

# Universelle und robuste Schwingsysteme für die spanende Bearbeitung

Martin Hamm

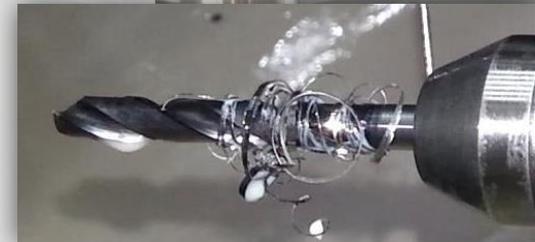
Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Dresden

# Mit Ultraschall zur Produktivitätssteigerung Schwingsysteme für die Zerspanung



## Optimierungspotential in **Produktivität und Qualität** bei der Zerspanung:

- **Schlechter Spanbruch:**
  - Erschwerter **Spanabtransport**
  - Verursacht **Spänestau** im Bohrloch und damit **mangelhafte Oberflächen**
  - Späne müssen mit **Rückzugszyklen** geräumt werden
- **Gratbildung:**
  - Mindert die **Bauteilqualität** und
  - Verursacht **nachgelagerte Prozessschritte**
- **Werkzeugverschleiß:**
  - Durch hohe Prozesskräfte und Prozesstemperaturen



## Stand der Forschung

### Vorteile der Ultraschallüberlagerung von Zerspanungsprozesse bekannt:

- Reduzierte **Prozesskräfte** und **Prozesstemperaturen**
- Längere **Werkzeugstandzeiten**
- Erhöhte **Bearbeitungsqualität** / verringerte **Gratbildung** und bessere **Spanabfuhr**
- Gesteigerte **Produktivität** und **Qualität**

**Aber**

Bislang **kaum praktische Anwendung**

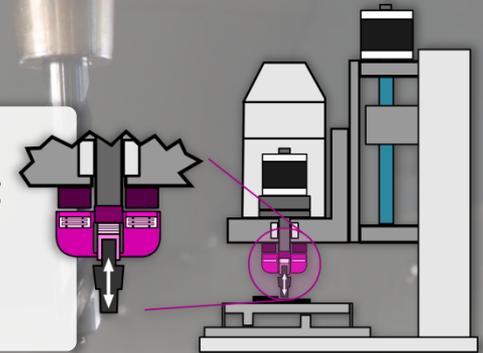
**Weil**

Systeme **kaum verfügbar**, sehr **kostenintensiv** oder **unausgereift**

**Ziel in PermaVib**

**Universelle und robuste Schwingsysteme für die Zerspanung**

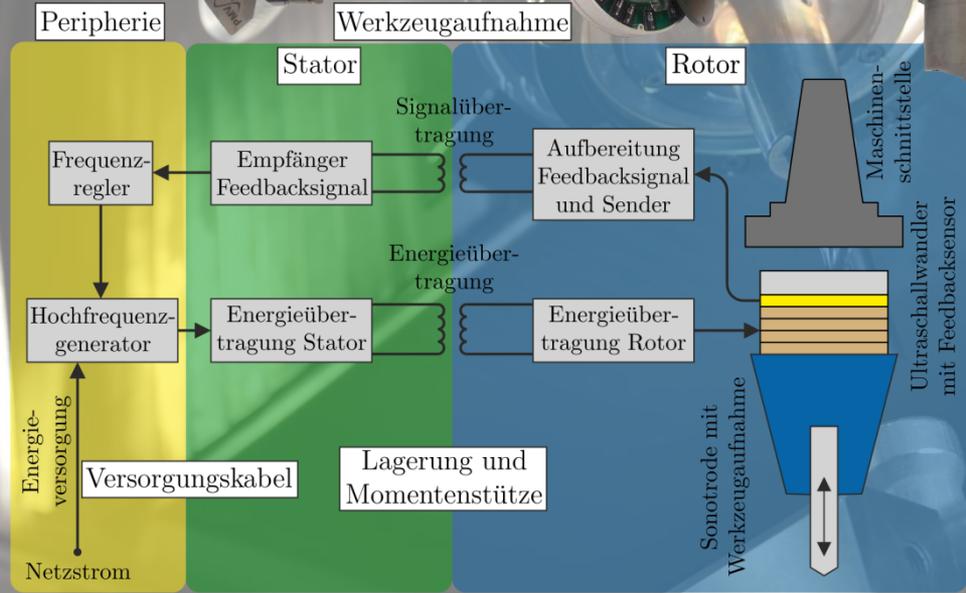
- Nutzbar in **herkömmlichen Werkzeugmaschinen**



