

# Optimierung industrieller Fertigungsprozesse – Körperschall und komplexe Signalanalyse

Ulrich Seuthe  
QASS GmbH, Wetter (Ruhr)

## Kurzfassung

Maschinen reißen Materialpartikel aus dem Werkstoff, erhitzen oder kühlen ihn, formen ihn kalt oder heiß um, verbinden Werkstoffteile durch Schmelzen, Kleben, Schrauben. Wir wandeln die schnellen breitbandigen Druckschwankungen in dreidimensionale Bilder um, die passend zusammengesetzt, die unsichtbaren und unhörbaren Vorgänge vor unseren Augen entstehen und wie einen Film ablaufen lassen.

Wir erhalten ein Landschaftsmodell, das die Dynamik von Fertigungsprozessen in einfach zu „lesende“ Topografien umwandelt. Wir betrachten Frequenzen bis 25 MHz. Wir können Rohdaten über viele Stunden hinweg aufzeichnen und zig Milliarden Messwerte griffig und verständlich auf den Bildschirm bringen. Mit unserem Optimizer4D können unkomprimiert ca. 1 Million Messwerte auf einmal und übersichtlich betrachtet werden.

Messbare Produktionsprozesse:

Zerspanung: Beim Schleifen, Fräsen, Drehen, Bohren etc. bewerten wir den Status von Werkzeugen und Materialien in Echtzeit. Bei der Umformung suchen wir nach Prozessabweichungen und Fehlerbildern wie Oberflächenwelligkeiten und Rissbildungen. Beim MAG, Widerstands- oder Laser-Schweißen testen wir Bindequalität und Rissbildung. Beim Kunststoffspritzgießen werden Werkzeuge und Maschinenabläufe überwacht.

QASS Risserkennung während des Härtens

Während der Wärmebehandlung erfährt das Bauteil erhebliche Wechselkräfte. Insbesondere beim Abschrecken können große Spannungen auftreten, die zu Mikro- und Makrorissen führen können. Jeder dieser Risse setzt spontan Impulsenergie frei. Diese Impulse werden überlagert von Arbeitsgeräuschen des Prozesses wie Strukturschwingungen durch z.B. induktiv eingebrachte elektro-magnetische Wechselkräfte, Anregung durch Gasbrenner, Kühlwassergeräusche, Antriebsgeräusche, Schrumpfungsdrukwellen usw.

Uns ist es nun für viele Anwendungen gelungen, die verschiedenen Signalquellen zu unterscheiden und insbesondere die Rissemissionen von den sonstigen typischen Prozesssignalen zu trennen.

Wie schon in der Kaltumformung und der Zerspanung erscheint bei hoher zeitlicher Auflösung und kontinuierlicher Echtzeit-Spektralanalyse die Materialantwort auf die eingebrachte Prozessenergie im 3D- Bild.

Die QASS Risserkennung erlaubt eine 100%ige vollautomatische Überwachung während des Härtevorgangs.

Wir bei QASS haben die schnelle  
Körperschallanalyse unter  
Produktionsbedingungen zu unserem Thema  
gemacht.



## Körperschall in neuen Dimensionen – Verfahren für hochwertige Prozessüberwachungen



Maschinen reißen Materialpartikel aus dem Werkstoff, erhitzen oder kühlen ihn,  
formen ihn kalt oder heiß um, verbinden Werkstoffteile durch Schmelzen, Kleben, Schrauben ....



## Grundlagen

- All diese Vorgänge führen zu Druckschwankungen,
- zu mikro- oder makroskopischen mechanischen Impulsen,
- die sich durch die beteiligten Materialien hindurch fortpflanzen.

Begeben wir uns auf die Ebene der mikroskopisch kleinen Elemente von Werkstoffen, so erleben wir eine ungeheure Anzahl von Impulsanregungen, die sich in alle möglichen Richtungen im Material ausbreiten.



