

# Zustandsüberwachung kleinster Werkzeuge, Werkstückmaßkontrolle und Erhöhung der Präzision des Werkzeugschleifens



Dr.-Ing. Klaus Nordmann  
Nordmann GmbH & Co. KG

# NORDMANN-Werkzeugüberwachung

**Seit 1989 Erfahrung im Bereich Werkzeugüberwachung und Prozesssteuerung für spanende Werkzeugmaschinen mit Kleinstwerkzeugen**

**Nordmann GmbH & Co. KG**  
**50354 Hürth (Köln), Deutschland**



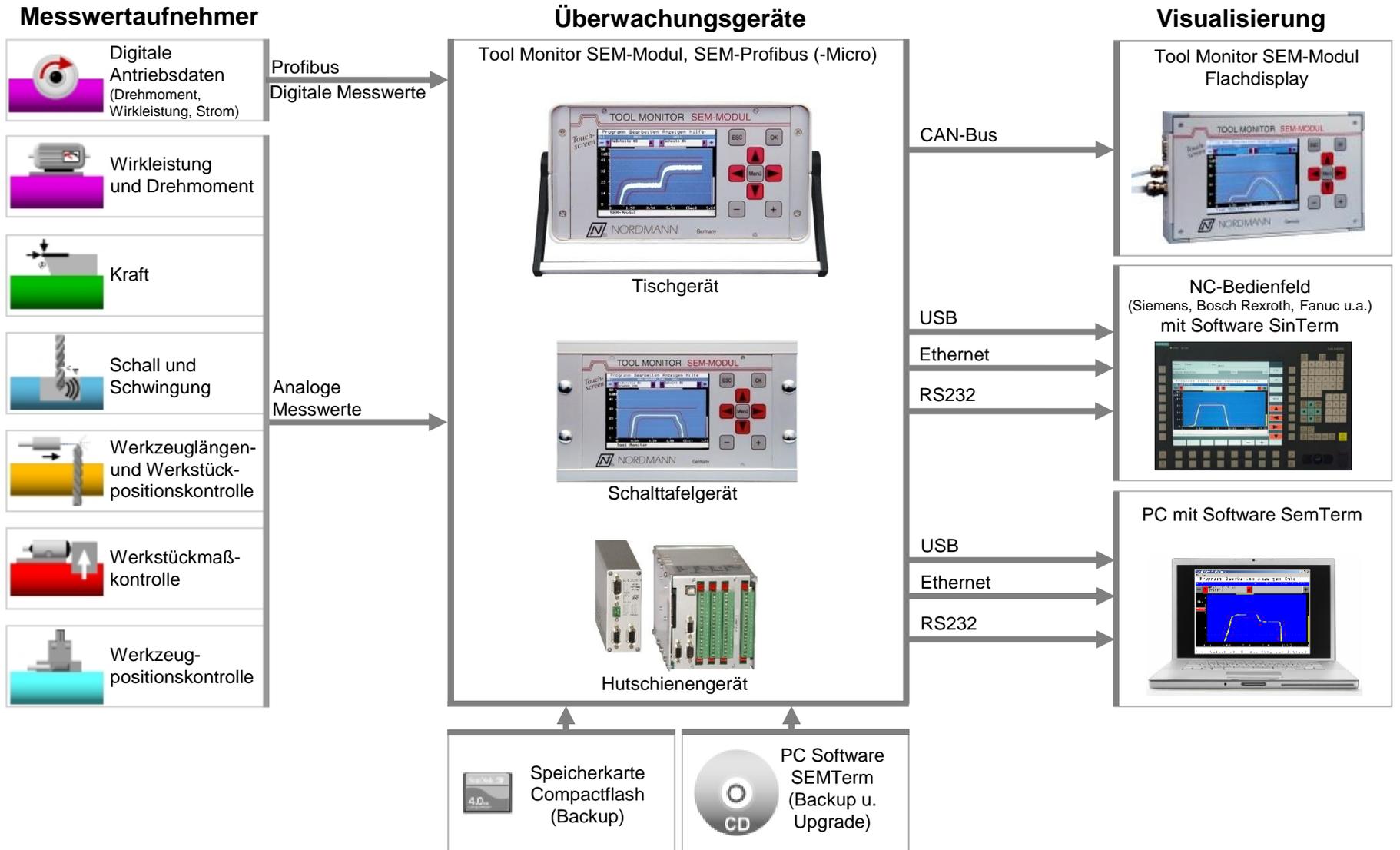
- Hauptverwaltung
- Sensorproduktion
- Sonderanfertigungen
- Vertriebs- und Servicezentrale
- Koordinierung und Belieferung weiterer Standorte in China, USA, Korea und Indien

**Nordmann International GmbH**  
**8808 Pfäffikon, Schweiz**

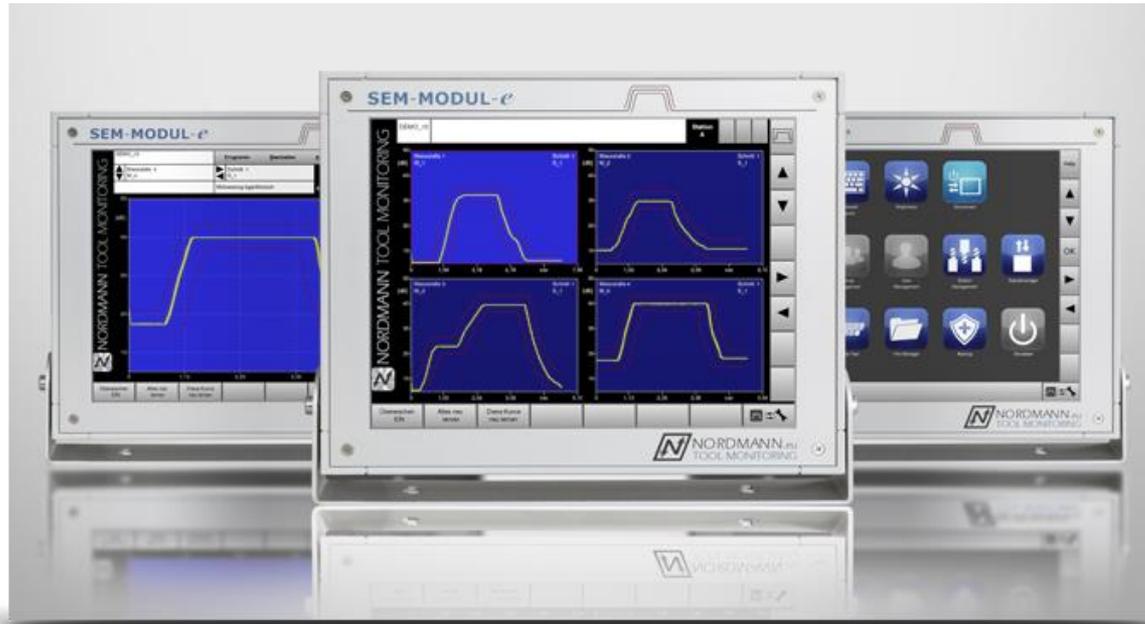


- Produktion der  
Tool Monitore SEM-Modul  
Wirkleistungsmessgeräte WLM-3  
Schallemissionsprozessoren SEP
- Vertrieb und Service für südeuropäische Länder

# Messwertaufnehmer - Überwachungsgeräte - Visualisierung



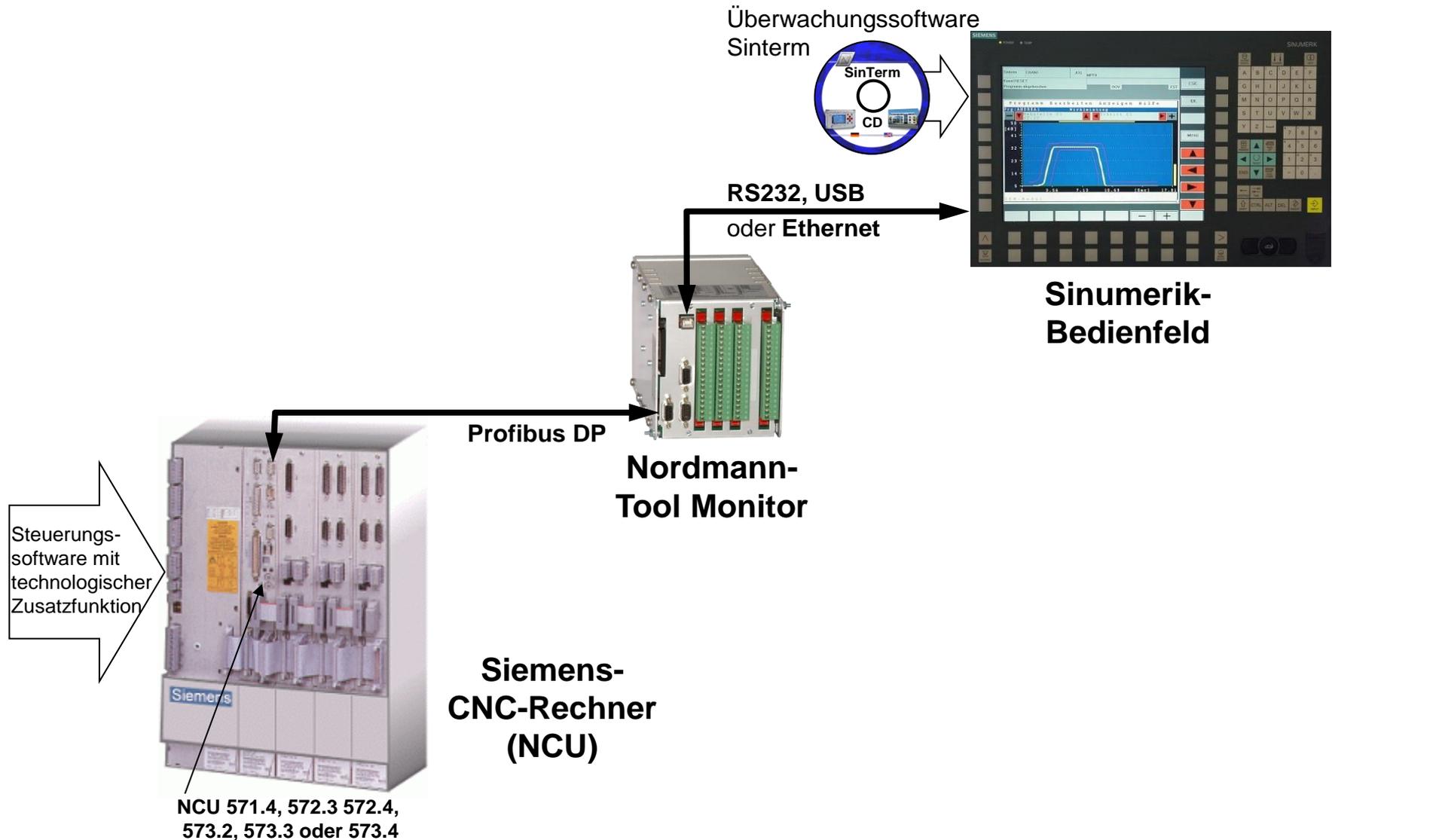
# Neuer Tool Monitor SEM-MODUL-e



## Features:

- Zeigt bis zu 16 Messkurven parallel an
- Erlaubt die Überwachung mehrerer zeitlich völlig unabhängig arbeitender Arbeitsstationen innerhalb einer Maschine
- 3 Profibusschnittstellen zur Messung interner Antriebsgrößen und zum Austausch von Steuersignalen
- Visualisiert auf dem Nordmann-Flachdisplay mit 10,4“-Touchscreen oder auf dem Monitor der CNC-Steuerung mit identischer Benutzeroberfläche
- Hohe Bedienerfreundlichkeit durch übersichtliche Menüs, grafische Einstellbarkeit der Grenzwerte und automatische Hüllkurvenkorrektur
- Komplett vernetzbar und somit vollständige Integration ins Intra- bzw. Internet inklusive Fernzugriff und Terminaldienste
- Einfache Datensicherung über Ethernet oder USB-Stick

