

Datenverarbeitung und Visualisierung von Umrichter- Testbench-Daten

Jon Feddersen

22122017

Bachelorarbeit im Studiengang Elektrotechnik und Inforationstechnik

bei

Prof. Dr. rer. nat. Kristina Schädler

Semesteranschrift
Ochsendrift 31
25853 Drelsdorf

Studienfach
Elektrotechnik und
Inforationstechnik

Abgabetermin: 01.10.2025

Fachsemesterzahl: 9

Sperrvermerk

Diese Arbeit enthält vertrauliche Daten und Informationen des Unternehmens, in dem die Bachelor-/Masterarbeit angefertigt wurde. Sie darf Dritten deshalb nicht zugänglich gemacht werden.

Die für die Prüfung notwendigen Exemplare verbleiben beim Prüfungsamt und beim betreuenden Hochschullehrer.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1. Einleitung	1
2. Grundlagen	2
2.1. Überblick über den Umrichter-Prüfstand	2
2.1.1. Aufbau des Teststandes	2
2.1.2. Testmodule	3
2.1.3. Testablauf	4
2.2. Verarbeitung von XML-Daten	6
2.2.1. XML-Strukturaufbau	6
2.2.2. Verarbeiten von XML-Dateien	7
2.3. Datenbankentwurf und Normalisierung	10
2.3.1. Datenbankstruktur	10
2.3.2. Datenintegrität und Normalisierung	10
2.3.3. Vorgehen zur Erstellung der Datenbank	11
2.4. Grundlagen der Datenvisualisierung	13
2.4.1. Begriff und Zielsetzung	13
2.4.2. Theoretische Grundlagen	13
2.4.3. Formen der Datenvisualisierung	13
2.4.4. Qualitätskriterien	14
2.4.5. Technologische Aspekte	14
2.5. Anforderungen an modulare Softwareentwicklung	15
2.5.1. Klare Modulabgrenzung und Verantwortlichkeiten	15
2.5.2. Geringe Kopplung und hohe Kohäsion	15
2.5.3. Einheitliche Schnittstellen	15
2.5.4. Wiederverwendbarkeit	15
2.5.5. Erweiterbarkeit und Anpassungsfähigkeit	16
2.5.6. Testbarkeit	16
2.5.7. Konsistenz und Standardisierung	16
2.5.8. Technologische Unabhängigkeit	16
3. Analyse und Konzeption	17
3.1. Definition der Anforderungen	17
3.1.1. Technische Anforderungen	17
3.1.2. Nutzeranforderungen	17
3.2. Analyse der generierten XML-Berichte und bestehenden Strukturen	18
3.2.1. XML-Berichtsstrukturschema	18
3.3. Datenbankdesign und Strukturkonzeption	19
3.4. Grundkonzept des Benutzeroberflächen-Design	19
3.5. Entwurf der Applikationsarchitektur	19
4. Implementierung	20
4.1. Einlesen und Verarbeiten von XML-Daten	20
4.2. Implementierung der Datenbank	20
4.3. Entwicklung der Benutzeroberfläche	20

4.4. Technische Details zur Visualisierung	20
5. Integration und Test	21
5.1. Einbindung in die bestehende Systemlandschaft	21
5.2. Testmethoden und Durchführung	21
5.3. Ergebnisse der Testmethoden	21
6. Fazit und Ausblick	22
6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse	22
6.2. Kritische Bewertung	22
6.3. Möglichkeiten für zukünftige Erweiterungen	22
i. Literaturverzeichnis	i
ii. Anhangsverzeichnis	ii
iii. Erklärung	iii

Abbildungsverzeichnis

1.	Aufbau des Teststandes	3
2.	XML Prolog Beispielcode	6
3.	XML Elemente Beispielcode	7
4.	XML Attribute Beispielcode	7
5.	Beispiel der Graphen aus Teststandprogramm	18
6.	Aufbau des Teststandes	19

Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

DUTs	Devices-Under-Test
XML	Extensible Markup Language
DTD	Document Type Definition
API	Application Programming Interface
DOM	Document Object Model
SAX	Simple API for XML
SQL	Structured Query Language

1. Einleitung

Das Aufbereiten von Daten, sowohl in Bezug auf die Struktur, in der die Datensätze gespeichert werden, als auch in der visuellen Darstellung einzelner Datenreihen, ist für das Verstehen der dahinterliegenden Prozesse und der effizienten Arbeit mit ihnen unerlässlich. Das Erfassen von Messdaten und ihre Aufbereitung, so wie ihre Interpretation ist aus der modernen Welt nicht mehr wegzudenken. In allen Bereichen der Wissenschaft werden Messdaten erhoben, egal ob bei medizinischen Studien, Wetterdaten oder in der Industrie erhobenen Testdaten, Sie müssen alle verständlich aufbereitet werden.

Die Speicherung, Aufbereitung und Visualisierung von größeren Datenmengen wird heutzutage meistens mit Softwaretools durchgeführt. Aus diesem Grund gibt es eine Vielzahl von Anbietern die Lizenzen für solchen Softwaretools vertreiben. Diese Tools sind oft aber allgemein gehalten und bieten daher für fachspezifische Bereiche nicht den passenden Aufbau und Funktionen, welches sich Effizienz, Umgänglichkeit und vor allem in der Genauigkeit widerspiegelt.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine Web-Applikation zu entwickeln, die als solch ein Softwaretool fungieren soll, welches spezifisch für einen Anwendungsbereich zugeschnitten ist. Die Applikation soll XML-Datensätze, die aus einem Umrichter-Teststand stammen strukturiert speichern und visuell darstellen können. Diese visuellen Daten sollen sowohl firmenintern zur Analyse als auch als in einem Kundenbericht nach außen weitergegeben werden, daher soll die Visualisierung sowohl einfach verständlich also auch professionell gehalten sein, hierbei soll möglichst auf eine intuitive und simple Nutzeroberfläche geachtet werden. Weiterhin soll die Applikation gut erweiterbar sein, um zukünftige Funktionen unkompliziert in die Software einzubetten. Zudem soll eine möglichst einfache Implementierung in die bestehende Softwareumgebung der Firma in dessen Rahmen diese Arbeit durchgeführt wird gewährleistet sein.

