



Condition Monitoring an Werkzeugmaschinen

**V. Real Time Maintenance Forum
Stuttgart, 28. September 2010**

**Jochen Fischer
Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik**

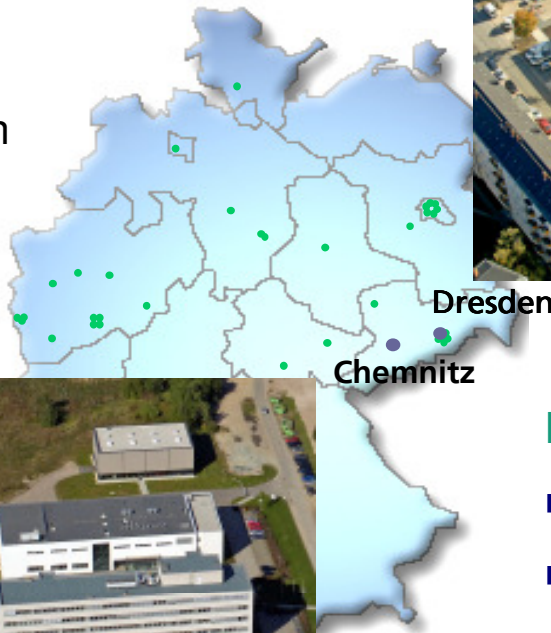


Gliederung

- Vorstellung Fraunhofer IWU
- Messgrößen an Werkzeugmaschinen
 - ☐ Bearbeitungsspindeln (Lager, Werkzeugspanner, Drehdurchführung)
 - ☐ Achsantriebe
 - ☐ Pneumatik
- Messdatenerfassung und -auswertung

Fraunhofer IWU

- Gründung am 1. Juli 1991
- ca. 400 Mitarbeiter
- > 24 Mio Euro Jahresetat
- 7 000 m² Fläche, davon 4 000 m² Versuchsfeldfläche in Chemnitz und Dresden
- Projektgruppe Augsburg seit 01/2009



Kompetenzfelder

- Werkzeugmaschinen
- Mechatronik
- Spanende Technologien
- Umformtechnologien
- Systemtechnologien

Spindelüberwachung

Überwachung von

Spindellager

Werkzeugspannung

Drehdurchführung

Federkraftmessung intern

Weg-Zeit-Verlauf beim Spannvorgang

Temperatur

Beschleunigung

axiale u. radiale Verlagerung

Drehdurchführung
1K-GD-2LS

OTT
Spannsystem

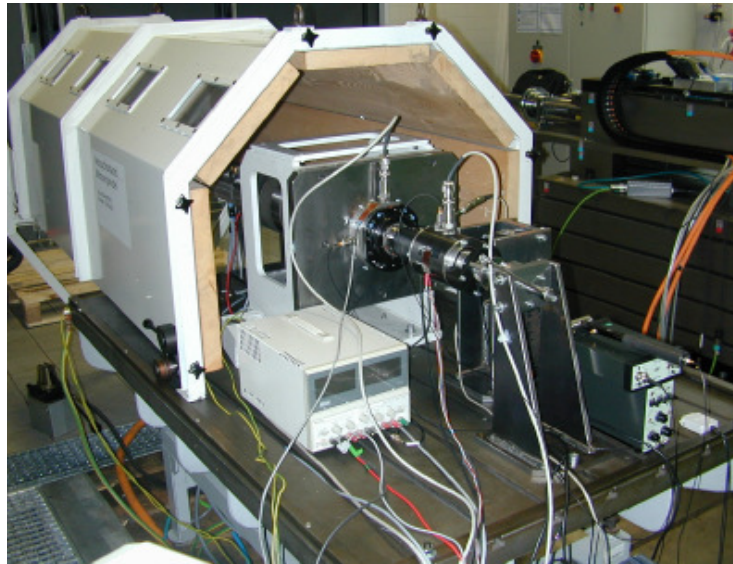
Durchflussmessung

Einzugskraftmessung extern

J. Fischer – VIPRO \ IWU Ch

Vorgehensweise Lagerdiagnose

Spindelprüfstand mit Belastungseinrichtung



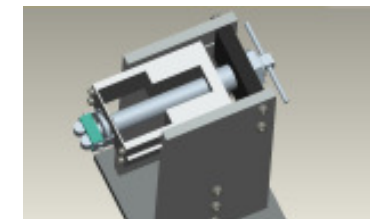
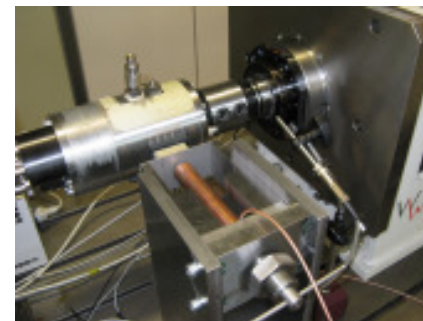
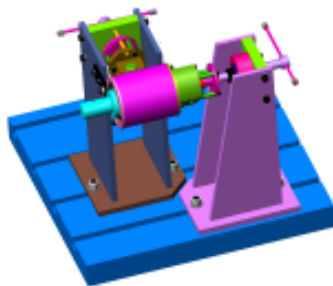
Messgrößen:

- Beschleunigung (Zeit- u. Frequenzbereich)
- Acoustic Emission
- Wirkleistung
- Temperaturen
- axiale und radiale Verlagerung

