

«DJ» EMI Filter für Schaltnetzteil

Pflichtenheft technischer Teil

Windisch, 07.04.2019



Hochschule Hochschule für Technik - FHNW

Studiengang Elektro- und Informationstechnik

Auftraggeber Dr. Luca Dalessandro

Betreuer Prof. Dr. Sebastian Gaulocher
Prof. Peter Niklaus
Prof. Dr. Richard Gut
Dr. Anita Gertiser
Pascal Buchschacher

Autoren **Gruppe 1**
Niklaus Schwegler
Lukas von Däniken
Pascal Puschmann
Simon Rohrer
Marco Binder

Version 2.0

Inhaltsverzeichnis

1	Übersicht	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Projektziele	2
1.3	Lieferobjekte	2
2	Softwarekonzept	3
2.1	Programmablauf	3
2.1.1	Klassendiagramm	4
2.2	Analytische Anforderungen	5
2.2.1	Softwarestruktur	5
2.2.2	Mathematische Anforderungen	5
2.2.3	Berechnungszeit	5
2.2.4	Verstellbarkeit der Parameter	5
2.2.5	Unterscheidung von CM und DM	5
2.2.6	Monte-Carlo Analyse	6
2.3	Graphische Anforderungen	6
2.3.1	Visualisierung der Schaltungen	6
2.3.2	Eingabemöglichkeiten	7
2.3.3	Mehrere Plots	7
2.3.4	Frequenzbereich	8
2.4	Funktionelle Anforderungen	8
2.4.1	Speicherverwaltung	8
2.4.2	Bedienungshilfen	9
2.5	Libraries	9
3	Testkonzept	10
3.1	Kontinuierliche Kontrolle	10
3.1.1	Überprüfung mittels Matlab	10
3.2	Softwaretest Intern	10
3.2.1	Zielüberprüfung	10
3.2.2	Eingabefehlertest	10
3.2.3	Kompatibilität	10
3.3	Überprüfung durch Dritte	10

3.3.1	Ablauf	10
3.3.2	Auswertung	11
3.4	Abnahme durch den Auftraggebers	11
3.4.1	Vor-Abnahme	11
3.4.2	Schlussabnahme	11
4	Projektvereinbarung	12
5	Anhang	13

1 Übersicht

1.1 Ausgangslage

In der modernen Gesellschaft hängen von Jahr zu Jahr mehr elektrische Verbraucher am Stromnetz. Der stetig steigende Leistungsbedarf dieser Verbraucher führt dazu, dass ihre Versorgung angepasst werden muss. Aus dem konventionellen Trafo-Netzteil entstand das sogenannte Schaltnetzteil. Dieses hat grosse Vorteile gegenüber dem Trafo-Netzteil, sowohl wirtschaftlich gesehen, als auch leistungsbezogen.

Allerdings haben sie auch einen Nachteil. Sie lassen hochfrequente Störungen (EMI) entstehen, welche ins Netz zurückfliessen. Diese Störungen, welche man als Gleichtakt- und Gegentaktrauschen bezeichnet, können wiederum in anderen Verbrauchern Störungen verursachen.

Aufgrund dieses Problems wurden verschiedene Normen an Geräte gestellt um diese Emissionen zu minimieren. Daher werden in moderne Schaltnetzteile EMI-Filter verbaut. Diese, auch Netzfilter genannt, bestehen aus einem Netzwerk aus Widerständen, Kondensatoren und Spulen. Da im Schaltnetzteil die Netzfrequenz in eine hochfrequente Spannung gewandelt wird, reagieren die Bauteile als Impedanzen und sie filtern, je nach Bauform, verschiedene hochfrequente Signale aus der Rückspeisung.

Der Auftrag von Dr. Dalessandro lautet eine Applikation zu entwickeln, welche in der Entwicklung von solchen Filtern eingesetzt werden kann. Die Anforderungen an die Applikation sind, dass die Dämpfungseigenschaften des Filters simuliert und graphisch angezeigt werden können. Dabei sollen die Gleichtakt- und die Gegentakststörungen differenziert betrachtet werden können. Ebenfalls soll die Applikation in der Lage sein, die parasitären Einflüsse der einzelnen Parameter (Bauteile) um $\pm 30\%$ zu variieren.

