

Erweiterung einer digitalen Übertragungsstrecke mit Einplatinencomputern zur Signalanalyse

Alexander Frömming Mario Becker



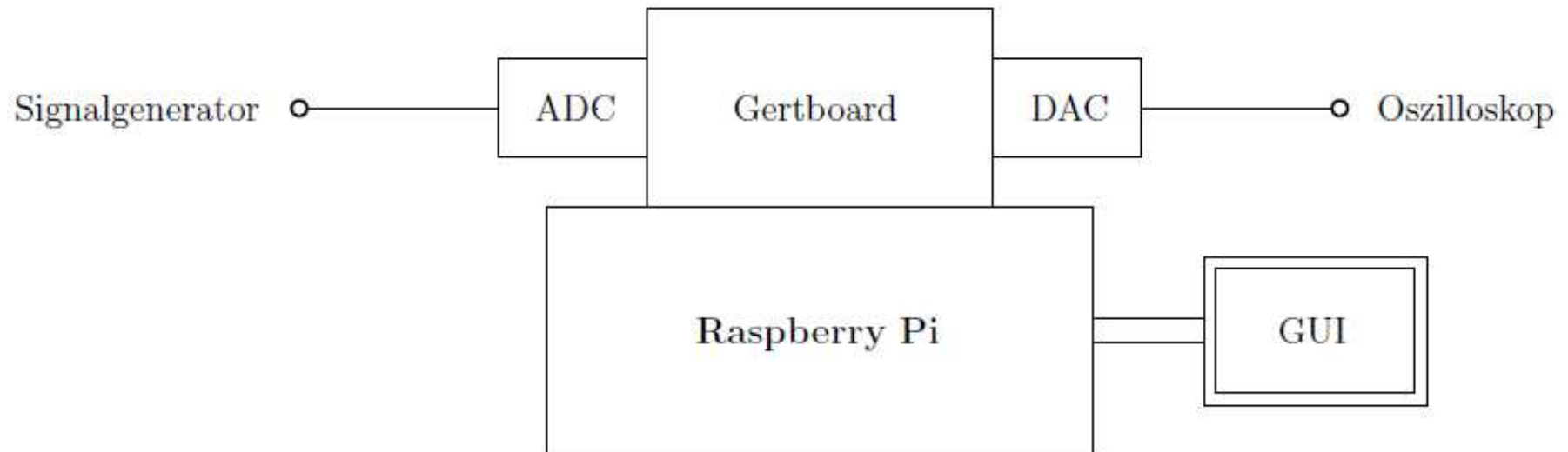
Inhalt

- 1 Ausgangssituation
- 2 Zielsetzung
- 3 Theoretische Grundlagen
- 4 Umsetzung - Hardware
- 5 Umsetzung - Software
- 6 Verifizierung
- 7 Fazit



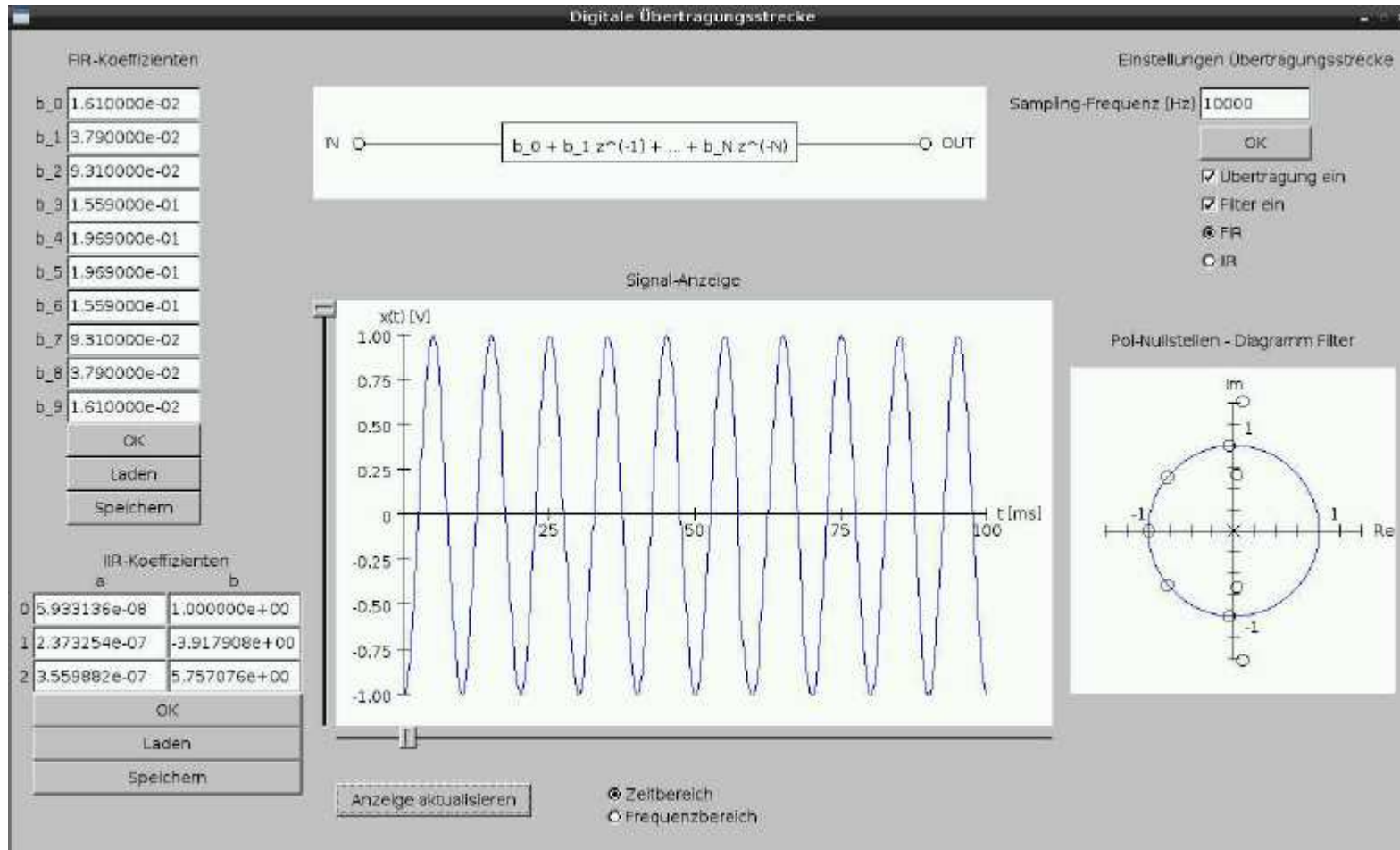
Ausgangssituation

Hardware



Ausgangssituation

Software



Zielsetzung

Verbesserung der Geschwindigkeit und Funktionalität

■ Hardware:

- Auslagerung der Analog-Digital- bzw. Digital-Analog-Wandlung
- Möglichkeit ein analoges Tiefpassfilter zur Glättung des Ausgangssignals dazuschalten

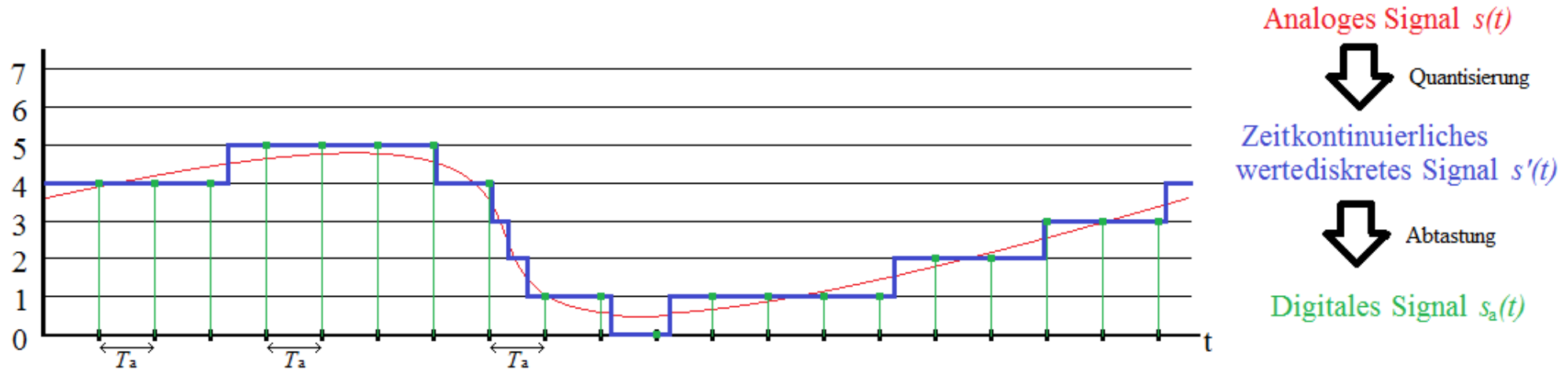
■ Software:

- Berechnung der Koeffizienten aus Ordnung und Grenzfrequenz durch Programm
- Darstellung der Impulsantwort und der Übertragungsfunktion



Theoretische Grundlagen

Quantisierung und Abtastung



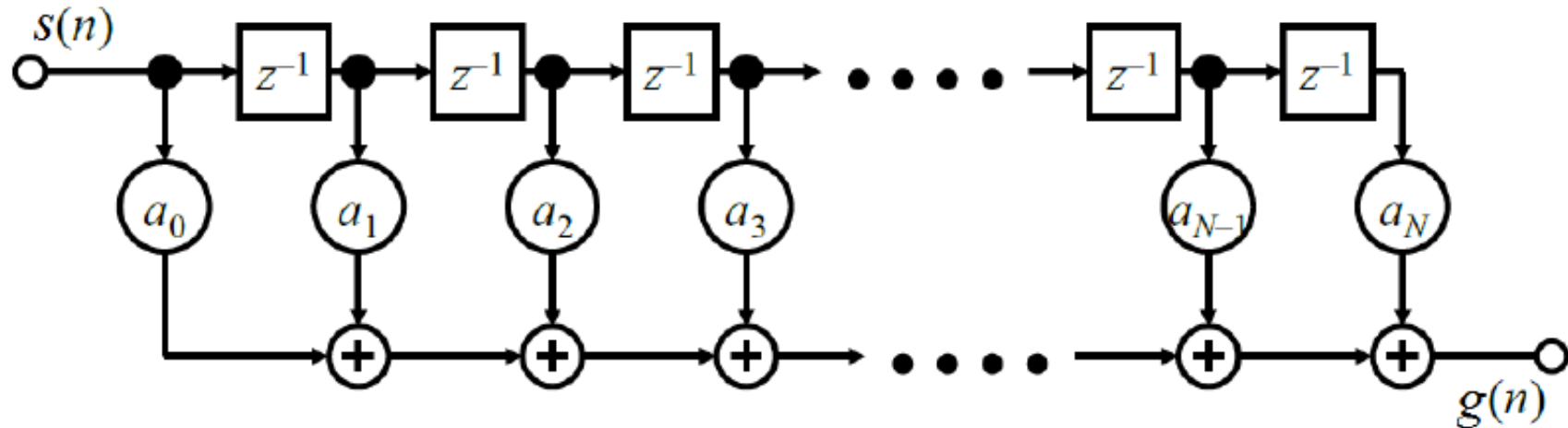
■ 2^n diskrete Werte möglich. $n = \text{Anzahl Bits (hier 3 Bits} \rightarrow 2^3 = 8)$

■ Abtastung alle $T_a = \frac{1}{f_a}$. $f_a = \text{Abtast-/Samplingfrequenz}$

■ Mathematische Beschreibung: $s_a(t) = s'(t) \cdot T_a \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_a)$.

Theoretische Grundlagen

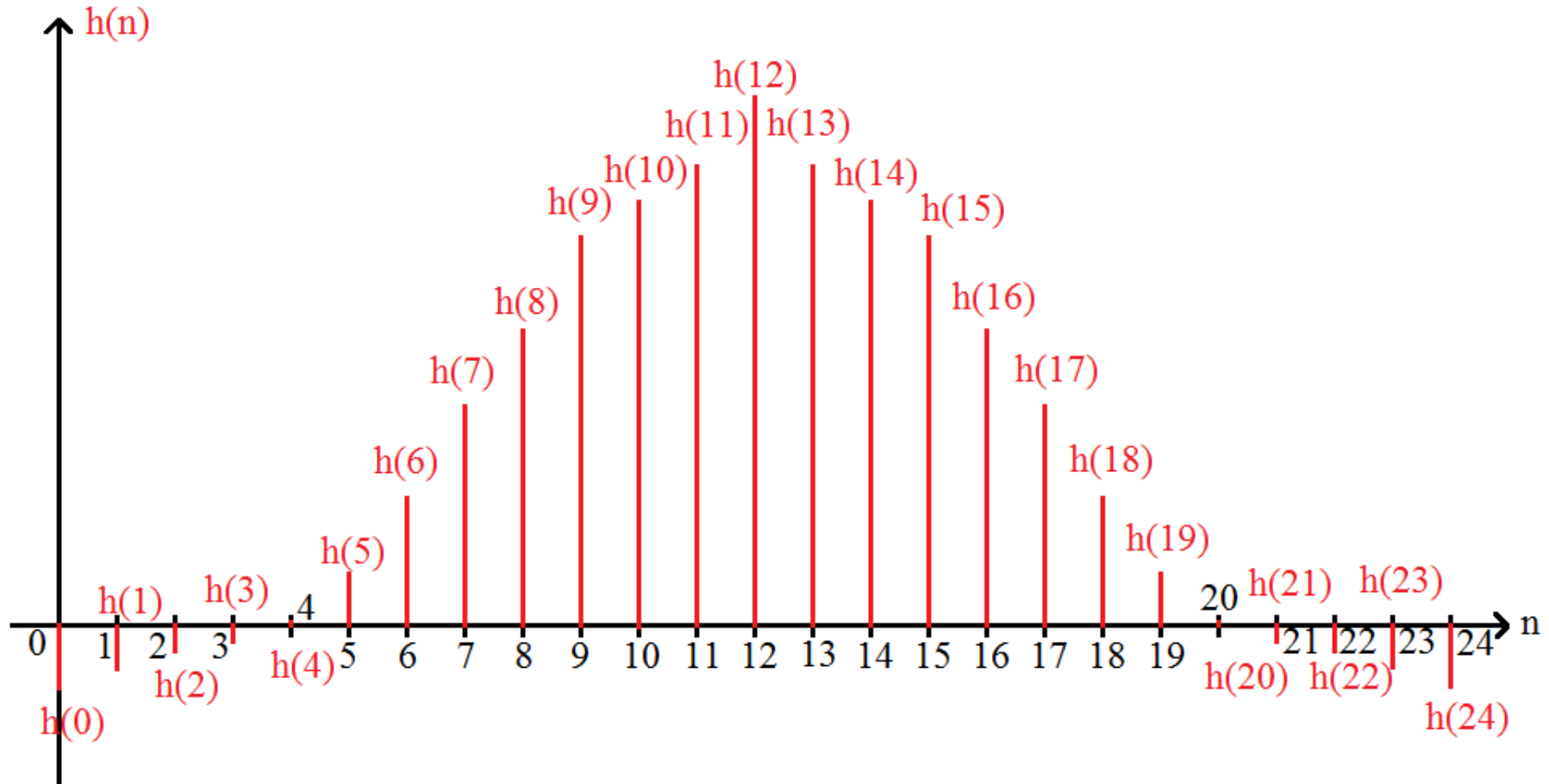
Das digitale FIR-Filter



- **Finite Impulse Response** = endliche Impulsantwort \rightarrow Immer stabil
- Anzahl mitkoppelter Zweige bzw. Koeffizienten entspricht Ordnung $N + 1$
- Impulsantwort $h(n)$ ist Folge der Koeffizienten des Filters

Theoretische Grundlagen

Impulsantwort FIR-Filter $N = 24$



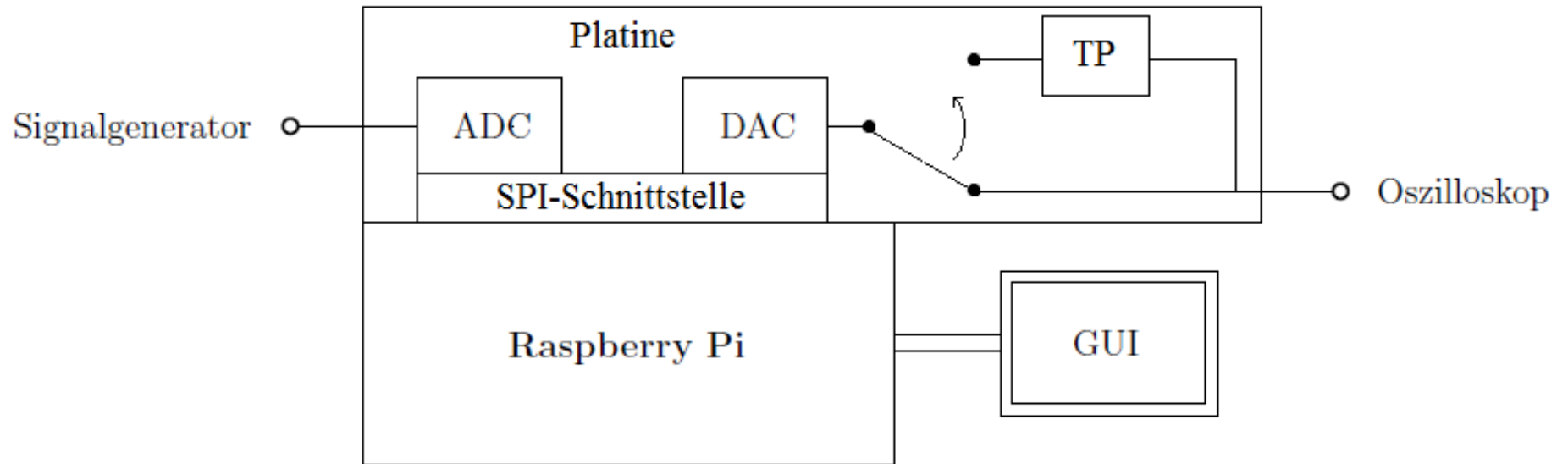
Theoretische Grundlagen

Berechnung der Filter-Koeffizienten

- Berechnung durch Anwendung der Fenstermethode
- Benötigt Angabe der Ordnung und des Wunschfrequenzganges
- Endlichkeit durch Multiplikation mit Rechtecksfunktion (Fenster)
- Kausalität durch Verschiebung und Beschränkung des Bereiches der Funktion
- Mathematische Ausdrücke:
 - Allgemein:
$$h(n) = 2f_a \int_0^{0.5} H_W(F) \cos(2\pi(n - N/2)F) dF \quad 0 \leq n \leq N$$
 - Tiefpass:
$$h(n) = 2f_a F_g \text{si}(2\pi(n - N/2)F_g) \quad 0 \leq n \leq N$$