QASS

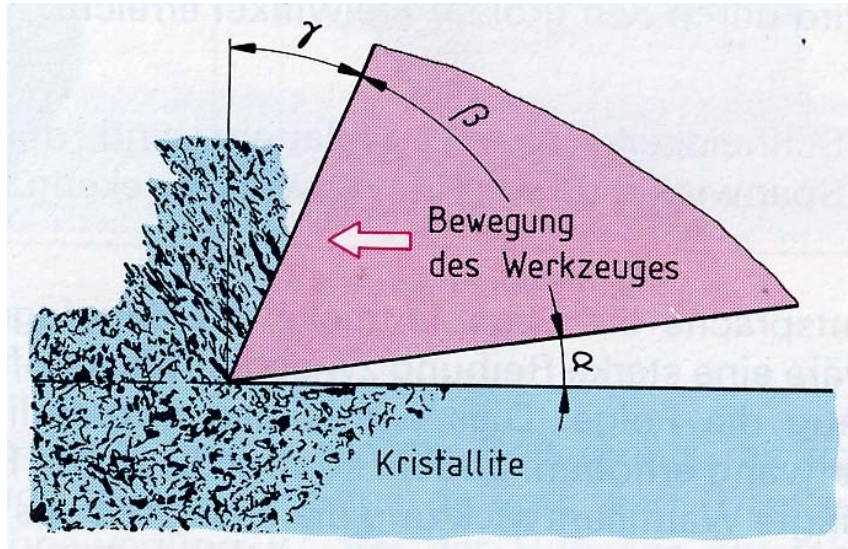
## Grundlagen

- Reißen wir mit 400 m/min Schnittgeschwindigkeit mikroskopische Partikel von z.B. 10  $\mu\text{m}$  Länge aus ihrem Gefüge so ergibt das eine Impulsfolge von mindestens 666 kHz.
- In Wirklichkeit werden mit jedem Mikrometer Vorschub gleichzeitig viele Partikel ausgebrochen, abgescheuert oder verschoben, was zu einer Überlagerung vieler Impulse im Gefüge des Materials führt.



QASS

# Grundlagen



# Komplexe Dreh-, Fräs- und Bohrprozesse

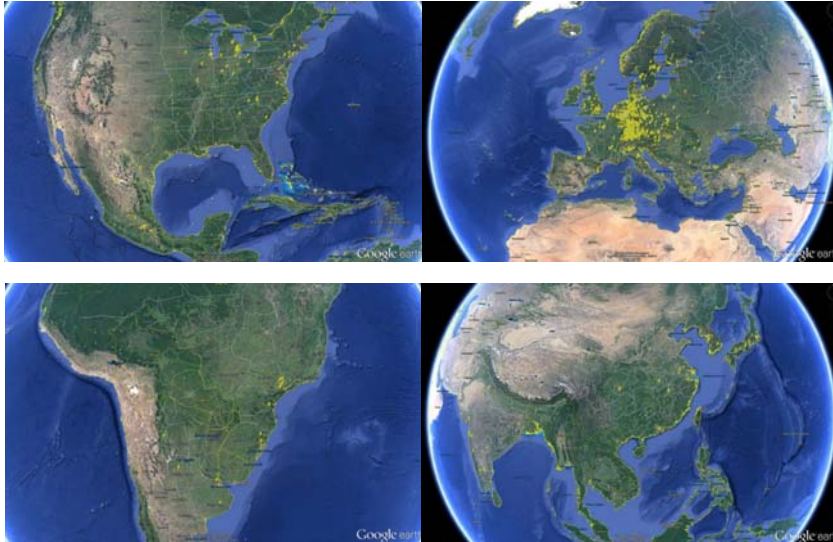
Wir wandeln die extrem schnellen weil hochfrequenten Druckschwankungen in dreidimensionale Bilder um, die passend zusammengesetzt, die unsichtbaren und unhörbaren Vorgänge vor unseren Augen entstehen und wie einen Film ablaufen lassen.

The image shows a small brass component on the left and a 3D visualization of a complex machining process on the right. The 3D visualization is a color-coded surface plot showing the geometry of the part being machined. The plot is divided into several sections, each labeled with a different process step: "Buffer #1 offline", "Buffer #2", "Buffer #3", and "Buffer #4". The plot also shows the tool path and the resulting surface topography.

Wir zeichnen alle „Bildinformationen“ auf und können jedem Prozessabschnitt seine Signatur zuordnen.



## Einsatz der QASS - Messtechnik

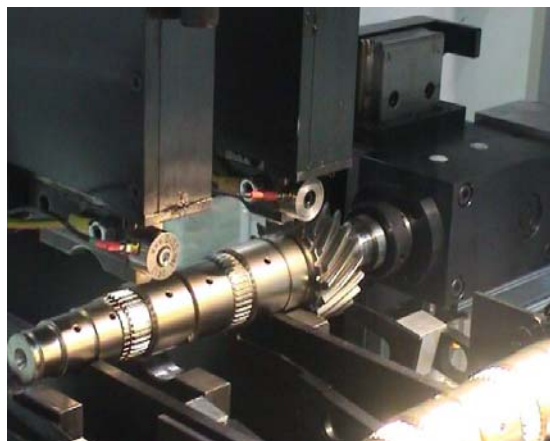


Nahezu alle namhaften Fahrzeughersteller und Zulieferer prüfen Getriebeteile in Antrieb und Lenkung mit unseren Messgeräten.