Dynamische Belastung (radial, ± 400 N)

Statische Belastung
bei $n=7000$ U/min:

- axial 1,5 kN
- radial 3 kN



Ergebnisse Lagerdiagnose

Messgröße:

- Acoustic Emission (50 kHz- 2 MHz)

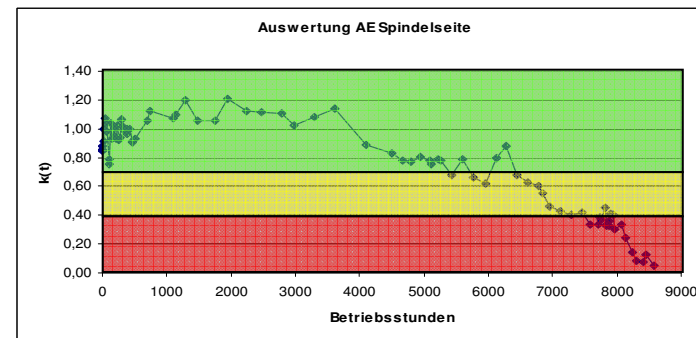
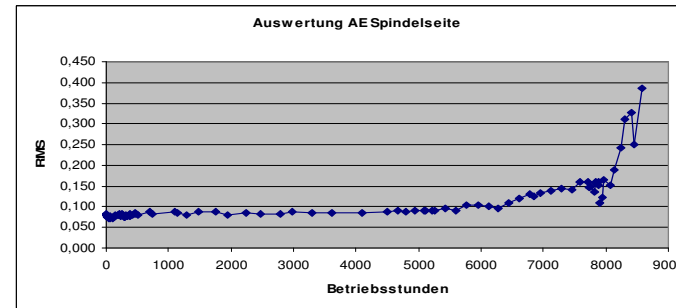
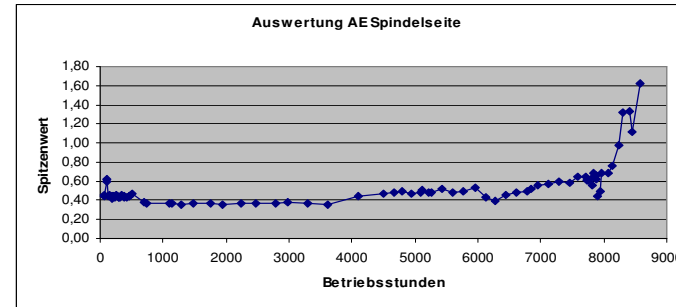


Effektivwertbildung,
Spitzenwertdetektor



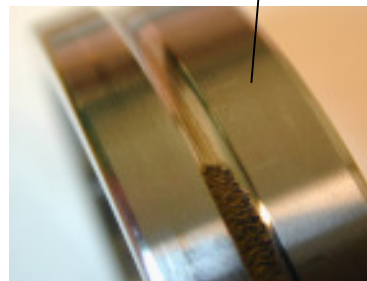
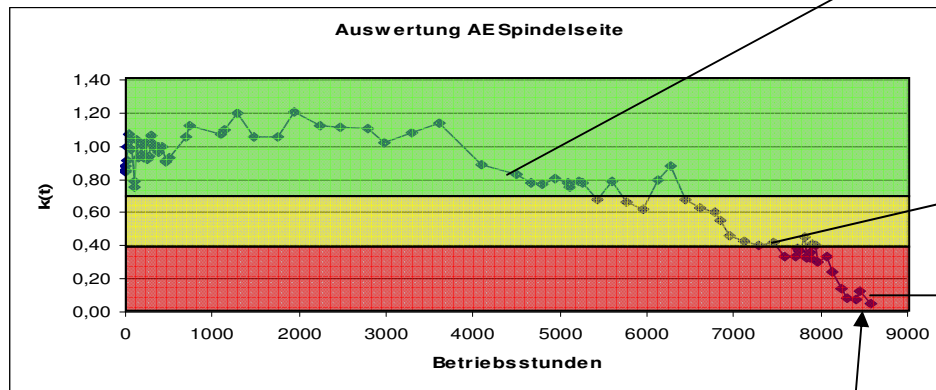
Kennwertbildung

