

# WHITEPAPER

## Ultraschallunterstütztes Bohren und Tiefbohren von Aluminiumlegierungen mit VibroCut *ultrasonic*

Bauteile aus Aluminiumlegierungen finden als Knet- oder Druckgusslegierung Anwendung in nahezu allen Branchen. Aufgrund der günstigen Materialeigenschaften sowie der geringen Kosten und guten Spanbarkeit werden Aluminiumlegierungen unter anderem für Komponenten mit hohen Stückzahlen verwendet und innerhalb von Serienfertigungsprozessen hergestellt. Hierbei steht die Optimierung von Produktivität, Qualität und Prozesssicherheit im Fokus, um fortwährend eine Steigerung der Effizienz und Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Die Ultraschallunterstützung von Bohr- und Tiefbohrverfahren kann hierbei einen wesentlichen Beitrag leisten. Die Ultraschallbewegungen modifizieren das Materialverhalten bei der Spanbildung zugunsten geringer Zerspankräfte und minimieren Reibung, wodurch die Leistungsfähigkeit von Bohr- und Tiefbohrprozessen in Aluminiumlegierungen entscheidend gesteigert wird.

### Untersuchung zur Anwendung der Ultraschallunterstützung mit VibroCut *ultrasonic*

Beispielhaft für die Gruppe der Aluminiumlegierungen erfolgt eine Untersuchung der Ultraschallunterstützung beim Bohren am Beispiel eines Referenzteils aus einer Knetlegierung EN AW-7075 (AlZn5,5MgCu) sowie einer Gusslegierung EN AC-42000 (AlSi7Mg).

Zur Realisierung der Ultraschallunterstützung wurde entsprechend Abbildung 1 eine Werkzeugmaschine mit dem System VibroCut *ultrasonic* ausgerüstet. Hierbei wird im rotierenden Werkzeughalter eine Ultraschallbewegung erzeugt und die Kinematik des Zerspanungsprozesses mit dieser gezielt überlagert. Die Amplitude  $\hat{A}_{pp}$  wird mittels M-Befehlen im NC-Programm

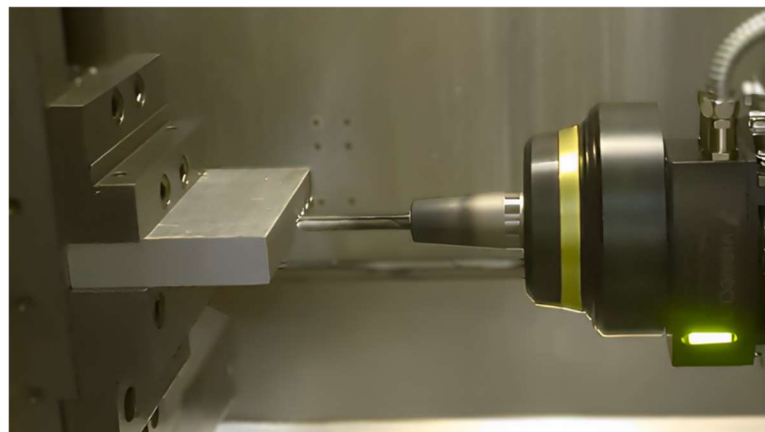


Abbildung 1: Versuchsaufbau

eingestellt und kann in weiten Bereichen verändert werden. Die Ultraschallfrequenz wird vom System automatisch eingestellt und während des Bohrprozesses geregelt.



Die Versuchsparameter wurden in Abhängigkeit des zu bearbeitenden Werkstoffs variiert und sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Parameter der Zerspanungsuntersuchungen

|                              | <b>EN AW-7075<br/>(AlZn5,5MgCu)</b> | <b>EN AC-42000<br/>(AlSi7Mg)</b>        |
|------------------------------|-------------------------------------|---|
| Werkzeug                     | VHM – geradgenutet                  | VHM mit PKD-Schneiden<br>– geradgenutet |
| Bohrungsdurchmesser          | Ø8 mm                               | Ø8 mm                                   |
| Bohrungstiefe                | 20 mm                               | 67 mm                                   |
| Schnittgeschwindigkeit $v_c$ | 200 m/min                           | 138 m/min                               |
| Vorschub $f$                 | 0,07 ... 0,2 mm/U                   | 0,12 ... 0,35 mm/U                      |
| Ultraschallfrequenz          | ≈ 27 kHz                            | ≈ 20 kHz                                |
| Amplitude $\hat{A}_{pp}$     | 12 $\mu\text{m}$ / 20 $\mu\text{m}$ | 15 $\mu\text{m}$ / 25 $\mu\text{m}$     |

Um die Effekte der Ultraschallunterstützung zu evaluieren, wurden mit Hilfe einer Kraftmessplattform die Vorschubkräfte des Bohrprozesses erfasst und für das konventionelle und ultraschallunterstützte Bohren verglichen.