## QASS Risserkennung

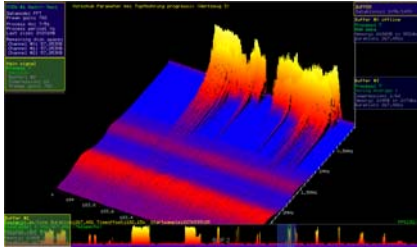
- Das hier vorgestellte Messverfahren wird bereits weltweit zur 100% Prüfung in der Kaltumformung von Getriebewellen und Lenkbauteilen eingesetzt und hat dort die Sichtprüfung weitgehend ersetzt.
- Vor allem beim Richten von Bauteilen bieten wir ein unschlagbar günstiges und gleichzeitig hochempfindliches vollautomatisches Messverfahren zur Detektion von Haarrissen und Brüchen.
- QASS Messgeräte gewährleisten seit vielen Jahren eine 100% in process Prüfung bei kritischen Produktionsschritten.



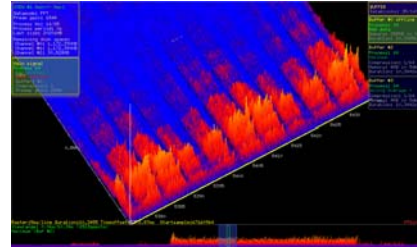
Systeme in der Richtbiegetechnik v.a. von Getriebewellen sind im 3-Schichtbetrieb eingesetzt.



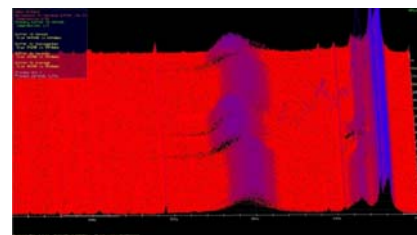
## M5 Gewindebohren



- Wir erhalten ein Landschaftsmodell, das die Dynamik von Fertigungsprozessen in einfach zu „lesende“ Topografien umwandelt.
- Richtig interpretiert, kann Körperschall Informationen über nahezu alle in einem Prozess ablaufenden Vorgänge liefern, und damit auch zur Bewertung von Effizienz und Qualität herangezogen werden.