Umsetzung - Hardware



Umsetzung - Hardware

Verwendete Hardware

■ AD-Wandler MCP3002:

- Versorgungs- und Referenzspannung 3,3 V
- Auflösung 10 Bit ($2^{10} - 1 = 1023$)
- Max. Abtastrate zwischen 75 ksps bei $V_{DD} = 2,7$ V und 200 ksps bei $V_{DD} = 5$ V

■ DA-Wandler MCP4822:

- Versorgungsspannung 3,3 V ; Referenzspannung 2,048 V
- Einschwingzeit $t_{SETTLING} = 4,5 \mu s \rightarrow f_{SETTLING} = 222,22$ ksps
- Auflösung 12 Bit statt 8 Bit \rightarrow Ausgabe um Faktor 16 genauer (4095 statt 255)

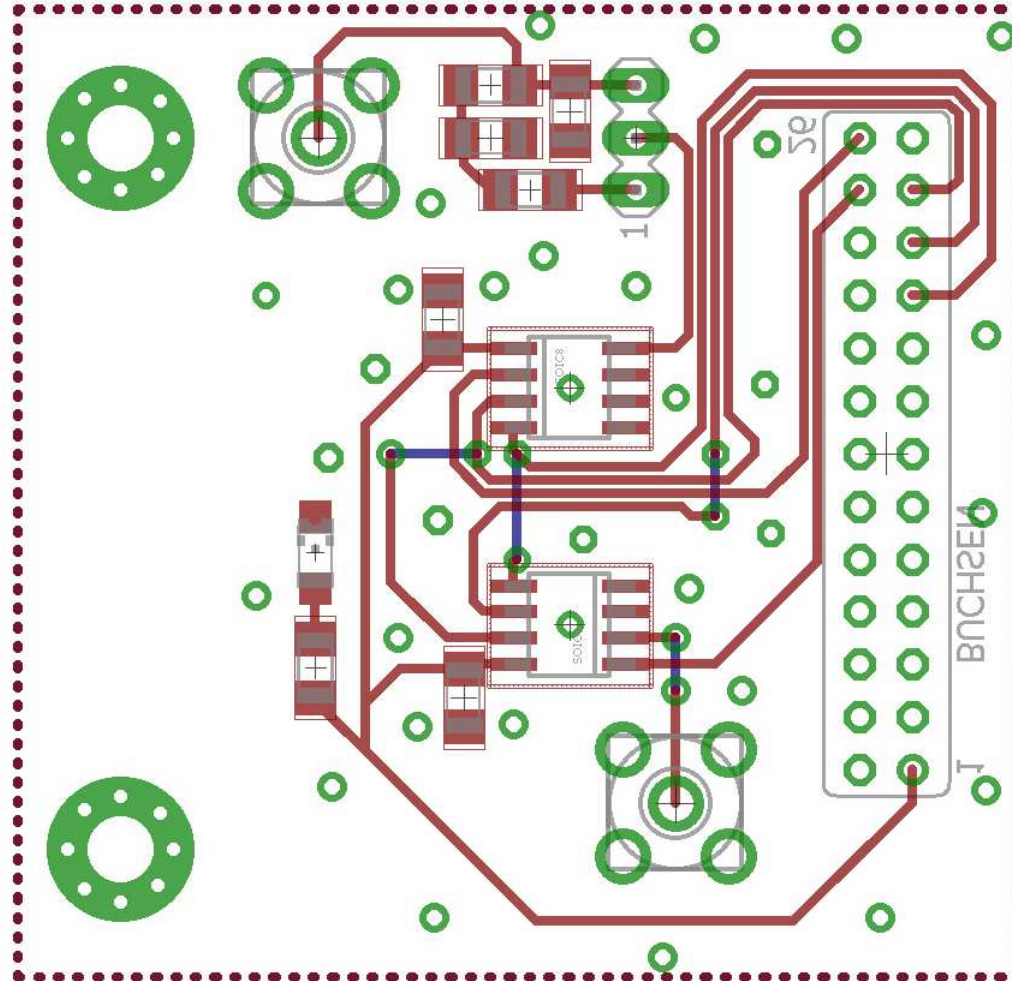
■ Analoges Tiefpassfilter

- Passives RC-Glied 2. Ordnung
- Grenzfrequenz 40 Hz



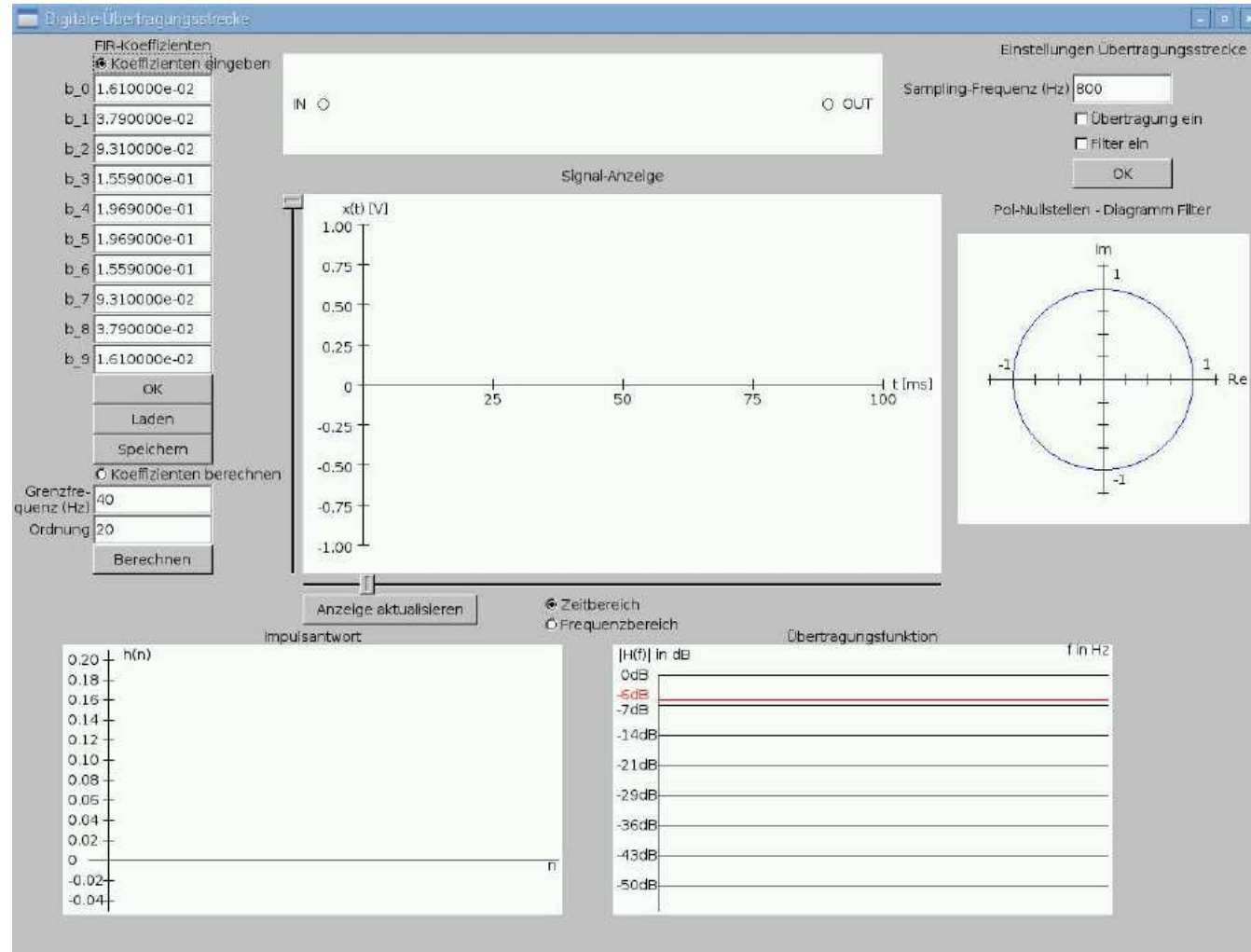
Umsetzung - Hardware

Boardplan



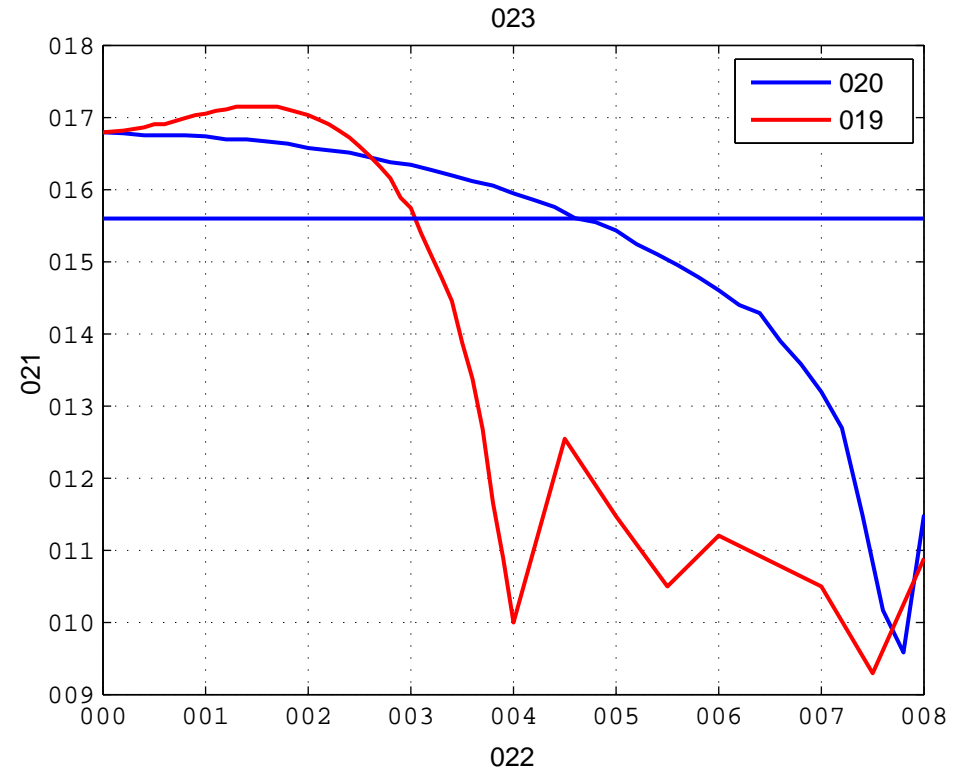
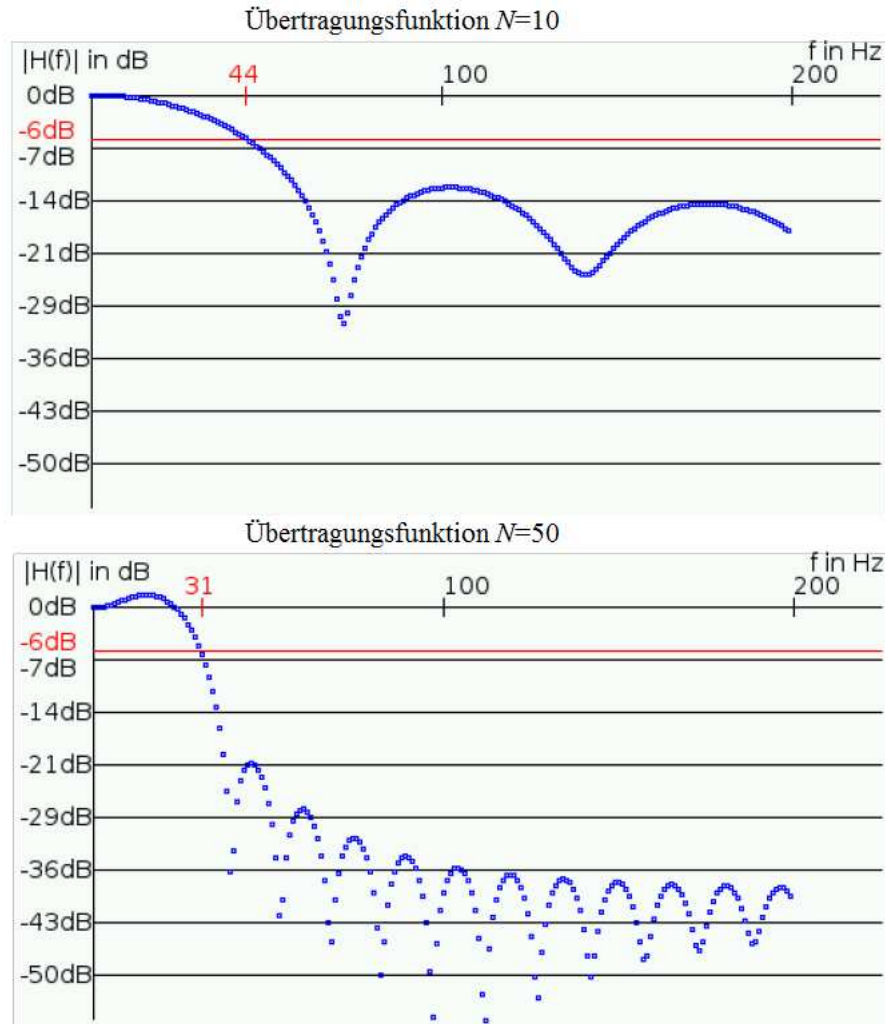
Umsetzung - Software

