Universelle und robuste Schwingsysteme für die spanende Bearbeitung

Martin Hamm
Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Dresden


Motivation
Umsetzung
Experimente
Ausblick

Ausgangssituation

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**

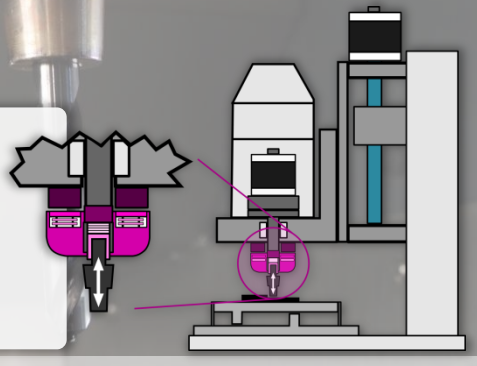
Weil

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

Ziel in PermaVib

Universelle und robuste Schwingsysteme für die Zerspanung

- Nutzbar in **herkömmlichen Werkzeugmaschinen**



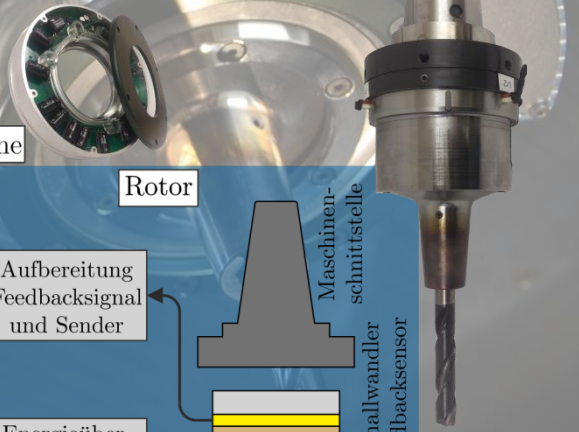
Modulares Konzept

Ermöglicht Systembaukasten mit unterschiedlichen Konfigurationen

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





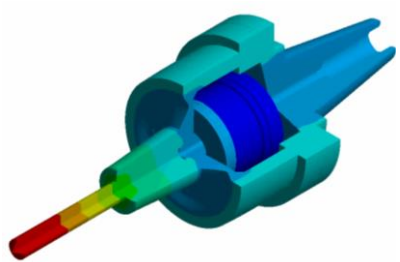


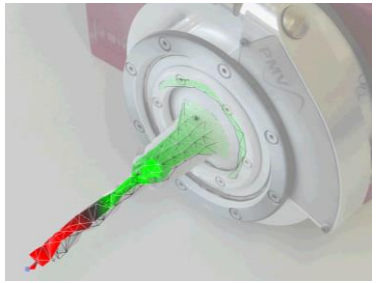
Funktionsprinzip

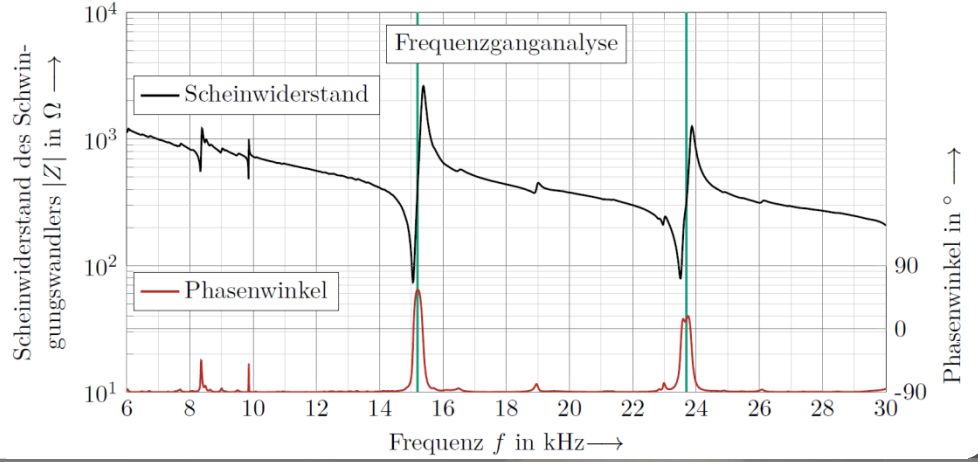
- Ist die Schwingerlänge l ein Vielfaches der halben Wellenlänge λ, überlagern sich reflektierte mit ankommende Wellen zu einer stehenden Welle (Resonanz)
  - Damit ortsfeste **Knoten** und **Bäuche** der Schwingung
- **Resonanzfrequenzen** bei:

$$f_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{n \cdot c}{2l}$$

- Resonanz=höchste Übersetzung zwischen elektrischer und mechanischer Energie

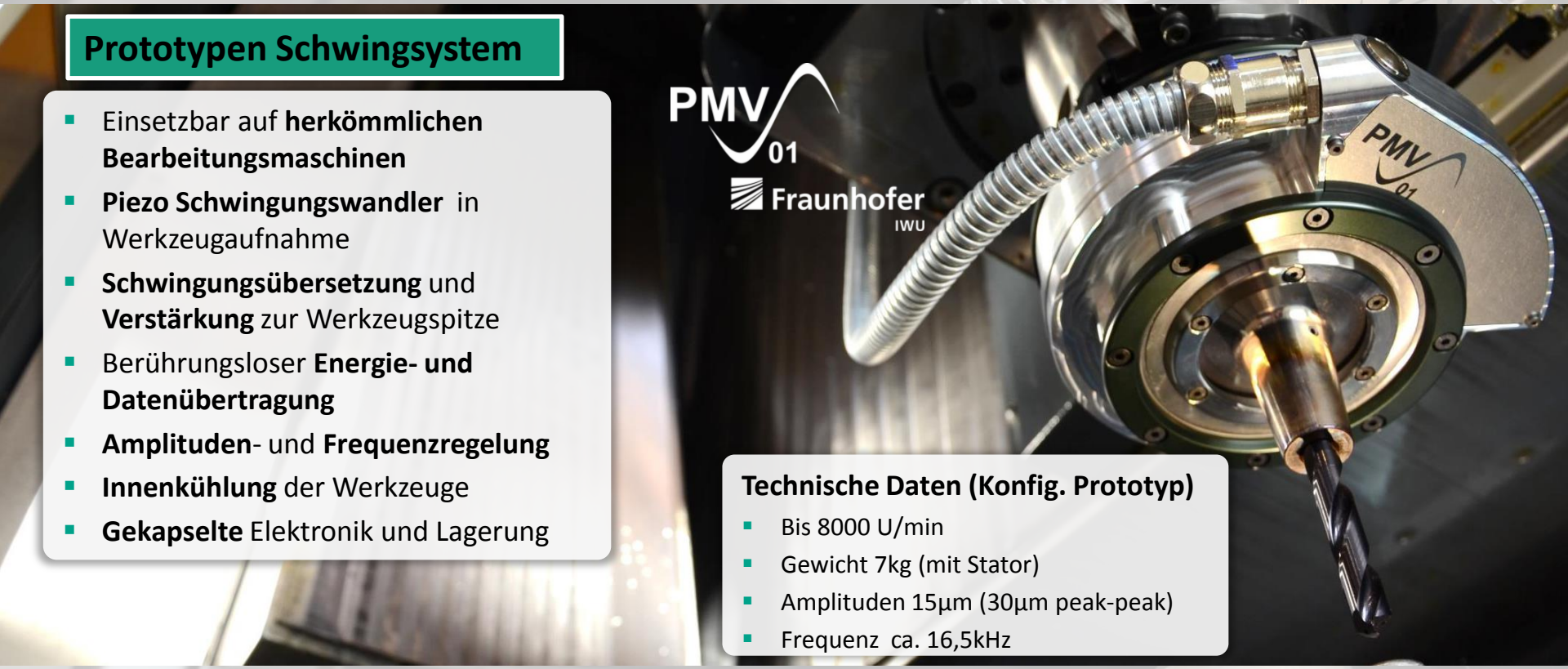






Prototypen Schwingsystem

- 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)