# Nordmann-Werkzeugüberwachung auf Basis interner Antriebsgrößen bei Anschluss an den Profibus in Siemens-Steuerung 840D(sl)



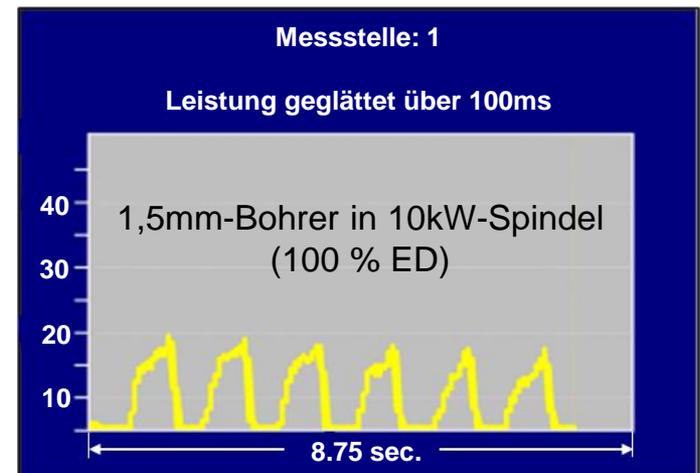
# 3-Phasen-Wirkleistungsmessgerät WLM-3

Hochempfindliche Wirkleistungsmessung für kleine Werkzeuge



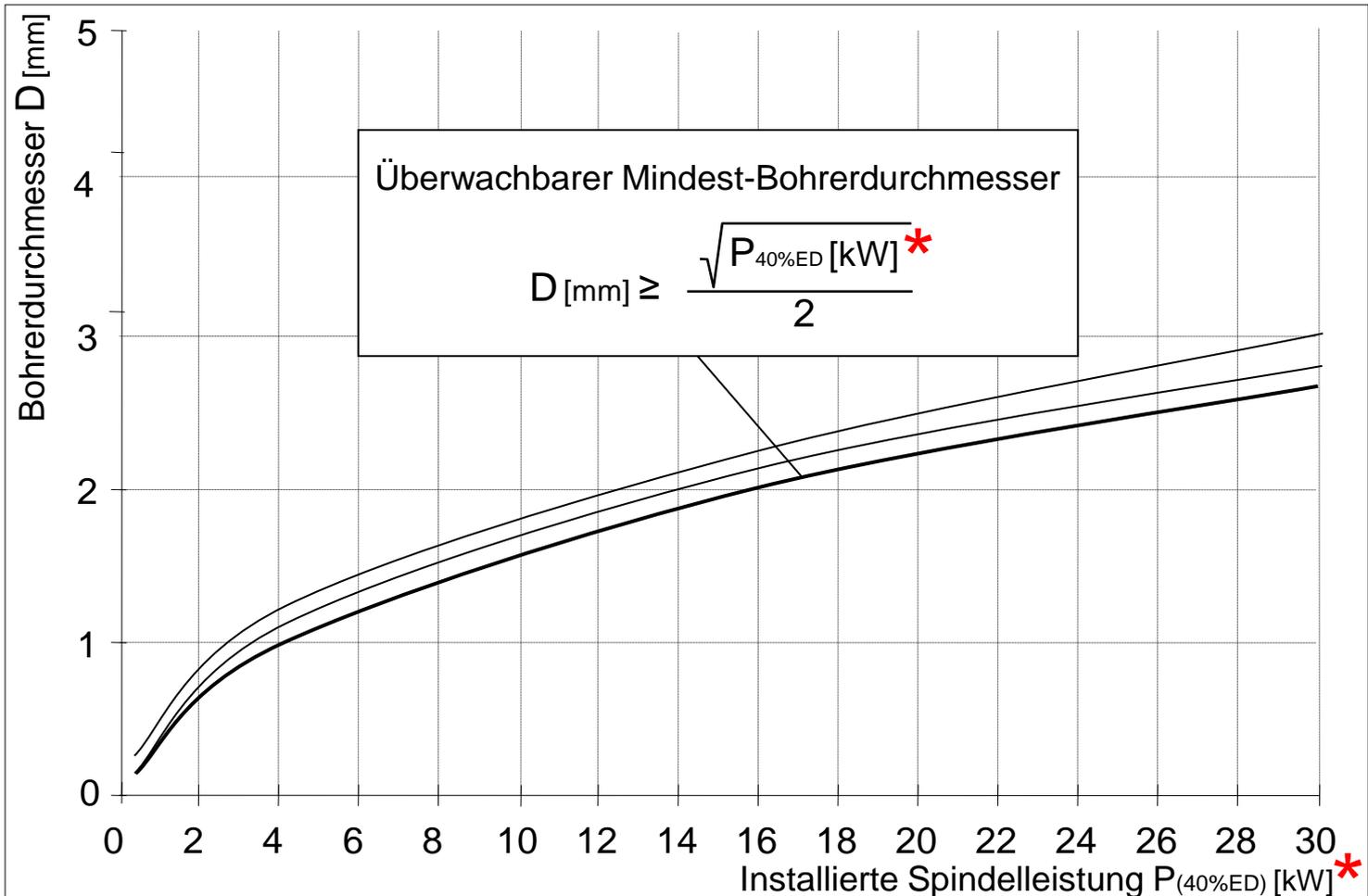
Beispiele überwachter Bohrerdurchmesser:

- Spiralbohrer  $\varnothing$  1,8mm auf 15kW-Spindel
- Spiralbohrer  $\varnothing$  1,5mm auf 10kW-Spindel
- Spiralbohrer  $\varnothing$  0,75mm auf 3,5kW-Spindel



# Mit Wirkleistung überwachbare Bohrerdurchmesser

unter geeigneten Bedingungen als Ergebnis bisheriger Installationen von Nordmann-Werkzeugüberwachungen

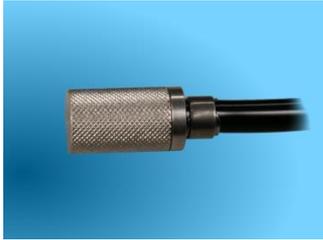


\* Anmerkung: Die Leistung P des Spindelmotors bei 40 % Einschaltdauer (ED) kann aus der Leistung bei anderen X % ED berechnet werden gemäß:

$$P_{(40\%ED)} = P_{(x\%ED)} \sqrt{\frac{x\%}{40\%}}$$



# Sensoren zur Körperschall- und Schwingungsmessung zur Verschleiß- und Brucherkennung von Mikrowerkzeugen



## BSA Berührungsloser Schallemissionsaufnehmer.

Induktive Erfassung von Schwingungen über die dynamische Änderung eines Magnet-Gleichfelds vor dem Sensor, erzeugt von einem internen ein-/ausschaltbaren Elektromagneten.



## RSA-Ring Rotierender Schallemissionsaufnehmer in Ringform.

Der Körperschallmesswert wird induktiv auf einen stehenden ringförmigen Empfänger übertragen.



**SEA-Feder** (patentiert) **Schall-Emissions-Aufnehmer mit Federstahlelement.** Piezoelektrische Messung der per Körperschall zum Sensor übertragenen Schallemission von Werkzeugen, die bei der Zerspanung und dem Werkzeugbruch entstehen.



## RSA Rotierender Schallemissionsaufnehmer.

Rotierender piezoelektrischer Körperschallsensor mit integriertem Sender. Der Körperschallmesswert wird induktiv auf einen stehenden Empfänger übertragen.



## SEA und SEA-Mini Schall-Emissions-Aufnehmer.

Piezoelektrische Messung der per Körperschalleitung zum Sensor übertragenen Schallemission von Werkzeugen, die bei der Zerspanung und dem Werkzeugbruch entstehen.



## SEA-Wireless Schall-Emissions-Aufnehmer mit Funkübertragung.

Piezoelektrische Messung der per Körperschalleitung zum Sensor übertragenen Schallemission von Werkzeugen, die bei der Zerspanung und dem Werkzeugbruch entstehen. Im Sensor befindet sich ein Funkgerät mit einer Mignonzelle als Stromversorgung.



RSA-2 Rotierender Schallemissionsaufnehmer mit Messwertübertragung durch das Zentrum einer Spindel. Zum Einbau in den Rotor einer Spindel mit räumlich getrennter Anbringung des Sensors und des Senders.



**SNF-SEA Superniederfrequenter 3D-Schwingungssensor** (Messung in 3 orthogonalen Richtungen ab 0 Hz). Messbereich umschaltbar von 6g auf 1,5g bzw. von 10g auf 2,5g

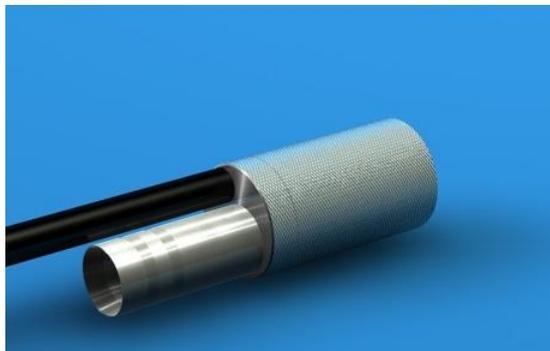
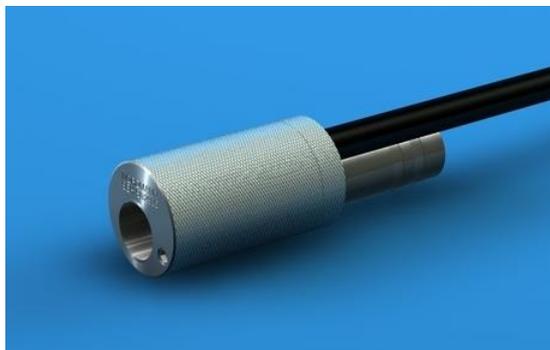


**SEH, SEH-Maxi und SEH-Mini Schall-Emissions-Hydrophon.** (Patentiert) Piezoelektrische Messung der per Kühlschmierstoffstrahl zum Sensor übertragenen Schallemission von rotierenden Werkzeugen oder Werkstücken.

