

# EINSATZ EINES SENSORISCHEN WERKZEUGHALTERS ZUR PROZESSGESTALTUNG

DR.-ING. W. KOEHLER  
ROBERT BOSCH GMBH, STUTT GART

# Agenda

1. *Einleitung - Robert Bosch - Werk Stuttgart Feuerbach*
2. *Industrie 4.0*
3. *Common Rail Pumpe*
4. *Prozessablauf zur Bewertung von Zerspanwerkzeugen*
5. *Pro- und Contra der eingesetzten Sensorik*
6. *Einsatz eines sensorischen Werkzeughalters zur Prozessbeurteilung*
7. *Verkürzung der Prozessgestaltung durch den Einsatz sensorbasierter Systeme in der Großserienfertigung*
8. *Ausblick*
9. *Zusammenfassung*

# Bosch – ein globaler Verbund



- ▶ Hinter diesem Verbund stehen rund 375 000<sup>1</sup> Bosch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.
- ▶ In vier Unternehmensbereichen mit rund 440<sup>1</sup> Tochter- und Regionalgesellschaften in rund 60<sup>1</sup> Ländern.
- ▶ Einschließlich ihrer Vertriebspartner in rund 150<sup>1</sup> Ländern.

# Bosch – ein globaler Verbund

## Vier Unternehmensbereiche

### Mobility Solutions



### Industrial Technology



### Energy and Building Technology



### Consumer Goods



# Werk Stuttgart-Feuerbach

## Zahlen unseres Werkes

3.190 Mitarbeiter

38 Nationalitäten



113.228 MWh  
Energie-  
Einsparung  
(seit 2007)

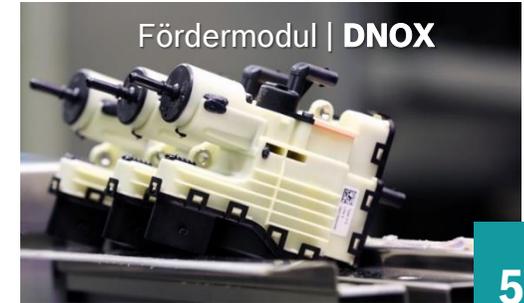


142.250 m<sup>2</sup>  
Fläche



9.955

Zu-Mess-  
Einheiten | ZME



Fördermodul | DNOX

534

879,5 Mio EUR  
Produktions-  
volumen 2015  
(PPC total)

2.627

Common Rail Pumpen | CP4



Stückzahl 2015 (in 1000)