Dieses Pflichtenheft beschreibt die technischen Aspekte des Auftrags und liefert bereits Ideen betreffend der Umsetzung.

1.2 Projektziele

In der Folgenden Tabelle werden alle Ziele aufgeführt. In Kapitel 2 werden sie ausformuliert und ihre Implementation wird erläutert.

Ziel	Muss	Optional	Unterkapitel
Analytische Anforderung			
Berechnungen und GUI getrennt	x		2.2.1
Berechnungszeit < 500 ms	x		2.2.3
Unabhängige Komponenten		x	2.2.4
Verstellbare Parameter	x		2.2.4
CM-, DM-Berechnung	x		2.2.5
Monte-Carlo Simulation		x	2.2.6
Graphische Anforderungen			
Visualisierung der Schaltung		x	2.3.1
Eingabe von Zahlenwerte	x		2.3.2
Feinjustierung mit Schieberegler +/- 30%	x		2.3.2
Abkürzungen für Dekaden		x	2.3.2
Darstellung im Frequenzbereich bis 30MHz	x		2.3.4
CM-, DM-Darstellung	x		2.3.3
Mehrere Plots gleichzeitig	x		2.3.3
Funktionelle Anforderungen			
Unabhängigkeit von Betriebssystemen	x		2.2.1
Speichern von Filterprofilen		x	2.4.1
Schutz vor Fehleingaben	x		2.4.2
Export von PNG		x	2.4.1
Bedienung mit shortcuts		x	2.4.1
Anpassung von Farbe, Darstellung und Schrift	x		2.4.1
Zoom Möglichkeit	x		2.4.1

1.3 Lieferobjekte

Nachfolgend werden alle Lieferobjekte aufgelistet:

Beschreibung	Datum
1. Organisatorisches Pflichtenheft	24.03.19 und 07.04.19
2. Technisches Pflichtenheft	24.03.19 und 07.04.19
3. Beta-Version des GUI	02.05.19
4. Beta-Version der Software	16.05.19
5. Fachbericht	13.06.19

2 Softwarekonzept

Um das sämtliche Anforderungen an die Software zu erfüllen wurden alle Probleme erfasst und in Teilprobleme aufgeteilt. Angefangen von der Grundstruktur der Software werden wir von Oben herab, sogenannt Top-Down, jeweils Lösungen für die einzelnen Teilprobleme erarbeiten. Durch die MVC-Grundstruktur können all diese Teilprobleme unabhängig von einander behandelt werden. Dies erlaubt eine kluge und effiziente Arbeitsaufteilung.

Die Beschreibung des Softwarekonzepts wird in 2 Sektionen unterteilt. Zuerst werden die in der Zieltabelle aufgeführten technischen und die graphischen Anforderungen beschrieben. Anschliessend werden die Anforderungen an die Bedienung definiert. und zum Schluss werden die einzelnen Elemente der GUI, und somit die Bedienung erklärt.

2.1 Programmablauf

Der folgende Programmablauf ist auf die Maximallösung bezogen. In dieser Lösung sind alle Wunschziele (Kapitel: 1.2) vorhanden.

Nach dem Aufstarten des Programmes kann der Benutzer über die Programmoberfläche (Abbildung: 2.3) seine Simulationen starten. Am Anfang ist ein default Filter initialisiert. Dieser ist in der Filtertabelle eingetragen, jedoch sind die parasitären Filterparameter im Eingabefenster noch undefiniert. Der Benutzer kann diese nun definieren und die berechneten Einfügungsverluste von CM und DM des EMI-Filters werden im Plot dargestellt. Mit dem Button Add wird der Filter abgespeichert und ein neuer Filter kann definiert werden. Es können somit mehrere Filter gleichzeitig dargestellt werden.

Um die Filter richtig zu verwalten ist es möglich in der Filtertabelle über die Checkbox einzelne Filter im Plot ein und auszublenden. Ebenfalls können sie spezifisch benannt werden. Der Plot und die einzelnen Kurven können mit einem Rechtsklick auf den CM/DM Plot individuell angepasst und auch exportiert werden. Wird ein Filter nicht mehr benötigt kann er in der Filtertabelle angewählt und mit dem Button Remove entfernt werden. Damit der Benutzer nicht jedesmal die Filterprofile einstellen muss, können diese über File/Save filterprofil in einer .txt Datei abgespeichert werden. Bei einem Neustart des Programmes können über File/Load filterprofile die Filterprofile wieder geladen werden.

Um die Auswirkungen einzelner parasitären Filterparameter besser zu analysieren, kann unter Simulation/Monte Carlo eine Monte Carlo Simulation gestartet werden. Es wird ein neues Fenster geöffnet in dem der Filterparameter, die Toleranz und die Anzahl Berechnungen eingestellt werden können. Jede Berechnung wird als einzelner Filter in die Filtertabelle geladen. Um nachzuschauen wo welche Filterparameter sich in der Schaltung befinden, können unter Help/CM electrical circuit und CM electrical circuit die Ersatzschaltungen, von der die Berechnungen ausgehen, angeschaut werden. Das Programm wird über File/Exit oder beim Schliessen des Fensters beendet.

Das Klassendiagramm der Software ist in der Abbildung 2.1 ersichtlich.

2.1.1 Klassendiagramm

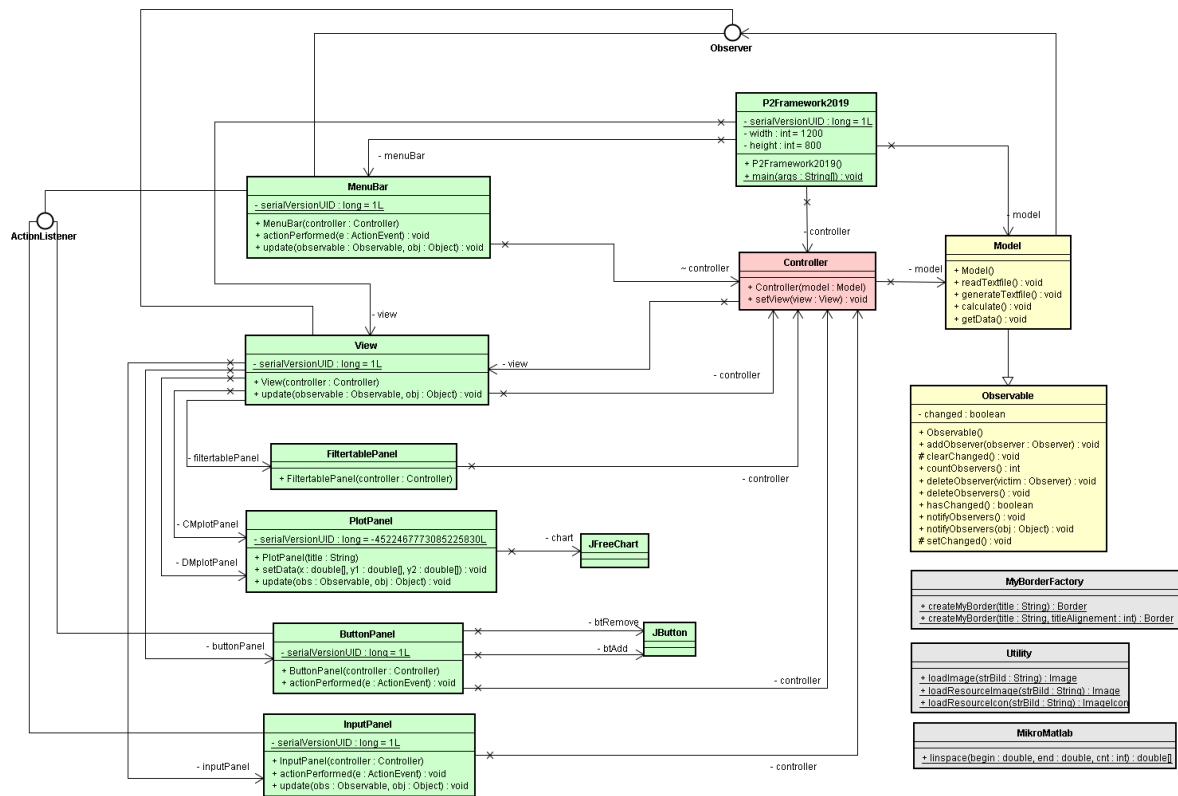


Abbildung 2.1: Klassendiagramm

2.2 Analytische Anforderungen

2.2.1 Softwarestruktur

Die Software ist mit Java geschrieben und ist somit Plattformunabhängig. Die Software wird mit dem Model-View-Controller Entwurfsmuster (MVC Design Pattern) **MVCDesignPattern** strukturiert. Durch diese Strukturierung ist es weitgehend möglich die Daten und deren graphische Repräsentation zu trennen. Dies vereinfacht Wartungsarbeiten und die Wiederverwendbarkeit von Programmteilen. Die Struktur ist in die drei Teile: Modell (engl. model), Präsentation (engl. view) und Steuerung (engl. controller) unterteilt.

2.2.2 Mathematische Anforderungen

Das elektrische Verhalten der CM- und DM-äquivalenten Schaltungen, wird anhand der Streuparameter S_{21} beschrieben. Um den Streuparameter S_{21} zu bestimmen, werden die einzelnen Schaltungsteile in Form von A-Matrixen dargestellt. Diese werden wiederum durch Kaskadieren zu einer A-Matrix der Gesamtschaltungen zusammengeführt. Der Streuparameter S_{21} wird somit aus der A-Matrix dargestellt. Durch den S_{21} ist durch die Definition die Einfügedämpfung gegeben. Damit die Berechnungen beliebig erweiterbar sind, wird eine strikte Struktur der Berechnungen eingehalten. Es werden Klassen für Bauelemente wie Spule, Widerstand und Kondensator erstellt. Somit ist es möglich, dass wiederum Klassen für die verschiedenen A-Matrixen erstellt werden wie Längs-, Quer-, Pi- und T-Glied. Dies bietet die Möglichkeit, die zu berechnende Schaltung anzupassen und zu erweitern.

2.2.3 Berechnungszeit

Um die erwünschte Berechnungszeit zu erreichen, werden die Berechnungen in eigenen Threads ausgeführt. Somit werden "Freezes" im Programm verhindert und mehrere Berechnungen können gleichzeitig ablaufen.

2.2.4 Verstellbarkeit der Parameter

Eine der Kernfunktionen des Programms besteht darin, dass die Parameter verändert werden können um ihren Einfluss auf die Eingangsdämpfung zu erkennen. Die Parameter sollen um bis +/- 30% verändert werden können. Da wir hauptsächlich die Auswirkungen graphisch darstellen und analysieren wollen und damit die Veränderungen nicht andauernd eingetippt werden müssen, greifen wir mithilfe eines Schiebereglers darauf zu.

2.2.5 Unterscheidung von CM und DM

Die zweite Kernfunktion des Programms liegt in der graphischen Anzeige der Berechnungen als Dämpfung in Abhängigkeit der Zeit. Dabei ist die Vorgabe, dass wir einen Plot zum Differential-Mode und einen zum Common-Mode erhalten.

2.2.6 Monte-Carlo Analyse

Als zusätzliche Simulationsmöglichkeit soll die sog. Monte-Carlo-Analyse implementiert werden. Mit dieser Analyse wird die Auswirkung der Toleranz eines einzelnen Parameters ausgewertet. Im Menüpunkt "Simulation" kann die Simulationsart Monte Carlo ausgewählt werden. Es öffnet sich ein neues Fenster in dem der Parameter, die Toleranz und die Anzahl Messungen eingestellt werden kann. Dieser Menüpunkt ist in der Abbildung 2.2 dargestellt.

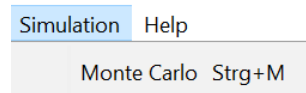


Abbildung 2.2: Menuoption Simulation

2.3 Graphische Anforderungen

In der Abbildung 2.3 ist der Aufbau der GUI ersichtlich.

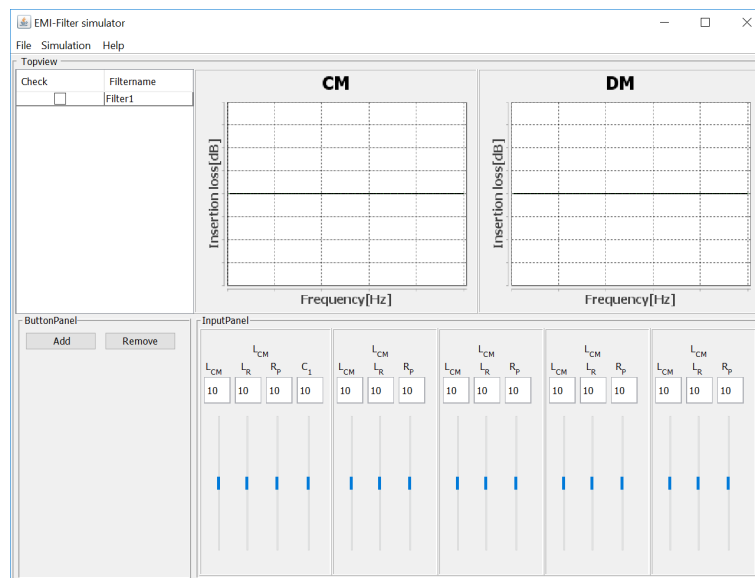


Abbildung 2.3: GUI

2.3.1 Visualisierung der Schaltungen

Als generelle Hilfestellung soll das Programm dazu in der Lage sein, das elektronische Schema der jeweilig simulierten Schaltung anzuzeigen. Im Menüpunkt "Help" können die beiden CM- und DM äquivalenten Schaltungsmodelle, die zur Berechnung verwendet werden, in einem separaten Fenster dargestellt werden. Dieser Menüpunkt ist in der Abbildung 2.4 Menuoption Help dargestellt.

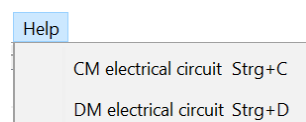


Abbildung 2.4: Menuoption Help

2.3.2 Eingabemöglichkeiten

Da wir die Auswirkungen hauptsächlich graphisch darstellen und analysieren wollen, und damit die Veränderungen nicht andauernd eingetippt werden müssen, greifen wir mithilfe eines Schiebereglers darauf zu. Das Eingabefenster (Abbildung: 2.5) ist dazu da, die einzelnen parasitären Filterparameter einzustellen und die Toleranz von $\pm 30\%$ mit einem Schieberegler zu variieren. Die Textfelder werden vor Fehleingaben geschützt indem sie spezielle Eingabeformen (z.B. 10 milli=10m) unterstützen.

Abbildung 2.5: Eingabefenster

2.3.3 Mehrere Plots

Das Programm hat seine Vorteile im direkten Vergleich von mehreren Simulationen. So können mehrere Filterprofile gleichzeitig im Plot angezeigt und verglichen werden. Die Abbildung 2.6 stellt die Benutzeroberfläche für die beschriebene Anforderungen zur Verfügung.

