

Ultraschallunterstütztes Bearbeiten von Hartmetall-Bauteilen (HB30F)

Die Bearbeitung von sehr harten und spröden Werkstoffen, wie beispielsweise Hartmetall, Keramik oder Glas, stellt besondere Herausforderungen an Werkzeuge und Maschinen. Das Unternehmen Sauer GmbH hat speziell für dieses Anwendungsgebiet Hochfrequenzgeneratoren entwickelt, die das Werkzeug in der Rotationsachse in einem Frequenzbereich von 15 - 60 kHz anregen und somit eine Strukturschwächung im Eingriffsbereich erzielen, die ein leichteres Zerspanen ermöglicht. Diese Technik wird hier im Bereich des Koordinatenschleifens, konkret beim Bohren mit galvanisch diamantbesetzten Hohlbohrern, eingesetzt.

Theoretischer Hintergrund

Bei der Bearbeitung mit Ultraschallunterstützung treten verschiedene Fälle der Reibung zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück auf. Diese Phänomene hängen von der Vibrationsrichtung des Werkzeugs bzw. Werkstücks ab. Im vorliegenden Fall wird das Werkzeug in der Bearbeitungsrichtung angeregt. Abbildung 1 zeigt ein vereinfachtes Modell wobei sich hier der Halter am Schlitten durch die statische Kraft P mit der Geschwindigkeit v bewegt. Die Hülse, die auch auf dem Schlitten geführt ist, schwingt mit der Amplitude a und der Erregungsfunktion $\sin(\omega \cdot t)$. In der Berührungszone entsteht die Reibkraft Q . Eine statische Kraft $P = Q$ ist für eine gleichförmige Bewegung nötig.