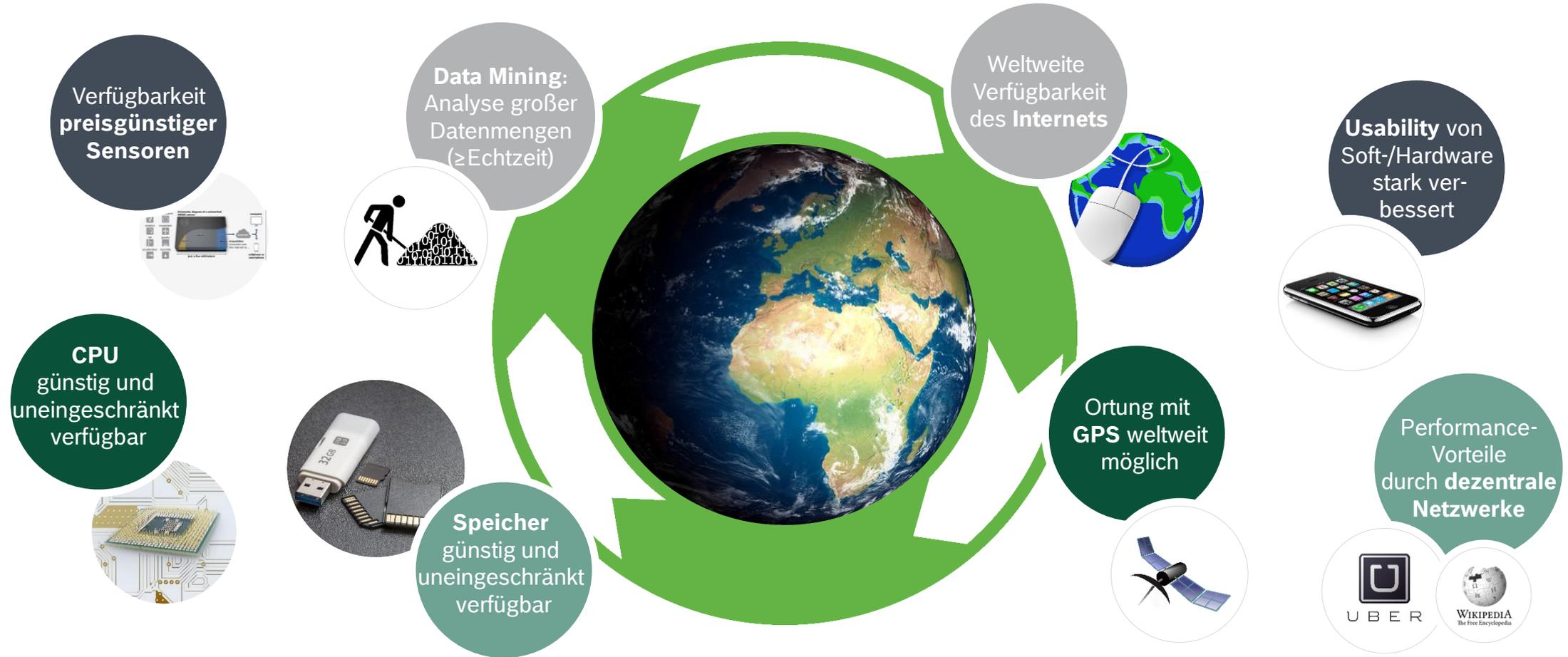
Diesel solenoid valve | DMV



1.165

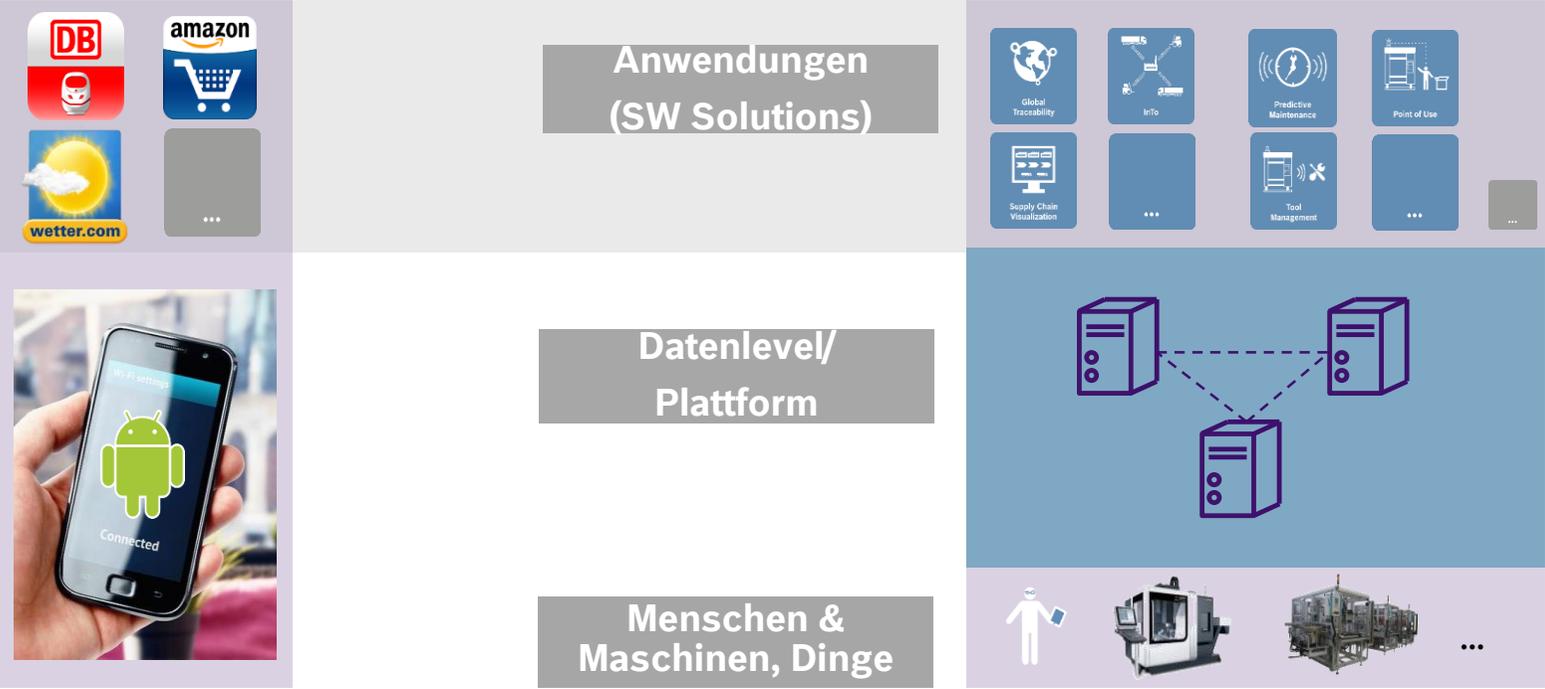
# Industrie 4.0

## Bedeutende Veränderungen der vergangenen Jahre



# Industrie 4.0

## IT Grundstruktur: Von der Maschine zur App



Beispiel Use Case:  
 ► Sensorbasierter Halter zur Werkzeugbeurteilung

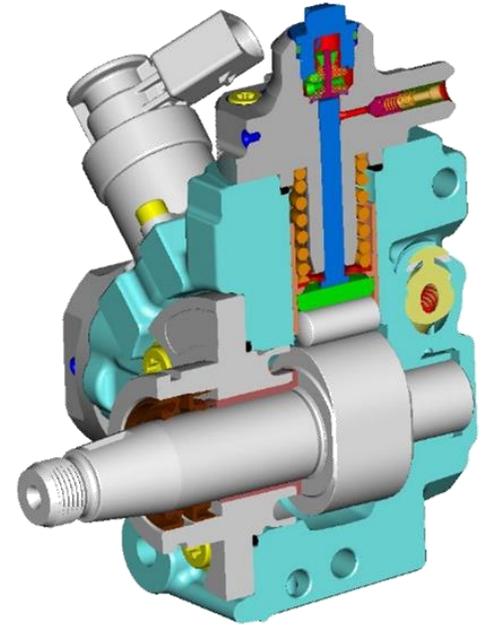