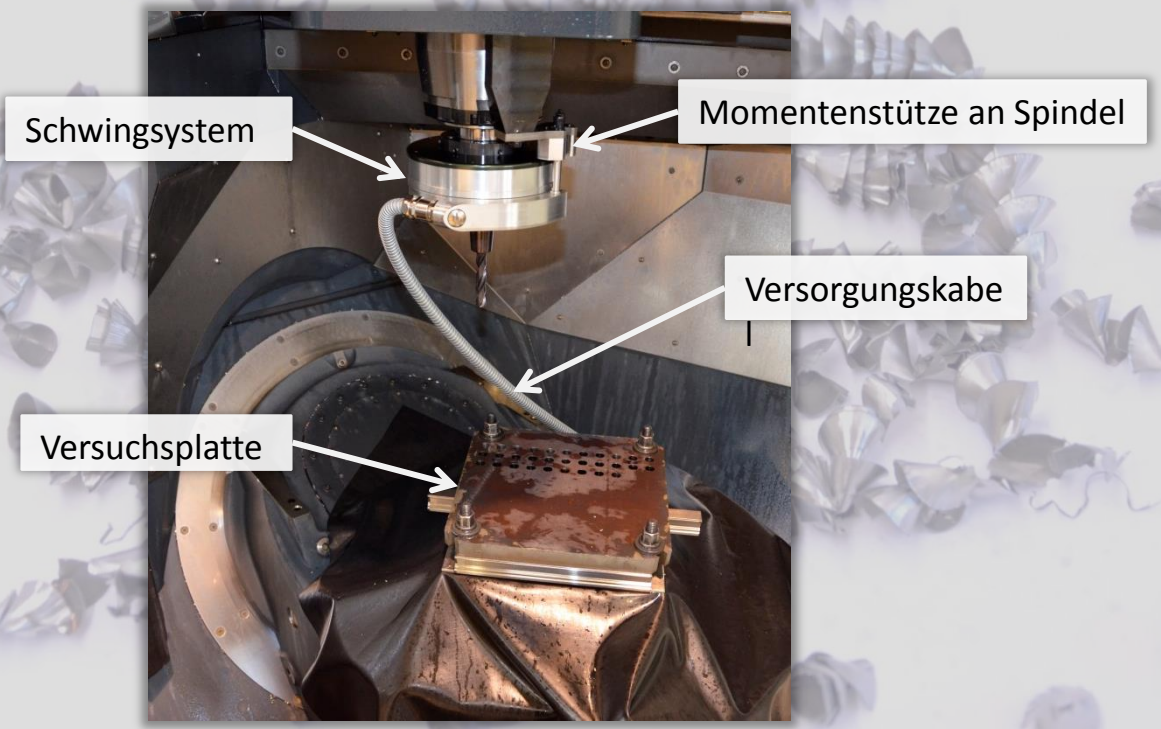
- Bis 8000 U/min
- Gewicht 7kg (mit Stator)
- Amplituden 15µm (30µm peak-peak)
- Frequenz ca. 16,5kHz