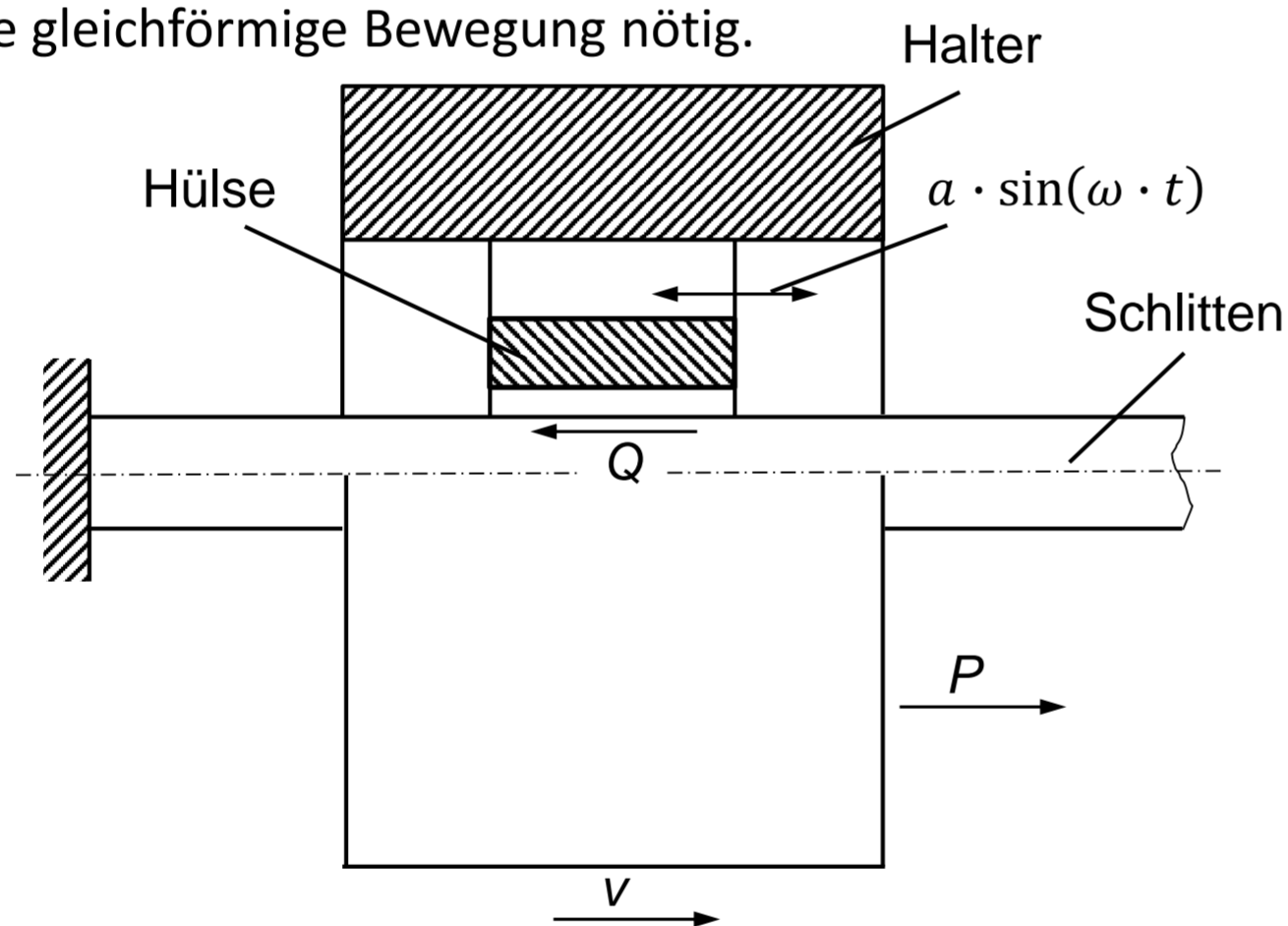


Abb. 1: Modell zur Darstellung der Reibungsverringerung durch Vibration, Quelle: In Anlehnung an Astashev, Babitsky 2007, S. 34.

$$P = \frac{2 \cdot Q}{\pi \cdot a \cdot \omega} \cdot v \quad (1)$$

Gleichung 1 beschreibt die nötige statische Kraft P um den Schlitten in Abhängigkeit der Ultraschallunterstützung der schwingenden Hülse zu bewegen¹.

Versuchsaufbau

Abbildung 2 zeigt den Versuchsaufbau zur Schnittkraftmessung bei den Zerspanungsversuchen. Verwendet wird ein CNC-Bearbeitungszentrum US30linear von DMG Mori-Sauer sowie eine Kraftmessplattform der Firma Kistler. Die Parameter sind der Abbildung zu entnehmen.