$$k(t) = \frac{\tilde{a}(0) \cdot \hat{a}(0)}{\tilde{a}(t) \cdot \hat{a}(t)}$$

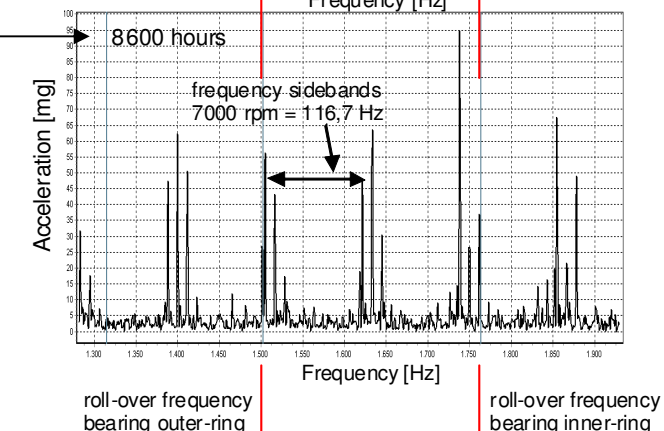
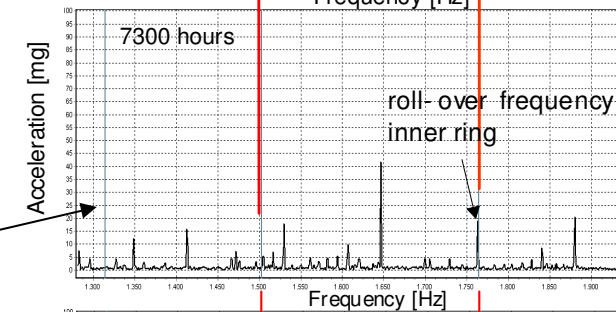
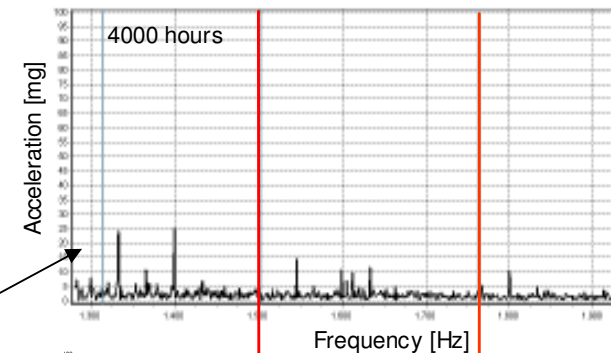


Ergebnisse Lagerdiagnose

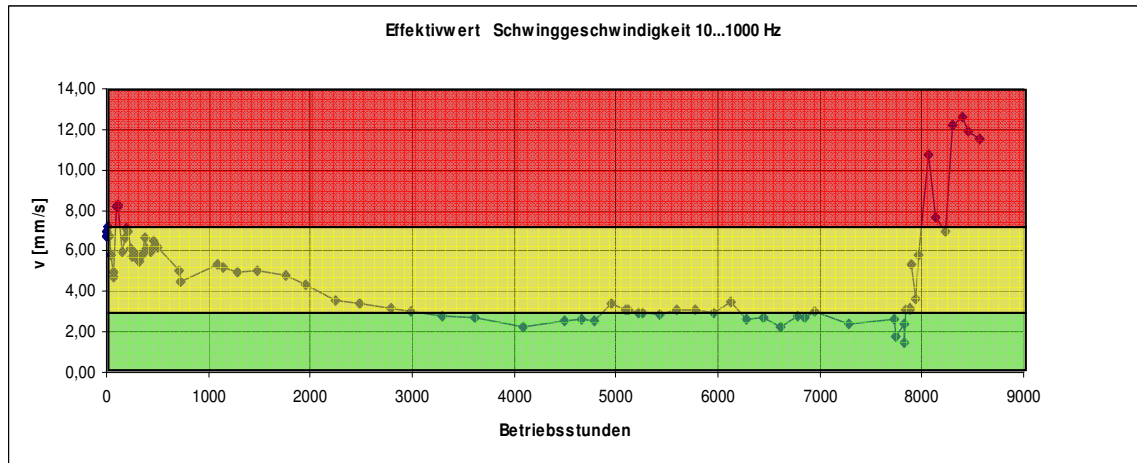
Vergleich $k(t)$ mit Hüllkurvenanalyse



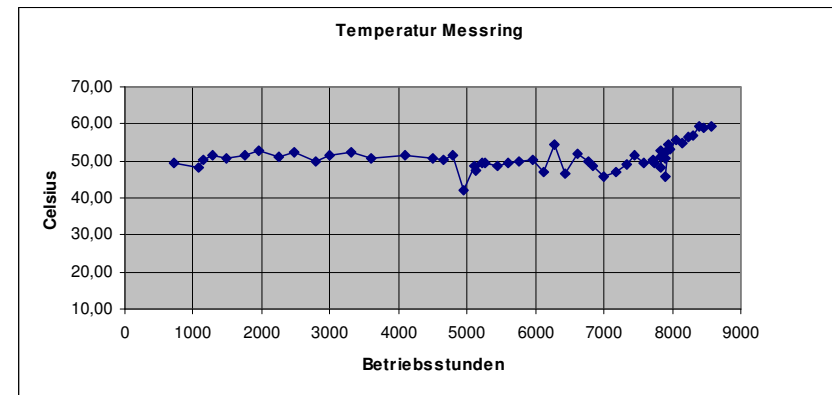
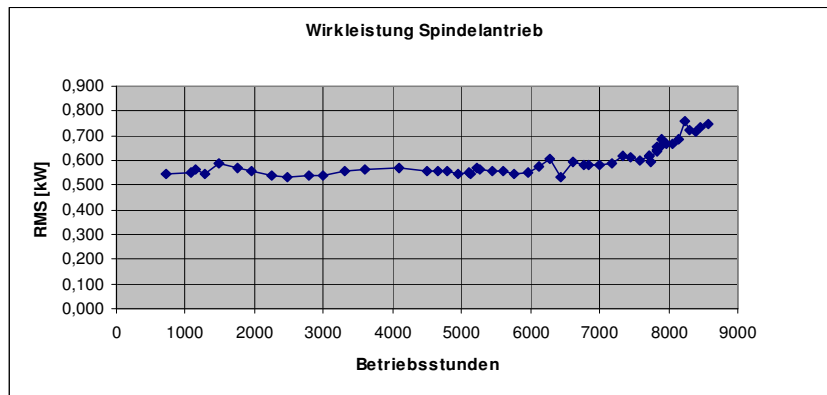
Schaden am Innenring nach 8700 h



