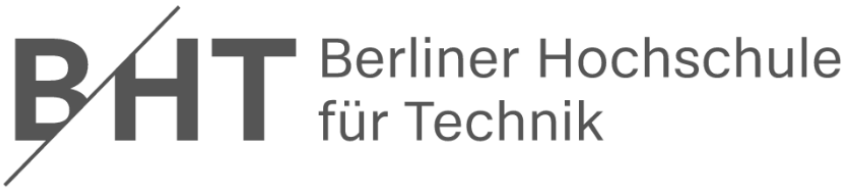


Thema:

Bereitstellung und Test der Software ‚Progress Monitor' zum Monitoring und zur Analyse von Dateikonvertierungen für den elektronischen Datenaustausch

Projektphase
Sommersemester 2023

Fachbereich I – Wirtschafts- und Gesellschaftswissenschaften
Studiengang B. Sc. Wirtschaftsinformatik Online

betreuender Dozent:	Prof. Dr. Ing. Alexander Huber
betrieblicher Betreuer:	Antje Galinsky
vorgelegt von:	Michael Wischniewski Matrikelnummer: 917983 Kemnitzer Chaussee 71 14542 Werder +49 151 22784419 E-Mail: s76826@bht-berlin.de
Abgabetermin:	11. September 2023

Sperrvermerk

Diese Arbeit enthält vertrauliche Daten der Softzoll GmbH & Co. KG. Eine Weitergabe der Arbeit im Ganzen oder in Teilen sowie das Anfertigen von Kopien (auch digital) sind grundsätzlich untersagt. Ausnahmen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Softzoll GmbH & Co. KG
Abteilung: Software Entwicklung und Integration
Kurfürstenstr. 112
10787 Berlin
Telefon: +49 (0)30 210023-50
E-Mail: info@softzoll.de
Website: https://www.softzoll.de

Berlin, den 03. September 2023

Danksagung

Im Rahmen meines Praktikums konnte ich viele Erfahrungen im Projektmanagement und in der Softwareentwicklung sammeln und die im Studium angeeigneten Kenntnisse in einem realen Projekt anwenden.

Ohne die Expertise und Unterstützung durch die Unternehmensleitung und Mitarbeitenden des Unternehmens hätte ich diese Arbeit nicht in guter Qualität erstellen können.

Mein besonderer Dank gilt der Projektleitung und dem Kollegium der Abteilung ‚Softwareentwicklung', die mich im Projekt in allen Belangen mit viel Geduld unterstützten. Insbesondere die enge Zusammenarbeit mit den Mitarbeitenden der Abteilung ‚Softwareentwicklung' war meiner Ansicht nach ein wichtiger Faktor für die erfolgreiche und termingerechte Umsetzung des Projekts.

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen und Akronyme

API	Application Programming Interface
AS2	Applicability Statement 2
BPMN	Business Process Model and Notation
CD	Continuous Deployment
CI	Continuous Integration
CM	Change Management
CSS	Cascading Style Sheets
CSV	Comma Separated Value
DevOps	Development and IT Operations
EDI	Electronic Data Interchange
EDIFACT	Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport
ERP	Enterprise Resource Planning
ETL	Extract Transform Load
Ewk	Eintrittswahrscheinlichkeit
FF	Fix Format
FTP	File Transfer Protocol
GUI	Graphical User Interface
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
IDE	Integrated Development Environment
IDoc	Intermediate Document
JDBC	Java Database Connectivity
JDE	JD Edwards
JDK	Java Development Kit
JRE	Java Runtime Environment
KVP	kontinuierlicher Verbesserungsprozess
OFTP	Odette File Transfer Protocol
RC	Release Candidate
RDBMS	Relational Database Management System
RE	Requirements Engineering
RM	Requirements Management
PDF	Portable Document Format
SAP	Systeme Anwendungen und Produkt
SFTP	Secure File Transfer Protocol
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SQL	Structured Query Language
SVN	Subversion
TRC	Tradacoms
WWW	World Wide Web
X12	ANSI X12
XML	Extensible Markup Language

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Definition der Begriffe

Für das Verständnis der Arbeit und die richtige semantische Einordnung der Fachbegriffe werden diese folgend definiert.

Apache Tomcat
Apache Tomcat® ist eine Open Source Software und stellt die Dienste eines World-Wide-Web-Servers zur Verfügung (Vgl. Alpar et al., (2023), S. 537).