Mehrschneiden Fräser

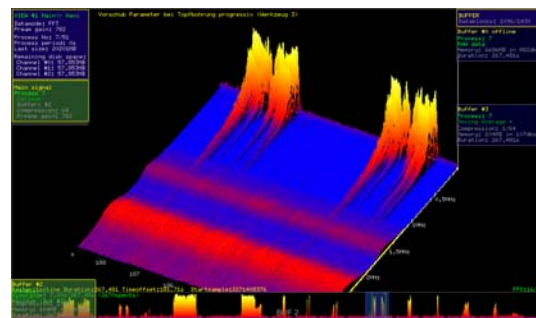


CBN Schleifen 70<sup>m</sup>/s

QASS

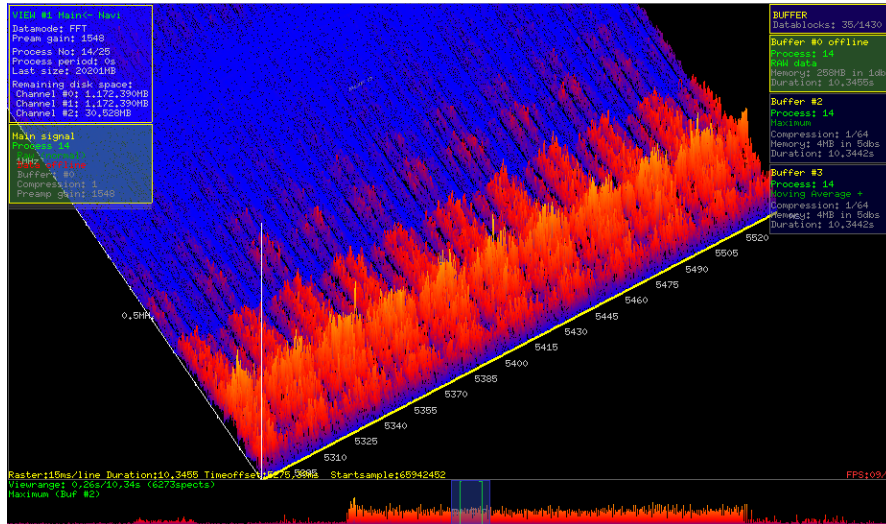
## M5 Gewindebohren

- Wir betrachten Frequenzen bis 25 MHz. Wir können Datenraten von 80 Mbyte/s und Kanal über viele Stunden hinweg aufzeichnen und die Daten von zig Milliarden Messwerten griffig und verständlich auf den Bildschirm bringen. Mit unserem kleinen Messgerät können unkomprimiert ca. 1 Million Messwerte auf einmal betrachtet werden, ohne dass die Fülle auch nur im geringsten stören würde.
- Es ist, als betrachte man eine Landkarte.