Ergebnisse Lagerdiagnose



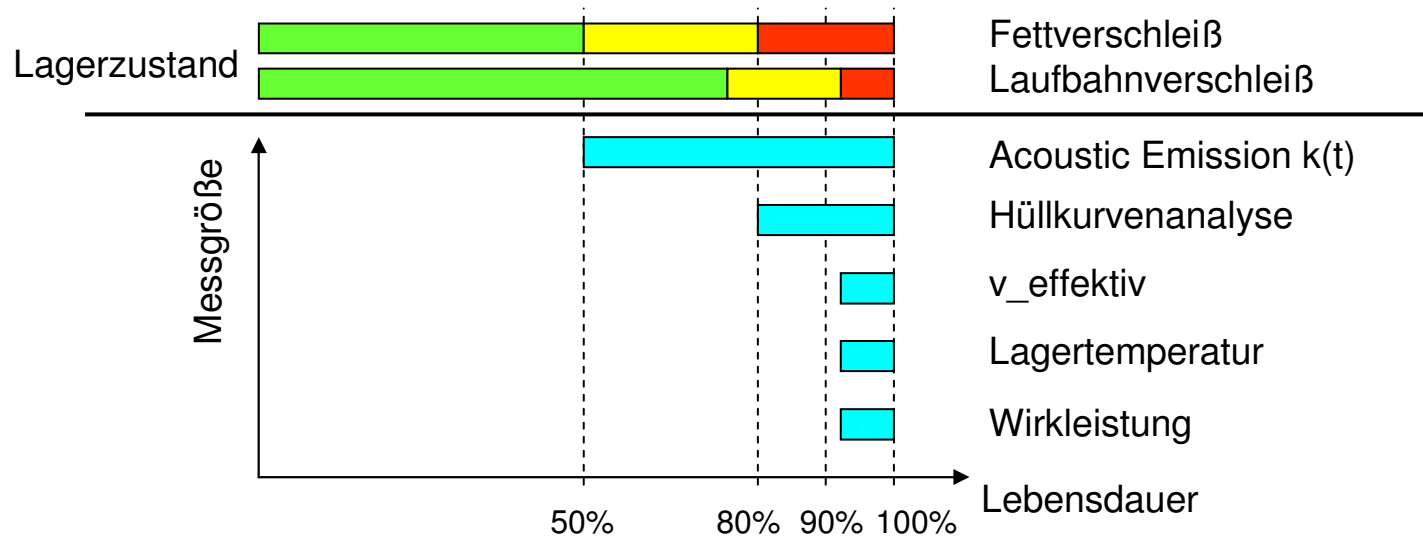
v_{eff} nach ISO 10816
(gemessen im Leerlauf)



Wirkleistung und Temperatur (gemessen unter Belastung)

Zusammenfassung Lagerdiagnose

- Rechtzeitige Erkennung von Fettverschleiß in Spindellagern mit Hilfe von Acoustic Emission Signalen ist möglich
- Hüllkurvenanalyse erkennt Laufbahnschäden frühzeitig



Erkennbarkeit von Lagerschäden mit unterschiedlichen Messgrößen



Fazit:

- Lagerdiagnose ist technisch möglich
 - $k(t)$ am besten geeignet aber kommerziell bisher nicht verfügbar
 - Hüllkurvenanalyse ist Stand der Technik
 - Stoßüberwachung sinnvoll hinsichtlich Prozesskontrolle
- aber:
 - Lagerlebensdauer bei normaler Betriebsweise sehr lang

Werkzeugspanneinheit

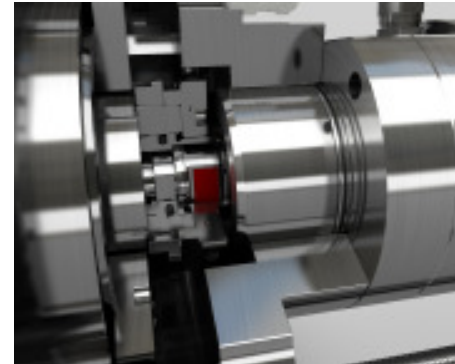
Ausfälle durch mechanischen Verschleiß (Feder, Spannsystem, Zugstange)

bisher:

- Spann- und Lösekontrolle über Näherungsschalter
- manuelle Einzugskraftmessung mit externem Sensor in großen Zeitabständen

neu:

- automatisierte Messung von
 - Federkraft
 - Einzugskraft
 - Weg Zugstange

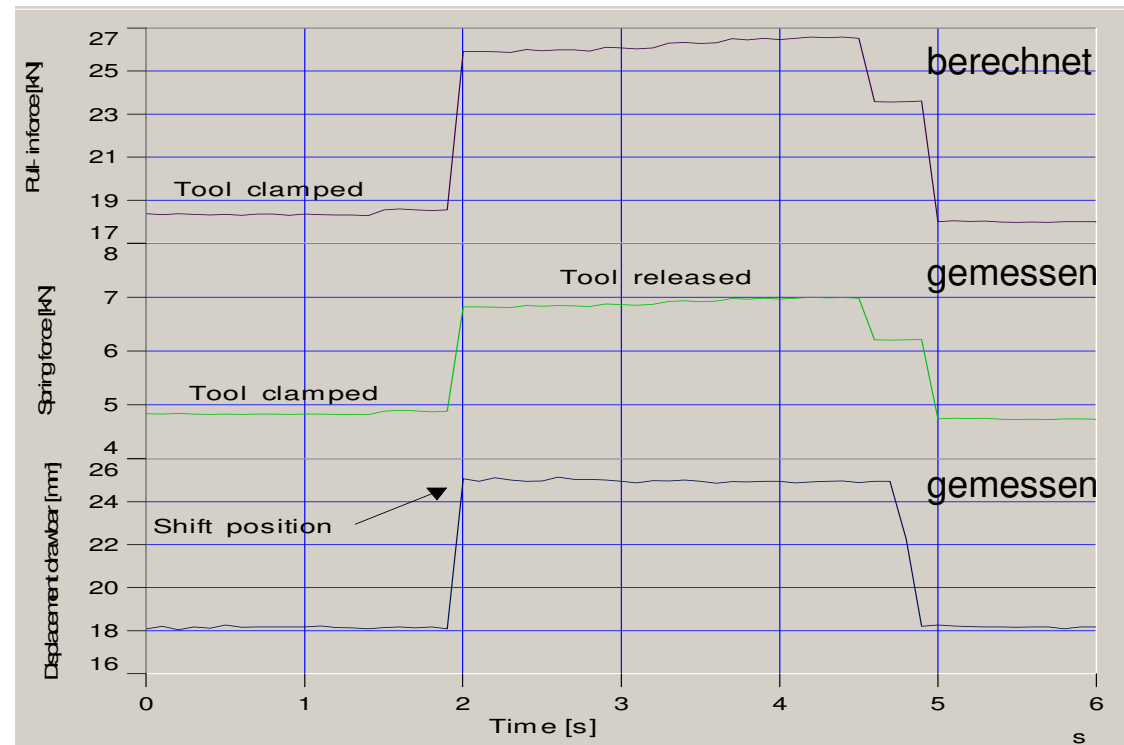
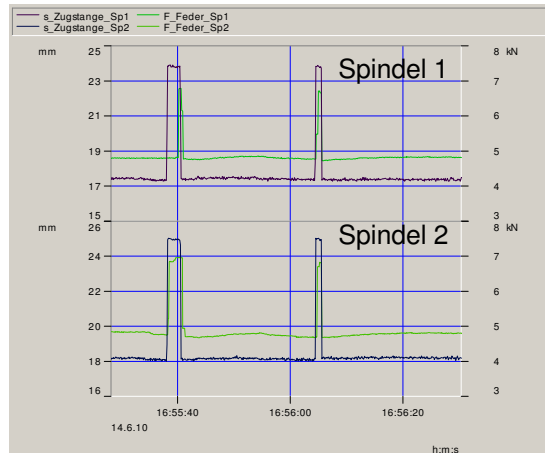


Spanneinheit mit Dehnungsmessstreifen zur Federkraftmessung und Einzugskraftmessgerät (Quelle: Weiss GmbH, Ott-Jakob)

Vorteil:

- Gesamtzustand des Werkzeugspannsystems kann ständig beobachtet werden -> Trendverfolgung -> Reparaturplanung möglich
- gezielter Austausch der verschlissenen Baugruppe möglich, kein Komplettaustausch wie bisher

Spannkraftüberwachung



Verlauf von Einzugskraft, Spannkraft und Zugstangenweg beim Werkzeugwechsel



Spannkraftüberwachung

Fazit:

- Spannkraftdiagnose ist technisch möglich
 - Federkraftmessung technisch aufwändig, bisher keine Erfahrungen über Lebensdauer des Sensors
 - Wegsensor Zugstange ist Stand der Technik
 - automatisierte Einzugskraftmessung wird sich erst durchsetzen, wenn die Messdaten berührungslos übertragen werden können

Drehdurchführung

Ausfälle durch:

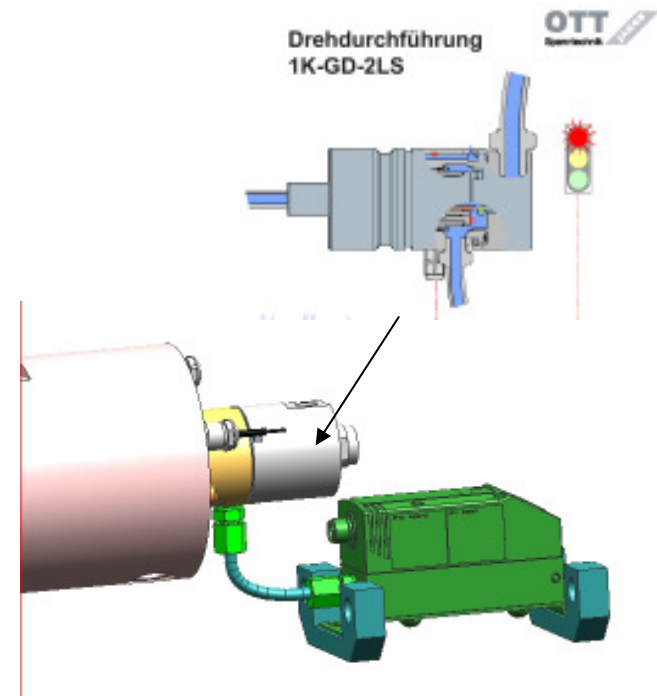
- Verschleiß Dichtung
 - Zerstörung der Dichtung durch Druckspitzen
- > kompletter Ausfall der Spindel durch Flutung mit Kühlschmiermittel möglich

bisher:

- vorbeugender Austausch der Drehdurchführung nach abgelaufenen Betriebsstunden

Projekt VIPRO:

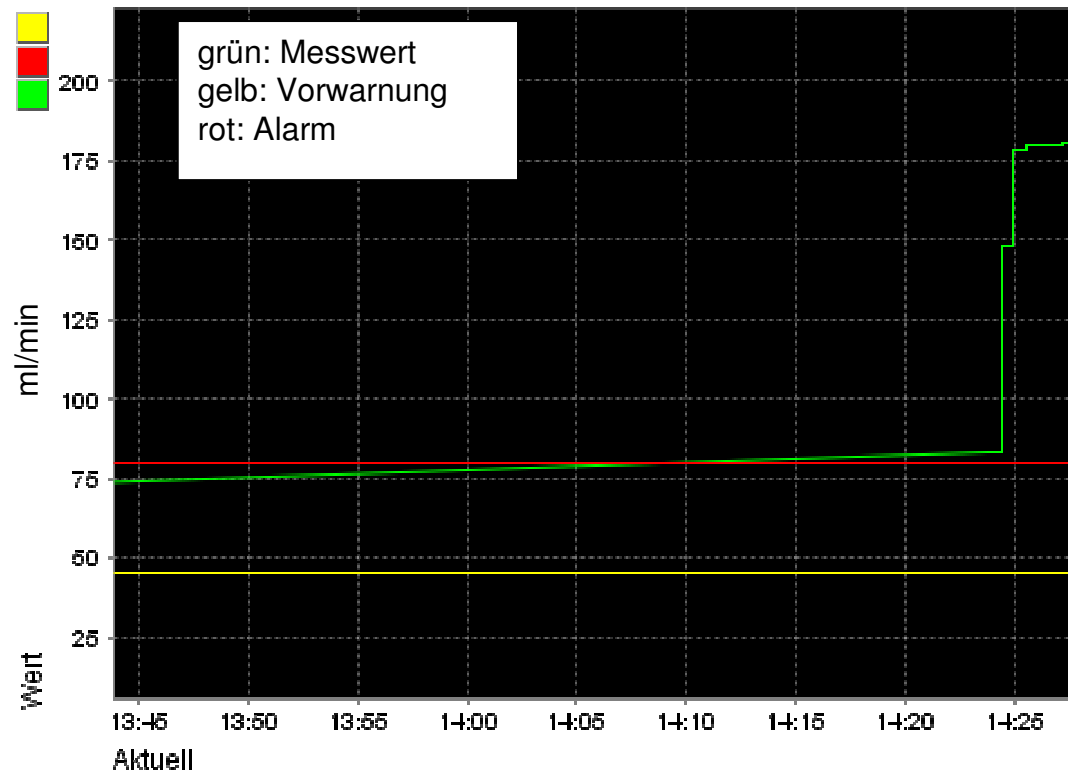
- interne Leckagemessung (Pegelüberschreitung)
 - Notabschaltung
- Durchflusssensor (kontinuierliche Leckagemessung)
 - Erkennen von Dichtungsverschleiß



Drehdurchführung mit interner Leckagemessung und zusätzlichem Durchflusssensor

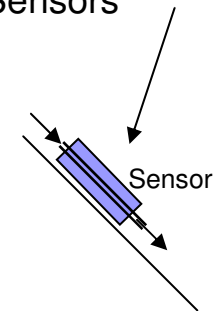
(Quelle: Weiss GmbH, Ott-Jakob)

Drehdurchführung



Beachte:

- untere Messbereichsgrenze
- korrekte Einbaulage des Sensors



Durchflussmenge Kühlschmiermittel am Sensor SQ 0500

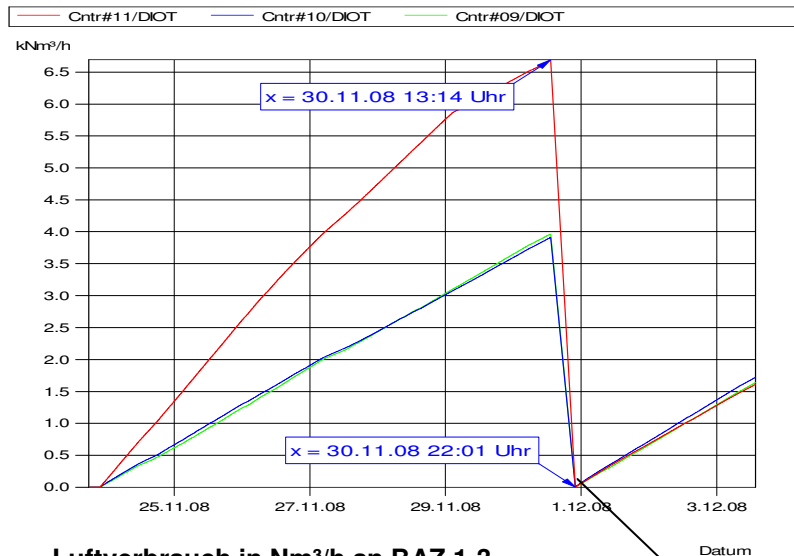


Drehdurchführung

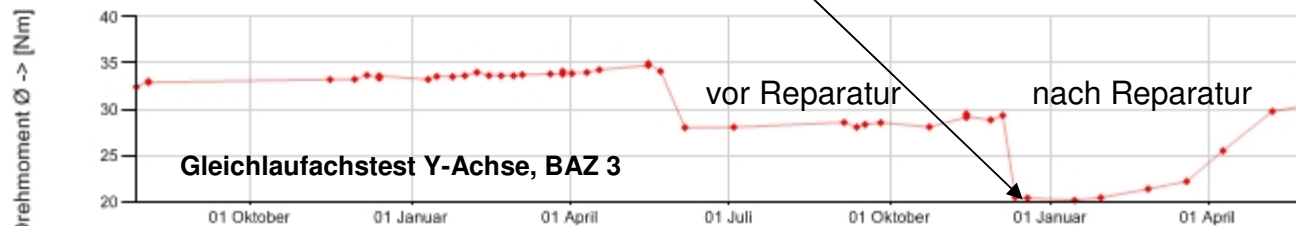
Fazit:

- Durchflussmessung ist technisch möglich
 - Ergebnisse von integrierter Lösung liegen bisher nicht vor
 - externer Durchflusssensor funktioniert gut bei sachgerechtem Einbau
- aber:
 - Anwendung im Sinne der vorbeugenden Instandhaltung muss weiter geprüft werden, da die Dichtungen in den Drehdurchführungen anscheinend eher plötzlich versagen

Luftverbrauch und Achstest



Luftverbrauch in Nm³/h an BAZ 1-3
BAZ 1, BAZ 2, BAZ 3

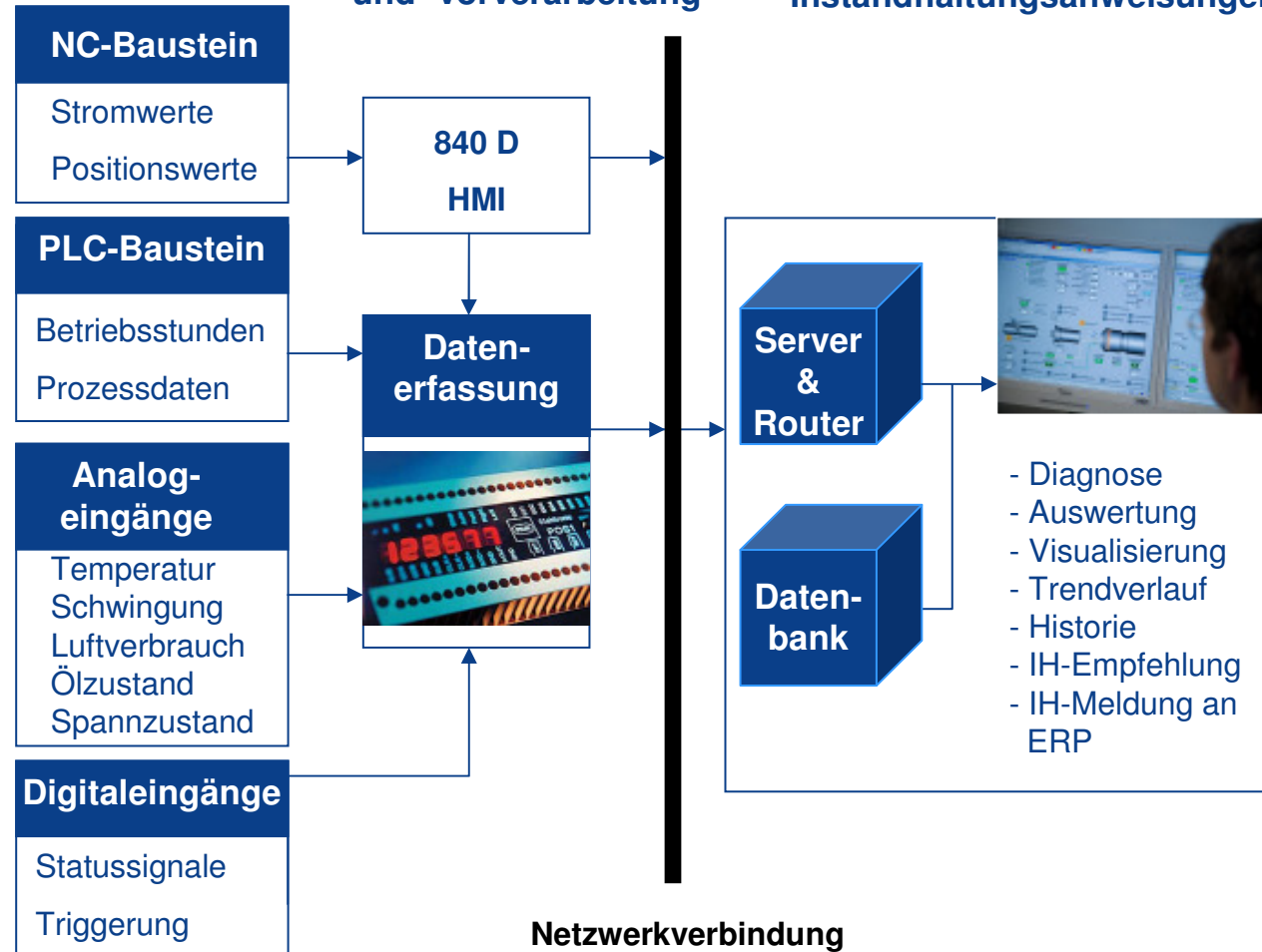


- **Rot:** Verbrauch 6600 m³
- **Blau / Grün:** Verbrauch 3900 m³
- Differenz: 2700 m³ in ca. 160 h = 20 Schichten = 1 Woche
- Mehrkosten / Woche 28,35 € bei 0,0105 €/m³
 - 45 Wochen pro Jahr
- **Energiemehrkosten pro Jahr: 1275 €**

Der defekte Gewichtsachse kann sowohl über den Luftverbrauch als auch über den Gleichlaufachstest erkannt werden.