Application Programming Interface
Über ein Application Programming Interface (API) werden andere Programme an ein Softwaresystem angebunden, um die Systemfunktionen diesen Programmen zur Verfügung zu stellen (Vgl. Kaufmann & Mülder, (2023), S. 241). Das API fungiert somit als Schnittstelle, die alle relevanten Informationen über das Zusammenwirken des Systems mit seiner Umgebung beschreibt (Vgl. Broy, (2023), S. 180).

Business Process Management and Notation
Business Process Management and Notation (BPMN) ist eine Notation zur Modellierung von Geschäftsprozessen und dient der Analyse und Dokumentation dieser. Über grafische Symbole lassen sich komplexe Geschäftsprozesse übersichtlich darstellen (Vgl. Kaufmann & Mülder, (2023), S. 316, 322).

Cascading Stylesheets
Mittels Cascading Stylesheets (CSS) lässt sich das Layout von HTML-Seiten, wie z. B. der Hintergrund, die Schrift- und Absatzformatierung etc. gestalten. CSS ermöglicht die gleichen Styleinformationen für alle Seiten einer Website zu bestimmen, ohne dass einzelne Seiten angepasst werden müssen. (Vgl. Kaufmann & Mülder, (2023), S. 224 f.).

Change Management
Im Change Management (CM) werden nach Eintreten einer Veränderung in den Geschäftsprozessen oder in den Anforderungen alle Maßnahmen, die für die Berücksichtigung der Veränderung notwendig sind, kontrolliert eingeleitet sowie schnell und effektiv durchgeführt (Vgl. Scheer et al., (2003), S. 5).

Continuous Delivery
Unter Continuous Delivery (CD) wird in der Softwareentwicklung die kontinuierliche automatisierte Software-Auslieferung mittels der ‚Delivery Pipeline' verstanden (Vgl. Alt et al., (2017), S. 27).

Continuous Integration

Continuous Integration (CI) verfolgt das Konzept, Änderungen am Quellcode bzw. Entwicklungsfortschritte von einzelnen Entwicklern eines Teams schnell zusammenzuführen und zu testen. Dadurch werden Fehler frühzeitig erkannt und Softwareprototypen (funktionsfähige Software) in kurzer Zeit entwickelt (Vgl. Alt et al., (2017), S. 29).

Development and IT Operations (DevOps)

Der Begriff ‚DevOps' setzt sich aus den Worten ‚Development' und ‚IT Operations' zusammen und betont dabei die Zusammenarbeit dieser beiden Bereiche. Dabei werden die Geschäftsprozesse eingeschlossen und der Kundennutzen in den Mittelpunkt gestellt (Vgl. Halstenberg et al., (2020), S. 1). ‚Development' (Entwicklung) und ‚IT Operations' (IT-Betrieb) sind eigenständige funktionale Organisationseinheiten im IT-Bereich mit unterschiedlichen Zielsetzungen (Vgl. Alt et al., (2017), S. 23). Beim DevOps-Ansatz wird auf die ganzheitliche Zusammenarbeit zwischen der Softwareentwicklung, dem IT-Betrieb und den Geschäftsprozessen fokussiert (Vgl. Halstenberg et al., (2020), S. 1).

Electronic Data Interchange

Electronic Data Interchange (EDI) ist der elektronische Austausch von Geschäftsdokumenten in einem standardisierten Datenformat zwischen verschiedenen Anwendungssystemen (Vgl. Kaufmann & Mülder, (2023), S. 99).

Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport

Unter Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport (EDIFACT) wird ein einheitliches Regelwerk für den elektronischen Geschäftsverkehr verstanden. Dieses bezieht sich ausschließlich auf strukturierte Daten (Vgl. Kaufmann & Mülder, (2023), S. 99).

Extract-Transform-Load

Die Übernahme des operativen Datenbestands in den analytischen Datenbestand eines Data Warehouse bzw. eines Relational Database Management System (RDBMS) wird als Extract Transform Load (ETL) bezeichnet (Vgl. Kaufmann & Mülder, (2023), S. 380).

Hypertext Markup Language

Mittels der standardisierten Auszeichnungssprache Hypertext Markup Language (HTML) lassen sich Informationen einer Webseite in einer formatierten und strukturierten Ausgabe präsentieren (Vgl. Kaufmann & Mülder, (2023), S. 216).