Um das gesetzte Ziel und die Anforderungen im Zeitrahmen dieser Arbeit bestmöglich zu erfüllen, wird nach dem Erlangen und Ausformulieren der theoretischen Grundlagen der Erstellung für den eigentlichen Entwicklungsprozess der Web-Applikation eine inkrementelle und iterative Vorgehensweise vorgesehen. Diese soll für Flexibilität und gutes Risikomanagement in Bezug auf die Abgabe sorgen, da selbst bei Komplikation eine funktionelle Version zur Abgabe bereitsteht. Dieser Ansatz zur Entwicklung der Software wird sich nur geringfügig auf den Aufbau der wissenschaftlichen Arbeit auswirken, sie wird nur in den theoretischen Grundlagen und im Fazit behandelt werden.

Der allgemeine Aufbau des Hauptteils der Arbeit beginnt mit dem Kapitel 2. Grundlagen, die sich mit den theoretischen Hintergründen zur Entwicklung der Applikation, sowie mit den einzelnen zu implementierenden Funktionen beschäftigt. Gefolgt von Kapitel 3. Analyse und Konzeption, welches sich mit dem bestehenden System und den einzufügenden Strukturen befasst. Das dritte Kapitel 4. Implementierung beschreibt die Entwicklung der Web-Applikation. Kapitel 5. Integration und Test beschreibt die Integration in das bestehende System und das Testen der Funktionalität. Abschließend Kapitel 6. Fazit und Ausblick werden die Ergebnisse zusammengefasst und ein Ausblick auf mögliche Erweiterungen gegeben.

2. Grundlagen

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen für das Entwickeln der Software, so wie das notwendige Verständnis des Teststandes und seine Abläufe behandelt.

2.1. Überblick über den Umrichter-Prüfstand

In diesem Abschnitt wird der Umrichter-Teststand, von dem die zu verarbeitenden Datensätze stammen, beschrieben, da dies für das generelle Verständnis der einzulesenden Datensatzstruktur unerlässlich ist. Die genaue Bezeichnung des Teststandes „USTB DWT Test Bench (XCT0006-1)“ wird im Folgenden als Test-Bench oder Teststand benannt. Diese Art Test-Bench wird im Allgemeinen für die End-of-Line-Prüfung von unterschiedlichen Umrichtern nach ihrer Herstellung genutzt, um die Produktqualität und -funktionalität sicherzustellen. [1]

In dem hier vorliegenden Fall wird der Teststand verwendet, um die aus dem Feld kommenden Umrichter auf ihre weitere Nutzungstauglichkeit zu testen. Die weitere Nutzungstauglichkeit wird ermittelt, indem die Messwerte mit Mittelwerten, die von mehreren fabrikneuen Umrichtern stammen, verglichen werden. Diese Messwerte müssen sich in einem vorher definierten Toleranzbereich befinden, um weiter im Feld verwendet zu werden.

Die Umrichter werden in der gegebenen Fachliteratur zur Test-Bench als Devices-Under-Test (DUTs) bezeichnet. Diese Bezeichnung kommt auch in den Berichten auf dem Teststand vor, daher hat der Autor diese Abkürzung übernommen.

2.1.1. Aufbau des Teststandes

Die Test-Bench besteht aus mehreren Komponenten, die sich im Testraum in unterschiedlichen Schaltschränken befinden. Der Teststand besteht aus folgenden Hauptkomponenten: Die Test-Bench besteht aus mehreren Komponenten, die sich im Testraum in unterschiedlichen Schaltschränken befinden, und der Teststand umfasst folgende Hauptkomponenten:

- Das Netzteil wandelt die 400-V-Netzspannung in eine isolierte Gleichspannung für den Zwischenkreis um. Das Netzteil liefert maximal 80 kW mit 1200 V DC oder 800 V DC, welche Werte verwendet werden, kann vor Teststart bestimmt werden. In Abbildung 6 wird das Netzteil als PSU bezeichnet, was für „Power Supply Unit“ steht.
- Das Elektronik-Rack, auf dem die Mess- und Steuerkomponenten befestigt sind, ist ein wichtiger Bestandteil des Teststandes. Hier befindet sich auch der (XCS2100) System-Controller, der das ganze System mit dem PC, auf dem die Test-Bench-Software läuft, via Ethernet verbindet. In Abbildung 6 mit ER bezeichnet, für „Electronic Rack“.
- Der Testmatrix-Schrank, in dem die Sammelschienen für den Stromanschluss und die Schützen sitzen. In Abbildung 6 mit TM bezeichnet, für „Test Matrix cabine“.

- Der Schrank mit dem Kühlungssystem, da die Umrichter während des Betriebes mit Wasser oder Luft gekühlt werden müssen. In Abbildung 6 mit „Cool1“ bezeichnet.
- Der Carrier, auf dem die Umrichter befestigt werden, ist speziell für bestimmte Umrichter konstruiert. Dieser wird speziell für bestimmte Umrichter konstruiert. In Abbildung 6 wird der Carrier als Carrier 1 bezeichnet. Body text

Neben den Hauptkomponenten befinden sich außerhalb des Sicherheitsbereiches, der während des Betriebes nicht betreten werden darf, ein PC mit einer Software zum Steuern der Testeinrichtung sowie eine Betriebsanzeige und ein Notaus. [1]