### Technologische Effekte und Wirkmechanismen

Abbildung 2 zeigt in Bezug auf die Versuche in EN AW-7075 den Verlauf der Vorschubkräfte für die verschiedenen Vorschübe sowie den konventionellen und ultraschallunterstützten Bohrprozess bei steigender Amplitude. Entsprechend der

grundlegenden Zerspanungstheorie wird zuerst ersichtlich, dass die Vorschubkräfte mit höherem Vorschub ansteigen und die Kräfte des konventionellen Bohrens max. 848 N beträgt. Die Zerspanungskräfte und die Abfuhr der Späne definieren in Bohrprozessen oft die Grenzen von Produktivität und Prozesssicherheit. Die Ultraschallunterstützung mit einer Amplitude von 12  $\mu\text{m}$  führt für alle Vorschübe zu einer signifikanten Reduzierung der Vorschubkräfte. Wird die Amplitude auf 20  $\mu\text{m}$  erhöht, sinken die

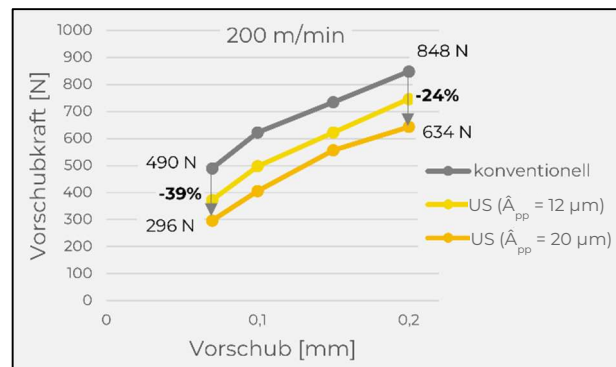


Abbildung 2: Diagramm der Vorschubkräfte (EN AW-7075)

Als Ergebnis steht bei Vorschub 0,07 mm eine Verringerung der Vorschubkraft von 194 N bzw. 39%. Entsprechend niedrige Vorschübe werden u.a. bei Anbohrzyklen tieferer Bohrungen verwendet. Hier kann der Ultraschall für eine höhere Stabilität und Genauigkeit sorgen oder Notwendigkeit einer Vorschubreduzierung verringern, so dass eine höhere Produktivität erreicht wird. Beim höheren



Prozessvorschub von 0,2 mm reduziert die Ultraschallunterstützung mit 20 µm die Vorschubkraft um 214 N bzw. 24%. Weiterhin wurde in den Zeitverläufen der Vorschubkraft beobachtet, dass die Ultraschallunterstützung zu einer deutlichen Reduzierung von Kraftschwankungen führt und der Bohrprozess bedingt durch die verbesserte Spanabfuhr stabilisiert wird. Dies liegt in der verringerten Reibung zwischen Werkzeugschaft und Spänen begründet, wodurch die Spanabfuhr verbessert und Spanklemmer vermindert werden. Dies ist besonders bei langspanenen Aluminiumknetlegierungen ein entscheidender Vorteil. Basierend auf der Ultraschallunterstützung besteht das Potential die Schnittwerte, insbesondere den Vorschub, beim Bohren von Aluminium signifikant zu steigern und damit die Produktivität und Wirtschaftlichkeit entscheidend zu steigern.

Abbildung 3 zeigt für die Versuche in der Aluminiumgusslegierung EN AC-42000 die Vorschubkräfte für das konventionelle und ultraschallunterstützte Bohren. Auch hier steigen die Vorschubkräfte mit höherem Vorschub an und erreichen beim konventionellem Bohren max. 488 N. Im Diagramm ist zu erkennen, dass auch bei Gusslegierungen die Ultraschallunterstützung für alle Vorschübe zur Reduzierung der Vorschubkraft führt, wobei der Effekte mit zunehmender Amplitude ansteigt. Die Kraftreduzierung bei niedrigem Vorschub von 0,1 mm und einer Amplitude von 25 µm beträgt hier 111 N bzw. 43%. Beim konventionellen

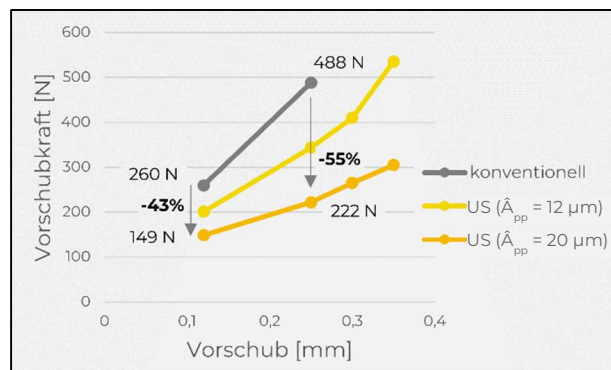


Abbildung 3: Diagramm der Vorschubkräfte (EN AC-42000)

Prozessvorschub von 0,25 mm wird die Vorschubkraft um 266 N bzw. 55% drastisch vermindert. In den Untersuchungen wurde auf dieser Basis der Vorschub gesteigert. Bei einer Amplitude von 15 µm wird die konventionelle Vorschubkraft von 488 N bei einem Vorschub von ca. 0,33 mm erreicht, was einer Steigerung von 32% entspricht. Bei einer Amplitude von 25 µm liegen die Vorschubkräfte auch bei einem Vorschub von 0,35 mm deutlich unter dem konventionellen Wert. Hier ergibt sich ein Potential zur Steigerung von Vorschubs von >50%.

Die reduzierten Bearbeitungskräfte wirken sich bei der Bearbeitung von Aluminiumknet- und Gusslegierungen vorteilhaft auf den Bohrprozess und seine Eigenschaften aus und erschließen weiterführende Verbesserungspotentiale. In diesem Zusammenhang wird z. B. die Qualität der Bohrungen hinsichtlich des Mittenverlaufs, was insbesondere beim Tiefbohren ein kritischer Faktor ist, deutlich gesteigert. Weiterhin wird die Bildung von Grat am Bohrungsaustritt sowie der Werkzeugverschleiß vermindert. Entscheidend ist zudem das Potential die Schnittwerte, vor allem den Vorschub, weiter zu steigern und dadurch die Produktivität deutlich zu erhöhen.



## Kundennutzen

Die drastisch reduzierten Bearbeitungskräfte wirken sich positiv auf die Grenzen des Bohrprozesses hinsichtlich Produktivität, Prozesssicherheit und Qualität aus. Abbildung 4 fasst die Vorteile der Ultraschallunterstützung beim Bohren von Aluminiumlegierungen zusammen.

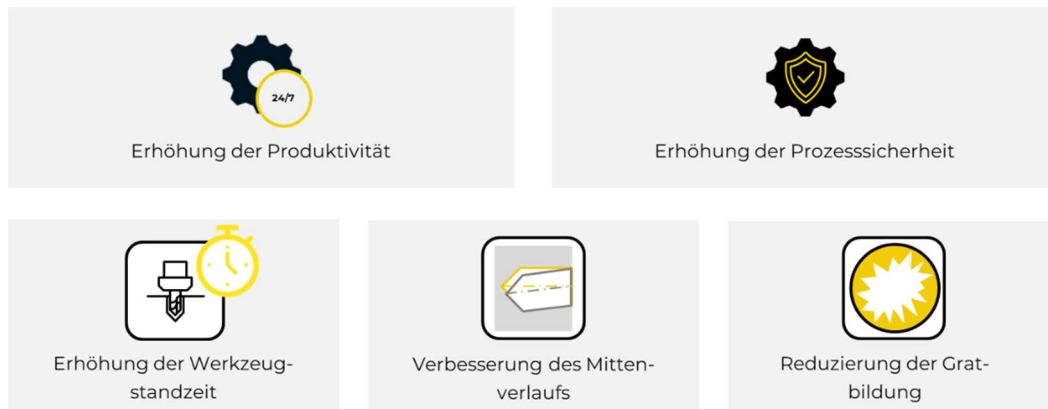


Abbildung 4: Vorteile beim ultraschallunterstützten Bohren und Tiefbohren

Insbesondere der Mittelverlauf der Bohren und Tiefbohren wird durch die ultraschallbedingte Kraftreduzierung deutlich verbessert, was in vielen industriellen Anwendungsfällen ein entscheidender Faktor ist. Weiterhin läuft der Bohrprozess, besonders nahe seiner Leistungsgrenzen, sicherer ab. So reduziert die verminderte Bearbeitungskraft zum Beispiel die Wahrscheinlichkeit von spontanem Werkzeugbruch. Besonders in der Serienfertigung und bei hohem Automatisierungsgrad ist die