Integrated Development Environment
Eine Integrated Development Environment (IDE) ist eine Sammlung von verschiedenen Werkzeugen wie Editor, Compiler, Interpreter, Debugger, welche für die Softwareentwicklung genutzt werden (Vgl. Kaufmann & Mülder, (2023), S. 503).

Java Database Connectivity
Java Database Connectivity (JDBC) ist ein API zum Zugriff auf tabellarische Daten, insbesondere auf Daten in einem Relational Database Management System (RDBMS) (Vgl. ORACLE, (2023)).

MySQL
Die Open-Source-Software MySQL stellt sämtliche Funktionalitäten eines Relational Database Management System (RDBMS) zur Verfügung (Vgl. Burnus, (2008), S. 81).

Open Source
Die präzise Bezeichnung ist ‚Open-Source-Software' und bezieht sich auf Software, deren Quellcode (Sourcecode) öffentlich zugänglich ist. Open-Source-Software darf ergänzt oder erweitert sowie kopiert und weitergegeben werden (Vgl. Kaufmann & Mülder, (2023), S. 283).

Release Candidate
Ein Software-Release ist ein (Software-)Produkt, das an den Kunden ausgeliefert wird. Release Candidate (RC) bezeichnet eine Softwareversion, die zur Auslieferung vorgesehen ist, aber noch nicht für den (End-)Anwender bereitgestellt wurde (Vgl. Kusay-Merkle, (2018), S. 292).

Relational Database Management System
In einem Relational Database Management System (RDBMS) werden die Daten in zueinander in Relation stehenden Tabellen gespeichert (Vgl. Meier, (2010), S. 6).

Requirements Engineering
Das Requirements Engineering (RE) beinhaltet alle Tätigkeiten, die zur Erhebung und Analyse sowie dem Verständnis und zur Dokumentation der Anforderungen erforderlich sind (Vgl. Valentini et al., (2013), S. 9).

Requirements Management
Zum Requirements Management (RM) gehören alle für die Verwaltung und Bereitstellung und die Kommunikation von Anforderungen erforderlichen Tätigkeiten (Vgl. Valentini et al., (2013), S. 9).

Repository
Eine Bibliothek zur Verwaltung von Programmcode wird Repository genannt (Vgl. Kaufmann & Mülder, (2023), S. 502).

Stakeholder
Stakeholder sind Personen oder Personengruppen, die am Projekt interessiert oder beteiligt oder vom Projekt betroffen sind bzw. das Projekt beeinflussen können (Vgl. Timinger, (2015), S. 314 f.).

Subversion
Subversion (SVN) ist ein Versionsverwaltungsprogramm, das eine Repository-Plattform für Programmierer zur Verfügung stellt, um gemeinsam an einem Softwareprojekt zu arbeiten (Vgl. Carle et al., (2013), S. 1).

Testinfrastruktur
Zur Testinfrastruktur gehören alle organisatorischen Elemente wie z. B. Testumgebung, Testwerkzeuge, Büroräume, Testverfahren, die für die Durchführung von Softwaretests erforderlich sind (Vgl. Droste & Merz, (2019), S. 227).

Validierung (Validation)
Die Validierung (Validation) ist die Eignungsprüfung einer Systemkomponente bezogen auf ihren Einsatzzweck (Vgl. Alpar et al., (2023), S. 395).

Verifikation (Verification)
Das Überprüfen der Übereinstimmung einer Systemkomponente mit ihrer Spezifikation wird als Verifikation (Verification) bezeichnet (Vgl. Alpar et al., (2023), S. 398).

Vorgehensmodell
Das Vorgehensmodell umfasst alle Aktivitäten und deren Reihenfolge, die zur Durchführung eines Projektes erforderlich sind (Vgl. Aichele & Schönberger, (2014), S. 138).

Workflow
In einem Workflow werden die zeitlichen, fachlichen und ressourcenbezogenen Spezifikationen für eine automatische Steuerung der Aufgaben in einem Geschäftsprozess definiert (Vgl. Gehring & Gabriel, (2022), S. 667 f.).

Workflow-Management-System

Die Aufgaben und Arbeitsschritte eines Workflows werden in einem Workflow-Management-System (WFMS) automatisiert und gesteuert. Voraussetzung für die automatisierte Steuerung ist, dass die Aufgaben und Arbeitsschritte (Teilprozesse) strukturiert sind (Vgl. Gehring & Gabriel, (2022), S. 394).