## Modulares Konzept

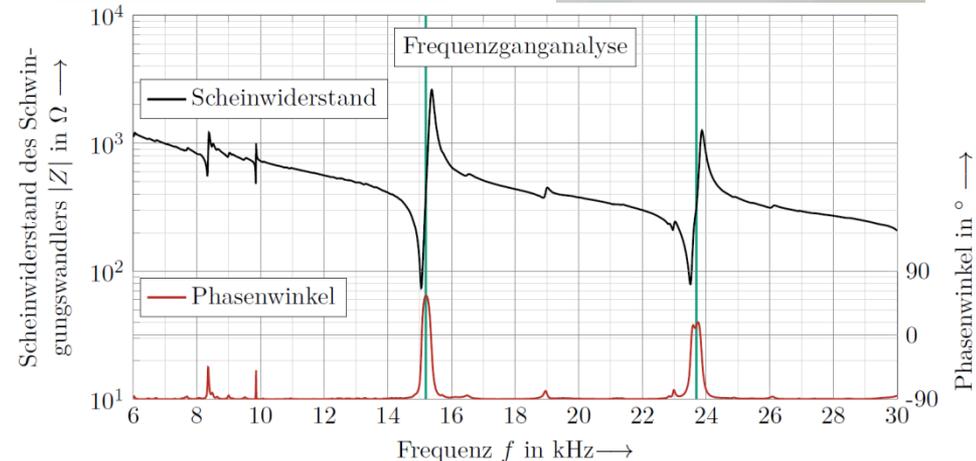
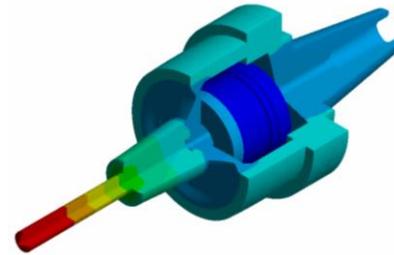
Ermöglicht Systembaukasten mit unterschiedlichen Konfigurationen

- **Spindel- und Werkzeugschnittstelle**
- **Anpassung auf spezielle Maschinen und Prozesse**
- **Stator mit Lagerung auf Werkzeugaufnahme oder fest an Spindelnase**



## Funktionsprinzip

- Ist die Schwingerlänge  $l$  ein Vielfaches der halben Wellenlänge  $\lambda$ , überlagern sich reflektierte mit ankommende Wellen zu einer stehenden Welle (Resonanz)
  - Damit ortsfeste **Knoten** und **Bäuche** der Schwingung
- Resonanzfrequenzen** bei:
$$f_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{n \cdot c}{2l}$$
- Resonanz=höchste Übersetzung zwischen elektrischer und mechanischer Energie



## Prototypen Schwingsystem

- Einsetzbar auf **herkömmlichen Bearbeitungsmaschinen**
- **Piezo Schwingungswandler** in Werkzeugaufnahme
- **Schwingungsübersetzung** und **Verstärkung** zur Werkzeugspitze
- Berührungsloser **Energie- und Datenübertragung**
- **Amplituden- und Frequenzregelung**
- **Innenkühlung** der Werkzeuge
- **Gekapselte** Elektronik und Lagerung



### Technische Daten (Konfig. Prototyp)

- Bis 8000 U/min
- Gewicht 7kg (mit Stator)
- Amplituden 15 $\mu$ m (30 $\mu$ m peak-peak)
- Frequenz ca. 16,5kHz

## Ersterprobung

Inbetriebnahme des ersten Prototypen PMV01 auf 5-Achs Fräsmaschine

### Versuchsparameter:

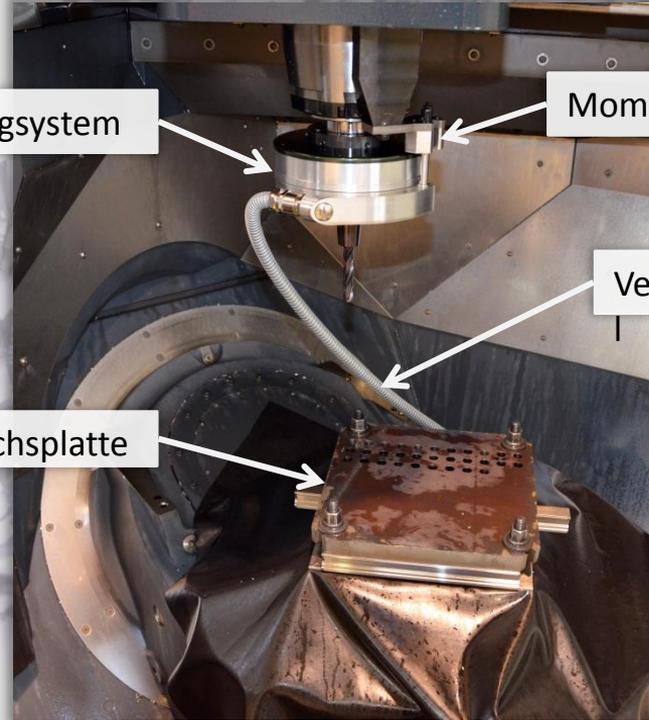
- Material C45
- Vorschub 0,05mm/U
- Drehzahl 3500U/min
- Durchmesser 12mm