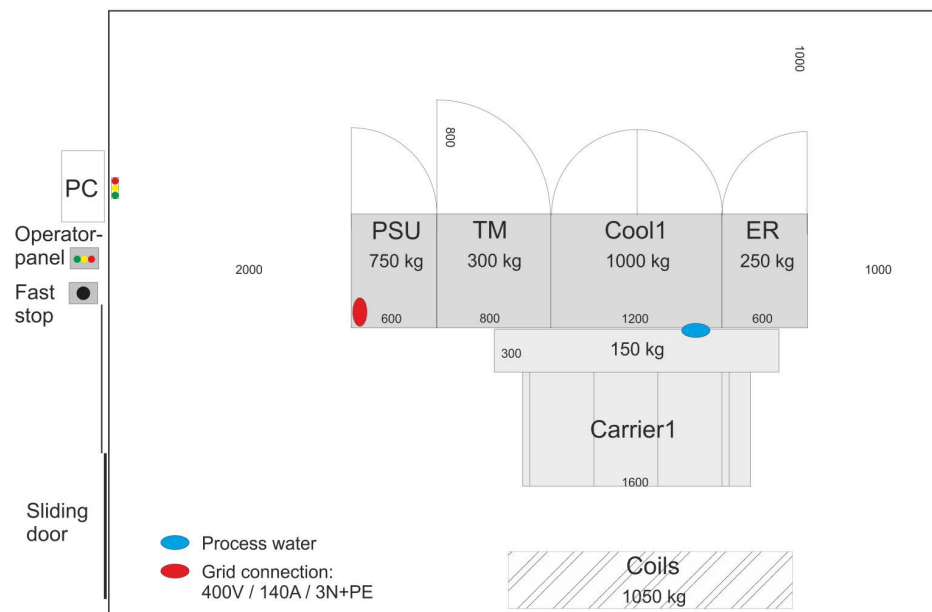


Abbildung 1: Aufbau des Teststandes

Quelle: [1, S. 7]

2.1.2. Testmodule

Es gibt mehrere Testmodule, die auf dem Teststand laufen und verschiedene Funktionen der Umrichter testen. Einige der Funktionen eines DUT können mit dem gleichen Modus eines Testmoduls überprüft werden, indem die entsprechenden Parameter ausgewählt werden. Jeder Testablauf ist autonom und kann mehrmals ausgeführt werden, auch mit unterschiedlichen Parametern.

Im Folgenden wird eine kurze Beschreibung der Funktionen der für diese Arbeit relevanten Testmodule gegeben.

Driver Consumption Test: Der Driver Consumption Test überprüft den Stromverbrauch des Treibers im Leerlauf und während Pulssprüngen.

Pulse Test: Der Impulstest verfügt über drei Funktionsmodi.

- Im Modus „Functional-Switching“ (FSW) kann überprüft werden, ob die Halbleiter generell schalten.

- Im Modus „Over-Current-Protection“ (OCP) kann die Überstromüberwachung weiche Kurzschlüsse überprüfen. Ein weicher Kurzschluss ist, wenn der Stromfluss nicht sofort und vollkommen unterbrochen wird.
- Im Modus „Dynamic-Short-Circuit-Protection“ (DSCP) wird ein harter Kurzschluss, also ein vollständiger und sofortiger Kurzschluss, überprüft.

Power Test: Mit diesem Test werden zwei verschiedene Funktionen getestet werden.

Der Burn-In-Test (BIT) dient dazu, die DUTs zyklisch zu betreiben und so reale Betriebszustände zu simulieren. Zudem kann mit Hilfe dieser Funktion die Kühltemperatur überprüft werden, um die korrekte Wärmeübertragung der Halbleiter sicherzustellen. Während des Übertemperaturschutz-Tests (OTP) wird ein DUT, ähnlich wie beim Burn-In-Test (BIT), nur mit reduzierter Kühlung betrieben, bis die maximal zulässige Kühlkörpertemperatur erreicht ist und die Temperaturschutzschaltung auslöst. [1]

2.1.3. Testablauf

Die Schrittfolge des Testablaufes mit Montage der DUTs ist klar festgelegt und vor jedem Durchlauf gleich. Die Montage läuft wie folgt ab:

1. Die Umrichter werden auf dem Carrier befestigt. Es werden meist 3 dieser Geräte gleichzeitig getestet, Abweichungen je nach Bauform. Die Reihenfolge der elektrischen Phasen ist bei Draufsicht des Carriers von links nach rechts U-V-W. Dies ist für das Layout des Berichtes relevant.
2. Der Kühlkreislauf wird angeschlossen, je nach Umrichtertyp Lüftungs- oder Wasserkühlung.
3. Die DUTs werden mit den AC- und DC-Link-Kontakten verbunden, um das Gerät zu betreiben und die DC-Spannung wieder abzuleiten.
4. Das Anbringen von Signalkabeln zwischen DUT und Merkurbox. Die Merkurbox dient als Schnittstelle zwischen DUTs und Test-Bench.
5. Das Montieren von VCE-Klemmen an die AC-Kontakte der DUTs.

Vor Beginn des Testablaufs benötigt die Test-Bench noch weitere Informationen zu den DUTs, Testsequenzen und der Hardware-Topologie. Diese Daten können über das Scannen von vorliegenden QR- oder Barcodes eingefügt werden. Alternativ können diese auch über ein Eingabefenster im Teststandprogramm eingetragen werden. Je nach Topologiekonfiguration kann auch ein zweiter Träger mit DUTs gescannt werden, Dies kommt bei dem Test, den das Unternehmen durchführt, nicht vor. [1]

Das eigentliche Testen mit den verschiedenen Testmodulen wird autonom durchgeführt. Im Unternehmen läuft der Test regulär wie folgt ab:

1. Durchführung des Driver Consumption Testes, um die Stromversorgung der Treiberplatine auf den Umrichter zu testen.

2. Durchführung des Pulse Testes im Modus Functional-Switching, dies prüft die Umrichter.
3. Durchführung des Power Testes, in den Berichten auch XPower Test genannt. Dieser Test simuliert die Belastung der Umrichter im Feld und überprüft, ob sich die Werte in einem bestimmten Toleranzbereich befinden.

Nach dem Durchlaufen eines Tests wird automatisch ein XML-Datenfile mit den erhobenen Messdaten generiert, die enthaltenen Messwerte und alle vorher bestimmten Einstellungen erstellt und in eine Datei eingefügt.

Bei der Demontage nach dem Testdurchlauf werden alle Schritte in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt.

2.2. Verarbeitung von XML-Daten

Dieses Kapitel behandelt einige Grundlegende und für die Arbeit relevante Aspekte von dem Dokumententyp Extensible Markup Language (XML), da die Messwerte bzw. die Berichte die der Teststand generiert in diesem Format vorliegen.