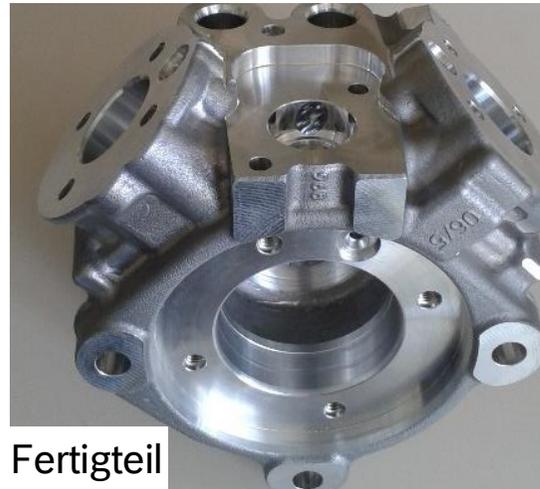
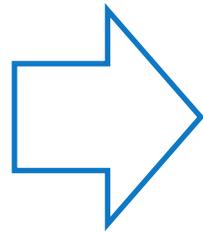


Quelle: promicon

# Common Rail Pumpe 4. Gen.

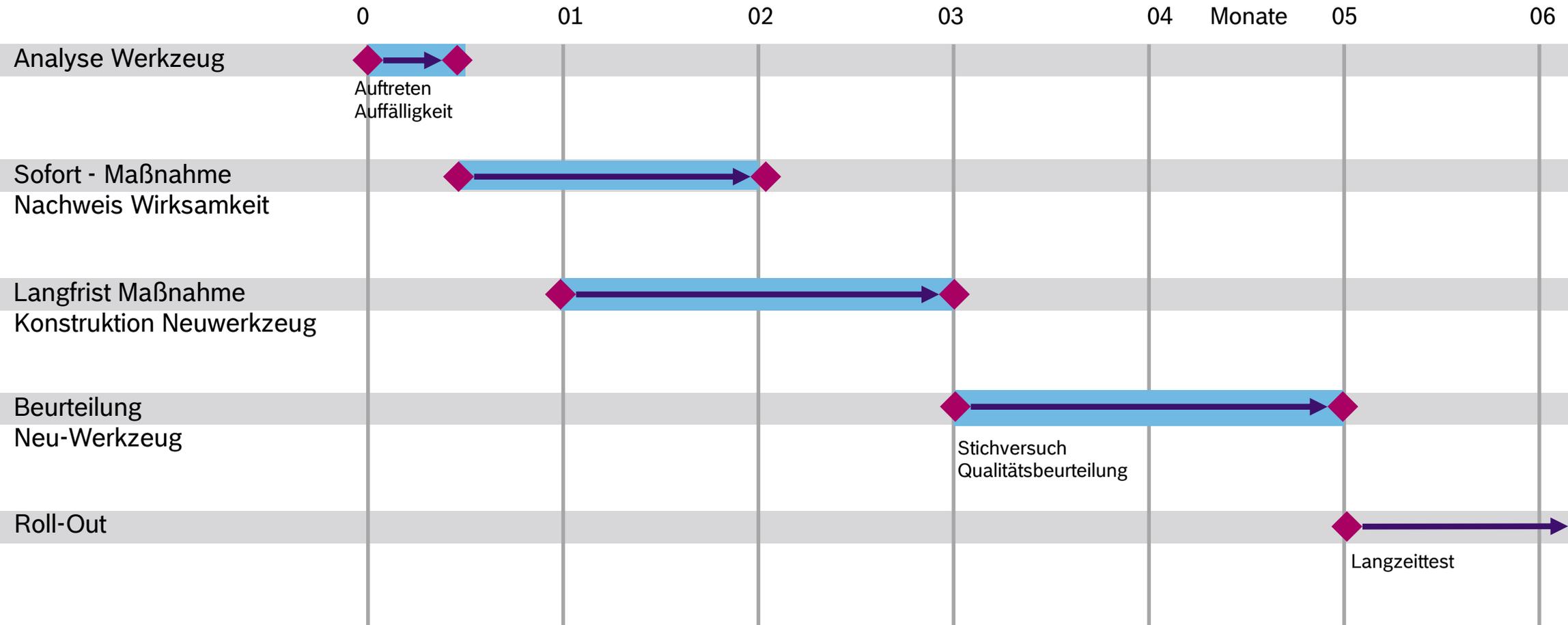
## Zerspanung Gehäuse

- ▶ Die Zerspanung des Al-Gehäuses erfolgt auf flexiblen Bearbeitungszentren.
- ▶ Die Einspritzpumpe ist nach dem Baukastenprinzip aufgebaut.
- ▶ Differenzierungen: Ein oder zwei Stößel, Zahnradpumpe,...