World Wide Web

Das World Wide Web (WWW) ist ein verteiltes Informationssystem und stellt Dienste für die Übertragung von Webseiten über das Hypertext Transfer Protocol (HTTP) zur Verfügung (Vgl. Kaufmann & Mülder, (2023), S. 214 f.).

World-Wide-Web-Server

Ein World-Wide-Web-Server (WWW-Server) ist eine Software, die Anfragen über das HTTP-Protokoll empfängt und beantwortet (Vgl. Alpar et al., (2023), S. 537).

1 Einleitung

Im Rahmen der Projektphase des Bachelor Studiengangs ‚Wirtschaftsinformatik Online' an der ‚Berliner Hochschule für Technik' wurde das Projekt zur Entwicklung sowie zur Bereitstellung und zum Test der Software ‚Progress Monitor' im Unternehmen Softzoll GmbH & Co. KG (Softzoll) durchgeführt.

Das operative Geschäft des Unternehmens besteht unter anderem in der Erbringung von Dienstleistungen im elektronischen Datenaustausch (EDI) und der damit verbundenen Datenkonvertierung. Zur Umsetzung der Konvertierung und des Datenaustausches werden die damit verbundenen Arbeitsschritte über Workflows in einem Workflow-Management-System (WFMS) organisiert und automatisiert. Für die Datenkonvertierung, den Nachrichtenaustausch und das WFMS kommen von Softzoll selbstentwickelte Softwarekomponenten zum Einsatz.

Zur Festigung bzw. zum Ausbau der Marktposition und der Wettbewerbsvorteile muss jedes Unternehmen in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) die Produktqualität sowie die technischen und organisatorischen Prozesse im Unternehmen überprüfen und durch stetige Veränderungen verbessern (Vgl. Kirner et al., (2006), S. 2). Dazu gehört auch das Qualitätsmanagement, das sicherstellt, dass die Produktqualität erhalten bleibt oder verbessert wird (Vgl. Bechmann & Landerer, (2010), S. 9 ff.).

Als Teil des Qualitätsmanagements wurde im Unternehmen die Software ‚Progress Monitor' entwickelt und eingeführt, um zukünftig die Verifikation der Datenkonvertierung zu ermöglichen.

Folgende Arbeit dokumentiert die Durchführung des Projekts anhand der Projektphasen des Wasserfallmodells. Dabei stehen die Bereitstellung der Software und die dafür notwendigen Systemtests im Vordergrund der Arbeit.

2 Methodik

Ein Projekt ist gemäß DIN 69901-5 ein neu- und einzigartiges Vorhaben, dass wesentlich durch die Einmaligkeit der Bedingungen geprägt ist. Kernaspekt ist hierbei die Erreichung eines konkreten Ziels mit begrenzten zeitlichen, finanziellen und personellen Ressourcen. Die Bearbeitung der komplexen Aufgaben im Projekt erfordert eine methodische Projektorganisation (Vgl. Alam & Gühl, (2020), S. 2).

Entwicklung, Integration, Bereitstellung und Tests der Software ‚Progress Monitor' erfolgten nach einer standardisierten Methodik des Projektmanagements, die es ermöglichte, das Projektziel mit den für das Projekt begrenzten Ressourcen termingerecht zu erfüllen. Folgend wird die im Projektmanagement angewandte Methodik beschrieben.

Nach TIMINGER lassen sich im Projektmanagement je nach Anforderung verschiedene Arten von Vorgehensmodellen anwenden. Zum einen gibt es eine Differenzierung bezüglich des Einsatzbereiches. Eine weitere Unterscheidung besteht in der Art der Projektdurchführung. Hier wird in sequenzielle, nebenläufige, wiederholende und agile Vorgehensmodelle sowie in wiederverwendungsorientierte Vorgehensmodelle unterschieden. Beim sequenziellen Vorgehen wird das Projekt in einzelnen Phasen unterteilt, die nacheinander abgearbeitet werden. Jede Phase muss abgeschlossen sein, bevor die folgende Phase begonnen wird. Das Wasserfallmodell ist eines der bekanntesten sequenziellen Vorgehensmodelle. Es beinhaltet die Phasen:

- Anforderungsphase
- Analysephase
- Entwurfsphase / Spezifikation
- Implementierungsphase
- Testphase
- Transferphase

Dieses Vorgehensmodell ermöglicht während des Projektverlaufs den Rücksprung in eine vorausgegangene Phase (Vgl. Timinger, (2015), S. 65 ff.).