Benutzeroberfläche



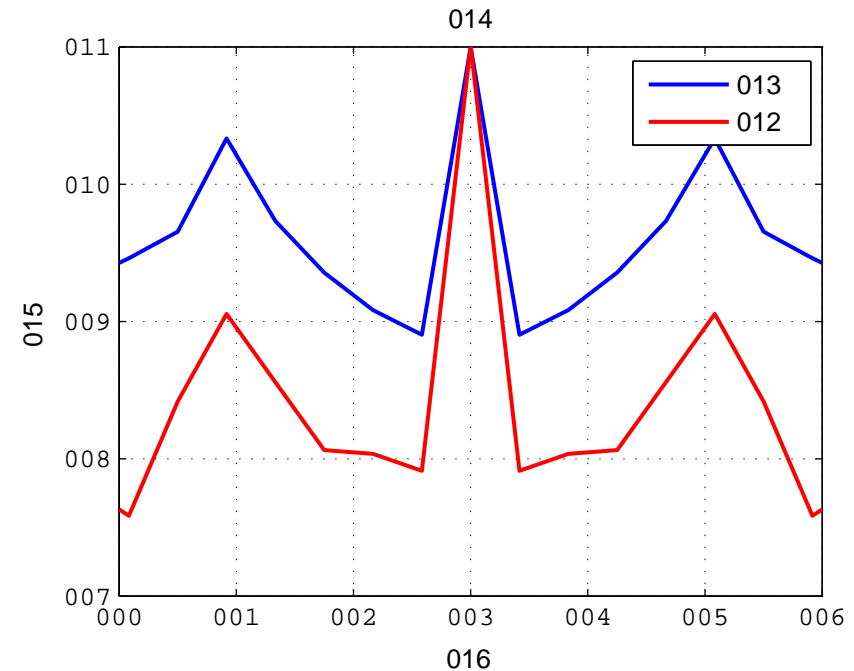
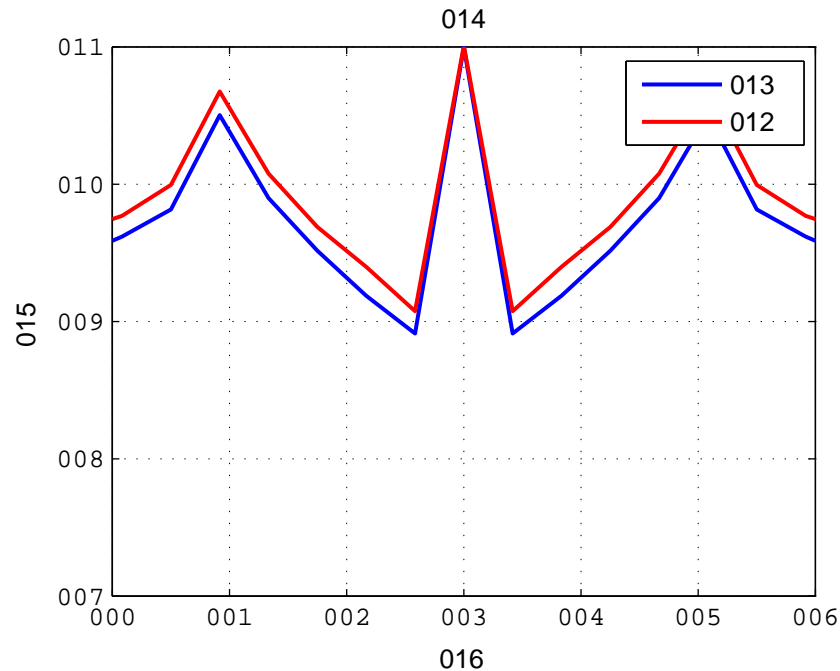
Verifizierung

Vergleich Theorie - Praxis



Verifizierung

Spektrenvergleich



- Dämpfung vor Grenzfrequenz bei Filter höherer Ordnung (rot) geringer
- Abschwächung jenseits Grenzfrequenz bei Filter höherer Ordnung stärker

Fazit

- In Amplitude und Frequenz begrenzt
- Verlustbehaftet (hauptsächlich durch analogen Tiefpass)
- Ressourcenschonend
- Gut geeignet zum Verständnis eines digitalen Filters
- Zukünftig:
 - Implementierung von anderen Filterarten möglich (Hoch-, Bandpass oder Bandsperre)
 - Erweiterungen können für IIR-Filter nach ähnlichem Prinzip hinzugefügt werden



Fragen?



Praktische Vorführung