# Prozessablauf zur Bewertung von Zerspanwerkzeugen

## Bewertung von Zerspanwerkzeugen - Ablauf



# Prozessgestaltung in der Großserienfertigung

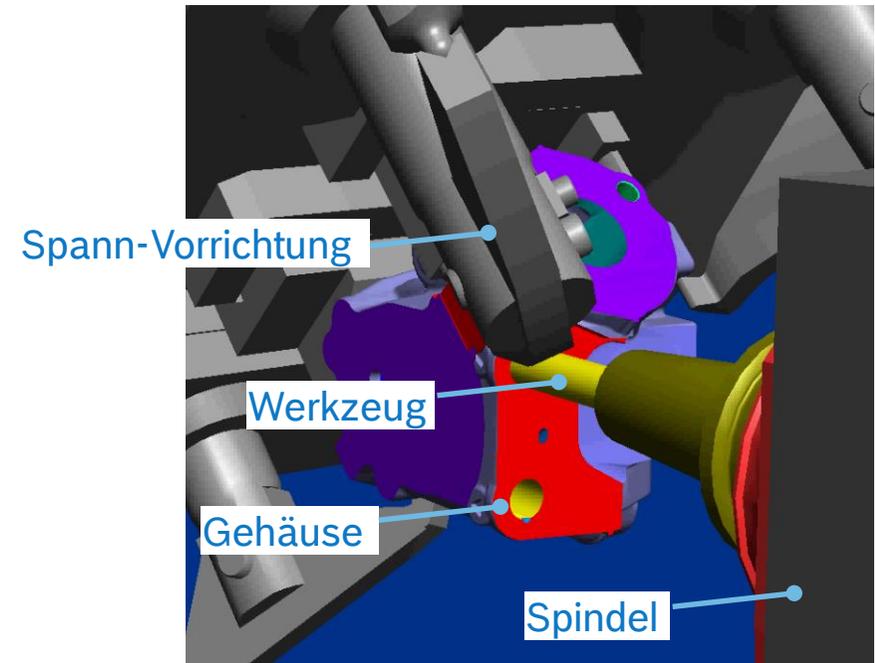
## Bewertung von Zerspanwerkzeugen

- ▶ **Start:** Erhöhter WZ Bruch in der Serie, Pilotsenker (Zu-, Rücklaufbohrungen).



- ▶ **Analyse:** Einsatz sensorischer Werkzeughalter, Belastung Werkzeug aufzeigen.
- ▶ **1. Maßnahme:** Reduktion Vorschub
- ▶ **2. Langfrist Maßnahme:** Werkzeug Neukonstruktion, Verbesserung Spanabtransport, Reduktion der seitlichen Belastung.

**Material:** VHM  
**Durchmesser:**  $d = 9,92$   
**Schneidenlänge:**  $L = 45$   
**Zähnezahl:**  $z = 4$



# Eingesetzte Sensorik in der Großserie

## Pro und Contra

<b>Prinzip</b>	Dehnungsmesstreifen DMS
<b>Genauigkeit</b>	keine belastbaren absoluten Werte - Geeignet für den relativen Vergleich, kleine Durchmesser gehen im Rauschen unter (D =1 mm nicht messbar), kein Problem bei sehr großen Kräften
<b>Drehzahlen</b>	nur bis $n = 18.000 \text{ min}^{-1}$
<b>Baugröße</b>	Kompaktes System, Veränderung ggü. Serienhalter (Steifigkeit, Spannung). kein Kabel - Wifi
<b>Komplexität</b>	ein System, sehr schnell wechselbar. Möglichkeit, dass an eigenen Halter die DMS appliziert werden. Sehr schnell zwischen verschiedenen MAE tauschbar (nur WZ Wechsel notwendig, Rest läuft über WiFi!)
<b>Eignung für Maschine</b>	robust
<b>Messgrößen</b>	DMS auch radial angebracht, dadurch Aufnahme Biegemoment
<b>Datenrate</b>	hohe Datenrate, 1600 Hz
<b>Energieversorgung</b>	Langzeitmessung möglich, kein Problem mit Energieversorgung