Schwingsystem

Momentenstütze an Spindel

Versorgungskabe

Versuchsplatte

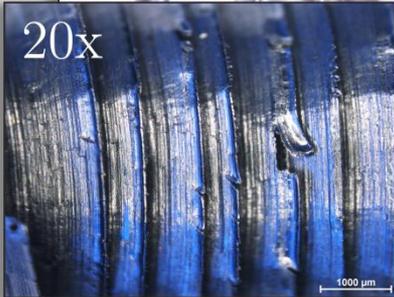


Ohne Ultraschall

10x



20x



## Konventionell

Großer Teil langer **Wirr- und Wendelspäne**

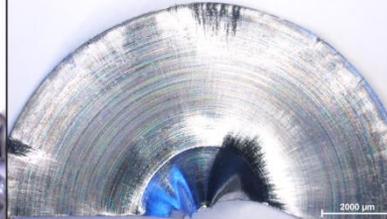
- Schlechter **Spanabtransport** (Spänestau)

**Reibmarken** auf der Spanoberfläche

- Weist auf **hohe Reibkräfte**, damit auf **hohe Temperaturen** und erhöhten **Werkzeugverschleiß** hin
- Untersuchungen zu Verschleiß und Zerspankräften stehen aus

10µm Amplitude

10x



20x



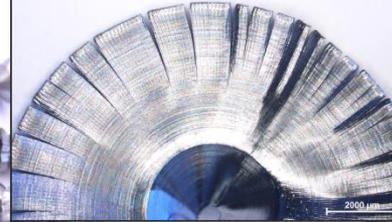
## 10µm Amplitude

Ausschließlich **Wendelspäne**

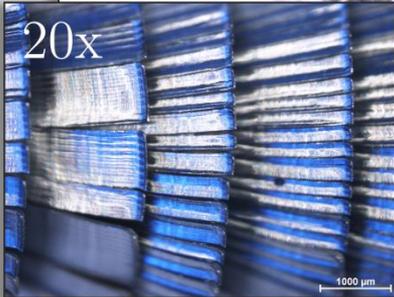
- besserer **Spanabtransport**
- **Verminderte Reibmarken** und **sichtbare Struktur** durch Schwingungsüberlagerung
- Lässt **geringerer Reibkräfte** vermuten
- Variierte Spanstärke (vorgegebene **Bruchstellen**)

15µm Amplitude

10x



20x



**15µm Amplitude**

Kürzere **Wendelspäne**

- besserer **Spanabtransport**

**Deutliche Struktur** durch  
Schwingungsüberlagerung

- Ausgebildete **Bruchstellen**

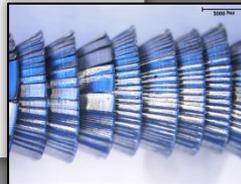
## Zusammenfassung

**Funktionsnachweis** an erstem Prototyp PMV01

- **Ersetzt** herkömmliche **Werkzeugaufnahme**
- **Wenig Nachrüstaufwand** und Maschineneingriff
- **Modularisierungsansatz** mit Konfiguration entsprechend Erstanwender

Erste **positive Effekte**

- Spanbruch kann gezielt verbessert werden



## Derzeit

### Prototypenoptimierung

- Regelparameter
- Abgleich Simulation
- Dauerbetrieb

### Prozesserprobung

- Zerspanungsuntersuchungen
- Betrachtung von Werkzeugverschleiß, Temperaturen, Kräften und Bauteilqualität

## Ausblick und Ziele

### Technologietransfer

- Weitere Prozesse, Materialien, Werkzeuge
- Prozessüberwachung und Systemdiagnose
- Modularisierungsansatz
- Effektprognose mit Kosten Nutzenabschätzung

## Nullserie und Feldversuche

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Entstanden im öffentlich geförderten Projekt PermaVib

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



smart<sup>3</sup> materials  
solutions  
growth

Mit den Projektpartnern:

