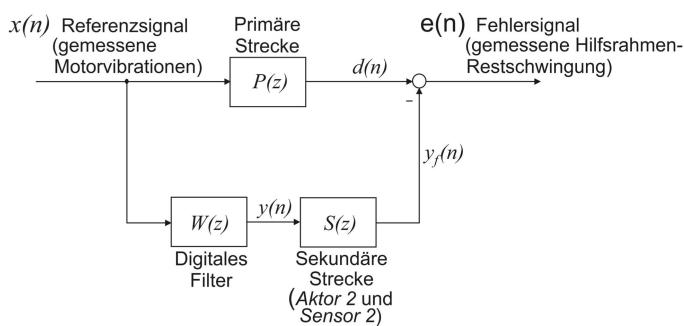


Theorie

Störgrößenunterdrückung

$$e(n) = d(n) - y_f(n) \stackrel{!}{=} 0$$



vollständige Unterdrückung für

$$W(z) S(z) = P(z)$$

$$\Leftrightarrow W = P S^{-1}$$

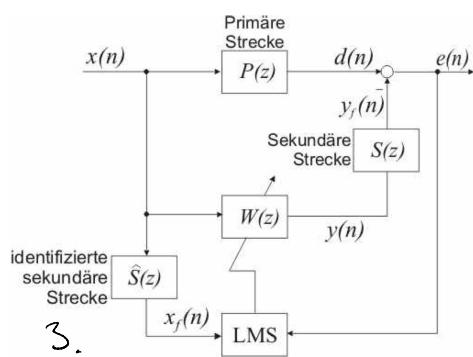
Filtered x least mean square

Fx LMS : problem: $P(z)$ ist langsam zeitrückwärts $\Rightarrow W(z)$ adaptiert werden

\hookrightarrow adaption von $W(z)$ kann zu einem instabilen Filter werden (Polstellen falsch liegen)

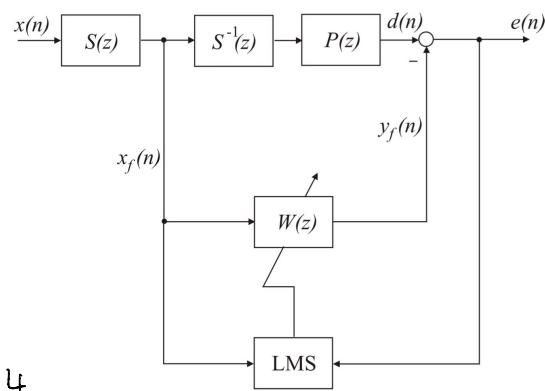
$$\hookrightarrow \text{FIR-Filter: } W(z) = \frac{\sum_{i=1}^L w_{L-i} z^i}{z^L}$$

- Übertragung nur durch Nullstellen
- Stabilität: Polstellen innerhalb Einheitskreis
- \hookrightarrow kann niemals stabil sein
- Zeitdiskrete Impulsantwort = Filterkoeffizient w :



Fx LMS \rightarrow LMS: wenn $S(z)$ & $\hat{S}(z)$ im Signalfluss „nach vorne“ verschoben werden.

geht, wenn $\hat{S}(z) = S(z)$



$$y_f(n) = \underline{\omega}(n) \cdot \underline{x}_f(n) = \underline{\omega}^T(n) \underline{x}_f(n)$$

$$\underline{\omega}^T(n) = [\omega_0, \dots, \omega_{L-1}]$$

$$\underline{x}_f^T(n) = [x_f(n), x_f(n-1), \dots, x_f(n-L+1)]$$

$$e(n) = d(n) - y_f(n) = d(n) - \underline{\omega}^T(n) \underline{x}_f(n)$$

\hookrightarrow gibt Geschwindigkeit von Konvergenz an
 \hookrightarrow zu groß \Rightarrow instabiles Verhalten

$$\Rightarrow e^2(n) = J(n) \quad \& \quad \underline{\omega}(n+1) = \underline{\omega}(n) - \frac{\mu}{2} \nabla J(n)$$

$$0 < \mu < \frac{\alpha_{\max}}{2P_x f}$$

$$\nabla J = \frac{\partial J}{\partial \underline{\omega}} = \frac{\partial e^2}{\partial \underline{\omega}} = 2 e \left(\frac{\partial e}{\partial \underline{\omega}} \right) = -2 e \underline{x}_f$$

||? WTF?