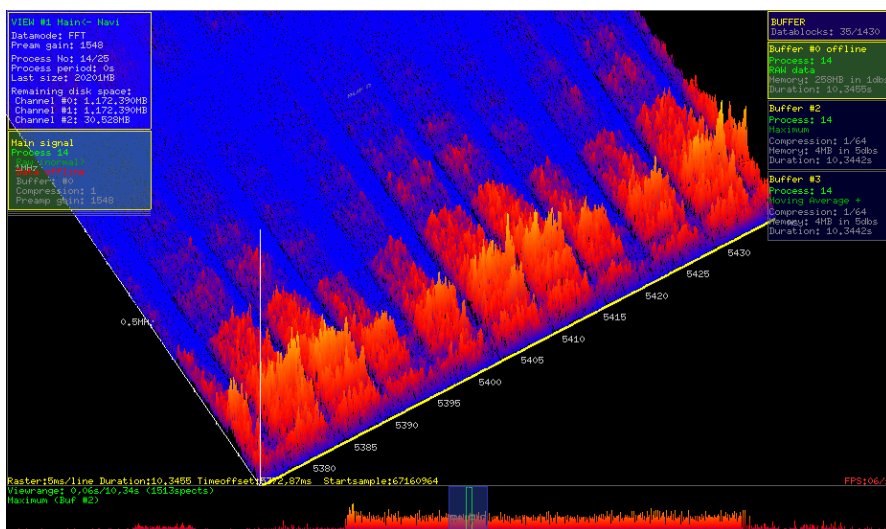


QASS

# Mehrschneiden Fräser



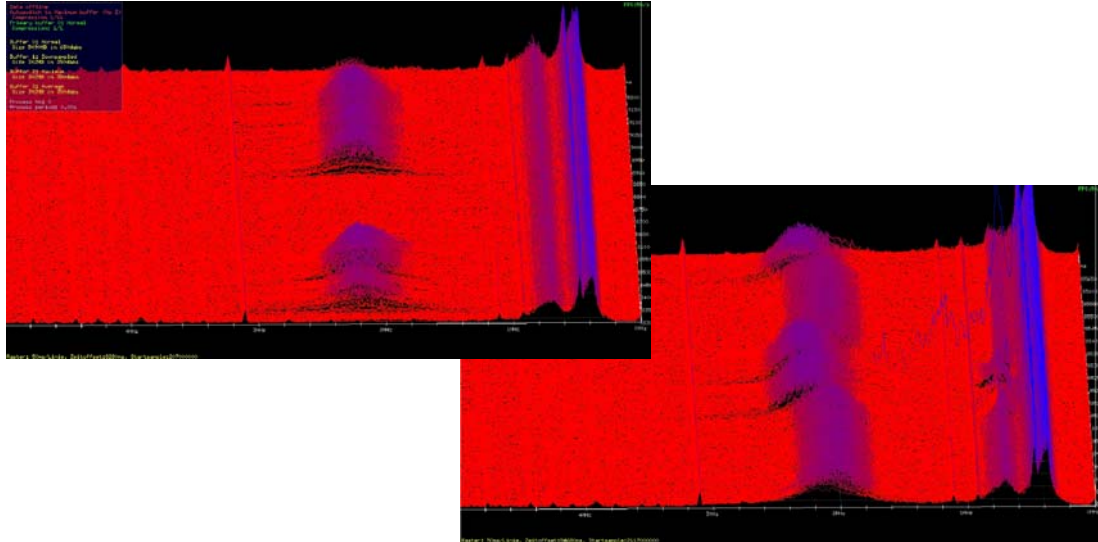
# Mehrschneiden Fräser



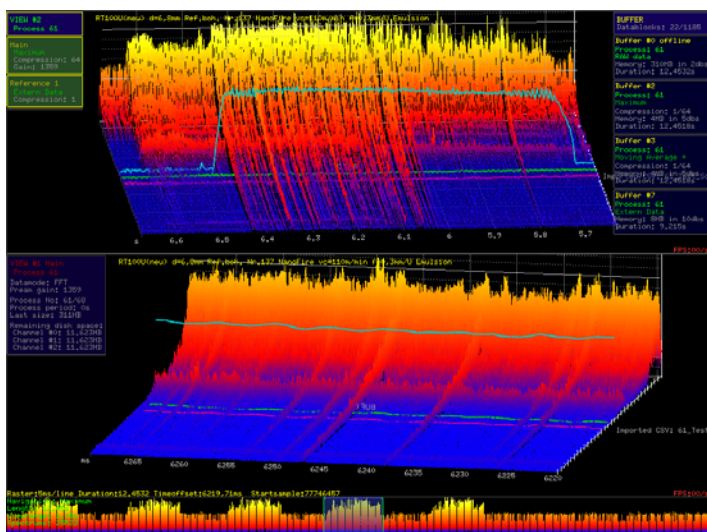




# CBN Schleifen 70<sup>m</sup>/s

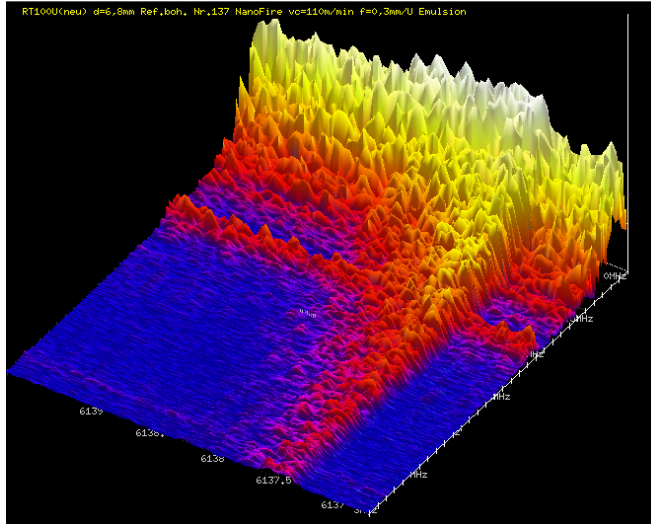


# Tieflochbohren



Spanbruch

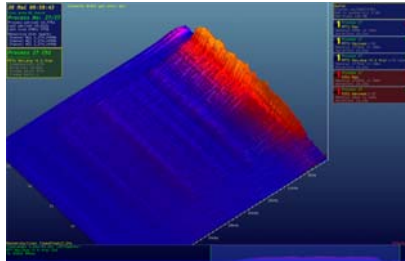
## Tieflochbohren



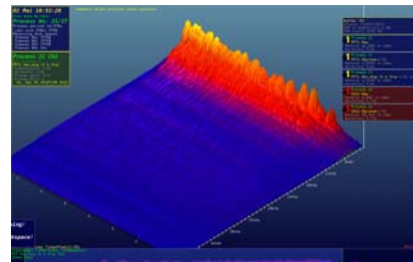
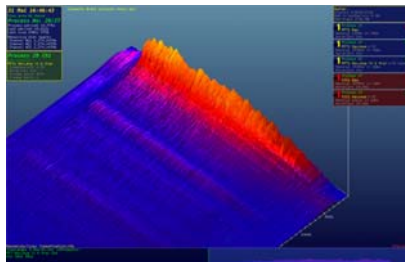
## Drahtziehen



## Drahtziehen



Ziehstein gut bis verschlissen



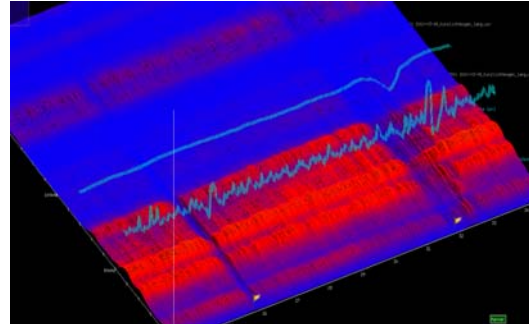
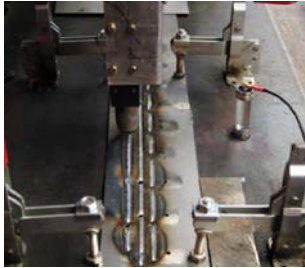
QASS