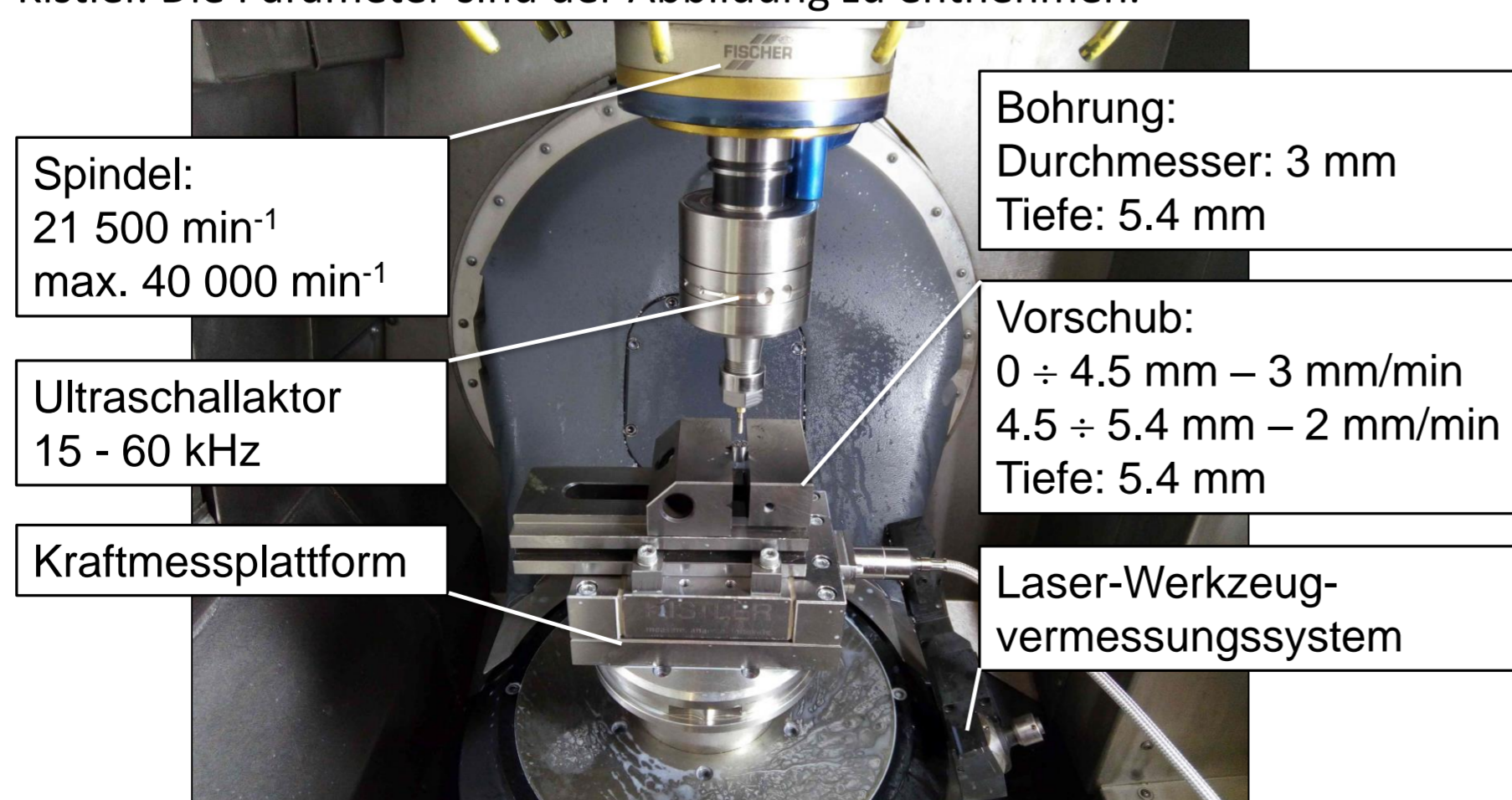


Abb. 2: Versuchsaufbau zur Kraftmessung, Quelle: IFT.

Zur Detektion der Unterschiede der Bearbeitung mit und ohne Ultraschallunterstützung, werden die Parameter zur Bearbeitung wie Schnittgeschwindigkeit und Vorschub konstant gehalten bzw. zur gleichen Zeit in der Bearbeitung geändert.

Auswertung

Um die Ergebnisse zu verifizieren, werden wie in Abbildung 3 gezeigt, die Schnittkräfte in Vorschubrichtung miteinander verglichen. Es ist deutlich zu sehen, dass die Bohrkraft ohne Ultraschallunterstützung in der Bearbeitung um über 30 Prozent über diesem Vergleichswert der Bearbeitung mit Ultraschallunterstützung liegt. Der Sprung im Bereich 1 erklärt sich durch die Vorschubverringerung. Die in beiden Fällen noch vorhandene Kraft im Bereich 2 liegt aufgrund der Innenkühlung (30 bar) an.