$$\alpha_{\max} < 2$$

$$\alpha_{\max, \text{typicaly}} \approx 0.02$$

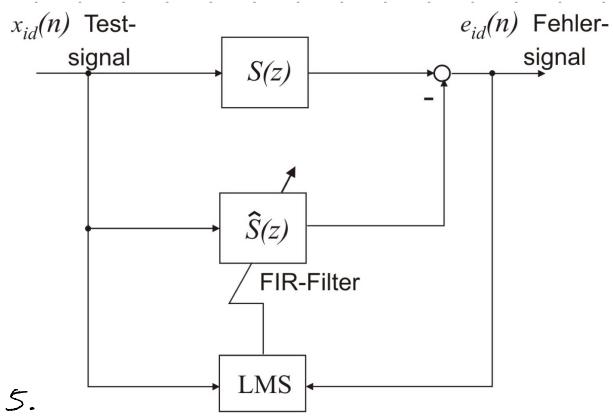
$$\Rightarrow \underline{\omega}(n+1) = \underline{\omega}(n) + \mu \underline{x}_f^T(n) e(n) = \underline{\omega}(n) + \frac{\alpha}{x_f^T(n) \underline{x}_f(n)} \underline{x}_f(n) e(n)$$

$$P_x f \approx \frac{1}{L} \underline{x}_f^T \underline{x}_f(n)$$

$$\hookrightarrow \underline{w}(n+1) = V \underline{w}(n) + \frac{\alpha}{x_f^T(n) x_f(n)} x_f(n) e(n)$$

V - Leckfaktor $0 \leq V \leq 1$
 ↳ verhindert unerwünschtes Drittieren \underline{w}

$\hat{S}(z)$: identification von $S(z)$



Test signal: band begrenztes Rauschen

Totzeitanforderung

$$\text{Bei 3. muss gelten: } d(n) = y_f(n) \Rightarrow P(z) X(z) = S(z) W(z) X(z)$$

$$\text{if } x(n) \text{ periodisch: } x(n) = x(n+kN) \quad , \quad k \in \mathbb{Z} \quad)$$

$$\Rightarrow P(z) X(z) = S(z) W(z) X(z) z^{kN}$$

$$\rightarrow P(z) = S(z) W(z) z^{kN}$$

Trennung Totzeitanteil & totzeitfreie Anteil:

$$P(z) = z^{-n_{tot,p}} P_0(z)$$

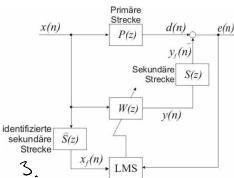
$$S(z) = z^{-n_{tot,s}} S_0(z)$$

$$W(z) = z^{-n_{tot,w}} W_0(z)$$

$$\rightarrow z^{-n_{tot,p}} P_0(z) = z^{-n_{tot,s}} S_0(z) z^{-n_{tot,w}} W_0(z) z^{kN}$$

$$\Rightarrow n_{tot,w} = n_{tot,p} - n_{tot,s} + kN$$

$$n_{tot,w} \geq 0$$



14

↪ für Identifikation:

↪ muss so lange sein, dass die Impulsantwort abgedeckt werden kann wegen:

$$s(n) = w_0 x(n) + w_1 x(n-1) + w_2 x(n-2) \dots + w_{L-1} x(n-L+1)$$

Impulsantwort: \rightarrow auf chasis hauen und mit oszilloskop die Impulsantwort abschätzen