Sensorischer Werkzeughalter

Funk



Axialkraft

Drehmoment

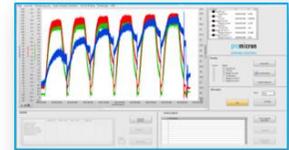
Biegemoment in x- und y-Richtung

Temperatur

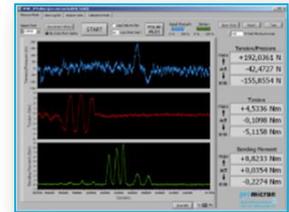
Receiver



via USB an PC



Analysesoftware Tool Analyzer - optional



Visualisierungssoftware Tool Measurement

Quelle: promicon

# Einsatz eines sensorischen Werkzeughalters

## Einfluss Schnittparameter

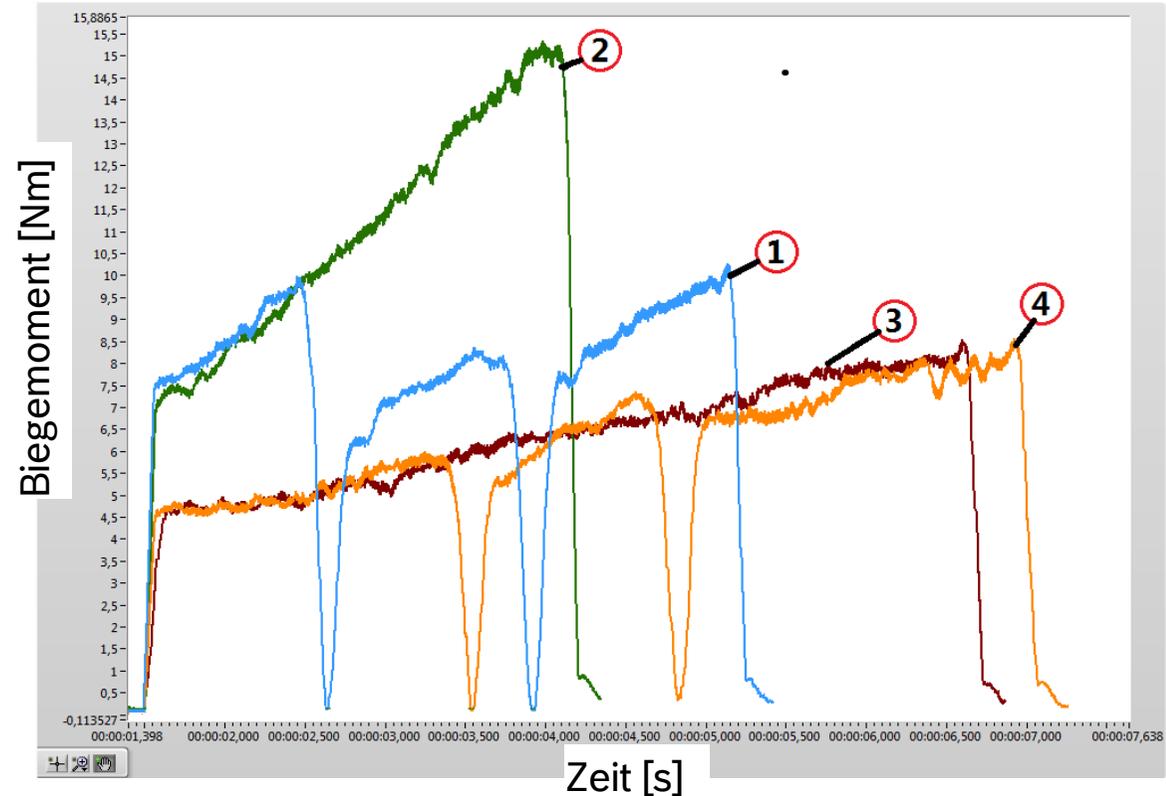
► Versuch mit sensorischem WZ Halter, unterschiedlichen Vorschüben, mit und ohne Entspanzyklen

1. SERIE:  $v_f = 800$  mm/min
2.  $v_f = 800$  mm/min, ohne Entspannen
3.  $v_f = 400$  mm/min, ohne Entspannen
4. 1. & 3. Schnitt  $v_f = 400$  mm/min, 2. Schnitt  $v_f = 800$  mm/min