Bei XML handelt es sich um eine Auszeichnungssprache, also eine formale Sprache, die verwendet werden, um die Struktur und Darstellung von Daten oder Texten zu beschreiben [2]. XML wurde entwickelt, um Informationen in einem maschinenlesbaren und strukturierten Format zu speichern und zu übermitteln. Sie wird hauptsächlich in Bereichen wie Webdiensten, Datenbanken, Konfigurationsdateien eingesetzt. XML ermöglicht die hierarchische Organisation von Informationen in einem strukturierten Aufbau und kann sowohl für Menschen als auch für Maschinen interpretiert werden.

Das Grundkonzept hinter XML war, eine universelle einsetzbare und erweiterbare Sprache zu erschaffen, die von verschiedenen Systemen unabhängig von deren grundlegenden Technologieansatz genutzt werden kann. Hierbei war das angestrebte Ziel Daten in einem einheitlichen Standard zwischen verschiedenen Anwendungen und Plattformen zu speichern und auszutauschen zu können.

2.2.1. XML-Strukturaufbau

Eine XML-Datei beginnt mit Prolog, der die XML-Version und die verwendete Zeichencodierung definiert. In Abbildung 2 ist ein häufig genutzter Prolog dargestellt, der auch in den Teststand-Berichten genutzt wird. Die erste Zeile des Prologs ist die sogenannte XML-Deklaration. Die XML-Deklaration enthält häufig die Attribute `version` und `encoding`, jedoch nur das Attribut `version` ist Pflicht. Werden auch die anderen notiert, müssen sie in der angegebenen Reihenfolge deklariert werden. Attribut `version` Mit `version` wird die verwendete XML-Version angegeben. Das Attribut `encoding` gibt die im Dokument verwendete Zeichenkodierung an, d. h. mit welcher Codierung die Datei gespeichert wird. Fehlt die Angabe wird als Vorgabe UTF-8 (8-Bit Unicode Transformation Format) verwendet. Neben der XML-Deklaration können im Prolog auch noch Verarbeitungsanweisungen und Verweise auf eine Document Type Definition (DTD) deklariert werden, dies sind jedoch optional und für diese Arbeit nicht weiter relevant. [3, S. 8, 9]

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
```

Abbildung 2: XML Prolog Beispielcode

Quelle: eigene Darstellung

Der Hauptteil eines XML-Dokument besteht aus einer Reihe von Elementen, die durch Tags markiert sind. Für jedes Element gibt es ein Start- und ein EndTag, welches das Element beginnt und beendet. Ein Starttag kann beispielsweise „<NamedesTags>“ so aus, dann würde der dazugehörige Endtag „</NamedesTags>“ so aussehen. Der entscheidende Unterschied ist

hierbei der Schrägstrich beim Endtag. Der Name des Elementes wird durch den Inhalt der Keiler- und Großer-Zeichen bestimmt, bei diesem Beispiel wäre der Name „NamedesTags“. Elemente haben einen Inhalt der aus Text, weiteren Elementen oder aus beidem bestehen kann, wenn Elemente andere Elemente beinhalten werden Sie als Elterelemente und die enthaltenen Elemente oft Kindelemente bezeichnet. Diese Eigenschaft der Elementente sorg dafür das XML-Dateien einer hierarchischen Baumstruktur folgen. Hierbei wird das oberste Element als Wurzelement bezeichnet,im Englischen „root element“.[3, S. 10–14]

```
1 <buch>
2   <titel>XML-Grundlagen</titel>
3   <autor>Max Mustermann</autor>
4 </buch>
```

Abbildung 3: XML Elemente Beispielcode

Quelle: eigene Darstellung

Jedes Element kann neben Inhalt auch beliebig vielen Attributen ausgestattet sein, die zusätzliche Informationen enthalten. Attribute werden im Start-Tag eines Elements definiert, diese bestehen immer aus eine Attributnamen und einem Wert. Der Wert wird dabei mit Anführungszeichen deklariert, wie in Abbildung 4 gezeigt. [3, S. 10–14]