## Endlosschweißen



QASS

## Schutzgasschweißen – Testaufbau

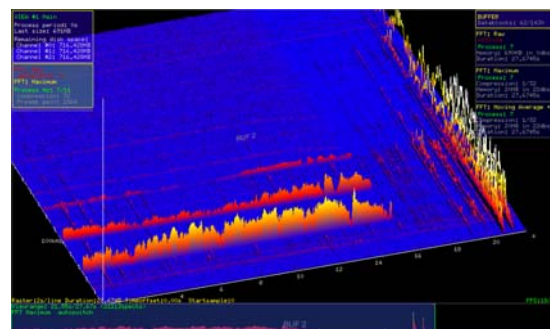


Beispiel für die Erkennung von Schweißfehlern. Im Testaufbau werden Standardlöcher mit verschiedenen Durchmessern überschweißt. Im Messbild ist die Körperschallemission als Prozesslandschaft sichtbar. Der vordere türkisfarbene Signalzug stellt den zugehörigen Schweißstrom dar. An den Positionen der Fähnchen bei 26 und 32 Sekunden wird jeweils ein Loch überschweißt. Beim zweiten Loch werden die Anforderungen an die Schweißregelung nach dem Einbruch deutlich sichtbar.

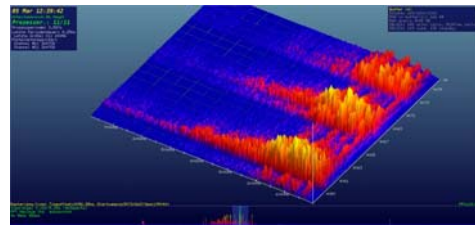
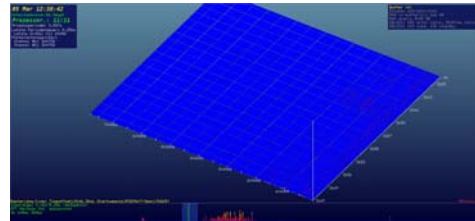
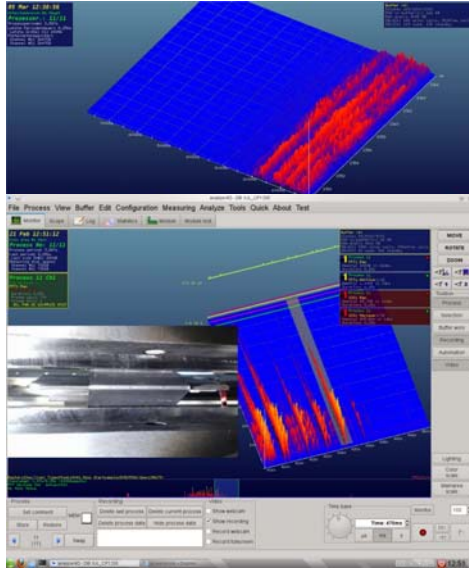


## MAG Schweißen – manuell

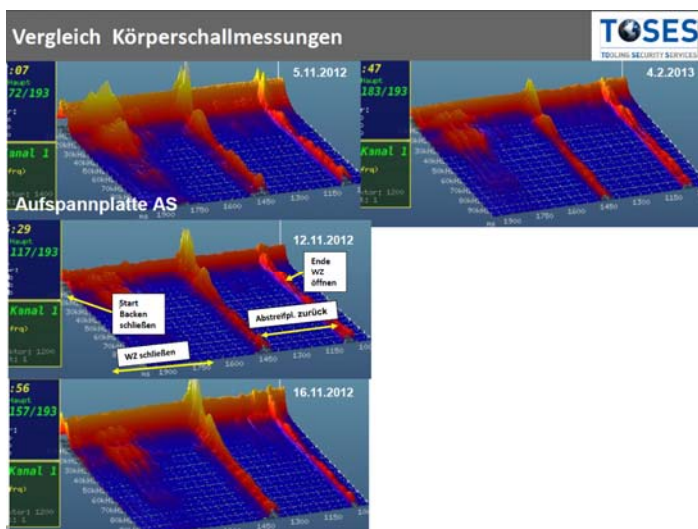
- Im linken Bildbereich sind die Emissionen aus dem variierenden Schweißprozess selbst zu sehen, durchbrochen von Mikrorissemissionen
- Rechts ab Sekunde 16 die Abkühlphase mit Bildung von Makrorissen nach ca. 4 Sekunden



