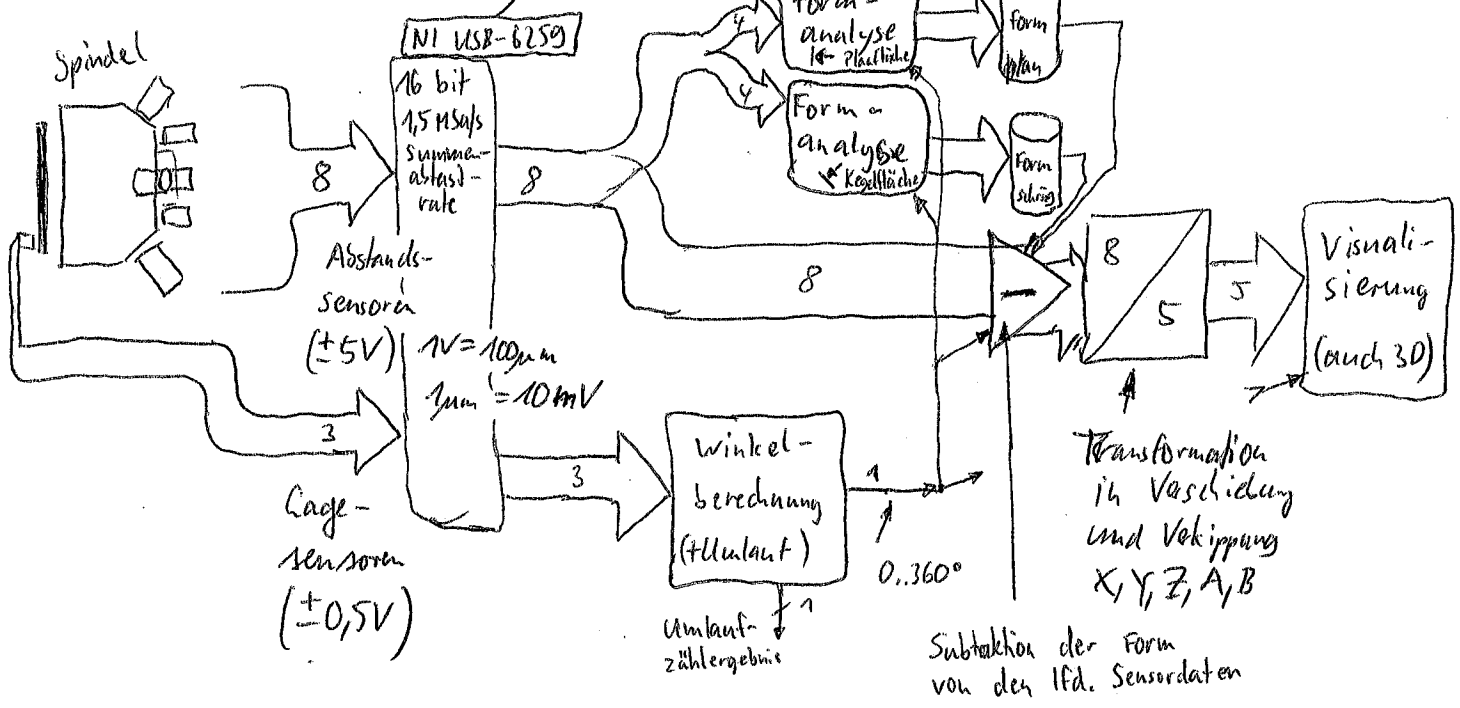


# Grobstruktur des LabVIEW-Programms "Spindel-4"

(Vorbereitungstext)