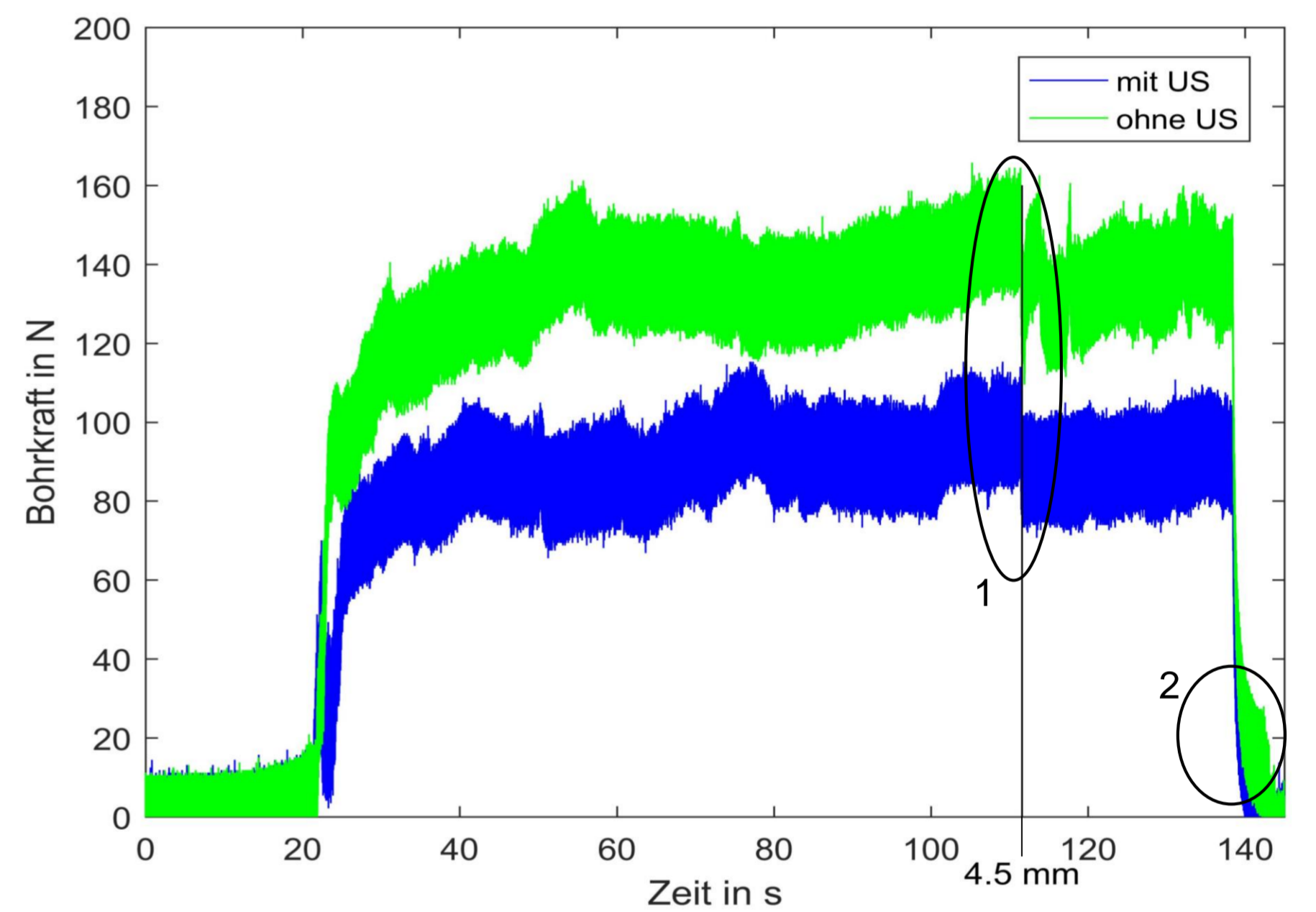


Abb. 3: Schnittkraftverlauf in Bearbeitungsrichtung, Quelle: IFT.

In weiterer Folge sind die Daten mittels FFT-Analyse untersucht worden. Hier hat sich gezeigt, dass sich im niederfrequenten Bereich (bis 1 kHz) die zu erwartende Verringerung der Kraft in allen Bereichen zeigt (siehe Abbildung 4a). Charakteristisch für die Bearbeitung ist die Spitze bei 358 Hz die der Drehzahl von 21500 min⁻¹ entspricht (Punkt 1). Punkt 2 zeigt das erste Vielfache dieser Frequenz.

