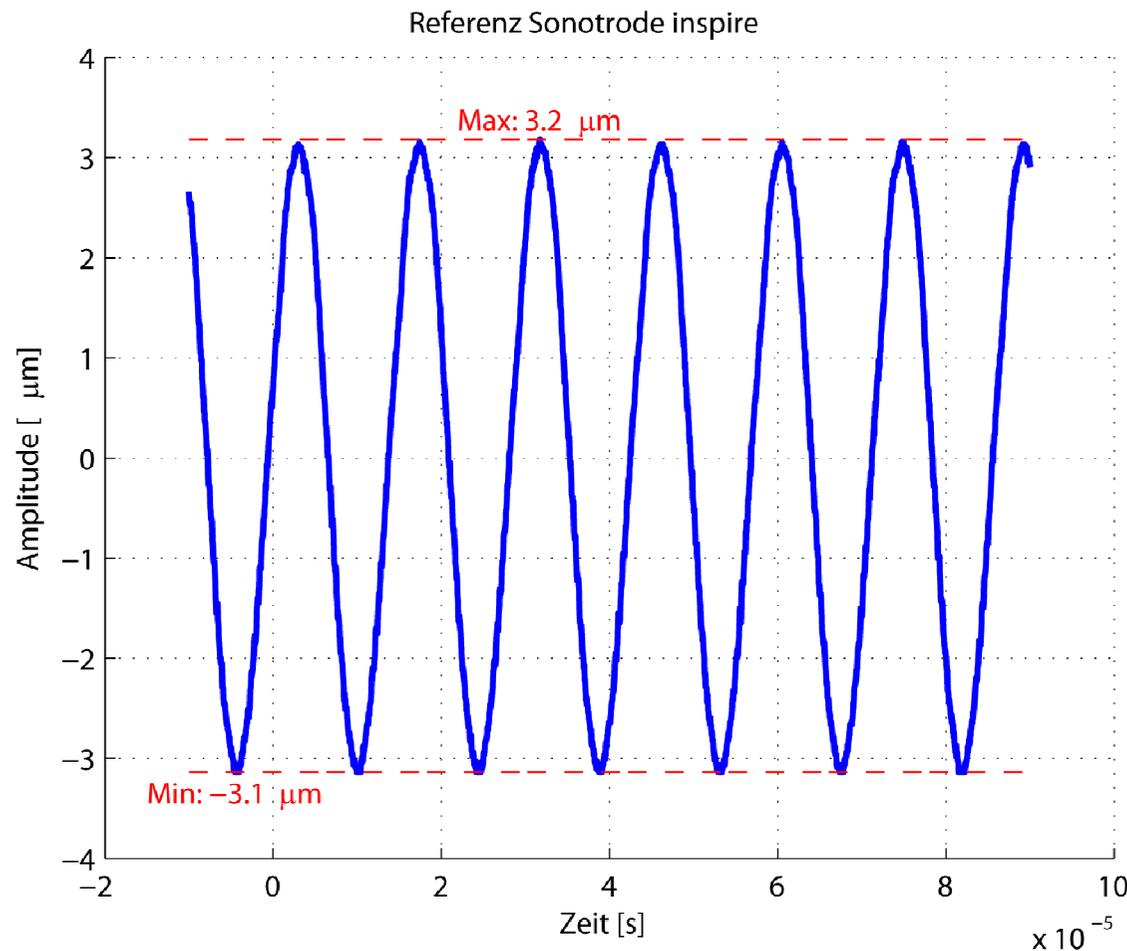


- Frequenzspektrum

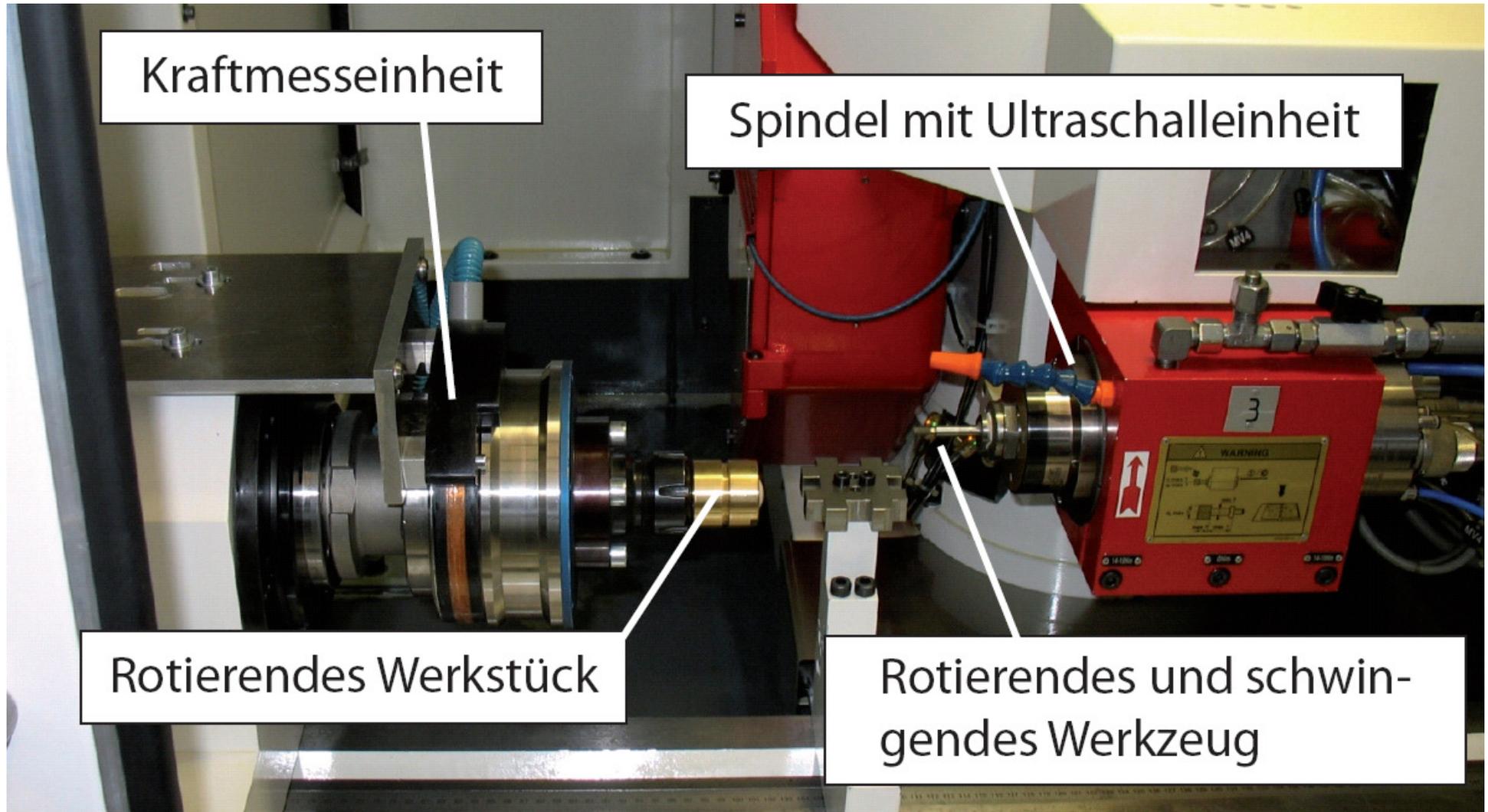
## Sonotrode mit Wendeschneidplatte



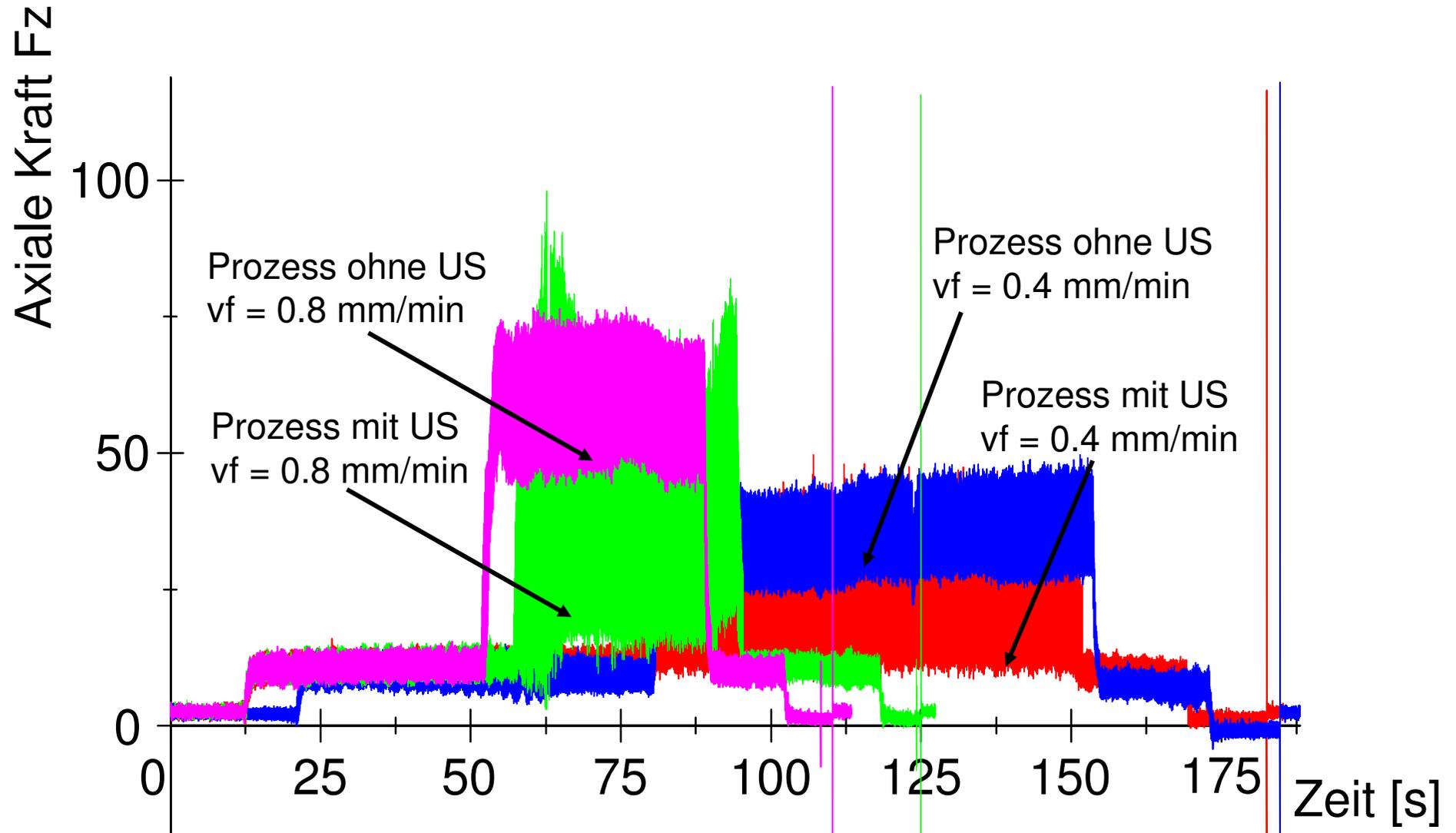
- Amplitudenmessung über der Zeit bei nichtrotierender Spindel:



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



- Aufzeichnung der axialen Prozesskraft



# Auslegung von Systemen zur ultraschallunterstützten Zerspanung

Zürich, 30.06.2010

Michael Gull

[gull@inspire.ethz.ch](mailto:gull@inspire.ethz.ch)