## Randproblem: Abtastrate

- Grenzfrequenz der Abstandssensoren:  $\approx 5 \text{ kHz}$ 
  - sinnvolle Abtastrate:  $10 \text{ kSa/s}$  (Shannon - Abtasttheorem)
  - <sup>Höhe</sup> Abtastrate beschäftigt nur das LabVIEW-Programm mit mehr Daten  $\rightarrow$  Absturz wahrscheinlich. Leider ist LabVIEW hier ziemlich unkooperativ.\*)
- Grenzfrequenz der Lage-sensoren: ~~100 kHz~~ ~~entsprechend~~ ~~100 kHz~~ ~~100 kHz~~ ~~100 kHz~~ ~~100 kHz~~
  - $8000 \frac{\mu}{\text{min}} \approx 120 \frac{\mu}{s} \rightarrow \times 256 \approx 30 \text{ kHz}$
  - Sinnvolle Abtastrate wäre  $100 \text{ kSa/s}$ . Da aber eine präzise Lagemessung bei den "lahmen" Abstandssensoren nichts mehr bewirkt, wird auf die Erkennung des Indexsignales bei konstant angenommener Winkelgeschwindigkeit automatisch umgeschaltet, was so lange funktioniert, wie der Impuls ( $\frac{1}{256}$  der Drehung) überhaupt noch detektiert wird.
  - Eine Alternative wäre die Verwendung der in NI-USB6259 eingebaute Winkelgeber-Hardware; eine Synchronisation mit dem A/D-Wandler scheiterte jedoch im Measurement & Automation Explorer.

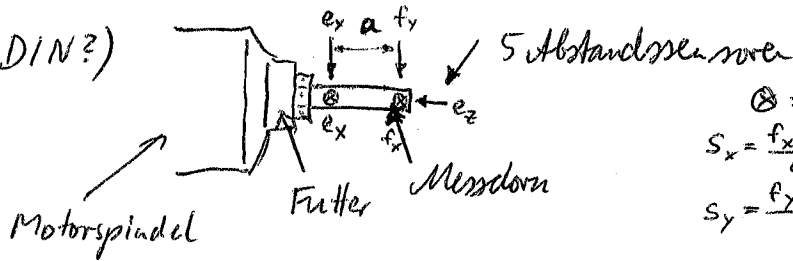
\*) bei der Fehlersuche (bspw. nach Speicherlecks?) auch in der Dokumentation (keine Performance Angaben)

# Versuch Motorspindel, Rundlaufabweichung, LabVIEW

Henrik Hoffmann, 3.7.2012

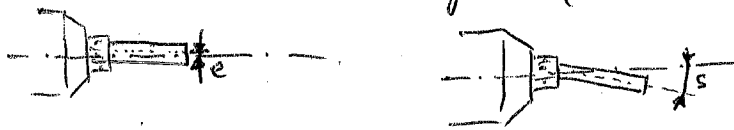
○ Vorüberlegungen:

Messvorschrift (DIN?)

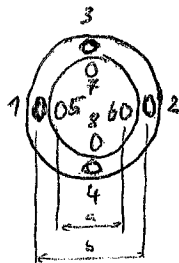
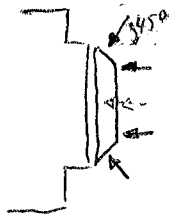


⊗ = von vorn  
 $s_x = \frac{f_x - e_x}{a}$   
 $s_y = \frac{f_y - e_y}{a}$  } Schiefe berechnen  
 = Kippung

- Messdorn repräsentiert zentral eingespanntes Werkzeug
- Messung der Qualität des Futters möglich (Exzentrizität und Schiefe) = Kippung



Tatsächlicher Messaufbau ohne Messdorn, ohne Futter



- 1 = X+
- 2 = X-
- 3 = Y+
- 4 = Y-
- 5 = ZX+
- 6 = ZX-
- 7 = ZY+
- 8 = ZY-

- Rundlaufabweichungen (statist.)  $\ll$  Formfehler (des „Messkegelstumpfes“)  
Formfehler sind weitestgehend runlaufkompensierbar
- Messbarkeit nichtzyklischer ( $\Rightarrow$  Kugellager) und dynamischer ( $\Rightarrow$  höhere Drehzahl) Abweichungen
- Winkelsensor erforderlich

$$e_x \approx \frac{1}{2} (\sqrt{2} X_+ - \sqrt{2} X_-) = \frac{1}{\sqrt{2}} (X_+ - X_-)$$

$$e_y \approx \frac{1}{\sqrt{2}} (Y_+ - Y_-)$$

$$e_z \approx \frac{1}{8} (\sqrt{2} X_+ + \sqrt{2} X_- + \sqrt{2} Y_+ + \sqrt{2} Y_- + Z_{X+} + Z_{X-} + Z_{Y+} + Z_{Y-}) \approx \frac{1}{4} (Z_{X+} + Z_{X-} + Z_{Y+} + Z_{Y-})$$