Bsp. Impulsantwort dauer von 100 ms & Abtastrate 1ms

$\Rightarrow L = 100 \rightarrow$ genug Koeffs um impulsantwort abzudecken

Warum hat der FIR eine so hohe Ordnung? Polstellen normalerweise Dynamik des Systems durch Vennier vorbestimmt. in unserem Fall sind die Polstellen in 0 \rightarrow keine dynamischen Verhalten vorherschätzen & beeinflussen. Deshalb brauchen wir 250

15

$$L_{\min} = \frac{T_x}{T_A} = \frac{f_A}{f_x}$$

$$20 < f_x < 300 \text{ (skript)}$$

$$L_{\min} = \min \left(\frac{1000}{20}, \frac{1000}{300} \right) = \frac{1000}{20} = 50$$

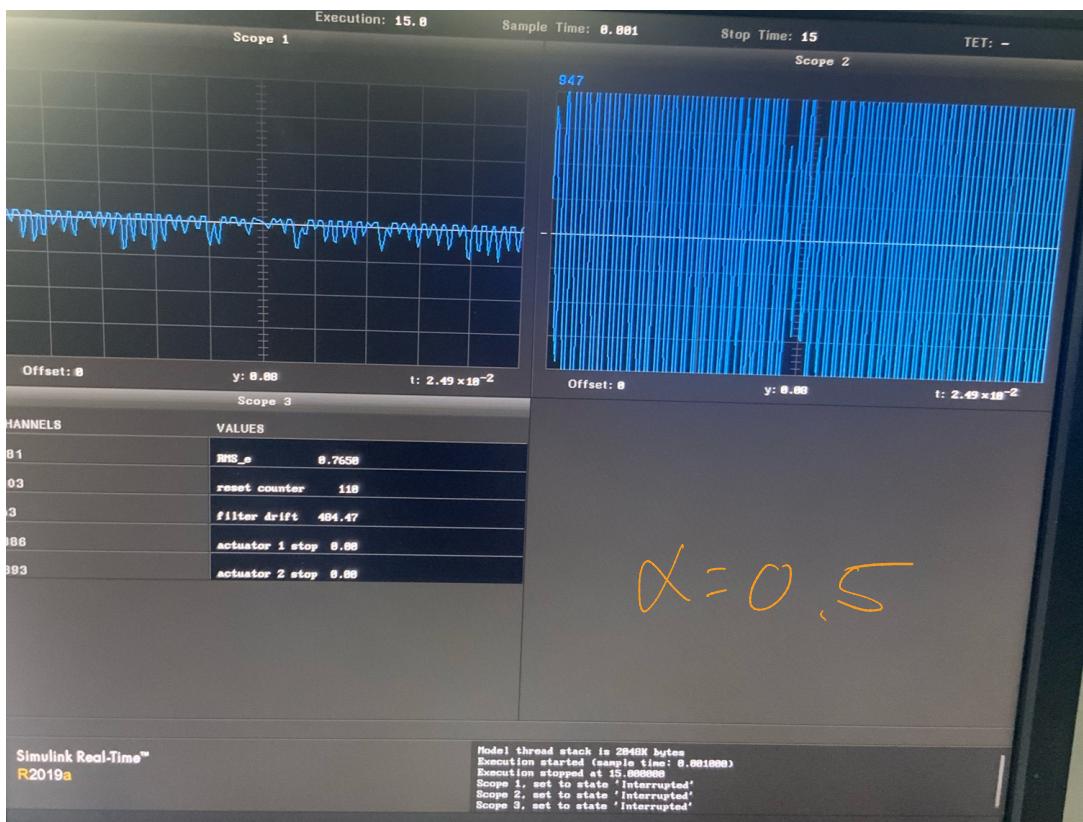
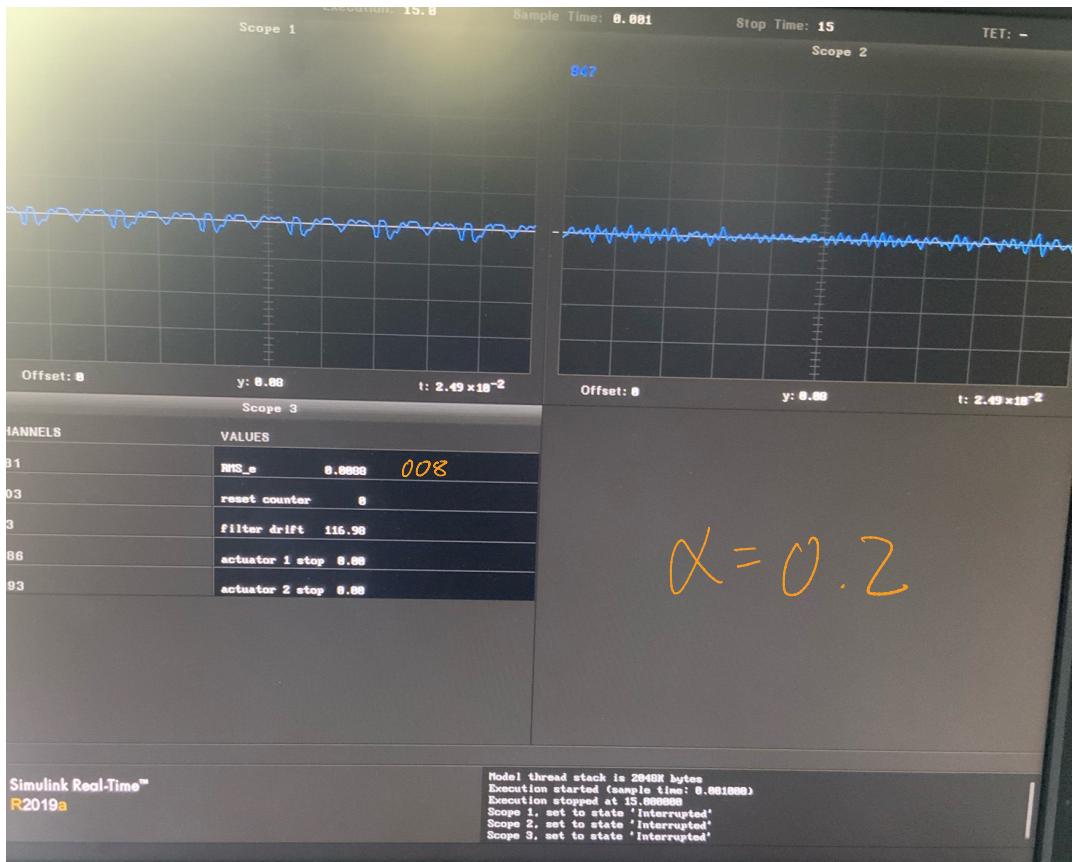
damit komplettes Spektrum abgedeckt wird.