# Schall-Emission-Hydrophon SEH zur Körperschallaufnahme über einen Kühlschmierstoffstrahl als Schallwellenleiter

Patent Nordmann

## SEH (Maxi)



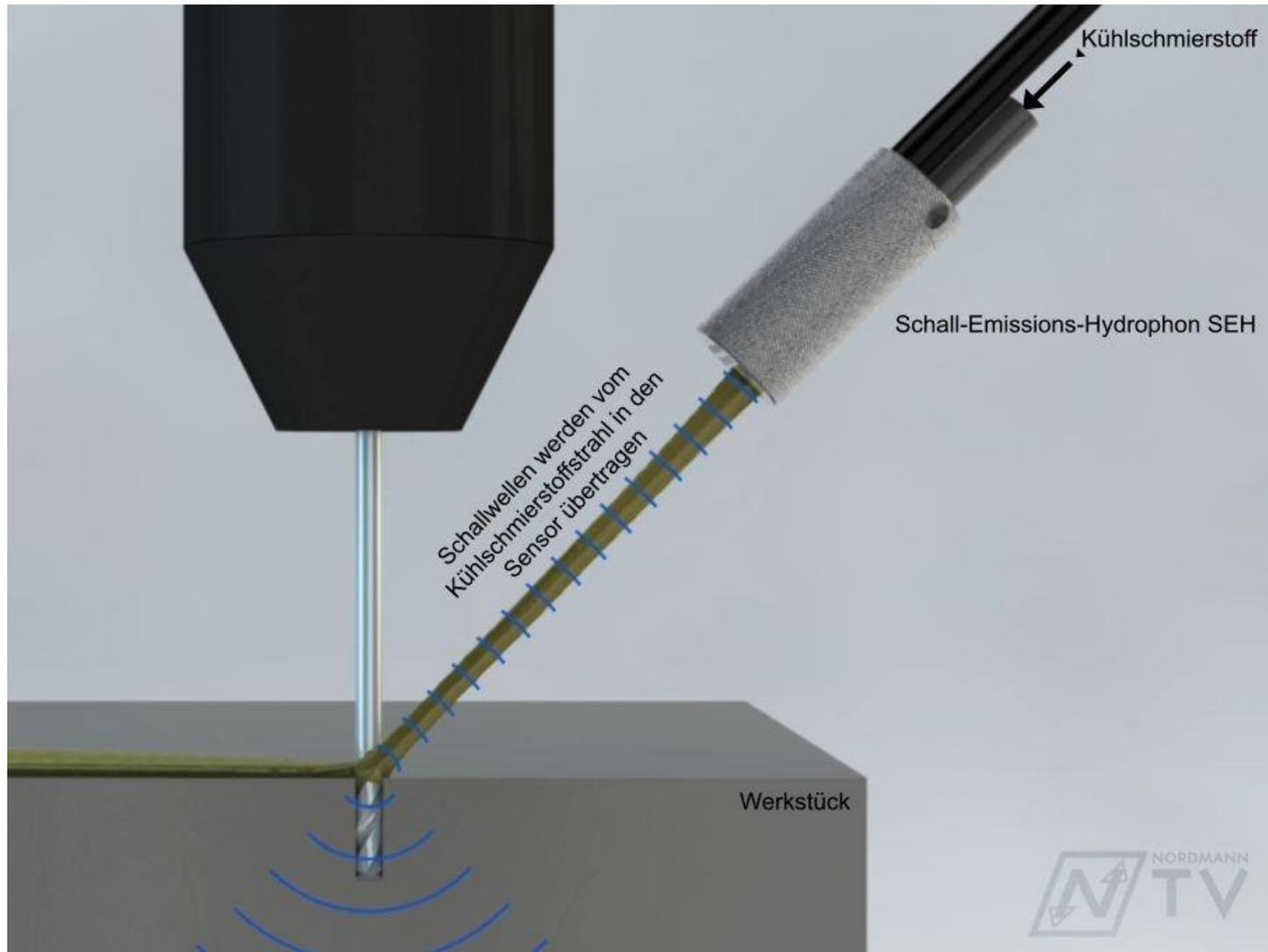
## SEH (Standard)



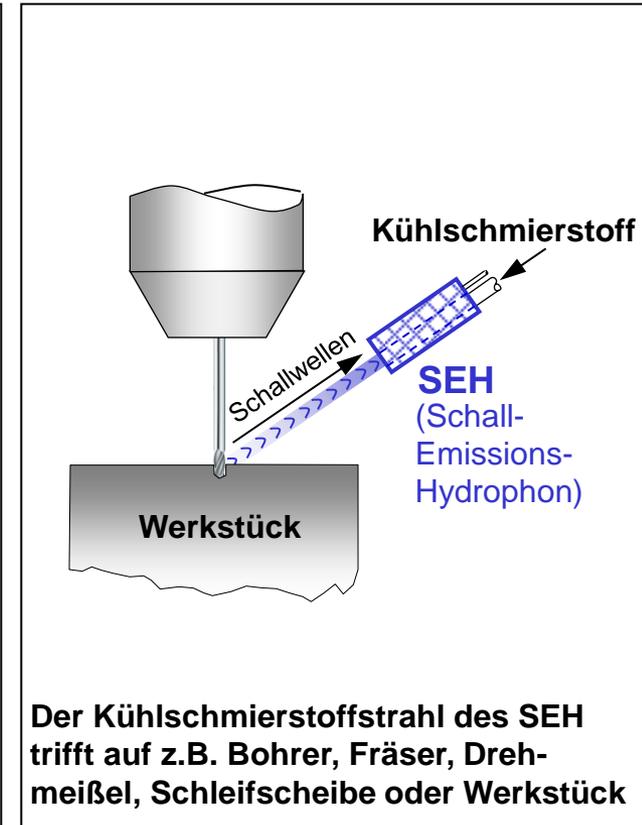
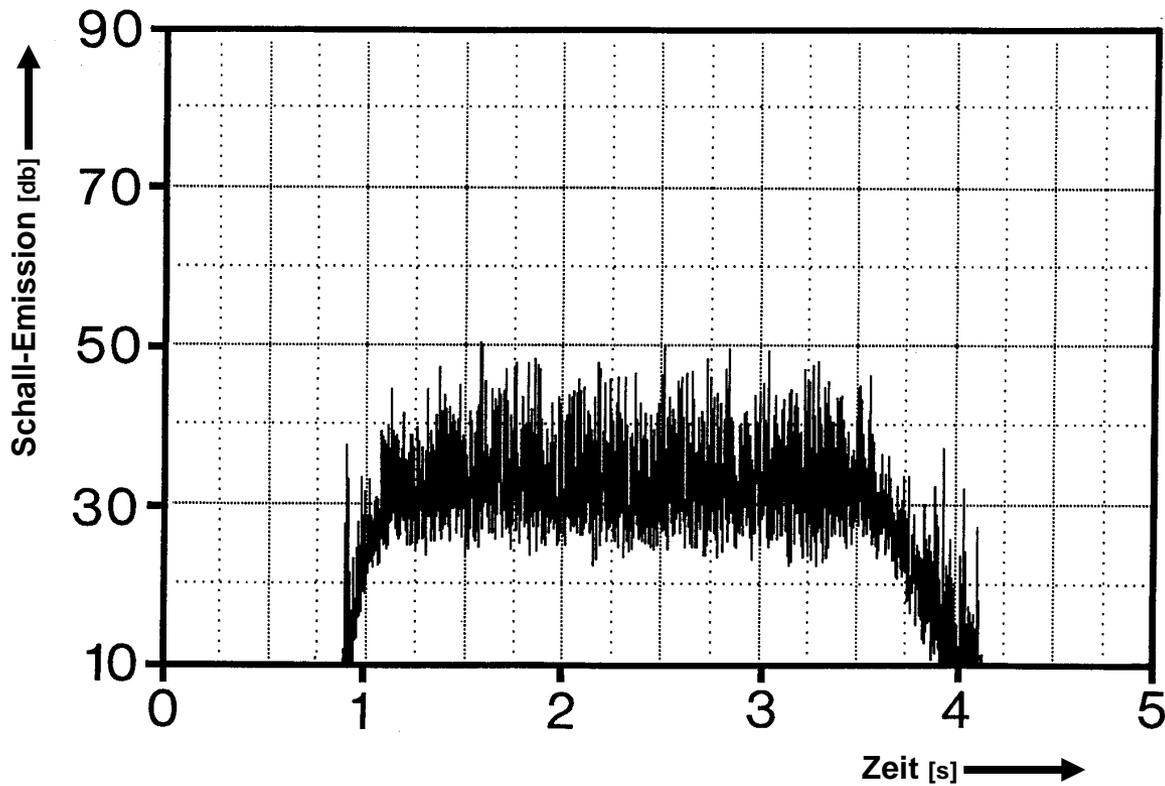
## SEH (Mini)



# Schall-Emission-Hydrophon SEH zur Körperschallaufnahme von einem rotierenden Bohrer (ehem. Patent Nordmann DE 36 27 796)

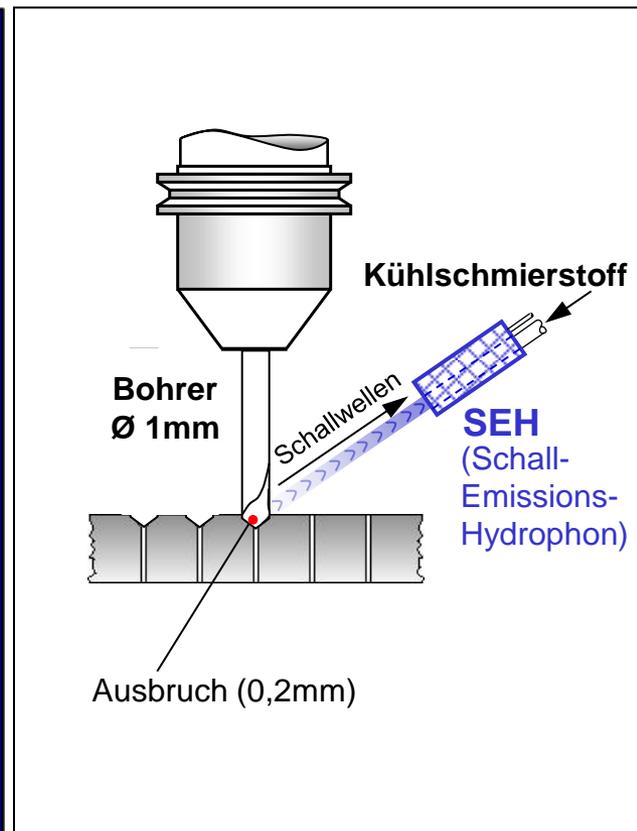
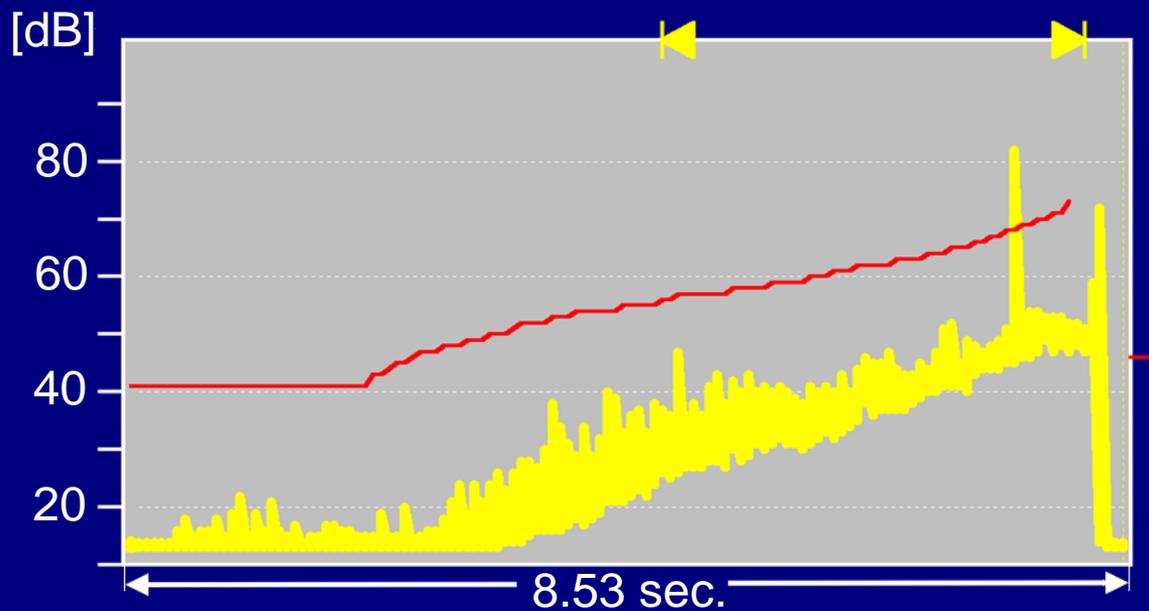