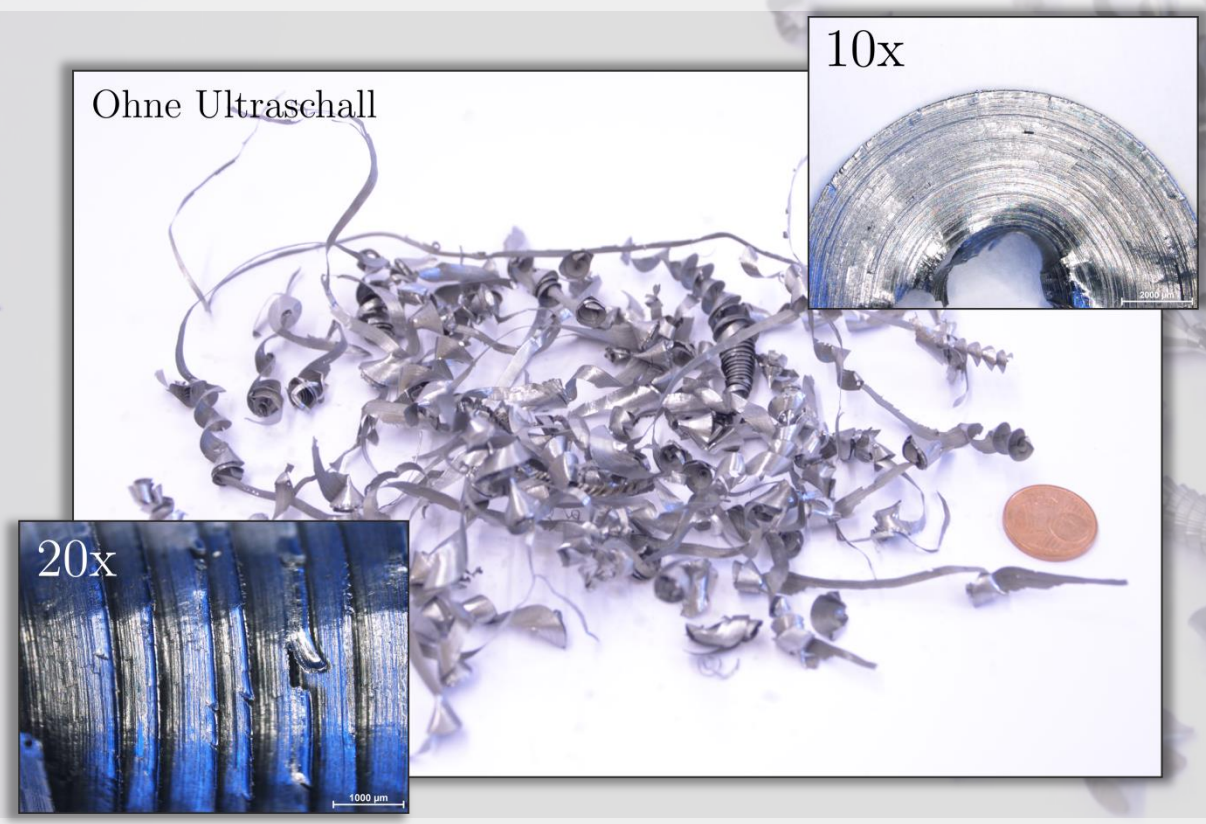
Ersterprobung

Inbetriebnahme des ersten Prototypen PMV01 auf 5-Achs Fräsmaschine

Versuchsparameter:

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





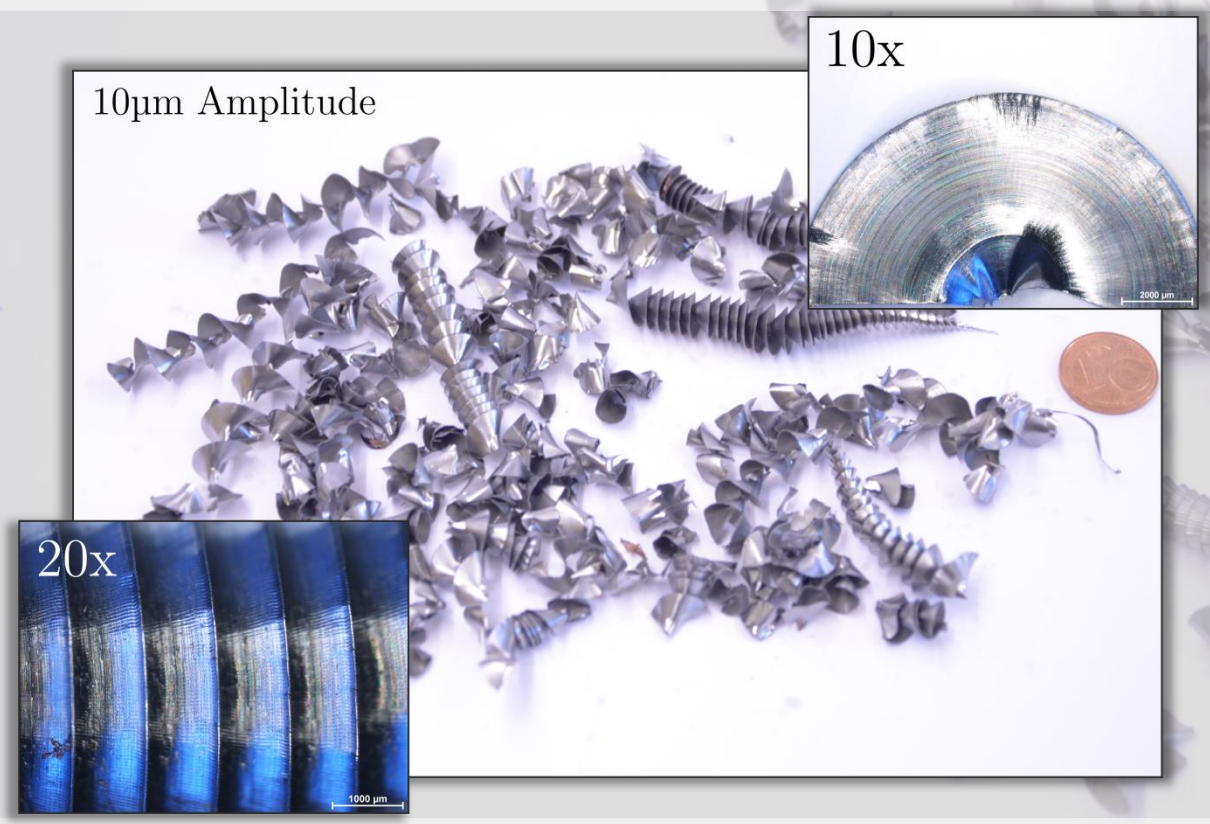
Konventionell

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



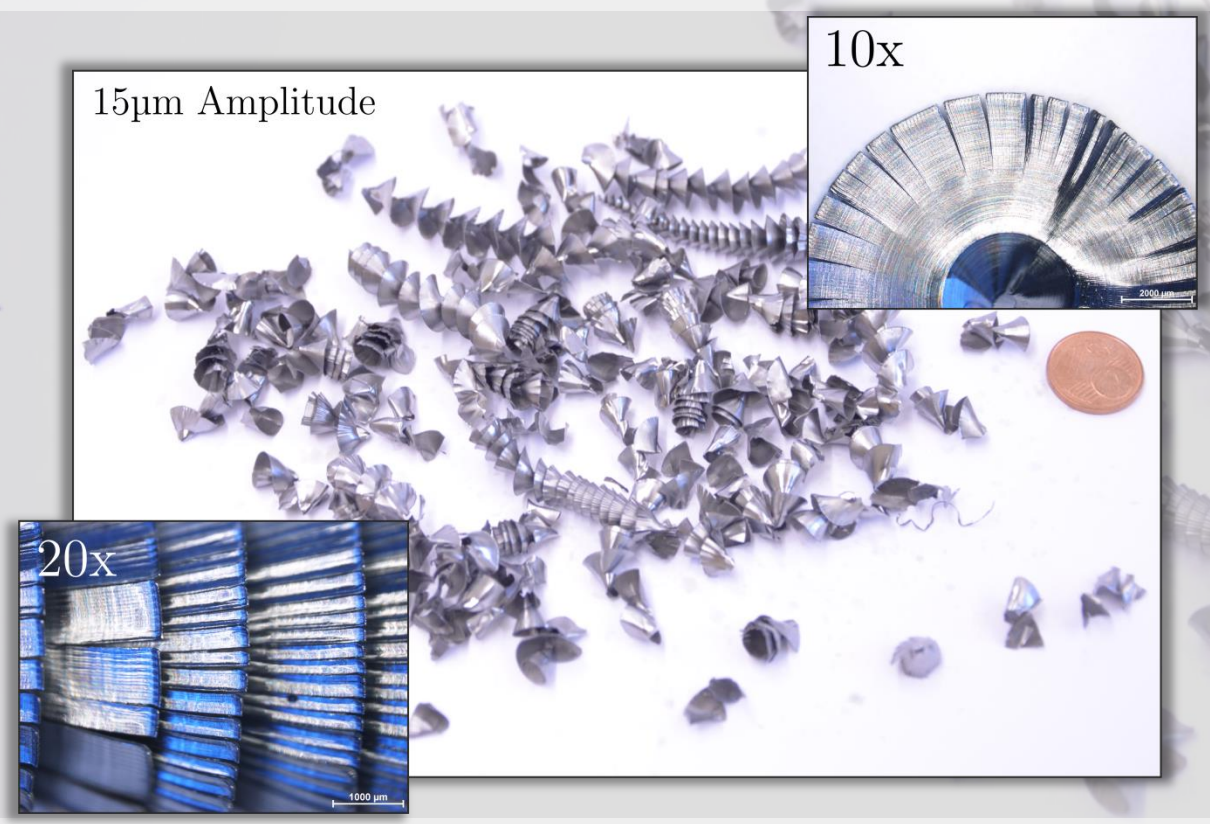
10µm Amplitude

Ausschließlich **Wendelspäne**

- besserer **Spanabtransport**

Verminderte Reibmarken und **sichtbare Struktur** durch Schwingungsüberlagerung

- Lässt **geringerer Reibkräfte** vermuten
- Variierte Spanstärke (vorgegebene **Bruchstellen**)



15µm Amplitude

Kürzere **Wendelspäne**

- besserer **Spanabtransport**

Deutliche Struktur durch Schwingungsüberlagerung

- Ausgebildete **Bruchstellen**

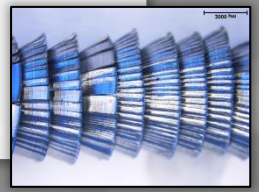
Zusammenfassung

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

- Zerspanungs-untersuchungen
- 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

zwanzig20
PARTNERSCHAFT FÜR INNOVATION

smart³ materials solutions growth

Mit den Projektpartnern:

DEVAD EAAT Parker TIXBO automotive Fraunhofer IWU