Ver- kippung  $\left\{ \begin{array}{l} s_x \approx \frac{1}{2} \left( \frac{Z_{X+} - Z_{X-}}{a} + \frac{\sqrt{2} X_+ - \sqrt{2} X_-}{b} \right) \\ s_y \approx \frac{1}{2} \left( \frac{Z_{Y+} - Z_{Y-}}{a} + \frac{\sqrt{2} Y_+ - \sqrt{2} Y_-}{b} \right) \end{array} \right. \approx A$


$$\approx \frac{Z_{X+} - Z_{X-}}{a}$$

$$\approx \frac{Z_{Y+} - Z_{Y-}}{a}$$

war Fehler  $(\frac{1}{4})$  in Berechnung vor 120703!

ohne die schrägen Sensoren

# 0 Durchführung:

1. Plausibilitätskontrolle mit Handbetrieb der Spindel (Tab "Eingangssignale"), erstrecken sich von  $-35 \dots +35 \mu\text{m}$ , wie auch die Anzeigen der Keyend-Anzeigen
2. Funktionskontrolle des Drehwinkel-Berechners (Tab "Inkrementalgeber") mit langsamer Drehzahl, bspw. 50 U/min  
→ Maschine einschalten und hochfahren, Druckluft aufdrehen, Schutzgitter benutzen Bild einfügen  Screenshot
3. Winkelungeordnete Abweichungen auf sammeln zur späteren Kompensation der Formabweichung (Tab "Umlaufkompensation", Knopf "Referenzdaten jetzt sammeln")  
Bild einfügen

4. Formabweichung analysieren; Plausibilitätstest! (Tab "Formanalyse")

Die „0. <sup>Harmonische</sup> Oberwelle“ (Gleichanteil) stellt gl. Gleichanteil dar, der durch die Anordnung der Sensoren (nicht notwendigerweise nullzentriert) herrührt.

Eine deutliche „3. <sup>Harmonische</sup> Oberwelle“ ist ganz klar eine Formabweichung. Alle 6 Sensoren nehmen diese Abweichung wahr.

Untergehen könnten geradzahlige Harmonische; bei der Betrachtung eines Sensors ist kaum etwas abweichendes zu sehen, (durch die Mittelung)

Bild mit allen Oberwellen  
↙ ohne 0. und 3. Oberwelle

Beim Weglassen der 3. Harmonischen zeigt sich die 1. Harmonische, die Abweichung der Form von der Mitte. Die 2. Harmonische (Ellipsenform) ist recht gering, auf beiden Umläufen.

## 5. Berechnung der 5 Störgrößen

Im Tab "Berechnetes" kann man sich zur Kontrolle noch einmal die Sensordaten anzeigen lassen.

Bei der Darstellung von  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $A$  und  $B$  bli 50 U/min. liege die linearen Abweichungen bei  $\pm 9 \mu\text{m}$ , die Überlappung bei  $\pm 90 \mu\text{m/m}$ .

Schneestrot  
Diagramm

Die Darstellung erfolgt hier nach Zeit.

Für deren Winkelzuordnung ...

## 6. Winkelzuordnung (Tab "Winkelzuordnung")

Bei Drehzahl 5000 U/min verrechnet sich das Programm gelegentlich, die 10-fach höheren Abweichungen (auch in  $Z$ -Richtung) sind zu stark. 9 Züpfel entstehen bei  $Y_{17}$ .

Diagramm  
@ 50 U/min

Diagramm  
@ 5000 U/min

7. Die 3D-Visualisierung dient hier eher als sinnfälliges Beispiel, was mit LatVEM möglich ist.