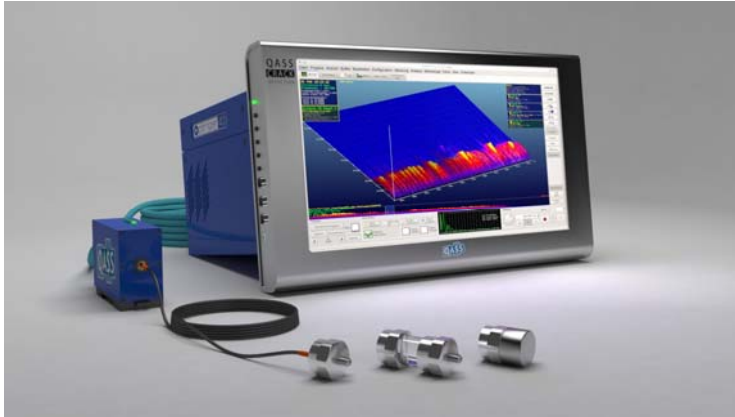
# Tiefziehen, Umformen, Stanzen



# Kunststoff Spritzguss Werkzeugbewegungen



## Vollautomatische Risserkennung



Messen und Analysieren in  
Echtzeit  
Vollautomatische Risserkennung



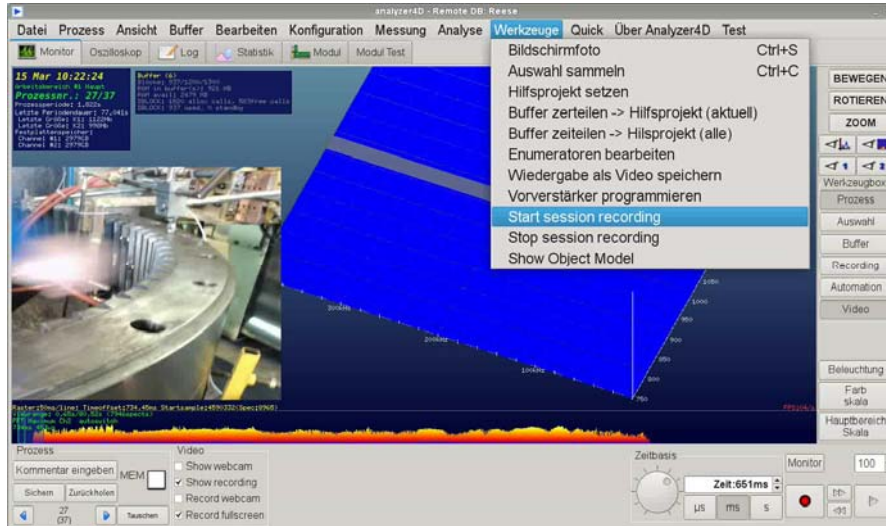
## Induktionshärten



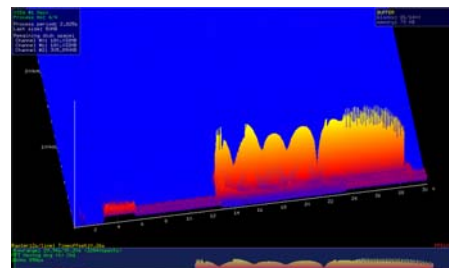
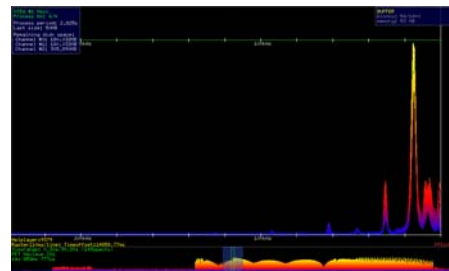
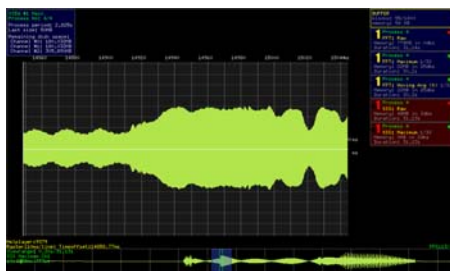
Bislang sind induktionsgehärtete Werkstücke nur nachträglich auf Spannungsrisse zu untersuchen; die gängigen Methoden sind Penetrieren, Fluxen und Wirbelstromprüfung – alles aufwändige und teure Verfahren. Die QASS-Risserkennung kann diese vollständig ersetzen.