In diesem Projekt wurde das Projektmanagement nach dem Wasserfallmodell realisiert.

3 Analyse der Anforderungen und Projektrisiken

3.1 Anforderungsanalyse

Die Anforderungsanalyse (Requirements Engineering) ist eine notwendige Grundlage für die Entwicklung von IT-Systemen. Nach HERMANN kann kein anforderungsgerechtes IT-System ohne Erhebung der Anforderungen erstellt werden (Vgl. Herrmann, (2022), S. 14). Erst die präzise Beschreibung der zu erfüllenden Anforderungen ermöglicht die Erfüllung der Benutzeranforderungen und die Erreichung des Projektziels im geplanten Kostenrahmen und Zeitraum (Vgl. Herrmann, (2022), S. 16 ff.).

Als innovative Technik in der Prozess- und Anforderungsanalyse hat sich das Story-Mapping etabliert. Darin werden unter Beteiligung aller Stakeholder die Anforderungen der Benutzer in User Stories erfasst (Vgl. Herrmann, (2022), S. 123). Formulierte Anforderungen in den User Stories werden im weiteren Verlauf mit dem Kunden diskutiert bis für den Kunden und den Auftragnehmer ein einheitliches Verständnis und eine Einigung über jede einzelne Anforderung besteht (Vgl. Herrmann, (2022), S. 123). Die Abbildung ‚Abb. 3.1' zeigt einen Auszug aus der in diesem Projekt erstellten User Story Map.

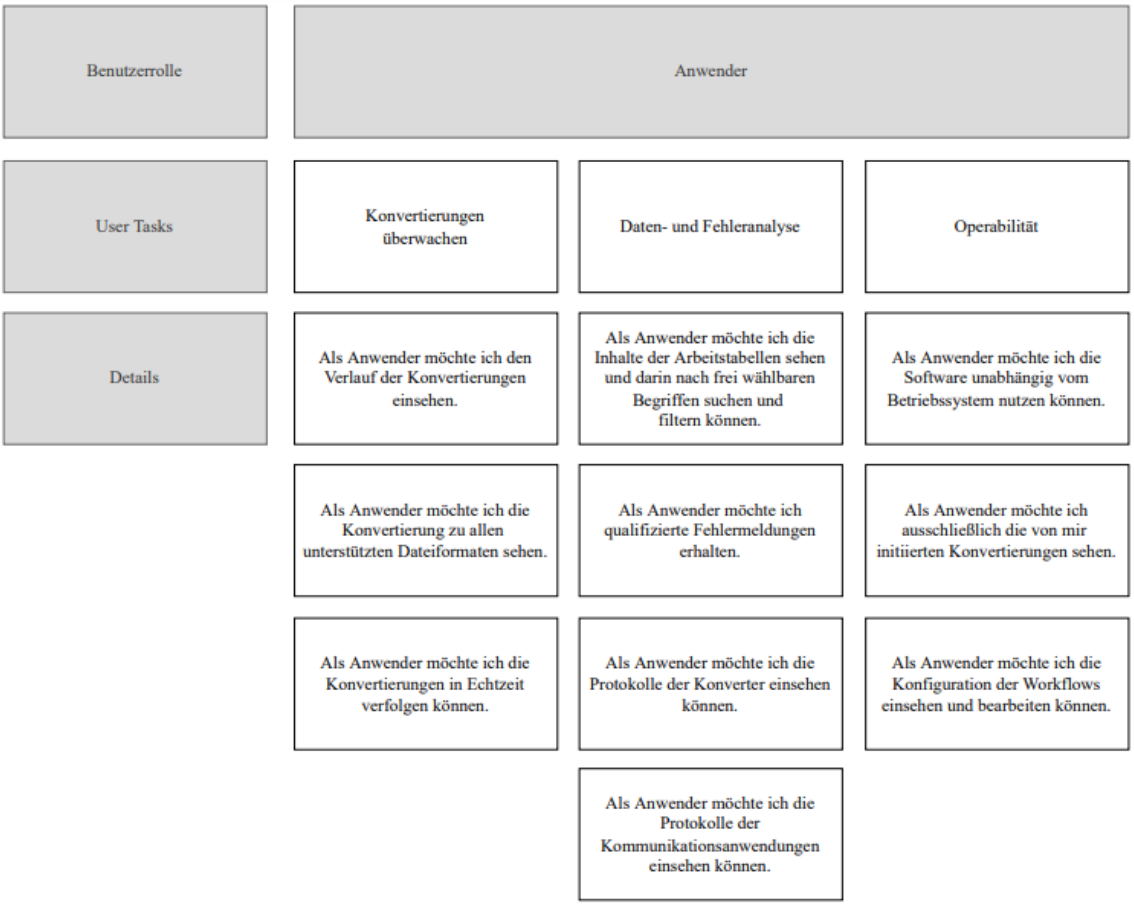


Abb. 3.1: Ein Auszug aus der User Story Map

In der Anforderungsanalyse erfolgt ferner eine Differenzierung der Anforderungen in funktionale und nicht funktionale Anforderungen (Vgl. Herrmann, (2022), S. 37).

Die Entwicklung des ‚Progress Monitor' beruhte auf den im Requirements Engineering erhobenen Anforderungen. Darin waren die Plattformunabhängigkeit, die Darstellung des Verlaufs der Konvertierungen in Echtzeit und eine aussagefähige Fehlerausgabe sowie nachvollziehbare Fehlerberichte wesentliche Vorgaben für die Softwareentwicklung.

In der Tabelle ‚Tab. A.1' aus dem Anhang A sind die in der Anforderungsanalyse identifizierten Anforderungen übersichtlich zusammengefasst.

3.2 Risikoanalyse

Aus den typischen Merkmalen eines Projekts - wie hohe Komplexität, festgelegter Umfang, Interdisziplinarität und Einmaligkeit sowie zeitliche und finanzielle Einschränkungen - resultieren verschiedene Risiken in der Projektdurchführung (Vgl. Wack, (2007), S. 5). Daher gehören die kontinuierliche Identifikation und Bewertung der Projektrisiken und die Planung von geeigneten Maßnahmen, um auf die Risiken zu reagieren, zu den wesentlichen Aufgaben in der Risikoanalyse (Vgl. Wack, (2007), S. 42). Zur Festlegung von Maßnahmen bei Eintritt eines Risikofalls sind die Risiken hinsichtlich ihres Schadensausmaßes, der Eintrittswahrscheinlichkeit (Ewk) und der Auswirkung zu bewerten. Anhand dieser Analyse wird für jedes identifizierte Risiko entschieden, in welchem Umfang Maßnahmen entwickelt werden (Vgl. Wack, (2007), S. 29 ff.).

In diesem Projekt wurden die Risiken kontinuierlich identifiziert, analysiert und bewertet sowie geeignete Maßnahmen zur Reduzierung des Schadensausmaßes festgelegt. Zu den im Projektverlauf identifizierten Risiken mit großem Risikopotential gehörten u. a. ein fehlerhaftes Projektmanagement, eine unpräzise Zielformulierung und ein unklarer Projektumfang, Fehler in der Anforderungserhebung und sich im Projekt ändernde Anforderungen sowie fehlende Personalressourcen. Die Bewertung der Risiken und die Entwicklung angemessener Maßnahmen sollten ungeplante Kosten, eine Verzögerung im Projektverlauf oder gar den Abbruch des Projekts verhindern.

Einen Auszug aus dem Risikokatalog enthält die im Anhang B beigefügte Tabelle ‚Tab. B.1'.

4 Projektbegründung und Projektziel

Vor dem eigentlichen Start des Projekts erfolgte die Abgrenzung des Untersuchungs- und Aufgabenbereichs und die Identifizierung der Probleme, anhand derer das Projektziel und der Projektumfang definiert wurden.

Konvertierungen konnten vor der Entwicklung des ‚Progress Monitor' nicht überwacht werden. Fehler in den Konvertierungen blieben entweder unerkannt oder wurden zu spät bemerkt. Die Fehleranalyse und der Support beanspruchten viel Zeit und Personal. Zur Projektbegründung wurde eine Kosten-Nutzen-Analyse erstellt. Diese zeigte deutlich, dass der durch die Software erzielbare Nutzen größer ist als die Projekt-Aufwendungen. In der Kosten-Nutzen-Analyse wurden für ein Jahr der zeitliche Aufwand, welcher durch Nacharbeiten und Analysetätigkeiten entsteht mit dem durchschnittlichen Brutto-Stundensatz der Mitarbeitenden multipliziert. Dabei waren in dieser Erhebung noch keine Folgekosten, wie entgangener Umsatz, Beeinträchtigung der Reputation des Unternehmens oder gar Strafzahlungen inkludiert, da diese kaum zu bemessen sind. Die Einsparung dieser Kosten wurden in der Kosten-Nutzen-Analyse als Nutzen festgehalten. Im Vergleich dazu wurden die kalkulierten Gesamtkosten des Projekts zuzüglich eines 10-prozentigen Sicherheitszuschlags gegenübergestellt. Der ermittelte Nutzen war deutlich größer als der Projektaufwand. In der Problemanalyse zeigte sich auch, dass die fehlende Überwachung der Konvertierung zu wiederkehrenden Unterbrechungen des Arbeitsflusses führte.