## Kosteneinsparung mit VibroCut *ultrasonic*



### Berechnungsbeispiel Schnittparametererhöhung

- Maschinenstundensatz: 75 €/h
- Planbelegungszeit: 6000 h/Jahr (750 Schichten/Jahr)
- Schnittparametererhöhung: 25...100 Prozent

| Schnittparametererhöhung | Produktivitätssteigerung | Einsparung pro Maschine/Jahr |
|--------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 25 %                     | 9,0 %                    | 40.500 €/Jahr                |
| 50 %                     | 15,0 %                   | 67.500 €/Jahr                |
| 100 %                    | 22,5 %                   | 101.250 €/Jahr               |

Abbildung 5: Beispielrechnung zum wirtschaftlichen Benefit bei Schnittwerterhöhung

Prozesssicherheit ein entscheidender Faktor für eine wirtschaftliche Fertigung. Beim Vergleich der Vorschubkräfte wird das Potential der Ultraschallunterstützung zur Erhöhung der Schnittwerte, insbesondere des Vorschubs, deutlich. Dadurch wird die Produktivität der Bohrprozesse signifikant erhöht und entsprechend der beispielhaften Rechnung in Abbildung 5 hohe wirtschaftliche Benefits erzielt.



## Weiterführende Informationen

VibroCut *ultrasonic* ist ein patentiertes System der VibroCut GmbH und setzt neue Maßstäbe in der hybriden Zerspanung. Als Produkt- und Technologieanbieter sowie Integrationspartner ermöglichen wir den effizienten Einsatz der Ultraschalltechnologie in Ihrer Fertigung. Unsere Ultraschallsysteme sind als Werkzeughalter zur Nachrüstung von Neu- und Bestandsmaschinen erhältlich, ergänzt durch umfassende Servicedienstleistungen.

Das VibroCut *ultrasonic*-System bietet höchste Flexibilität mit verschiedenen Leistungsklassen und Abmessungen, passend für alle gängigen Spindelschnittstellen wie HSK, SK oder BT. Ein Alleinstellungsmerkmal ist die präzise Amplituden- und Frequenzregelung, die den optimalen Bewegungszustand auch während des Werkzeugeingriffs sicherstellt. Je nach Bearbeitungsanforderung stehen vier Leistungsklassen zur Verfügung – von der Precision-Line für filigrane Werkzeuge mit Drehzahlen bis zu 30.000 U/min bis zur High Performance-Line für massereiche

| Leistungsparameter VibroCut <i>ultrasonic</i> |   |
|---|---|
| Ultraschallfrequenz                           | $f_{us} = 16...50 \text{ kHz}$                |
| Amplitude                                     | $\hat{A}_{pp} = 0,1...80 \text{ }\mu\text{m}$ |
| Leistung                                      | $P_{Wmax} = 100...1.000 \text{ W}$            |



Abbildung 6: Ultraschall-Werkzeughalter VibroCut *ultrasonic*

Spezialanwendungen. Mit einer Maximalleistung von 1.000 W ermöglicht VibroCut *ultrasonic* sogar den zuverlässigen Einsatz von Tiefbohrwerkzeugen mit über 2.000 mm Länge. Dank der für Bearbeitungszentren optimierten Precision-Line (100 W), Standard-Line (250 W) und Performance-Line (500 W) ist eine nahtlose Integration in Maschinen mit automatischem Werkzeugwechsel möglich.

Treten Sie gern direkt mit uns in Kontakt oder informieren Sie sich auf unserer Website:

**VibroCut GmbH**  
 Annaberger Str. 240  
 09125 Chemnitz  
[info@vibrocut.de](mailto:info@vibrocut.de)  
[www.vibrocut.de](http://www.vibrocut.de)