Messdatenerfassung

MASCHINE → MESSGRÖßEN → Ereignisgesteuerte Messdatenerfassung und -vorverarbeitung → Datenspeicherung, Diagnose, Instandhaltungsanweisungen





Messdatenerfassung

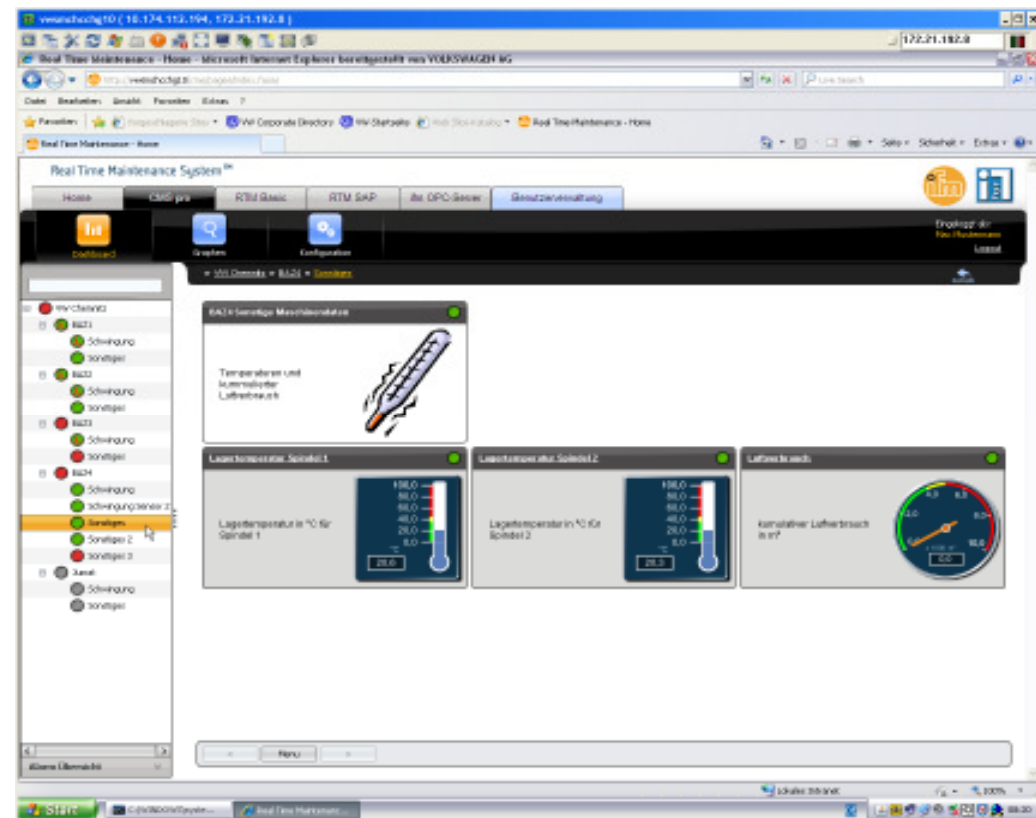
Vorteile :

- Das CM-System greift nicht in die eigentliche Maschine ein, d.h. bei einem Ausfall des CM-Systems kann mit der Maschine ohne Einschränkungen weiter produziert werden.
- Ein Einsatz an unterschiedlichen Maschinentypen und eine Nachrüstung an vorhandenen Maschinen ist leicht möglich. Lediglich die Schnittstellen zur Maschinensteuerung müssen u.U. angepasst werden.
- Die Auswertesoftware greift auf eine Datenbank zu und ist damit nur einmal erforderlich. Es können, in Abhängigkeit von der Datenbankgröße, nahezu beliebig viele Maschinen an die Datenbank angeschlossen werden.
- Der Zugriff auf die Auswertesoftware erfolgt passwortgeschützt über einen Internetbrowser. Es ist beim Nutzer des CM-Systems keine zusätzliche Software erforderlich.

Auswertesoftware

Anforderungen:

- übersichtliche Darstellung der Maschinen und des Maschinenzustandes (rot, gelb, grün)
- Anbindung an Datenbank, Abfrage auf neue Daten
- Darstellung der „Echtzeitdaten“ und der Historie
- Alarmierung bei Schwellwertüberschreitung
- Erreichbarkeit über Web-Browser



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit !

»Forschungsfabrik Ressourceneffiziente Produktion«



Ansprechpartner:

Fraunhofer IWU
Dipl.-Ing. Jochen Fischer
Reichenhainer-Str.88
09126 Chemnitz
Tel. (0371) 5397-1453
jochen.fischer@iwu.fraunhofer.de

J. Fischer – VIPRO \ IWU Chemnitz