F7

gemessen
Stellwert





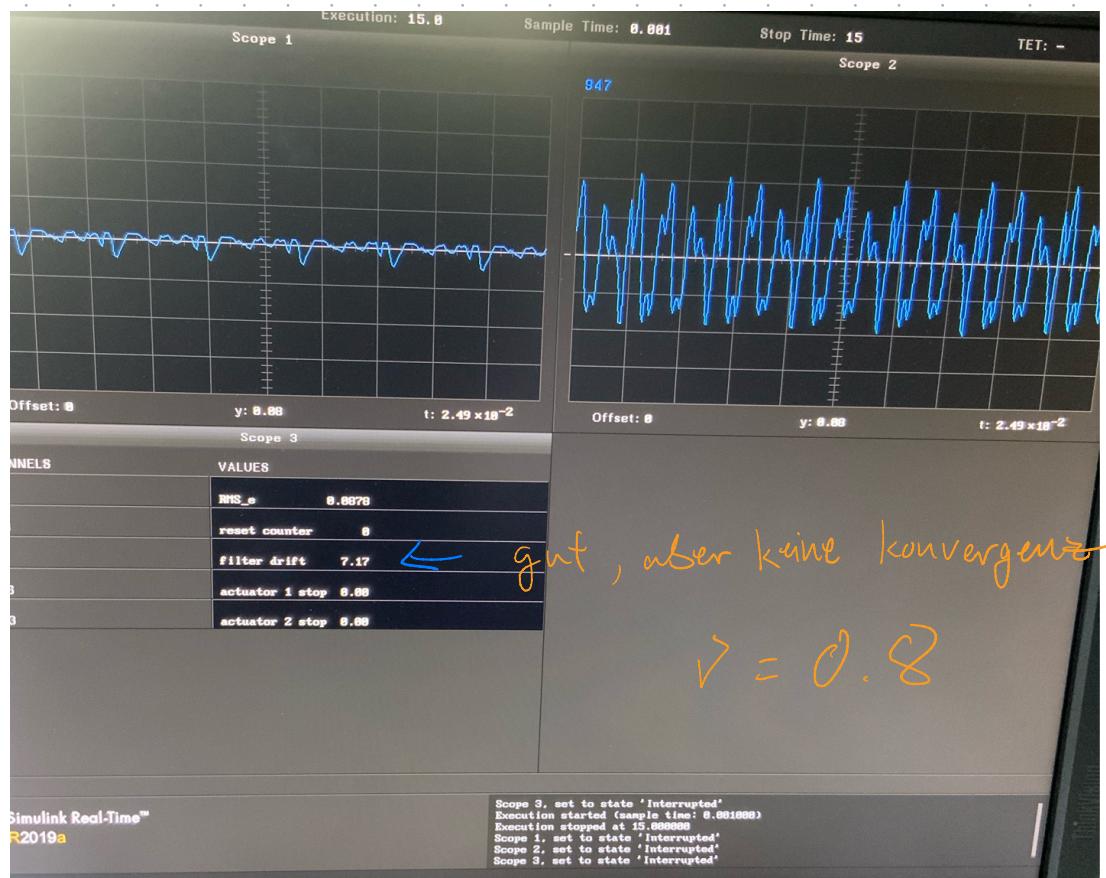




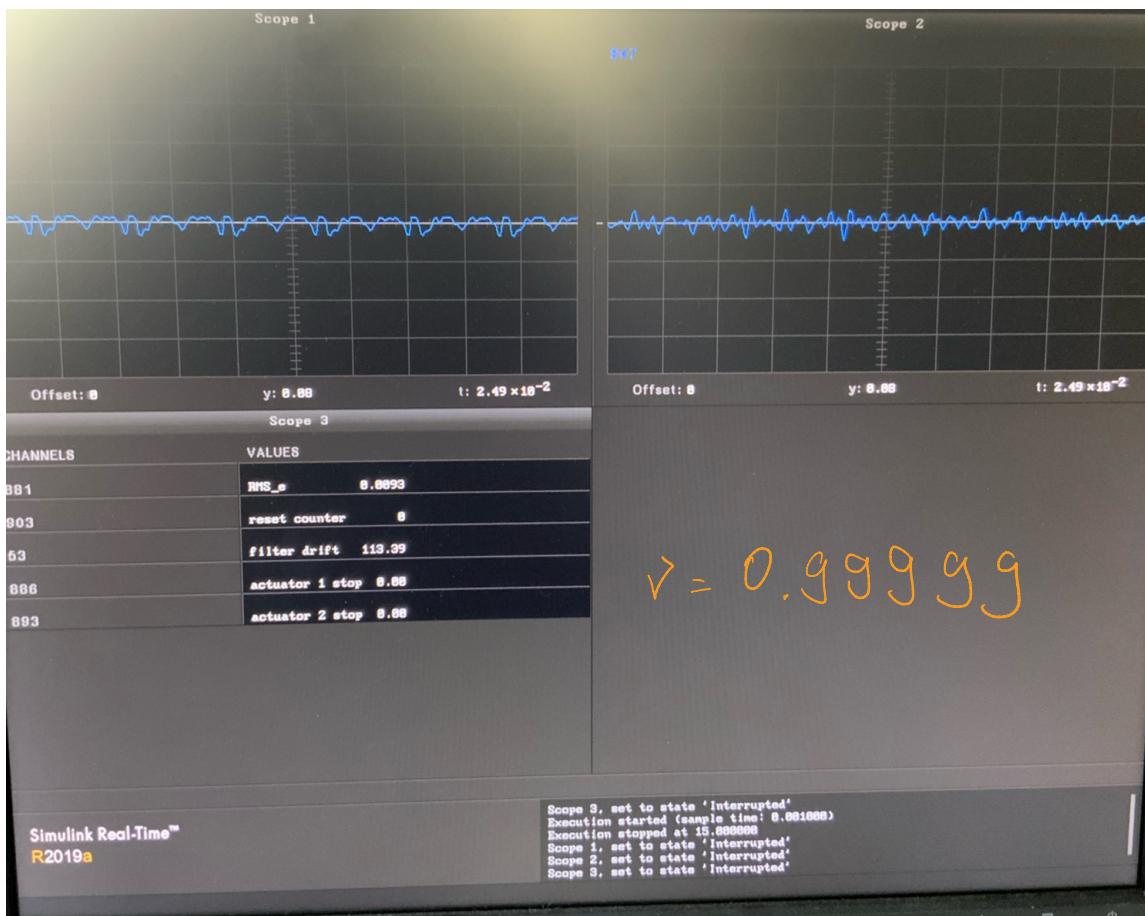
wie updaten wir die Gewichte

- ↳ gradient descent → problem: Rückkopplung
 - ↳ aktor 2 versucht eigene aktion zu kompensieren
 - ↳ gradient wird verfälscht
 - ↳ große Schritte in falsche Richtung
 - ↳ dann können wir nicht mehr zurück

18



→ r steigt nach gewisse Zeit nicht ... erfüllt seinen Zweck
aber algorithmus konvergiert nicht. ⇒ r nahe an 1.



wieso für uns nur $V = 1 \text{ ?}$

- wir lassen Programm nur kurze Zeit laufen → kein Problem
- in echt führt Filter drift zu Berechnungsproblemen wenn drift zu groß ist.

19

Was können wir messen:

berechnen:

d (akt. Z aus)

X_f

e (akt. Z am)

Y_f

X

freq: $X \rightarrow$ Grundschwingung 25 Hz

Oberschwingung 1/25 Hz

$d \xrightarrow{\text{vgl. } X}$ Oberschwingung ab 300 Hz nicht vorhanden

unter 300 Hz sehr ähnlich wie $X \rightarrow$ Motor aufhängung
dämpft > 300 Hz

$X_f \xrightarrow{\text{vgl. } X}$ Amplituden werden kleiner für > 300 Hz
— — — nicht vorhanden

Tiefpass charakteristic

motor 2 kann höhere Frequenzen nicht abbilden aufgrund von Trägheit

d vgl. e
 > 300 Hz \rightarrow kein effekt
 < 300 Hz peaks verschwunden \rightarrow gute kompensation

d vgl. y
 kleinere amplitude
 \hookrightarrow weil y verwendet um d auszulöschen und sie vor $S(z)$ liegt, welches gedämpft wird und deshalb größer sein muss

10 $\tau \approx \frac{T_A}{\mu L P_{xf}}$ $\Rightarrow P_{xf} \uparrow \tau \downarrow$ vice-versa

\Rightarrow je höher Amplitude von $x_f \rightsquigarrow P_{xf} \uparrow \Rightarrow \tau \downarrow$
 schnellere Konvergenz