```
1 <buch genre="Lehrbuch">
2   <titel>XML-Grundlagen</titel>
3   <autor>Max Mustermann</autor>
4 </buch>
```

Abbildung 4: XML Attribute Beispielcode

Quelle: eigene Darstellung

Kommentare werden mit den Tags „<!--“ und „-->“ eingefügt und dienen der Dokumentation oder dem Hinweis auf bestimmte Teile des Codes [3, S. 10–14]. Dies ist für die automatisch generierten Berichte irrelevant, jedoch für das Beschreiben der Beispiele hilfreich. In Abbildung 3 und Abbildung 4 werde diese zur Beschreiben verwendet. Kommentare werden beim Parsen des Dokuments ignoriert, parsen und Paser werden nachfolgenden Kapitel behandelt.

2.2.2. Verarbeiten von XML-Dateien

In diesem Abschnitt wird eine Zusammenfassung der grundlegenden Methoden und Techniken gegeben, um XML-Dateien mithilfe verschiedener Tools unabhängig von der verwendeten Programmiersprache zu verarbeiten. Es wird beschrieben, wie man XML-Dateien analysiert, modifiziert und überprüft, um sie für verschiedene Zwecke einsatzbereit zu machen.

Der erste Schritt beim verarbeiten einer XML-Daten ist das Parsen. Hierbei wird die XML-Datei in ein Programm geladen und in ein Format umgewandelt, das das Programm interpretieren kann.

XML-Paser prüfen hierbei auch die XML-Daten auf Korrektheit, also ob die Voralien eingehalten werden und das Dokument vollständig ist. Dabei wird in nicht-validierte Parser und validierende Paser differenziert. Der Unterschied besteht dadrin, dass validierte Paser neben der korrekte Schachtelung und Bezeichnung der Strukturelemente wie die nicht-validierten Paser auch noch auf eine Vorgabe einer Dokumenttypdefinition oder eines Schemas prüfen.[3, S. 10]

Paser werden verwendet um eine Applikation über eine Application Programming Interface (API) eine Schnittstelle auf ein XML-Dokument zu geben. Bei APIs wird in diesem Bereich zwischen zwei Grundtypen unterschieden:[3, S. 405]

Die baumbasierten APIs lesen über den XML-Parser das XML-Dokument ein, parst es und erzeugt ein Modell als Baum von Knoten im Arbeitsspeicher. Auf Grunde der im XML-Dokument vorkommenden Informationseinheiten wird in verschiedene Knotentypen unterschieden. Das generierte Modell dient der Applikation für die weitere anwendungsspezifische Verarbeitung. Ein Beispiel für eine baumbasierte APIs ist Document Object Model (DOM).

DOMist Ein objektorientiertes Modell, das die Struktur eines XML-Dokuments abbildet. In der Baumstruktur wird das gesamte Dokument abgebildet, indem jedes Element, Attribut und jeder Text bzw. Inhalt als Knoten gilt. Das DOM hat den Vorteil, dass es das XML-Dokument vollständig im Arbeitsspeicher darstellt, was das Durchsuchen und Bearbeiten des Dokuments erleichtert. Zudem bittet es eine einfache Schnittstelle bereitstellt, um XML-Daten zu erreichen und zu verändern. Allerdings benötigt diese Herangehensweise viel Speicherplatz, da es das gesamte Dokument im Arbeitsspeicher ablegt, was bei großen XML-Dokumenten ein Problem darstellen kann.[3, S. 413, 414]

Die ereignisbasierten APIs lesen XML-Dokument sequenziell von begin durch ein und meldet während des Lesens jedes Ereignis durch sogenannte Callbacks an die aufrufende Applikation zurück. Ein Ereignis ist ein Signal, das Änderungen in dem Markup-Status anzeigt. Das Bedeutet Ereignisse treten bei Element-Tags, Zeichendaten, Kommentaren, Verarbeitungsanweisungen, sowie bei den Grenzen des Dokumentes auf. Der Parser sendet hierbei durch die Callbacks eine Mitteilung an die aufrufende Applikation, welche Ereignisse eingetreten sind. Das Programm, das den Parser aufgerufen hat, muss nun das Ereignis interpretieren und entsprechend reagieren. Das XML-Dokument wird hierbei nicht vollständig im Arbeitsspeicher gespeichert, sondern in Teilen gelesen und bearbeitet. Deshalb eignen sich ereignisbasierte APIs besonders gut für die Verarbeitung großer XML-Dateien, da dies für eine geringe Arbeitsspeicherbelastung sorgt. Trotz der Effizienz hinsichtlich des Speicherverbrauchs sind ereignisbasierte APIs für die Datenmanipulation nicht sonderlich gut geeignet. Es wird nämlich durch das Teilweise einlesen keine umfassende Dokumentstruktur wie beim aufgebaut Die baumbasierten APIs, welches die Manipulation bzw. bearbeitung erschwert. Ein Beispiel für eine große ereignisbasierte API ist Simple API for XML (SAX). Diese API abeitet nach dem oben beschriebenen Prinzip und wurde ursprünglich als Java-API entwickelt, inzwischen gibt es SAX auch für weiter Sprachen wie z. B. C++, Perl und Python.[3, S. 405]

Neben diesen beide großen Beispielen gibt es auch einige kleiner Anbieter mit abgewandelten Methoden, die jedoch in dem Umfang deutlich kleiner gehalten sind und weniger Funktionen

bitten. Ein Beispiel dafür wäre ElementTree. ElementTree ist eine unkomplizierte und minimalistische Python-Bibliothek, die für die Bearbeitung von XML genutzt wird. Sie präsentiert eine Baumstruktur, die das XML-Dokument effektiv darstellt und einfache Techniken zum Durchsuchen, Modifizieren und Erstellen von XML-Dokumenten bietet.[4]

2.3. Datenbankentwurf und Normalisierung

Datenbanken sind strukturierte Zusammenstellungen von Daten, die elektronisch gespeichert und verwaltet werden. Ihr Hauptziel ist es, große Datenmengen strukturiert zu speichern, den Zugriff zu optimieren und die Integrität der Daten zu gewährleisten. Datenbanken haben im Vergleich zu anderen Dateisystemen Mechanismen, die mehreren Benutzern die parallele Nutzung ermöglichen, sowie redundante Datenhaltung vermeiden und die effiziente Abfragen über spezielle Sprachen wie die Structured Query Language (SQL) ermöglichen.

Um den unterschiedlichen Anforderungen an Konsistenz, Flexibilität und Skalierbarkeit gerecht zu werden, ist es unerlässlich, bei der Entwicklung moderner Informationssysteme relationale Datenbanken, dokumentenbasierte Systeme oder hybride Modelle zu verwenden.

2.3.1. Datenbankstruktur

Die Struktur der Datenbank legt fest, wie das Datenbanksystem organisiert ist und wie die Datenelemente angeordnet sind. Das Grundprinzip relationaler Datenbanken sind im Grunde Tabellen und die Beziehungen zwischen diesen. Die Hauptbestandteile sind:

- Tabellen – das grundlegende Element, welches Daten in Zeilen (Tupeln) und Spalten (Attributen) strukturiert.
- Ein Datensatz in einer Tabelle wird durch Primärschlüssel (Primary Keys) eindeutig identifiziert.
- Schlüssel aus anderen Tabellen (Foreign Keys) Tabellenverknüpfung, um die referenzielle Integrität zu gewährleisten.
- Indizes: Datenstrukturen, die das Beschleunigen von Abfragen ermöglichen.
- Views: sie sind virtuelle Tabellen und beruhen auf den Ergebnissen von Abfragen.
- Constraints: Vorgaben zur Gewährleistung der Datenintegrität (z.B. Wertebereiche, Pflichtfelder oder Dopplungen).

2.3.2. Datenintegrität und Normalisierung

Ein methodischer Ansatz zur Reduzierung von Redundanzen und Anomalien ist die Normalisierung. Der Prozess erfolgt schrittweise durch die Normalformen, die durch Indizes (1NF, 2NF, 3NF, BCNF) definiert sind. Alle Normalformen haben spezifische Arten von Datenanomalien zum Ziel:

- 1. Normalform (1NF): Beseitigung mehrfacher Werte innerhalb einer Zelle; atomare Attribute.
- 2. Normalform (2NF): Beseitigung partieller Abhängigkeiten.

- 3. Normalform (3NF): Beseitigung transitiver Abhängigkeiten.

Die Gewährleistung, dass Daten korrekt, konsistent und vollständig sind, fällt unter das Konzept der Datenintegrität. Sie wird erzielt durch:

- Entity-Integrität (eindeutige Primärschlüssel).
- Referentielle Integrität (gültige Fremdschlüsselverweise).
- Domänenintegrität (gültige Wertebereiche und Datentypen).
- Entity-Integrität (eindeutige Primärschlüssel).
- Referentielle Integrität (gültige Fremdschlüsselverweise).
- Integrität der Domäne (gültige Wertebereiche und Datentypen).

2.3.3. Vorgehen zur Erstellung der Datenbank

Bei der Erstellung einer Datenbank sollte nach folgendem Schema vorgegangen werden. Bei diesem Schema gilt es, sowohl technische als auch konzeptionelle Aspekte zu berücksichtigen:

1. Anforderungsanalyse

Zuerst wird im Hinblick auf das Geschäftsumfeld bestimmt, welchen konkreten Zweck die Datenbank erfüllen soll. Hierbei ist die Zweckbestimmung entscheidend, da sie festlegt, welche Daten als relevant gelten. Der Konzeptvorschlag, der das Projektziel definiert und die Vorgehensweise umreißt, ist das Ergebnis.

- Festlegung der fachlichen und technischen Voraussetzungen.
- Bestimmung der relevanten Datenquellen und -formate.
- Definition von Integritäts- und Sicherheitsanforderungen.

2. Konzeptionelles Datenmodell

Es soll das geschäftliche Umfeld betrachtet werden. Die bestehenden Objekte (z.B. Reports mit Materialnummer, Datum, Version), deren Attribute sowie die Beziehungen und Einschränkungen zwischen diesen Objekten. Das Entity-Relationship-Modell (ERM) nach Chen oder das PrecisedERM (PERM) werden häufig zur Modellierung verwendet. Der konzeptionelle Entwurf ist die Grundlage für die nächste Phase und dient als Diskussionsgrundlage.

- Die Entwicklung eines Entity-Relationship-Modells (ERM), das die reale Welt in Entitäten, Attribute und Beziehungen abbildet.
- Die Einbeziehung von Kardinalitäten (1:1, 1:n, n:m).

3. Logisches Datenmodell

Der konzeptionelle Entwurf wird in einen logischen Entwurf umgewandelt, der die fachlichen Konzepte in ein datenbanktechnisches Format überführt. In der Regel kommt das Relationenmodell zum Einsatz, welches die Daten in Form von Tabellen organisiert. Transformationsregeln garantieren, dass Beziehungen und Integritätsbedingungen richtig umgesetzt werden.

- Transformation des konzeptionellen Modells in ein relationales Schema.
- Festlegung von Tabellen, Spalten (Attribute), Primärschlüsseln und Fremdschlüsseln.
- Definition von Datentypen und Zellenkonfigurationen (z.B. NOT NULL, UNIQUE, CHECK).

4. Physisches Datenmodell

Eine physische Datenbankstruktur wird durch SQL erstellt, basierend auf dem logischen Entwurf. Die konkrete Festlegung von Tabellen, Indizes, Constraints usw. erfolgt dabei durch Das System, das wir implementiert haben, wird immer wieder getestet und zusammen mit den Nutzerinnen auf fachliche Richtigkeit überprüft.

- Realisierung des logischen Modells in einer spezifischen Datenbankmanagementsoftware (z.B. MySQL, Mariadb oder Microsoft SQL Server).er).
- Die Verbesserung der Speicherstrukturen, der Indexierung und der Partitionierung.

5. Implementierung und Prüfung

Nach der erfolgreichen Umsetzung wird das System vom Kunden gemäß einem vorher festgelegten Abnahmeplan freigegeben. Ein Wartungsplan kümmert sich anschließend um die Betreuung, schult die Endbenutzer und überwacht die IT-Umgebung kontinuierlich.

- Den Aufbau der Tabellen und Relationen entsprechend dem Datenbankschema.
- Die Testdaten implementieren.
- Die Kontrolle der Funktionalität und Leistung.

2.4. Grundlagen der Datenvisualisierung

2.4.1. Begriff und Zielsetzung

Unter Datenvisualisierung wird die visuelle Aufbereitung von Daten verstanden, um Muster, Trends, Zusammenhänge oder Anomalien erkennbar zu machen. Sie stellt ein zentrales Hilfsmittel dar, um komplexe Informationen effizient zu kommunizieren und kognitive Verarbeitungsprozesse zu unterstützen[Shneiderman, 1996]. Durch die grafische Darstellung wird es dem Betrachter ermöglicht, große Datenmengen intuitiv zu erfassen, ohne ausschließlich auf numerische oder textuelle Formen angewiesen zu sein. Die Zielsetzung der Datenvisualisierung umfasst in der Regel drei Kernaspekte[Ware, 2021]:

1. Exploration: Unterstützung bei der Entdeckung neuer Zusammenhänge und Hypothesen.
2. Analyse: Erleichterung der detaillierten Untersuchung von Strukturen und Abhängigkeiten.
3. Kommunikation: Vermittlung von Ergebnissen an unterschiedliche Zielgruppen.

2.4.2. Theoretische Grundlagen

Die Grundlage wirksamer Datenvisualisierung liegt in der menschlichen Wahrnehmungspsychologie. Insbesondere die Gestaltungsgesetze (z.B. Gesetz der Nähe, Ähnlichkeit und Kontinuität) spielen eine zentrale Rolle, da sie bestimmen, wie Informationen visuell gruppiert und interpretiert werden[Wertheimer, 1923].

Zusätzlich beschreibt die Theorie der *kognitiven Belastung* (Cognitive Load Theory), dass Darstellungen so gestaltet werden sollten, dass sie die Arbeitsgedächtniskapazität nicht überlasten[Sweller, 1988].

Ein weiterer theoretischer Rahmen ist Shneidermans *Visual Information-Seeking Mantra*:

„Overview first, zoom and filter, then details-on-demand.“

Dieses Prinzip betont die Notwendigkeit einer schrittweisen Annäherung an Daten, um vom Gesamtüberblick bis hin zu spezifischen Details zu gelangen.

2.4.3. Formen der Datenvisualisierung

Datenvisualisierungen lassen sich in verschiedene Kategorien einteilen[Few, 2012]:

- Explorative Visualisierung: Interaktive Darstellungen, die zur Untersuchung und Hypothesengenerierung dienen.
- Explikative Visualisierung: Fokussierte, oft statische Darstellungen, die Ergebnisse gezielt kommunizieren.

- Interaktive Dashboards: Kombination mehrerer Visualisierungstypen, häufig für Monitoring und Entscheidungsunterstützung.

Je nach Datentyp und Analyseziel kommen unterschiedliche Diagrammformen und Techniken zum Einsatz:

- Zeitreihen: Liniendiagramme, Flächendiagramme
- Kategorische Daten: Balken- und Säulendiagramme
- Zusammenhänge: Streudiagramme, Blasendiagramme
- Verteilungen: Histogramme, Boxplots
- Hierarchien und Netzwerke: Baumdiagramme, Graphvisualisierungen

2.4.4. Qualitätskriterien

Eine gute Datenvisualisierung erfüllt folgende Kriterien[Tufte, 2001]:

- Klarheit: Vermeidung unnötiger grafischer Elemente („Chartjunk“)
- Genauigkeit: Wahrheitsgetreue Darstellung ohne Verzerrung von Skalen oder Proportionen
- Effizienz: Schnelle Erfassbarkeit der relevanten Information
- Ästhetik: Ansprechende Gestaltung zur Förderung der Akzeptanz
- Barrierefreiheit: Berücksichtigung farbsehschwacher Nutzer durch geeignete Farbpaletten

2.4.5. Technologische Aspekte

Mit dem Fortschritt moderner IT-Systeme haben sich leistungsfähige Werkzeuge und Bibliotheken für die Datenvisualisierung etabliert. Beispiele sind Matplotlib und Plotly im Python-Umfeld, D3.js im Webbereich sowie Business-Intelligence-Tools wie Tableau oder Microsoft Power BI.

In Webapplikationen ermöglichen interaktive Bibliotheken eine nahtlose Einbettung in Benutzeroberflächen, wodurch sowohl explorative als auch explikative Ziele unterstützt werden.

2.5. Anforderungen an modulare Softwareentwicklung

Die modulare Softwareentwicklung ist ein etabliertes Paradigma, das darauf abzielt, komplexe Softwaresysteme in klar abgegrenzte, wiederverwendbare und unabhängig voneinander entwickelbare Einheiten zu zerlegen. Ziel ist es, sowohl die Wartbarkeit, Erweiterbarkeit als auch die Qualität der Software zu erhöhen. Um diese Ziele zu erreichen, müssen spezifische Anforderungen an die Gestaltung und Umsetzung modularer Systeme beachtet werden.

2.5.1. Klare Modulabgrenzung und Verantwortlichkeiten

Ein Modul sollte eine klar definierte Aufgabe erfüllen und über eine eindeutig abgegrenzte Funktionalität verfügen. Diese Trennung wird in der Literatur häufig als *Separation of Concerns* (SoC) bezeichnet. Durch eine eindeutige Abgrenzung lassen sich Abhängigkeiten reduzieren, wodurch Änderungen in einem Modul nur minimale Auswirkungen auf andere Systemkomponenten haben.

2.5.2. Geringe Kopplung und hohe Kohäsion

Zwei zentrale Qualitätsmerkmale modularer Systeme sind niedrige Kopplung und hohe Kohäsion.

- Kohäsion beschreibt, wie eng die Elemente eines Moduls zusammenarbeiten, um eine spezifische Aufgabe zu erfüllen.
- Kopplung hingegen beschreibt den Grad der Abhängigkeit zwischen einzelnen Modulen. Ein hoher Kohäsionsgrad bei gleichzeitig niedriger Kopplung erleichtert sowohl die Wiederverwendung als auch die Wartung.

2.5.3. Einheitliche Schnittstellen

Module interagieren über klar definierte und stabile Schnittstellen. Diese sollten standardisiert, dokumentiert und möglichst unabhängig von internen Implementierungsdetails sein. Eine wohldefinierte API (Application Programming Interface) ermöglicht die parallele Entwicklung mehrerer Module und erleichtert zukünftige Erweiterungen.

2.5.4. Wiederverwendbarkeit

Ein wesentliches Ziel der Modularisierung ist die Wiederverwendbarkeit von Modulen in unterschiedlichen Projekten oder Kontexten. Wiederverwendbare Module reduzieren Entwicklungsaufwand, erhöhen die Konsistenz und tragen zur Qualitätssteigerung bei. Hierfür ist eine generische und konfigurierbare Implementierung erforderlich.

2.5.5. Erweiterbarkeit und Anpassungsfähigkeit

Modulare Software muss so konzipiert sein, dass neue Funktionen ohne weitreichende Änderungen am bestehenden System integriert werden können. Dieses Prinzip wird oft mit dem *Open/Closed Principle* aus den SOLID-Prinzipien beschrieben: „Software entities should be open for extension, but closed for modification“.

2.5.6. Testbarkeit

Durch die Abgrenzung von Modulen wird eine gezielte und unabhängige Prüfung einzelner Systemkomponenten möglich. Unit-Tests, Integrationstests und Mocking-Strategien profitieren stark von einer modularen Struktur. Testbare Module führen zu einer höheren Softwarequalität und geringeren Fehlerquoten im Betrieb.

2.5.7. Konsistenz und Standardisierung

Die Implementierung sollte einheitliche Konventionen in Bezug auf Namensgebung, Dokumentationsstandards und Code-Struktur aufweisen. Konsistenz erleichtert die Zusammenarbeit in Entwicklerteams und minimiert Missverständnisse.

2.5.8. Technologische Unabhängigkeit

Ein modularer Aufbau sollte es ermöglichen, einzelne Komponenten ohne tiefgreifende Änderungen an andere Plattformen, Technologien oder Bibliotheken anzupassen. Dies reduziert technologische Abhängigkeiten und verlängert die Lebensdauer der Software.

3. Analyse und Konzeption

3.1. Definition der Anforderungen

In diesem Unterkapitel sollen die gestellten Anforderungen der verschiedenen Parteien erläutert werden, diese werden in technische und Nutzeranforderungen aufgeteilt. Die technischen Anforderungen werden den Rahmen für die verwendete Hard- und Software bestimmen. Die Nutzeranforderungen beschreiben die Anforderungen der Verwenderinnen der Applikation, so wie der Teststand bedienenden Personen.

3.1.1. Technische Anforderungen

Die technischen Anforderungen wurden in einem Gespräch mit den nutzenden und leitenden Personen ausgearbeitet.

1. Die Web-Applikation soll auf einem Apache2 Server der Firma laufen.
2. Es wurde festgelegt, dass für die Frontendentwicklung bzw. das Erstellen der grafischen Oberfläche mit HTML und CSS durchgeführt werden soll.
3. Das Backend soll mit Python programmiert werden.
4. Für die Visualisierung der Daten als Diagramme soll JavaScript genutzt werden.
5. Als Webframework soll Flask verwendet werden, da es sehr minimalistisch und Python basiert ist.
6. Bezüglich der Geschwindigkeit und Leistungsstärke würden keine genauen Anforderungen definiert, die Applikation möglichst effizient arbeiten, es muss jedoch keine aktive Optimierung erfolgen so lange der Arbeitsfluss nicht stark behindert wird.

3.1.2. Nutzeranforderungen

Diese Anforderungen wurden zusammen mit den nutzenden Ingenieur/-in festgelegt.
ausgearbeitet.

1. Die Navigation zwischen den einzelnen Funktionen der Web-Applikation soll über eine Menüleiste erfolgen.
2. Das Einlesen soll möglichst flexibel in Bezug auf die Art des Einlesens sein, da sowohl alte Berichte als auch neue XML-Strukturen aus dem Teststand eingelesen werden können sollen. Zu einem späteren Zeitpunkt können weitere Einlese-Optionen nachträglich eingefügt werden.
3. Die eingelesenen Testberichte sollen tabellarisch ausgegeben werden. Die Tabelle soll nur wichtige Grundinformationen enthalten.

Das Stammelement heißt in allen automatisch generierten Berichten „test“ und besitzt immer das Attribut „id“. Die Zahl in diesem Attribut beschreibt die Art des DUTs.

Das Stammelement hat die Unter- bzw. Kinderelemente „info“, „testbench“, „string“ und dreimal „testmodule“. Diese Elemente haben wiederum alle weiter Unterelemente und Attribute.

Jedes der Elemente „testmodule“ hat ein Attribut „name“ durch welches Sie unterschieden werden können. Zudem hat das Element „string“ ein Namensattribut mit den Worten „test sequence status“. Der Inhalt dieses Elementes gibt an, ob der Test erfolgreich abgeschlossen wurde oder ob es ein Fehler bzw. Grenzüberschreitung eines Messwertes gab.