# Mit einem Schall-Emissions-Hydrophon SEH am Bohrer $\varnothing$ 1 mm gemessene Schallemission der Zerspanung



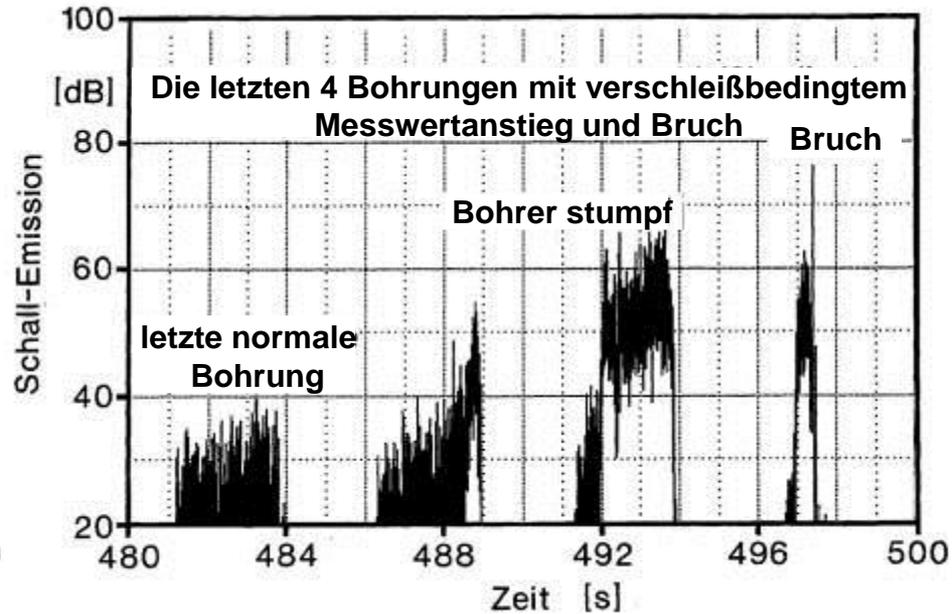
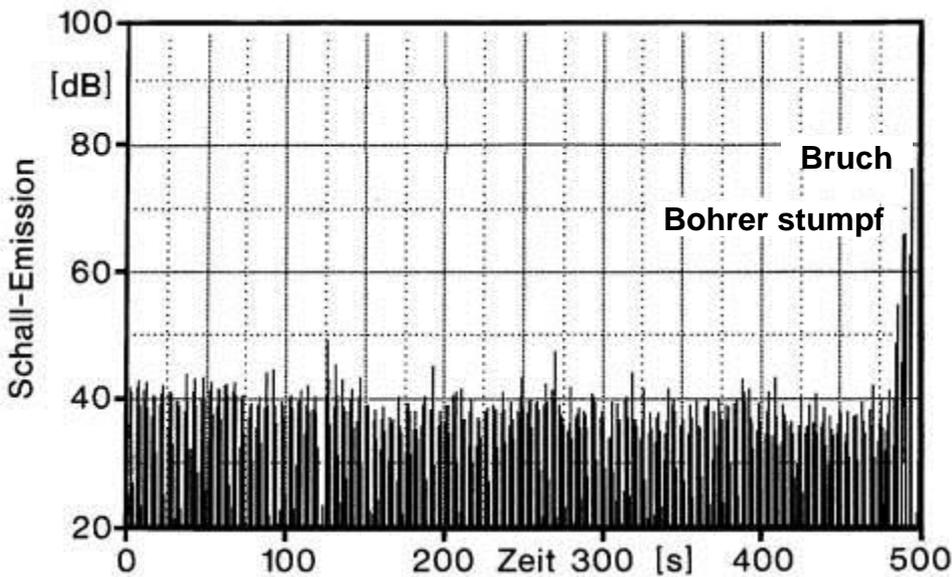
# Messwert des Schall-Emissions-Hydrophons (SEH) beim Ausbruch eines 0,2mm langen Stückes aus einem konischen Düsenbohrer $\varnothing$ 1mm

Messstelle: 1



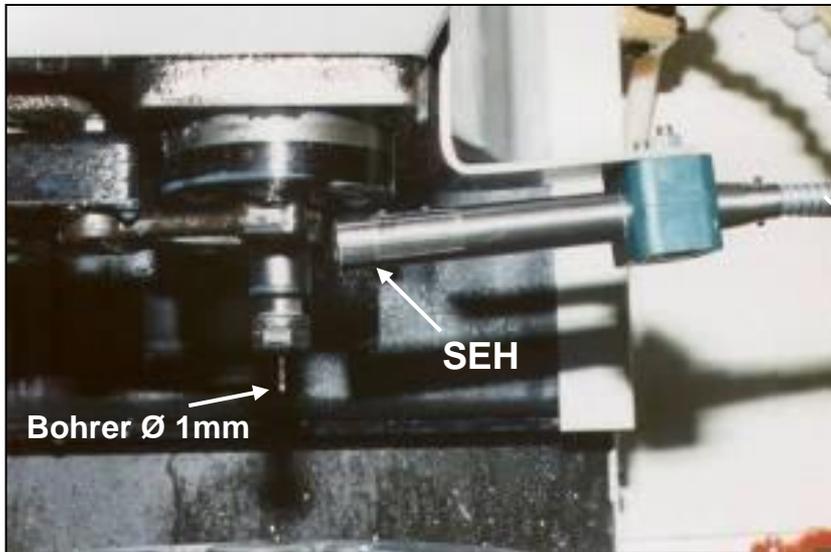
# Entwicklung der Schallemission bis zum Bohrerbruch

Beispiel: Spiralbohrer mit  $\varnothing$  3mm, Körperschallaufnahme vom Maschinentisch mit SEA

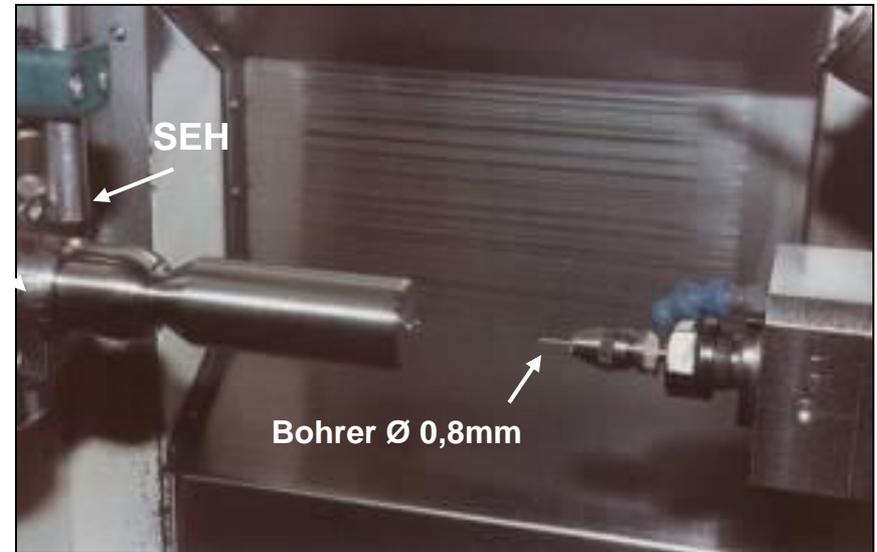


# Körperschallaufnahme über einen Kühlschmierstoffstrahl als Schallwellenleiter zur Zustandsüberwachung kleiner Bohrer in „großen Maschinen“

Bearbeitungszentrum

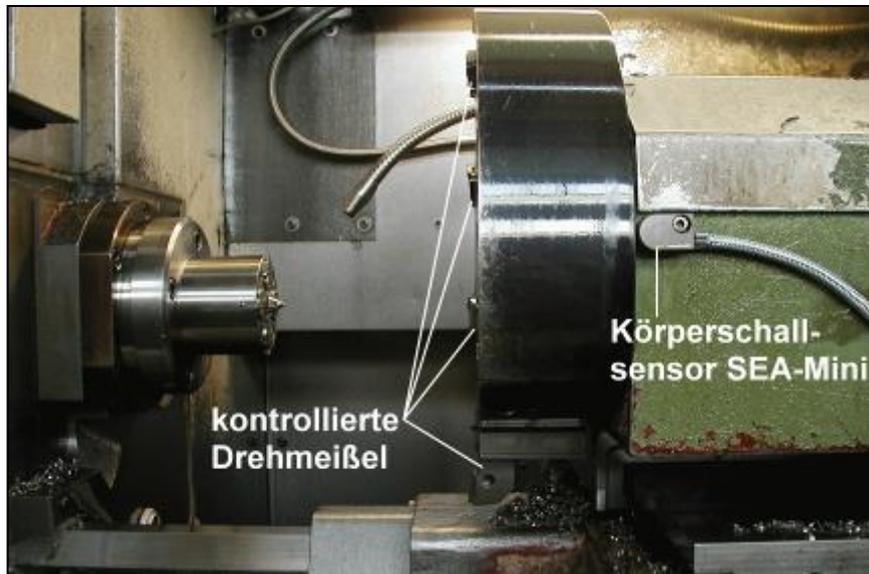


CNC-Drehmaschine



# Körperschallmessung werkzeugseitig mit dem Sensor SEA(-Mini)

**Körperschallsensor am Revolverkasten in  
CNC-Drehmaschine**



**Körperschallsensor unmittelbar am Werkzeug beim  
Kollektordrehen**



# Piezoelektrische 3D-Kraftmessung

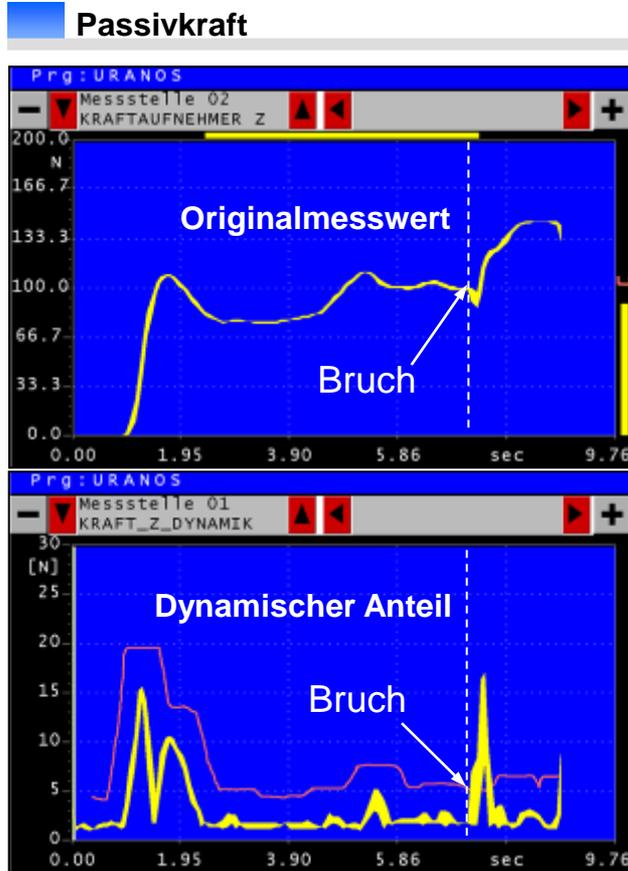
## Montage unter dem Revolverkasten in CNC-Drehmaschine



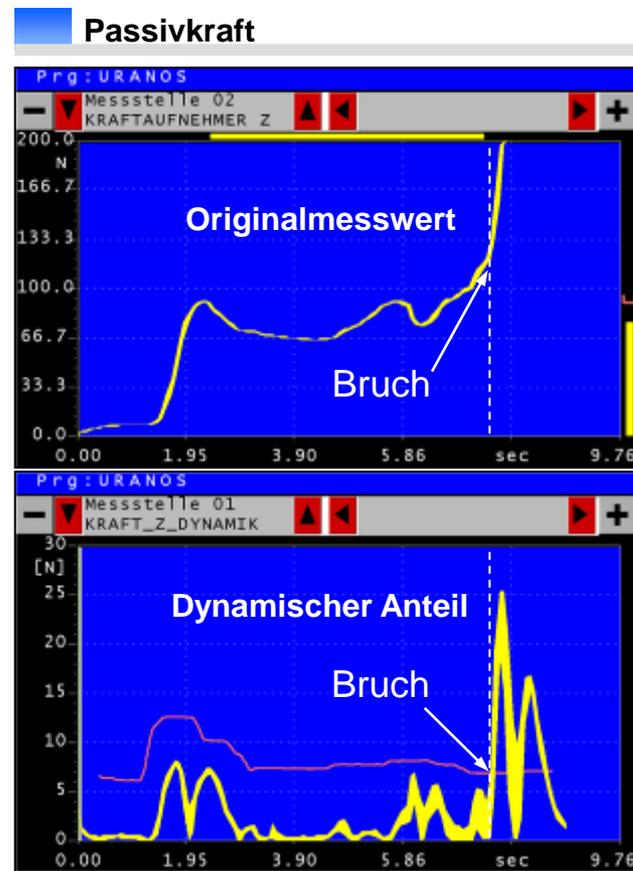
- ✓ Messung in allen 3 Raumrichtungen erhöht Überwachungssicherheit
- ✓ Hohe Eigensteifigkeit
- ✓ Hohe Messempfindlichkeit
- ✓ Integrierter 3-Kanal-Ladungsverstärker
- ✓ Vorspannung über zwei gegeneinander verspannbare Keile