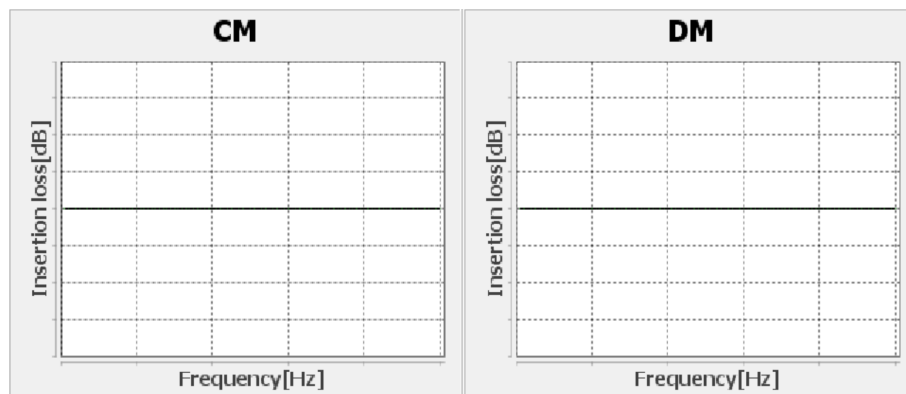


Abbildung 2.6: CM DM Plot

Im Fenster Abbildung 2.7 können Filterprofile in die Filtertabelle geladen oder entfernt werden. Mit dem Button Add werden die eingegebenen parasitären Filterparameter in einem neuen Filterprofil gespeichert. Mit dem Button Remove wird das ausgewählte Filterprofil gelöscht.

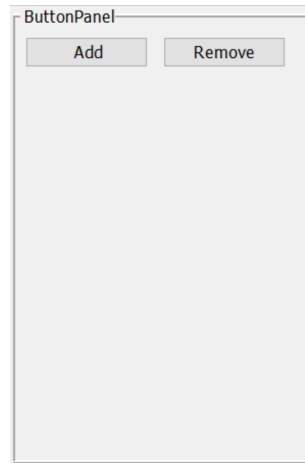


Abbildung 2.7: Filterprofile

2.3.4 Frequenzbereich

Da das Frequenzspektrum sehr weit ist, werden die Plots logarithmisch zur Frequenzachse dargestellt. Sie werden farblich in 3 Bereiche unterteilt.

2.4 Funktionelle Anforderungen

2.4.1 Speicherverwaltung

Um einen wirklichen Mehrwert zu schaffen soll die Software die Möglichkeit erhalten, eingestellte Filterprofile abzuspeichern und diese auch nach einem Neustart des Programms wieder zu verwenden. Im Menüpunkt "File" können Filterprofile gespeichert und geladen werden. Bei beiden Optionen wird der Explorer geöffnet um die .txt Datei im gewählten Verzeichnis abzulegen oder zu holen. In der Option Exit kann das Programm geschlossen werden. Dieser Menüpunkt ist in der Abbildung 2.8 File dargestellt.

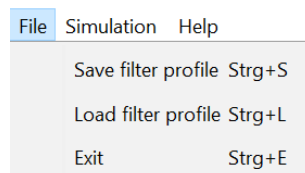


Abbildung 2.8: File

In der Filtertabelle Abbildung: 2.9 können alle erstellte Filterprofile dargestellt und verwaltet werden. Mit einer Checkbox können einzelne Profile im Plot aus- bzw. eingeblendet werden. Zudem kann bei jedem Filterprofil ein Name hinzugefügt werden. Die Werte der parasitären Filterparameter des ausgewählten Filterprofils werden in das Eingabefenster geladen und können

dort verändert werden. Mit den Shortcuts Backspace and Delete können ausgewählte Profile gelöscht werden.

Check	Filtername
<input type="checkbox"/>	Filter1

Abbildung 2.9: Filtertabelle

2.4.2 Bedienungshilfen

Um den User vor Fehleingaben zu schützen verwenden wir die von Herr Gut zur Verfügung gestellten Klassen. Sämtliche Funktionen des Programms sind ebenfalls in einem Menu und mithilfe von Shortcuts aufrufbar. Zudem können mit einem Rechtsklick auf den Plot verschiedene Optionen ausgewählt werden. So können die Eigenschaften (Farbe, Darstellung, Schrift usw.) und der Zoom individuell eingestellt werden. Ebenfalls soll es möglich sein die Plots als Bild zu exportieren um sie zu verwenden. Diese Optionen sind in der Abbildung 2.10 ersichtlich.

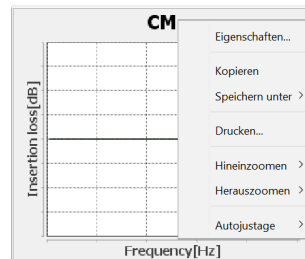


Abbildung 2.10: Ploteinstellungen

2.5 Libraries

In der Software werden folgende Libraries verwendet:

Swing: Mit dem vorinstallierten Swing Framework von Java wird die GUI aufgebaut.