**Sofort-Maßnahme:** Umstellung Versuch 3, reduzierter  $v_f$  ohne Entspanzyklen



**Material:** VHM  
**Durchmesser:**  $d = 9,92$   
**Schneidlänge:**  $L = 45$   
**Zähnezahl:**  $z = 4$



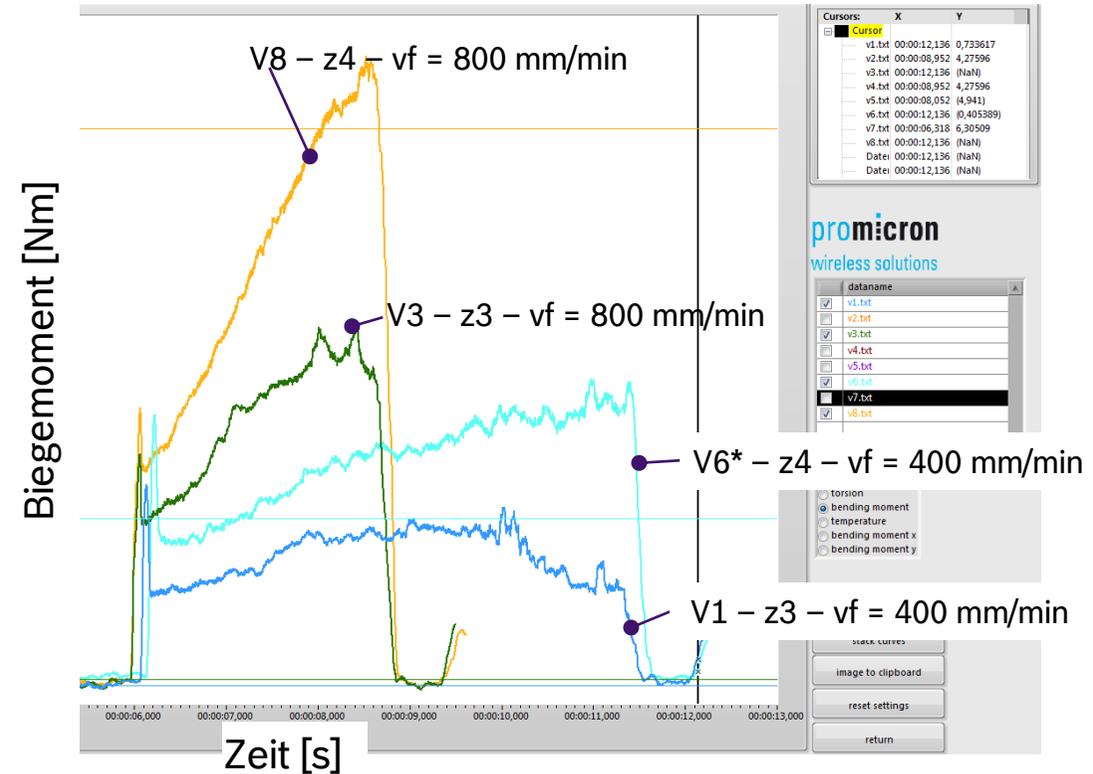
# Einsatz eines sensorischen Werkzeughalters

## Beurteilung angepasstes Werkzeug

- ▶ Werkzeug wurde angepasst.
- ▶ Evaluierung des Werkzeugs über sensorischen WZ-Halter.
- ▶ Biegemoment zeigt deutliche Unterschiede der versch. Werkzeugformen.
- ▶ Verkürzung Beurteilungsdauer.
- ▶ Angepasstes Werkzeug zeigt deutlich reduziertes Biegemoment!

**ENTSCHEIDUNG:** Umstellung auf  $z = 3$  Werkzeug nach Auslauf  $z = 4$ .

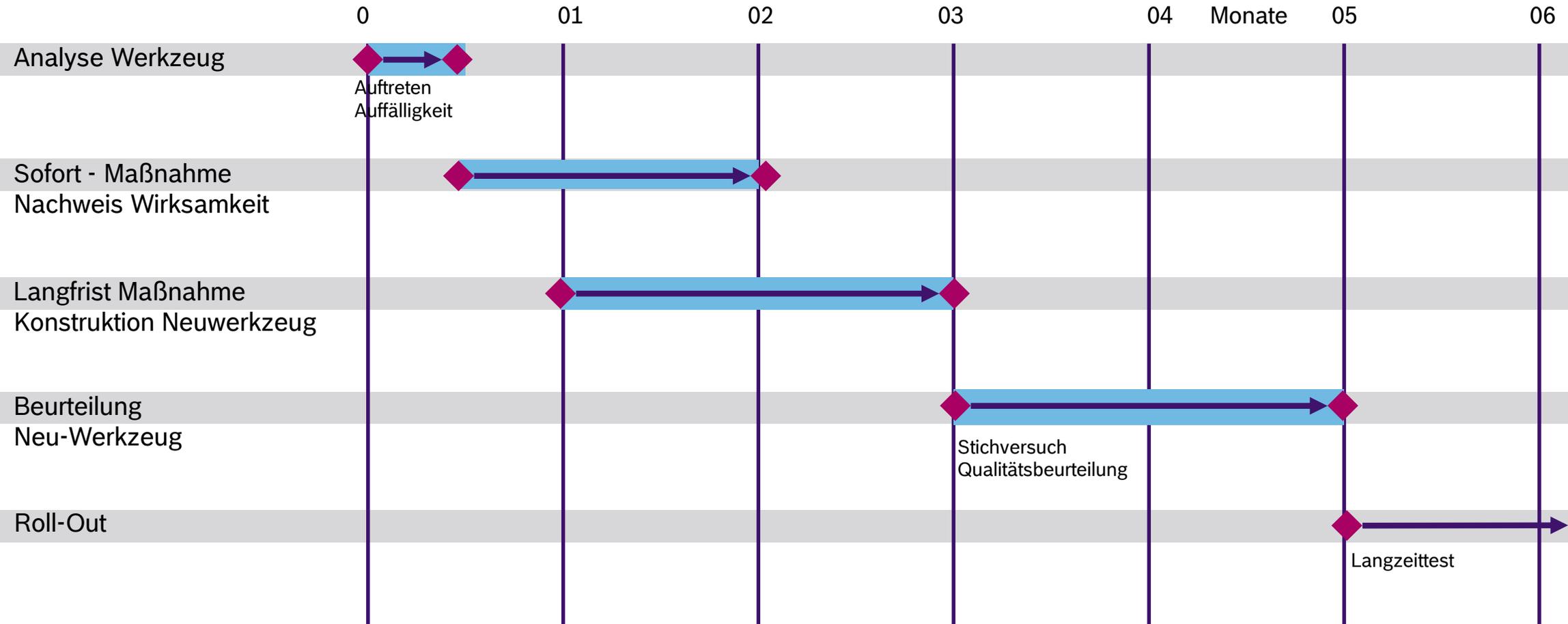
**Material:** VHM  
**Durchmesser:**  $d = 9,92$   
**Schneidenlänge:**  $L = 45$   
**Zähnezahl alt:**  $z = 4$   
**Zähnezahl Versuch:**  $z = 3$   
**Strategie:** kein Entspänen