# Erkennung von Mikroausbrüchen beim Hartdrehen mit Kraftmessung

Ausbruch von zwei CBN-Platten mit der Folge eines Durchmessersprungs auf dem Werkstück

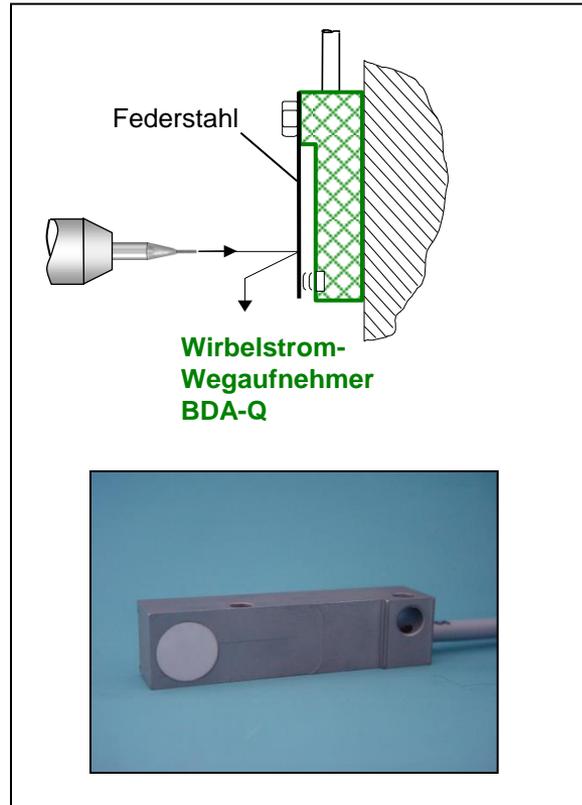
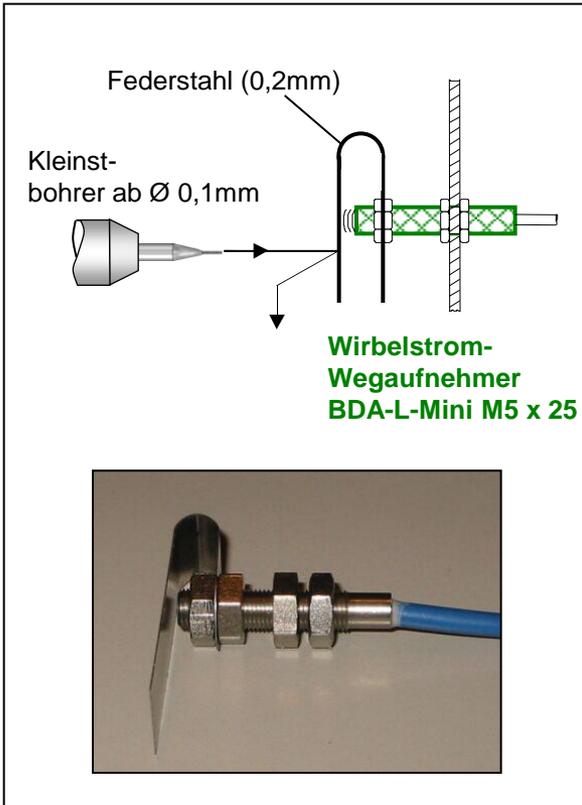


Dieser Bruch hinterließ im Werkstück einen Durchmessersprung von  $7\mu\text{m}$  (= Stufe von  $3,5\mu\text{m}$ )



Dieser Bruch hinterließ im Werkstück einen Durchmessersprung von  $10\mu\text{m}$  (= Stufe von  $5\mu\text{m}$ )

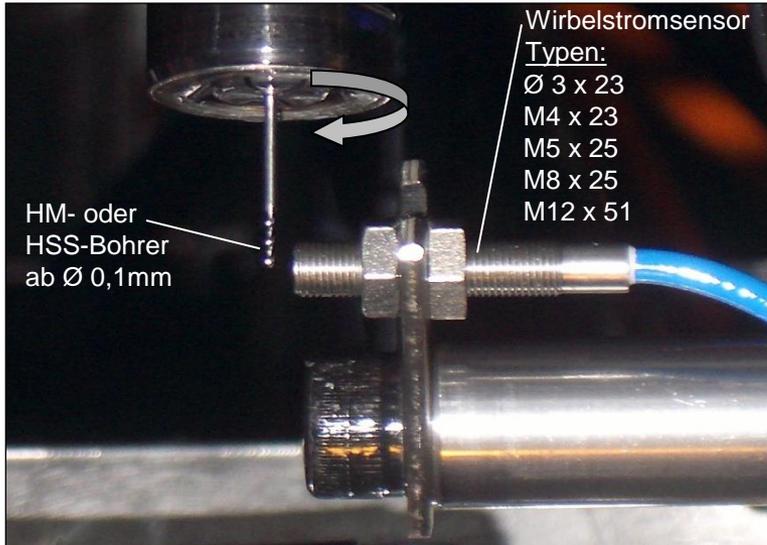
# Werkzeuglängentaster für Kleinbohrer



## Besondere Eigenschaften:

- ✓ Prüft Kleinbohrer ab  $\varnothing$  0,1 mm
- ✓ Prüfung des Bohrers in Bearbeitungszentren „im Vorbeiflug“, d.h. geringe Prüfzeit
- ✓ Auflösung im  $\mu$ -Bereich, d.h. auch als Toolsetter einsetzbar

# Kontrolle auf Bruch, Ausbruch, Rundlauf und Schneidstoff



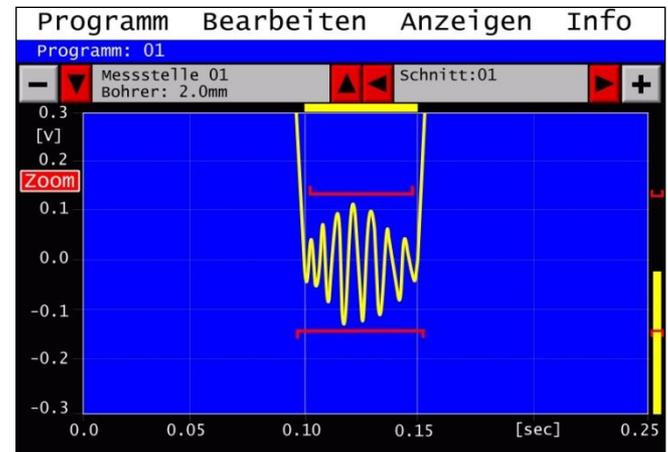
## Messprinzip:

Kontrolle der Bohrerspitze mit einem Wirbelstromsensor bei seitlicher Vorbeifahrt des rotierenden Bohrers (z.B. im Bearbeitungszentrum auf dem Weg zum bzw. vom Magazin)

## Messkurve zur Kontrolle auf Bruch und Ausbruch

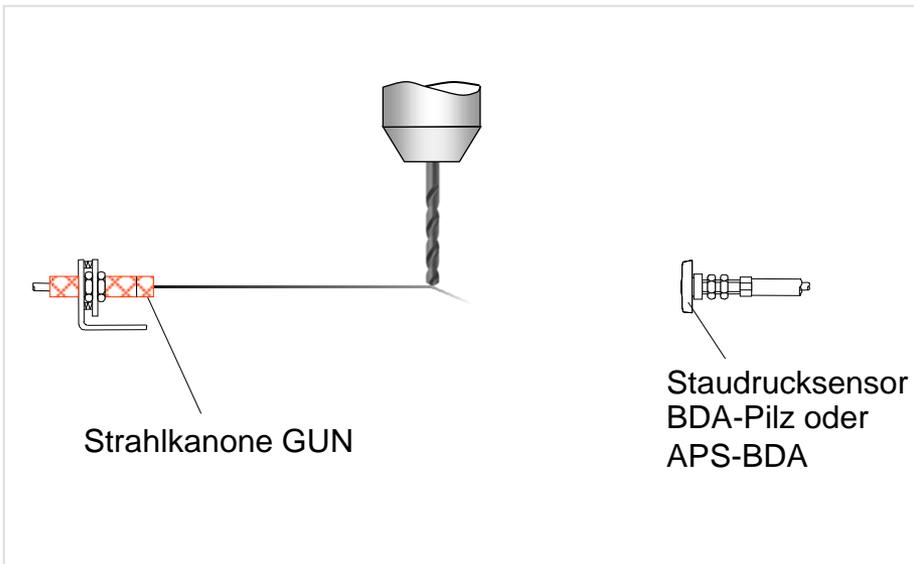


## Messkurve (dynamischer Anteil) zur Kontrolle auf Rundlauffehler

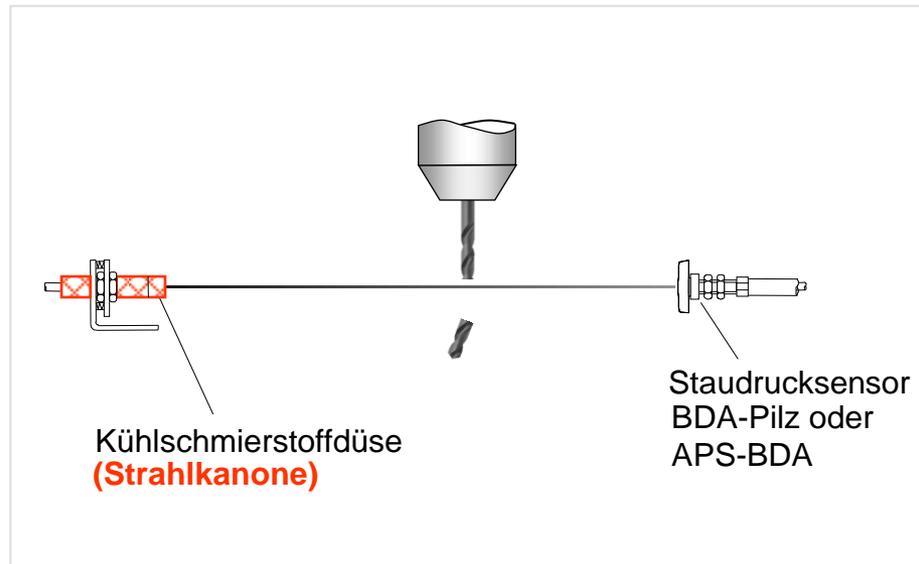


# Bohrerbruchkontrolle mit einer Kühlschmierstoff-Strahlschranke (patentiert)

## Bohrer i.O.



## Bohrer gebrochen oder nicht im Prüfstrahl



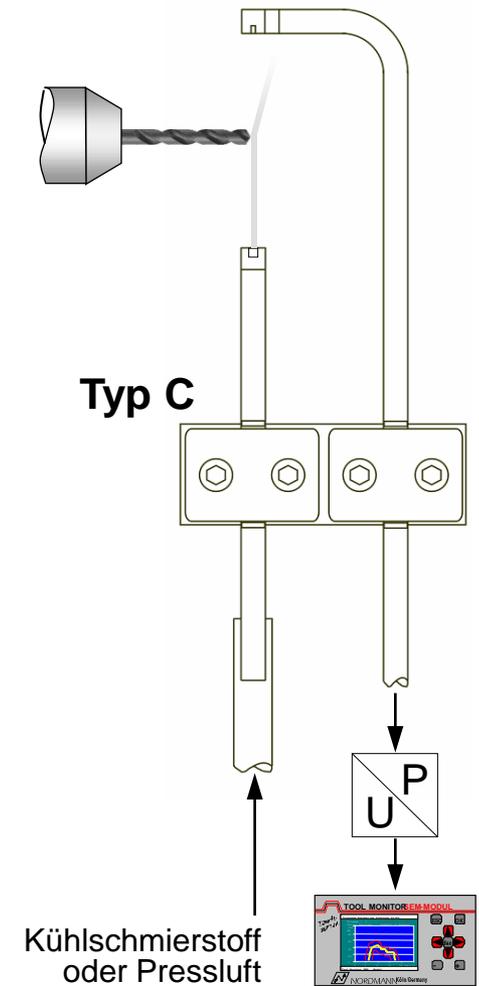
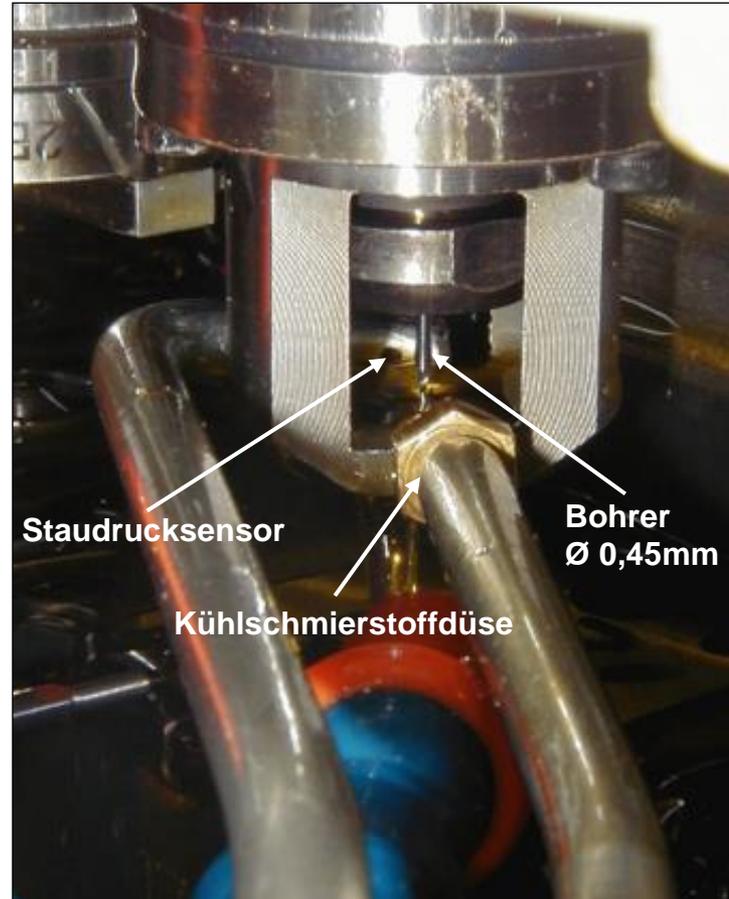
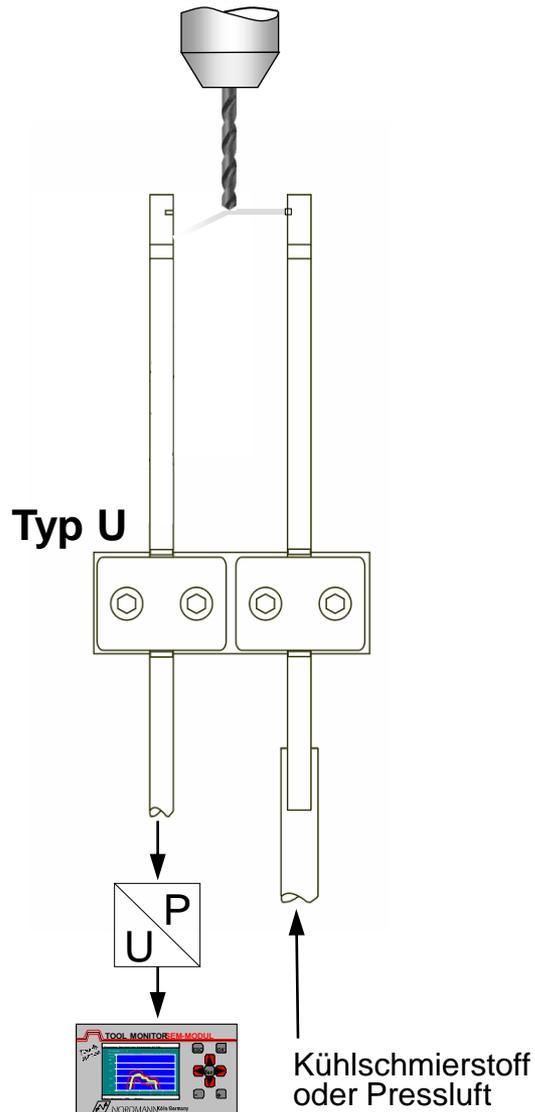
## Staudrucksensoren:



## Besondere Eigenschaften:

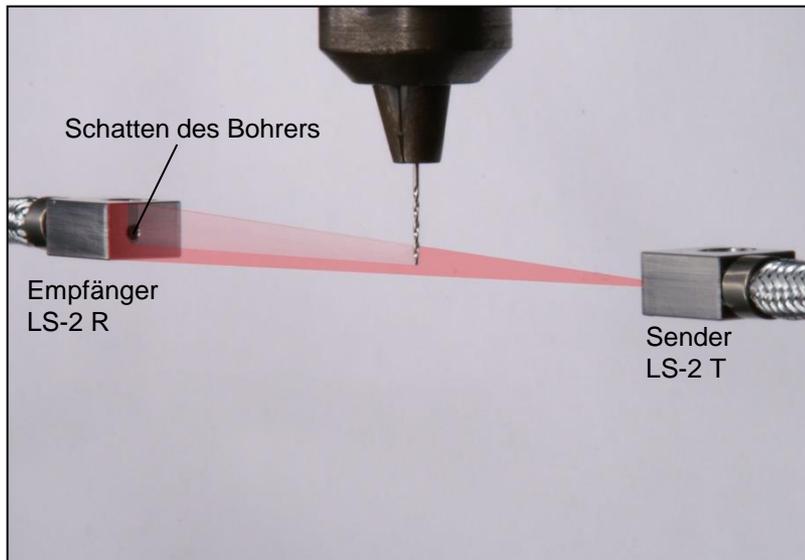
- ✓ Einfache Montage
- ✓ Verschleißfrei und verschmutzungsunabhängig
- ✓ Kein störender Prüfdraht im Arbeitsraum
- ✓ Kleinste Bohrer ab  $\varnothing 0,1$  mm können kontrolliert werden
- ✓ Wird von aus dem Bohrer laufendem Kühlschmierstoff nicht gestört
- ✓ Erkennt den Bohrer auch beim Durchfahren des Prüfstrahls im Eilgang (bis 120 m/min)

# Strahlschranke SDS als Gabelschranke für Kühlschmierstoff oder Pressluft

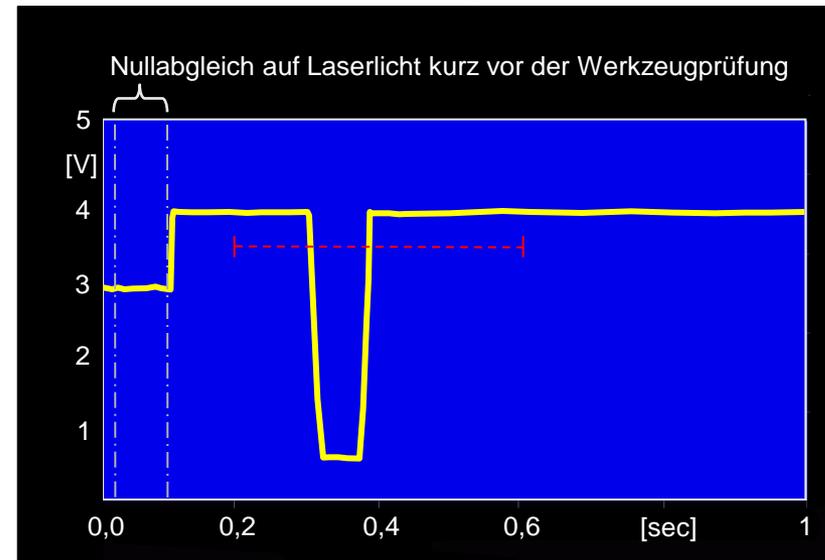


# Schneidenbruchkontrolle mittels Laserlichtschranke LS-2

## Unfokussierter Laserstrahl erzeugt Schatten auf Empfänger LS-2 R



## Auswertung der Abschattung mittels Nullung auf das Laserlicht kurz vor der Abschattung



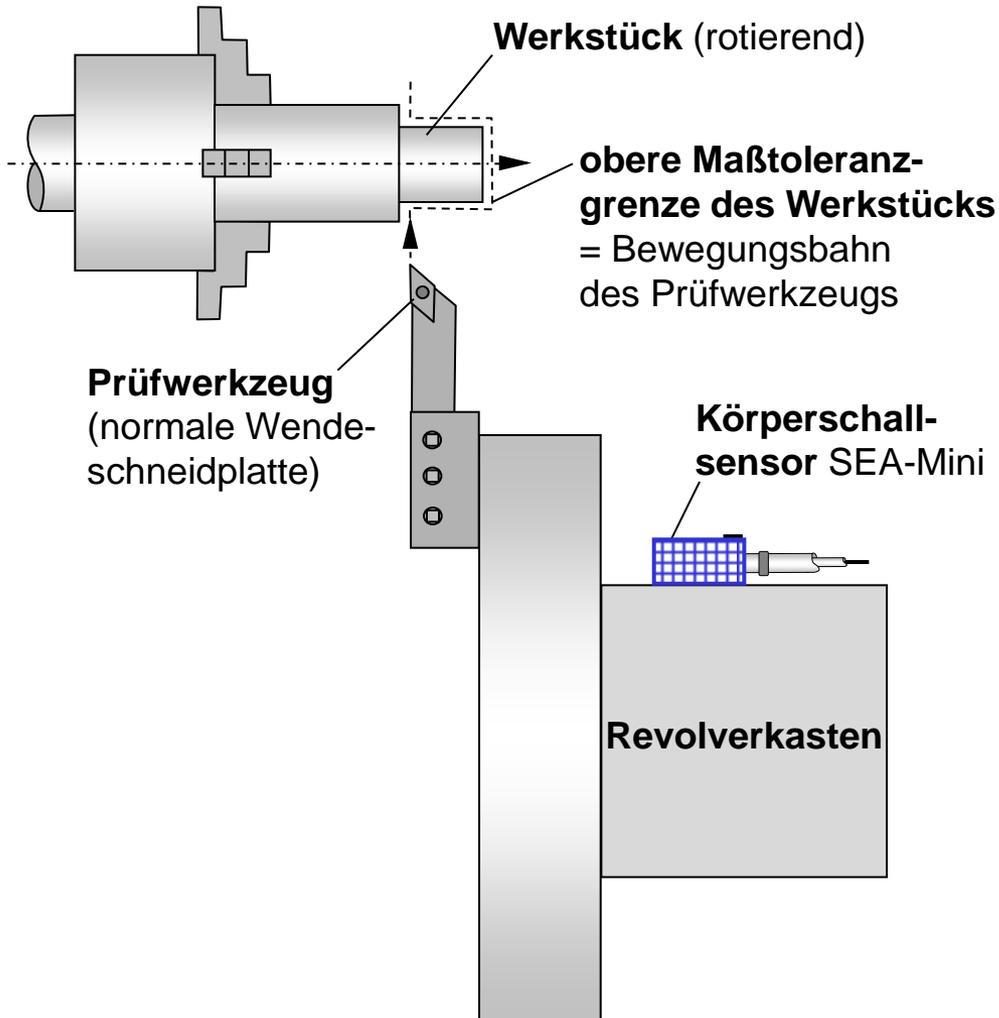
### Besondere Eigenschaften:

- Nicht fokussierter Strahl ist unempfindlich gegen Verschmutzung
- Hohe Restlichtausnutzung bei Verschmutzung, auch bei Lichtstärkeschwächung um Faktor 10 – 100
- Kein Sperrluftanschluss erforderlich (d. h. keine Wartungseinheit, Ventile, Ansteuerung und Druckluftkosten)
- Keine Beeinträchtigung durch Fremdlicht (Sonne oder Kunstlicht)
- Detektion geringster Werkzeugbeschädigungen und Werkzeugpositionskontrolle beim Nullpunktgleichung auf die Laserlichtstärke kurz vor der Abschattung
- Minimaler Bauraum

### Maße:

- Sender und Empfänger: 15 mm x 10 mm x 20 mm
- Standardkabelänge: 5 m (größere Längen möglich)

# Prinzip der akustischen Werkstückmaßkontrolle (Patent Nordmann DE 197 15 634)



**Körperschallsensor  
(SEA-Mini)**



## Prinzip:

Sobald der Drehmeißel die Oberfläche des schnell rotierenden Werkstücks berührt, entsteht ein **Reibungsgeräusch** = Kontaktsignal

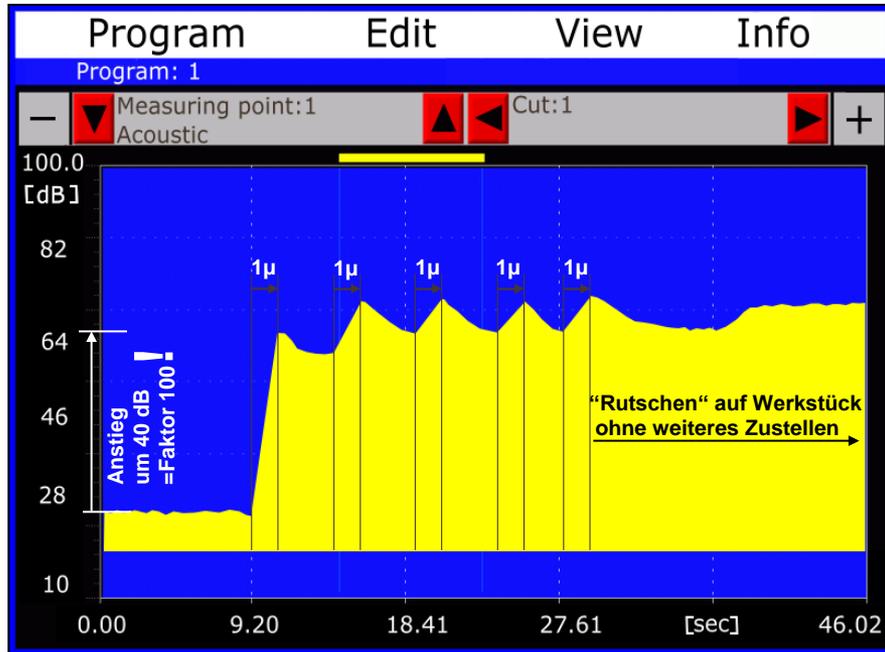
## Vorteile:

- ✓ Robust, da Verzicht auf sensible Taster
- ✓ Wiederholgenauigkeit 1  $\mu\text{m}$
- ✓ preiswert
- ✓ schnell

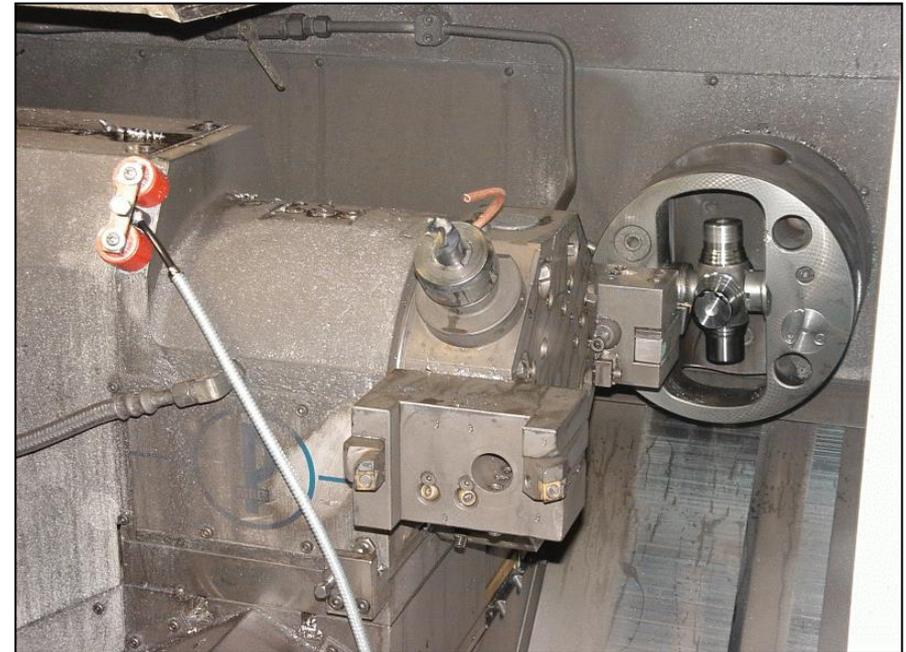
# Werkstückmaßkontrolle (patentiertes Verfahren) am Beispiel der Gewindeprüfung



## Messwert beim Antasten



## Antasten in x-Richtung (Drehmeißel an rotierendes Werkstück)



# Antastelemente zur mikrometergenauen Positions- und Flugkreisbestimmung rotierender Werkzeuge

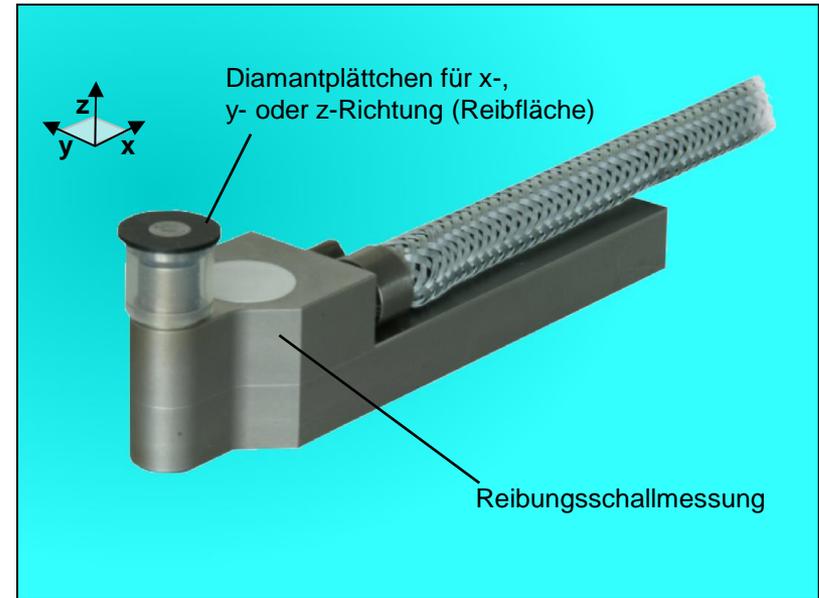
(patentiert)

## XYZ-Antastelement



**Anwendung:** Bearbeitungszentren

## XY(+Z)-Antastelement



**Anwendung:** Schleifmaschinen (z. B. Werkzeugschleifen)

## Messprinzip:

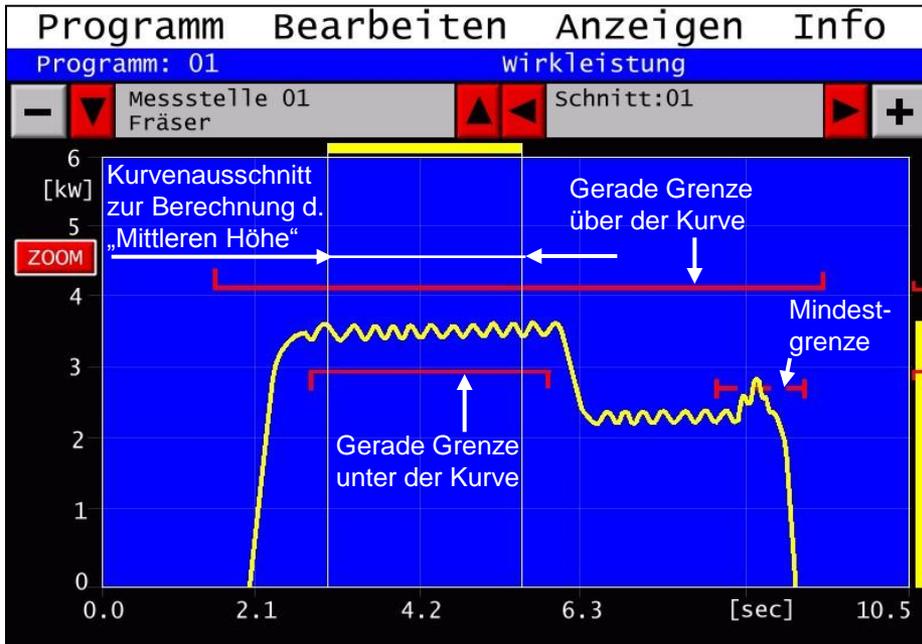
- Akustische Erkennung des Kontaktes zwischen dem schnell rotierenden Werkzeug und der Antastfläche aus poliertem Volldiamant (Detektion des Reibungsgeräusches)

## Vorteile:

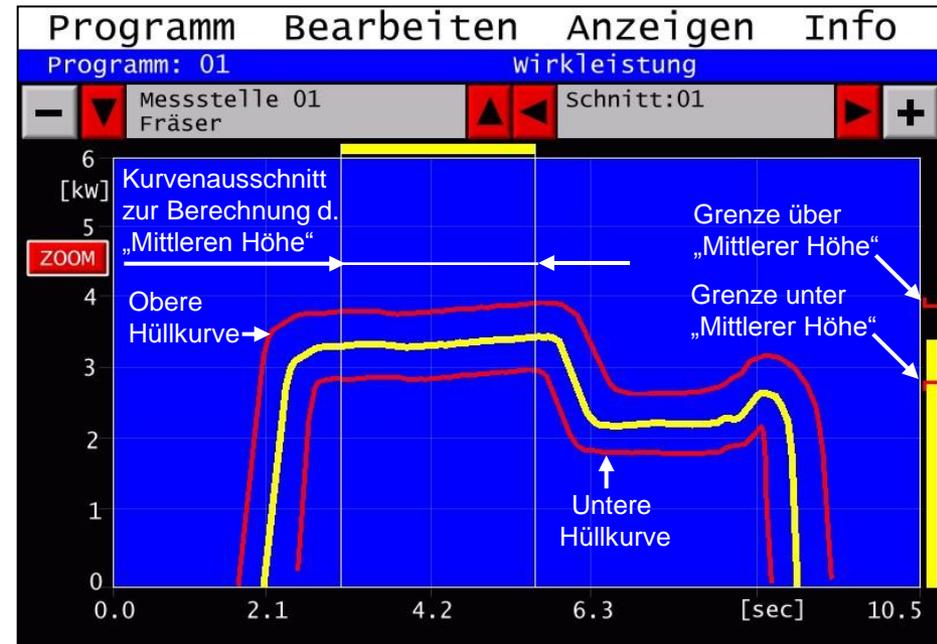
- Die Messung kann bei voll rotierendem Werkzeug erfolgen, d. h. es wird der effektive Flugkreisdurchmesser der außen stehenden Schneiden erfasst, wobei die Einflüsse von Fliehkraft und Unwucht berücksichtigt werden.
- Toleranzgrenze der Messung  $\pm 0,5\mu\text{m}$

# Überwachungsstrategien bzw. Grenzwerte zur Überwachung der Messwerte

## Gerade Grenzen



## Hüllkurven



## Anwendung gerader Grenzen:

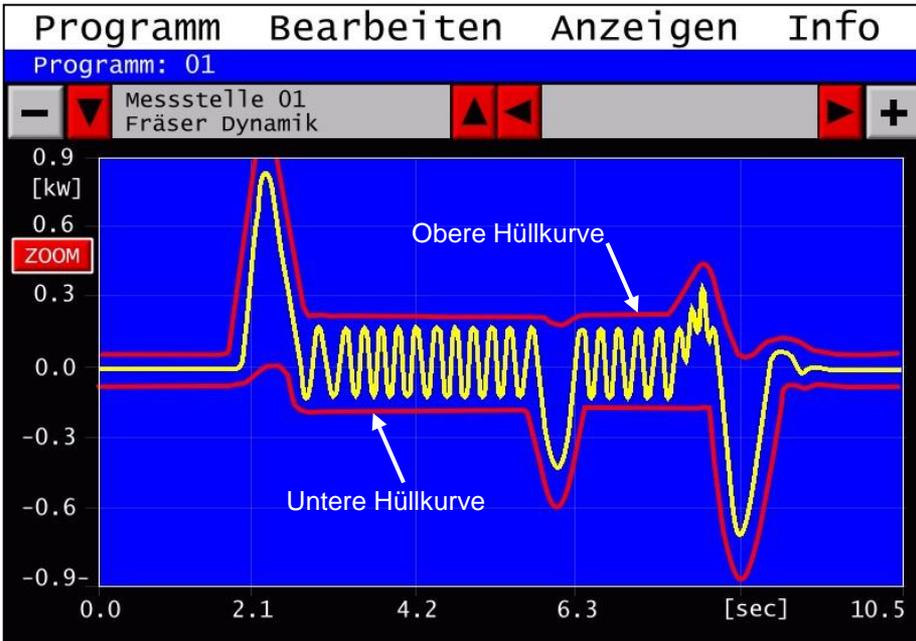
- ✓ Werkzeugbruchüberwachung
- ✓ Anschnitterkennung (zur schnellen Luftschnittüberwachung, insbesondere beim Schleifen)
- ✓ Speziell Mindestgrenze zur Kontrolle, ob Werkzeug vorhanden ist

## Anwendung von Hüllkurven:

- ✓ Exaktere Werkzeugbruchererkennung als mit geraden Grenzen
- ✓ Speziell zur Überwachung von Mehrspindelbohrköpfen mit Wirkleistungsmessung in Verbindung mit der gleitenden Anpassung der Hüllkurve (Autolearn)

# Überwachung auf sprungartige Veränderungen und Welligkeiten

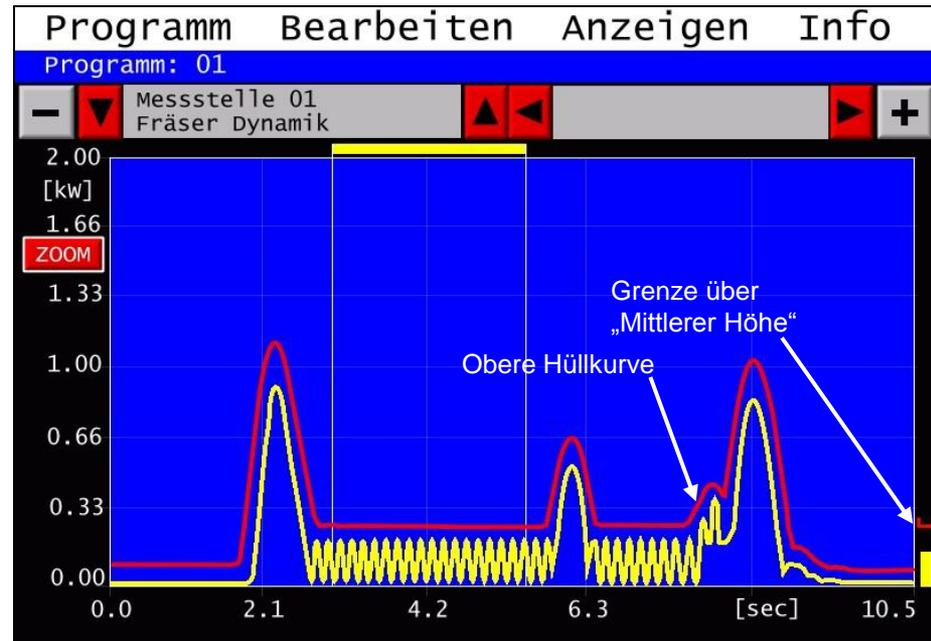
## Dynamischer Anteil (Option)



## Anwendung des dynamischen Anteils:

- ✓ Brucherkennung beim Drehen unter Aufmaß- und Härteschwankungen, wenn ein plötzlicher Messwertanstieg unabhängig von einem Messwertabfall überwacht werden soll (z. B. Hartdrehen mit CBN)

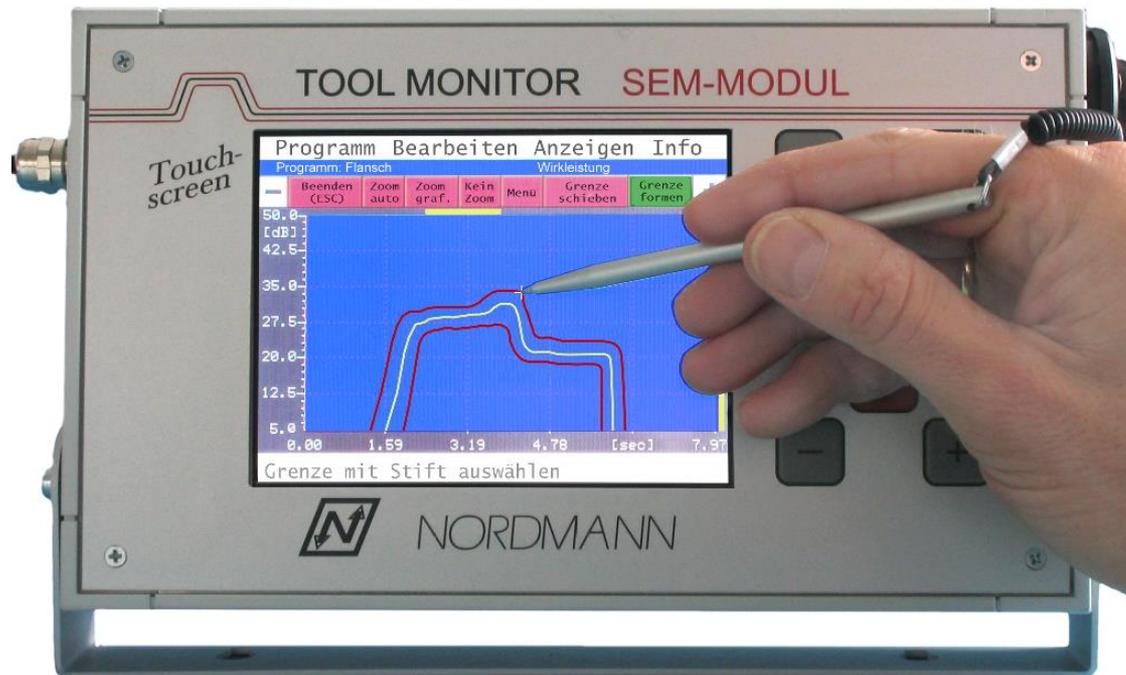
## Gleichgerichteter dynamischer Anteil (Option)



## Anwendung des gleichgerichteten dynamischen Anteils:

- ✓ Erkennung des unrunder Laufs eines Fräasers infolge Ausbruch einzelner Zähne.
- ✓ Ratter- und Welligkeitserkennung beim Schleifen.
- ✓ Brucherkennung beim Drehen unter Aufmaß- und Härteschwankungen.

# Grafische Einstellung der Grenzwert-Hüllkurven am Touchscreen

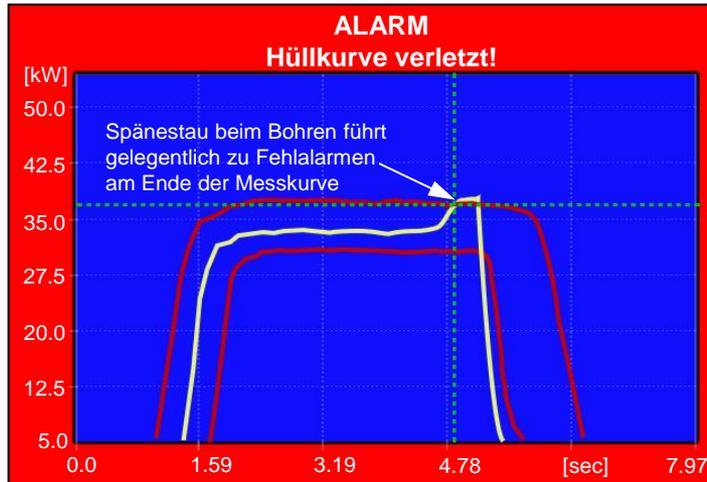


## Vorteile der grafischen Grenzwertkorrektur:

- ✓ Partielle grafische Anpassung der Grenze nur an der erforderlichen Stelle
- ✓ Geht einfach und schnell

# Automatische partielle Grenzwertkorrektur nach falschen Alarmen

## 1.) Messkurvenanzeige beim Alarm



## 2.) Möglichkeiten der Alarmquittierung

1.) Grenzen anpassen?  
Bitte wählen Sie aus:

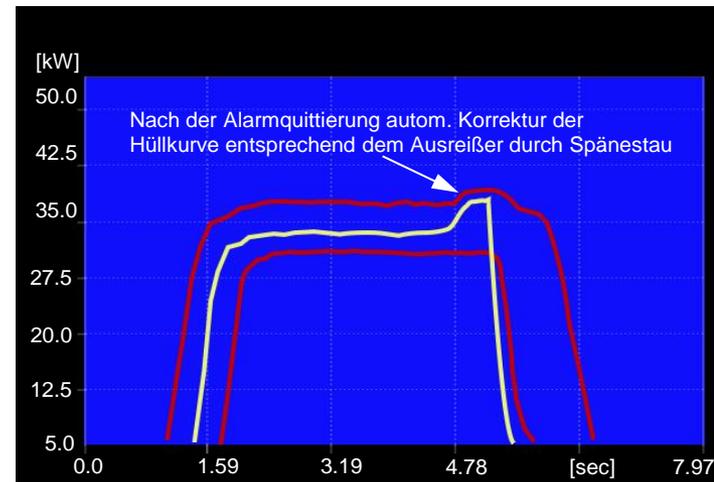
Die Grenzen sollen unverändert bleiben

**Die verletzte Grenze soll sich automatisch an diesen Alarm anpassen**

Alle Grenzen sollen sich an die Messkurve anpassen

Dieses Programm neu lernen

## 3.) Ergebnis nach Alarmquittierung



## Vorteile der autom. Grenzwertkorrektur

Die Hüllkurve muss nicht komplett neu gelernt werden. Das ist ein Vorteil gegenüber einem kompletten Neulernen, bei dem in der Regel der Spänestau nicht auftritt. D. h. die mit Neulernen ermittelte neue Hüllkurve würde später erneut Fehlalarme bei Spänestau erzeugen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