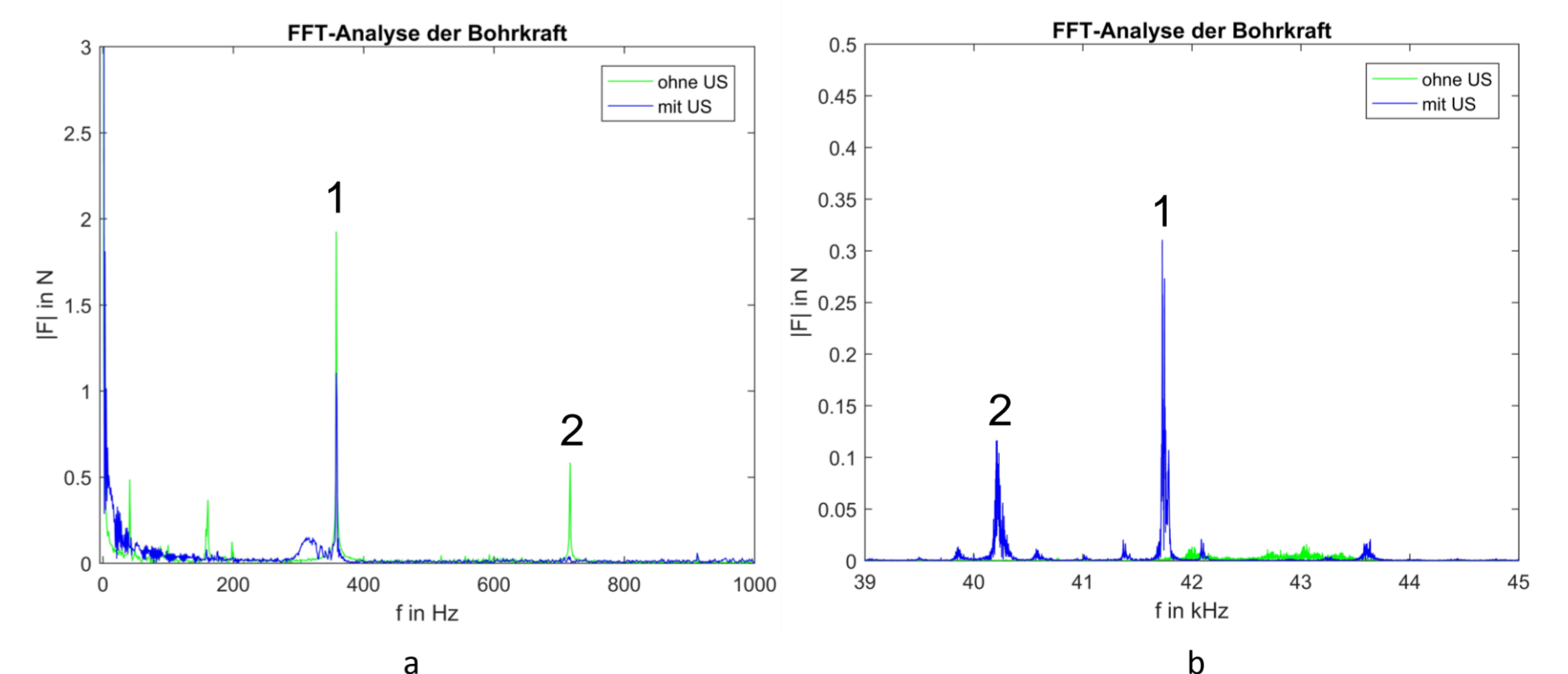


Abb. 4: FFT-Analyse der Schnittkraft in Bearbeitungsrichtung, Quelle: IFT.

Abbildung 4b zeigt den Bereich der Resonanzfrequenz des Werkzeugs. Mit Ultraschallunterstützung sind deutliche Spitzen (Punkt 1 und 2) zu sehen. Die Verschiebung der Frequenz wird durch den Ultraschallgenerator der Maschine verursacht, der diese anpasst. Je höher die zu erregende Masse ist, desto niedriger wird die Frequenz. Ohne Ultraschallunterstützung ist ein Schwingen feststellbar das im Bereich eines Zehntels der Kraft, die mit aktivem Werkzeug aufgebracht wird, liegt. Durch diese Erkenntnisse ist es in weiterer Folge möglich, die Schnittparameter zu erhöhen und die Bearbeitungszeiten zu verkürzen

¹ Astashev, V. K. and V. I. Babitsky (2007). Ultrasonic Processes and Machines: Dynamics, Control and Applications. Foundations of engineering mechanics. Berlin, New York: Springer.