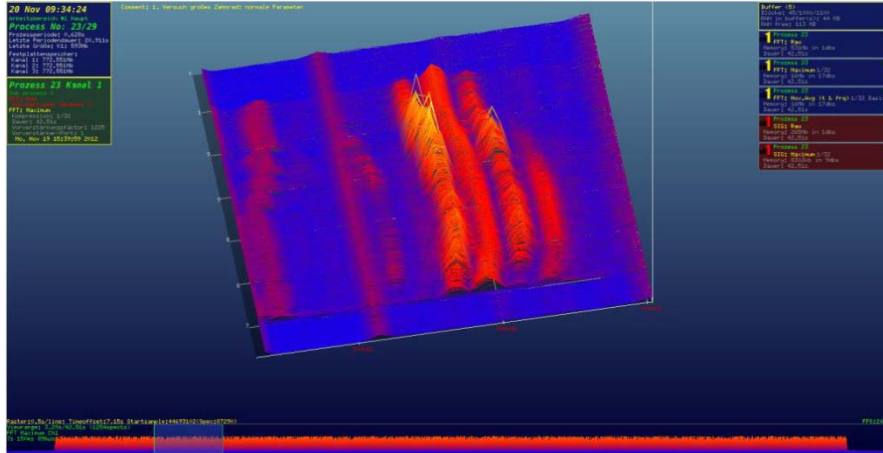
# Induktionshärten



# Induktionshärten



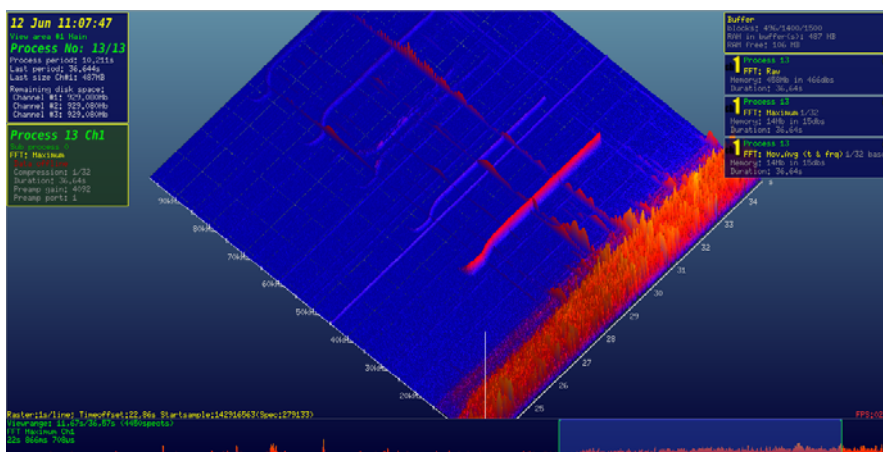
# Induktionshärten



Frequenzdrift beim Härten

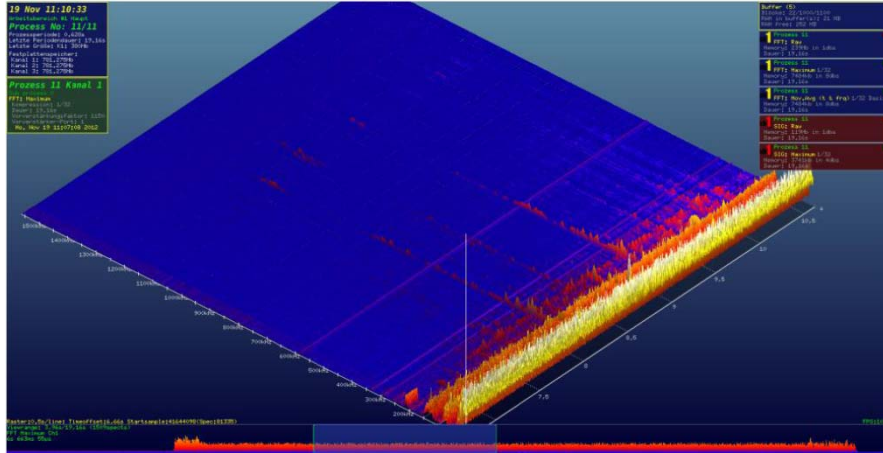


# Induktionshärten





# Induktionshärten



Induktion Prozess und Mikrorissbildung