\* Serienprogramm und Serienwerkzeug ( $z=4$ )

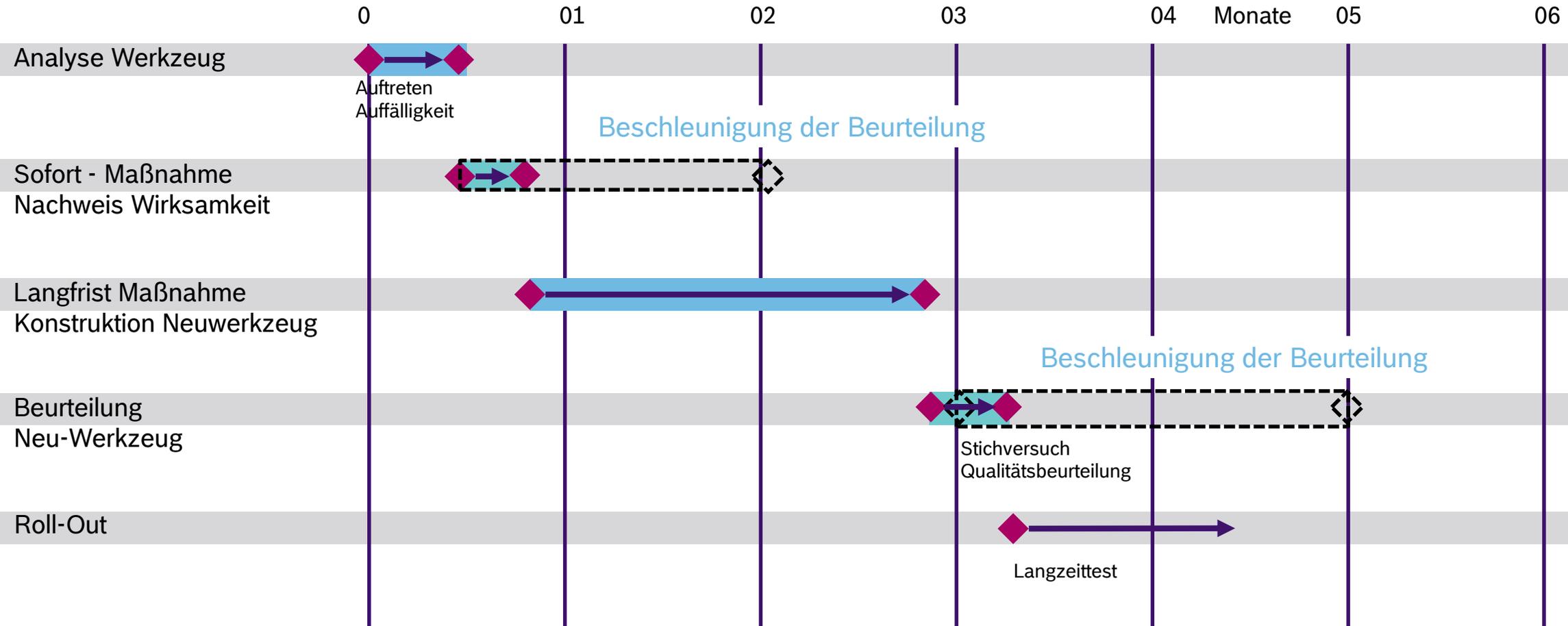
# Prozessgestaltung in der Großserienfertigung