JFreeChart: Die Berechnungen werden mit JFreeChart grafisch also Plot dargestellt. **jfreechart**

Apache Math Commons: Die Apache Math Commons Library beinhaltet wichtige Mathematikfunktionen, wie z.B. rechnen mit Komplexen Zahlen usw. **apache**

Engineering Text Fields: Die von Prof. Dr. Richard Gut zur Verfügung gestellte Klasse verhindert Fehleingaben und vereinfacht die Eingabe von Zahlen (nano,piko...)

3 Testkonzept

Das Testkonzept definiert und beschreibt den Ablauf und die Methodik wie die Software getestet und überprüft wird. Ziel ist eine einwandfreie Funktion sicherzustellen, wie auch die Erfüllung des Auftrages zu überprüfen. Als Wunschziel soll zudem die Benutzerfreundlichkeit optimiert werden.

3.1 Kontinuierliche Kontrolle

Bereits während der Entwicklungsphase haben wir die Software kontinuierlich getestet um Folgefehler zu vermeiden. Diese werden jeweils direkt korrigiert und in einem Protokoll dokumentiert.

3.1.1 Überprüfung mittels Matlab

Die Rückgabewerte werden nach jeder Phase mittels Matlab kontrolliert und verglichen. Dies erfolgt aufbauend, also werden als erstes die einzelnen Klassen und Methoden nachgerechnet und verglichen. Alles wird vor der Integrierung einzeln überprüft, um wiederum Folgefehler zu vermeiden. Anschliessend werden die erstellten Funktionen einzeln überprüft. Schlussendlich wird die Software als Gesamtes durchgerechnet.

3.2 Softwaretest Intern

Nach Vollendung der Version 0.9.5 wird die Software auf Herz und Nieren getestet.

3.2.1 Zielüberprüfung

Die Software wird auf die Erfüllung aller gesteckten Ziele überprüft. Eventuelle Fehler werden behoben und dokumentiert.

3.2.2 Eingabefehlertest

Um eine hohe Qualität zu gewährleisten, werden bewusst Eingaben getätigt, welche die Software an Ihr Limit bringen sollte, um die Stabilität zu überprüfen.

3.2.3 Kompatibilität

Die Software wird auf Kompatibilität kontrolliert, da die Software auf den verschiedenen Betriebssystem und Bildschirmen funktionieren sollte. Daher werden die Tests sowohl auf einem Apple OS wie auch auf einem Microsoft Windows der neusten Generation durchgeführt.

Um eine saubere Darstellung bei variierenden Displays sicher zu stellen, werden die Tests zudem auf verschiedenen Displays (falls verfügbar bis 4K) durchgeführt.

3.3 Überprüfung durch Dritte

Die Software wird durch Dritte überprüft. Die Prüfer sollen sowohl Fachfremde wie auch Experten sein. Im Vordergrund steht hierbei die intuitive Bedienung zu überprüfen.

3.3.1 Ablauf

Die Prüfer erhalten eine kurze Einführung über EMI-Filter, die Software Bedienung wird jedoch nicht erklärt. Die Prüfer werden anhand eines Fragebogens ihre Beurteilung abgeben.

3.3.2 Auswertung

Die Fragebogen werden ausgewertet und in einem Dokument zusammengetragen, im Team wird dann über mögliche Änderungen entschieden

3.4 Abnahme durch den Auftraggebers

Wie besprochen wird Auftraggeber die Software zweimal zu überprüfen.

3.4.1 Vor-Abnahme

Der Auftraggeber erhält in der Woche 20 die Version 0.9.5 zur Überprüfung. Dies gibt ihm die Möglichkeit seine Änderungswünsche einfließen zu lassen. Wie in der Überprüfung durch Dritte erhält er keine Einführung in die Bedienung der Software.

3.4.2 Schlussabnahme

Am Ende des Projekts wird Auftraggeber die Software nochmals überprüfen. Gemeinsam wird ein Abnahmeprotokoll erstellt.

4 Projektvereinbarung

Auftraggeber

Dr. Luca Dalessandro

Ort, Datum

Unterschrift

Projektleiter

Niklaus Schwegler

Ort, Datum

Unterschrift

5 Anhang