```
1  <test id="124">
2    <info>
11  <testbench>
17  <testmodule name="DriverConsumptionTest">
93  <testmodule name="PulseTest FSW L">
277 <testmodule name="XPowerTest">
470   <string name="test sequence status">Test sequence successfully finished.</string>
471 </test>
```

Abbildung 6: Beispiel XML-berichtstruktur der Elemente nach Stammelement
Quelle: [1, S. 7]

3.3. Datenbankdesign und Strukturkonzeption

3.4. Grundkonzept des Benutzeroberflächen-Design

3.5. Entwurf der Applikationsarchitektur

4. Implementierung

4.1. Einlesen und Verarbeiten von XML-Daten

4.2. Implementierung der Datenbank

4.3. Entwicklung der Benutzeroberfläche

4.4. Technische Details zur Visualisierung

5. Integration und Test

5.1. Einbindung in die bestehende Systemlandschaft

5.2. Testmethoden und Durchführung

5.3. Ergebnisse der Testmethoden

6. Fazit und Ausblick

6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

6.2. Kritische Bewertung

6.3. Möglichkeiten für zukünftige Erweiterungen

i. Literaturverzeichnis

Literatur

- [1] A. GmbH, *USTB DWT (XCT0006-1) Main Manual V1.0*, Aachen: AixControl GmbH, 2018.
- [2] P. D. G. Neumann, „Auszeichnungssprache,“ in *Gronau, Norbert ; Becker, Jörg ; Kliwer, Natalia ; Leimeister, Jan Marco ; Overhage, Sven (Herausgeber): Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik – Online-Lexikon*, [Online; Stand 18. August 2025], Berlin : GITO, 2019. Adresse: <https://wi-lex.de/index.php/lexikon/technologische-und-methodische-grundlagen/sprache/auszeichnungssprache/>.
- [3] M. Becher, „XML-Grundlagen,“ in *XML: DTD, XML-Schema, XPath, XQuery, XSL-FO, SAX, DOM*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022, ISBN: 978-3-658-35435-0. DOI: 10.1007/978-3-658-35435-0_1. Adresse: https://doi.org/10.1007/978-3-658-35435-0_1.
- [4] Python. „xml.etree.ElementTree — The ElementTree XML API.“ Adresse: <https://docs.python.org/3/library/xml.etree.elementtree.html#module-xml.etree.ElementTree>.

ii. Anhangsverzeichnis

iii. Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die von mir eingereichte Bachelor- / Masterarbeit ".....(Titel der Arbeit).....Belbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Ort und Datum

persönliche Unterschrift

(Name des Verfassers)