## Verkürzung durch Einsatz sensorbasierter Systeme



# Prozessgestaltung in der Großserienfertigung

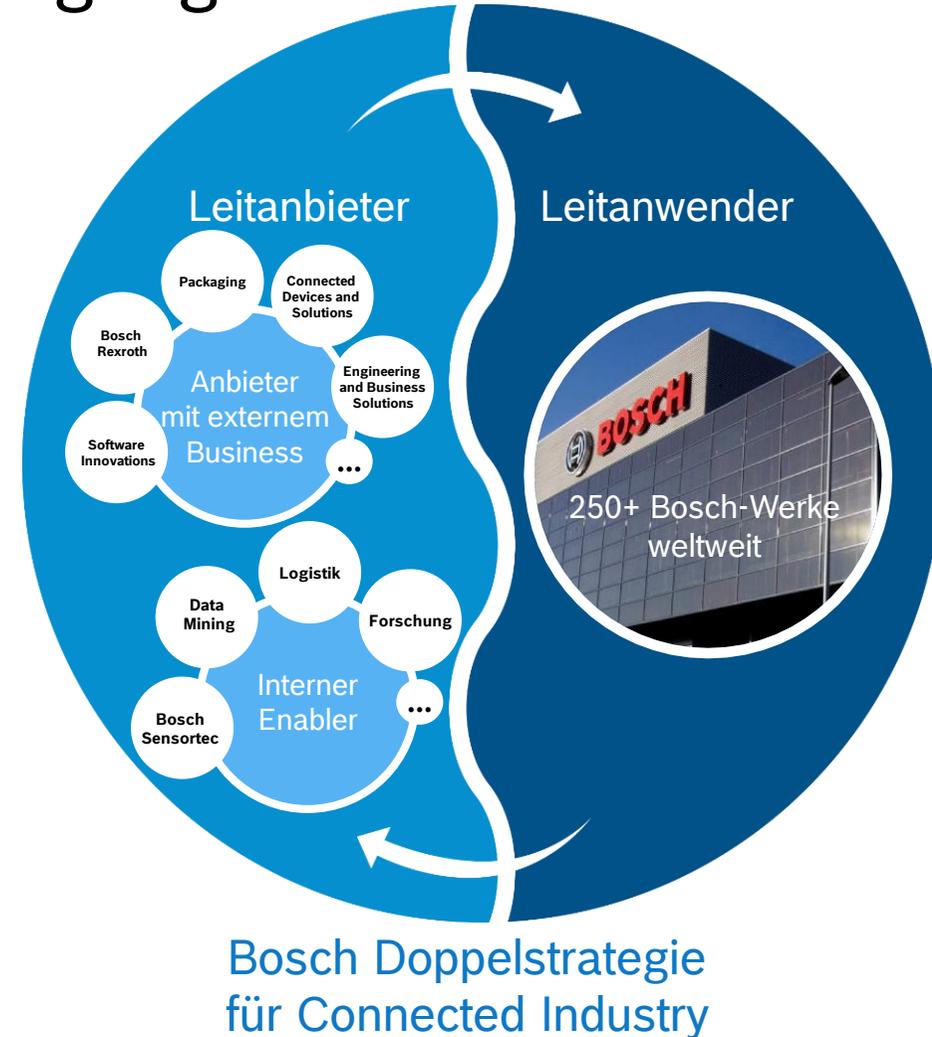
## Verkürzung durch Einsatz sensorbasierter Systeme



# Prozessgestaltung in der Großserienfertigung

## Ausblick

- ▶ Sensorbasierte Systeme in der Spindel zur Ermöglichung eines Real Time Monitorings und Steigerung der Werkzeugleistung.
- ▶ Permanente Datenerhebung in der Nähe der Zerspanstelle.
- ▶ Softwareplattform zur gezielten Auswertung der gesammelten Daten (z.B. von Bosch Software-Innovations).
- ▶ Durch Sensoren erhobene Daten bilden die Basis für Data Mining mit dem Ziel einer wirtschaftlichen und effizienten Produktion.



# Prozessgestaltung in der Großserienfertigung

## Zusammenfassung

- ▶ Ein sensorischer Werkzeughalter konnte in der Großserienfertigung eingesetzt werden: Einfache Anbindung, keine Ladungsverstärker, keine Verkabelung notwendig.
- ▶ Spannsituation wird durch den Mess-Halter verändert (Spannung, Länge).
- ▶ Dehnungsmessstreifen des Werkzeughalters zeigen die seitliche Belastung des Bohrwerkzeugs (Biegemoment).
- ▶ Signal geeignet zur Beurteilung von Werkzeugvarianten und Schnittparametervariationen (WZK-Drm.  $d = 9\text{mm}$ ).
- ▶ Signal liegt nicht permanent vor.
- ▶ Der Einsatz sensorbasierter Systeme in der Fertigung schafft Transparenz und verkürzt den Beurteilungsprozess.



