



HOCHSCHULE BREMEN  
FAKULTÄT 4: ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIK

**Implementierung eines  
selbsteinstellenden Filters auf Basis  
eines spannungsgesteuerten  
Biquad-Filters**

Exposé

Nils Renner (5197659)

**Ansprechpersonen**

Prof. Dr. Mirco Meiners

## 1 Titel

Deutsch:

Implementierung eines selbsteinstellenden Filters auf Basis eines spannungsgesteuerten Biquad-Filters

Englisch:

Implementation of a Self-Tuned Filter Based on a Voltage-Controlled Biquad Filter

## 2 Forschungsthema

Frequenzadaptive Filter werden in der heutigen Zeit immer wichtiger, da sie durch ihr Design die Auswirkungen von Bauteiltoleranzen in der Praxis deutlich reduzieren. Das trägt dazu bei, den Einsatz von teuren Spezialkomponenten zu minimieren und zeitgleich die Flexibilität von Systemen erheblich zu erhöhen. Auch die Entwicklungen im Bereich 5G und Industrie 4.0 tragen zur Bedeutung dieser Technologie bei, da das Datenaufkommen und zugleich die Anforderungen an Verlässlichkeit stetig steigen. Noch nie war das Datenaufkommen höher, sodass nach günstigen, verlässlichen Lösungen gesucht wird. Self-Tuned Filter bieten hier eine vielversprechende Lösung, um kostengünstige und belastbare Systeme zu realisieren.

Auch im Kontext der geopolitischen und wirtschaftlichen Veränderungen spielt diese Arbeit eine Rolle. Lieferkettenprobleme und politische Unsicherheiten der letzten Jahre verdeutlichen, wie wichtig europäische Unabhängigkeit ist. Durch den Einsatz von Open-Source-Software und europäischer Hardware (wie dem RP2350) wird die Souveränität von Europa als Wirtschaftszentrum gestärkt.

Diese Bachelorarbeit untersucht die Entwicklung und Implementierung eines selbsteinstellenden Filters auf Basis eines spannungsgesteuerten Biquad-Filters (VCF). Ziel ist es, die automatische Anpassung der Grenzfrequenz mithilfe eines Mikrocontrollers und digitaler Steuerung zu realisieren, um die praktischen Auswirkungen von Bauteiltoleranzen zu minimieren. Der Entwurf umfasst Schaltungsdesign, Hard- und Softwareentwicklung sowie Evaluierung mit Messungen. Das Projekt orientiert sich an Referenzdesigns aus dem ASLK PRO-Manual und setzt aktuelle Methoden der digitalen Signalverarbeitung zur Grenzfrequenzanalyse ein.

## 3 Zielsetzung

Die zentrale Fragestellung dieser Bachelorthesis lautet: „Wie kann ein spannungsgesteuertes Biquad-Filter selbstständig und robust an wechselnde Eingangssignal-Frequenzen angepasst werden?“ Im Rahmen dieser Bachelorarbeit soll durch simulationstechnische und messtechnische Untersuchungen aufgezeigt werden, welche Funktionen und Bausteine im System dafür verantwortlich sind. Dadurch wird ein vertieftes Verständnis für Phasenschleifen (PLLs) und Self-Tuned Filter geschaffen.

Die Aufgaben werden gemäß der MoSCoW-Methode priorisiert, um eine klare Strukturierung und Fokussierung zu gewährleisten:

**Must have:**

- Entwicklung einer funktionsfähigen Schaltung inklusive passendem PCB auf Basis des im ASLK-PRO Manual beschriebenen Self-Tuned Biquad

- Programmierung des Mikrocontrollers zur Steuerung der bauteilbedingten Grenzfrequenz, der Güte und der Verstärkung des Filters

**Should have:**

- Entwicklung einer App oder webbasierten Oberfläche zur Visualisierung und komfortablen Steuerung des Filters

**Could have:**

- Einfache Frequenzbestimmung des Eingangssignals über einen Nulldurchgangszähler zur schnellen Übersicht über die getune Frequenz
- Erweiterte Frequanzanalyse mittels FFT, voraussichtlich mit Einsatz eines vorprogrammierten FFT-Moduls
- Design und Konstruktion eines Gehäuses für das Gesamtsystem

## 4 Forschungsstand

Die grundlegende Schaltung, die in dieser Arbeit weiterentwickelt wird, ist im ASLK PRO-Manual [1] von Texas Instruments (Experimente 4 und 5) beschrieben. Auf dieser Basis soll ein variabler, selbsteinstellender Filter entworfen werden, der über einen Mikrocontroller, wie den europäischen RP2350, angesteuert und angepasst werden kann.

## 5 Vorläufige Gliederung

### 5.1 Einleitung

#### 5.1.1 Vorbetrachtung

#### 5.1.2 Beschreibung der Bachelorthesis

### 5.2 Tools

### 5.3 Theorie (Stand 6. Semester) / Theoretische Grundlagen

#### 5.3.1 Grundlagen und mathematische Herleitung des Biquad-Filter

#### 5.3.2 Einfluss der Bauteilgrößen und Parameter auf das Frequenzverhalten

#### 5.3.3 Zusammenfassung des bisherigen Standes und offene Fragen

### 5.4 Weiterführende Theorie

#### 5.4.1 Analoger Multiplizierer als Baustein

#### 5.4.2 Phasendetektor

#### 5.4.3 Aufbau und Steuerung des Voltage Controlled Filters

#### 5.4.4 Sensitivitätsanalyse

#### 5.4.5 Ausblick auf die Praktische Umsetzung / Messmethoden

### 5.5 Simulation

#### 5.5.1 Frequenzsweep

#### 5.5.2 Ermittlung der Grenzfrequenz

#### 5.5.3 Filterbereich des Filters

### 5.6 Schaltungsentwurf/ Design des Systems

#### 5.6.1 Design des Schaltplans

#### 5.6.2 Design der Platine

#### 5.6.3 Design des Codes

### 5.7 Aufnahme der Messergebnisse

### 5.8 Auswertung

### 5.9 Fazit und Ausblick

### 5.10 Anhang

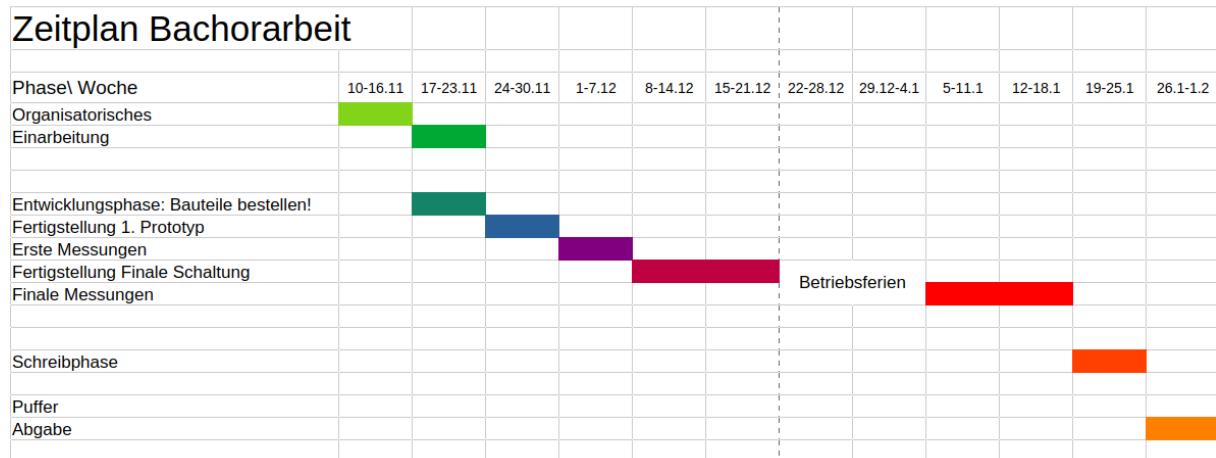


Abbildung 1: Möglicher Zeitplan für die Bearbeitung der Bachelorthesis

## 6 Zeitplan

## 7 Zentrale Quellen

[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]

## Literatur

- [1] K. Rao und C. Ravikumar, *Analog System Lab Kit PRO Manual*. Texas Instruments, 2012.
- [2] S. Franco, *Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits*, 4. Aufl. McGraw-Hill, 2015.
- [3] H. Göble, *Einführung in die Halbleiter-Schaltungstechnik*, 6. Aufl. Springer, 2019.
- [4] R. Schaumann und M. E. V. Valkenburg, *Design of Analog Filters*, 2. Aufl. Oxford University Press, 2009.
- [5] Dr. KRK Rao. „5. Self-Tuned Filters.avi.“ Accessed: 2025-10-06. (2011), Adresse: <https://www.youtube.com/watch?v=ES7v2SNBWYI>.
- [6] Prof. K. Radhakrishna Rao. „Lecture - 23 Self Tuned Filter.“ Accessed: 2025-10-06. (2008), Adresse: <https://www.youtube.com/watch?v=FHWkxyAyh08>.
- [7] H.-W. Philippse, *Einstieg in die Regelungstechnik mit Python*, 4. Aufl. Hanser, 2023.
- [8] B. Razavi, *RF Microelectronics*. Prentice Hall, 2011, ISBN: 9780137134731.
- [9] Z. Cheng und G. Liu, *Communication Electronic Circuits*. De Gruyter / Science Press Beijing, 2016.