Das Ziel des unternehmensinternen Projekts war die Entwicklung der Software ‚Progress Monitor', die der Überwachung der Datenkonvertierung, der Fehleranalyse und dem Support diente.

Der Projektumfang beschränkte sich auf die Entwicklung der Software, welche die Konvertierungen zu allen verwendeten Datenkonvertern überwachen und in der Konvertierung auftretende Fehler dokumentieren soll. Das Projektmanagement umfasste die Projektvorbereitung, die Projektorganisation und die Projektsteuerung. Zur Projektdurchführung gehörten die Anforderungs- und Risikoanalyse, die Erhebung der Ist-Situation und das Erstellen des Soll-Konzepts mit den Spezifikationen und Entwurfsentscheidungen sowie die Implementierung, Tests und Bereitstellung der Software.

An dem Projekt beteiligte Stakeholder waren die Mitarbeitenden der Funktionsbereiche ‚Geschäftsleitung', ‚Change- und Qualitätsmanagement', ‚Controlling' und ‚Softwareentwicklung' als Verantwortliche für die Projektdurchführung im Unternehmen sowie die Mitarbeitenden der Abteilung ‚EDI-Projektmanagement' als unternehmensinterne Kunden.

5 Ist-Analyse

Während der Ist-Analyse gilt es, die für den Untersuchungsbereich relevanten Geschäftsprozesse und bestehende IT-Systeme sowie die Schnittstellen zu diesen Systemen zu identifizieren und zu analysieren (Vgl. Krallmann et al., (2013). S. 3 f.).

Folgend werden die Ausgangssituation und die Prozesse zur Daten-Konvertierung bei der Softzoll beschrieben.

Vor der Projektdurchführung konnte keine Software zur Überwachung der Datenkonvertierung genutzt werden. Fehler in der Software, in den Konfigurationen und in der für die Konvertierung implementierten Logik wurden nicht rechtzeitig erkannt. Die Fehleranalysen sowie der Support beanspruchten viel Arbeitszeit und personelle Ressourcen.

Zum Verständnis der Umsetzung und der daran anschließenden Tests folgt eine kurze Beschreibung der Datenkonvertierung.

Die Datenkonvertierung basiert auf dem Extract-Transform-Load-Ansatz (ETL). ETL ist ein dreistufiger Prozess, in welchem die Daten aus einer Datenquelle (in der Regel eine Datei) in eine Datenbank extrahiert, anschließend transformiert und im letzten Schritt in ein Datenobjekt (in der Regel eine Datei) geschrieben (geladen) werden. Im Transformationsprozess erfolgt die Aufbereitung der Daten durch Transformationsregeln entsprechend der durch den Geschäftsprozess spezifizierten Anforderungen. Dabei werden Daten entfernt oder um zusätzliche Informationen angereichert, Datums- oder Zahlenwerte formatiert, Werte berechnet, Daten normalisiert, fehlende Einheiten ergänzt oder Einheiten umgerechnet (Vgl. Kaufmann & Mülder, (2023), S. 380 f.).

Die bei der Softzoll angewandten Konvertierungsprozesse bestehen aus mehreren Teilprozessen, die eine bestimmte Funktion erfüllen wie beispielsweise den Nachrichtenaustausch, die Datenextraktion und Datentransformation, das Schreiben der Daten in ein Datenobjekt und die Überwachung des IT-Systems. In jedem Teilprozess werden die Aufgaben über eine dedizierte Softwarekomponente bearbeitet. Das erleichtert die Entwicklung neuer Funktionalitäten, da diese spezifisch für einen bestimmten Teilprozess entwickelt werden können. Ferner hat ein Fehler in einer Konvertierung keine Auswirkungen auf andere Konvertierungen.

Die Konvertierungen basieren auf Workflows (automatisierten Geschäftsprozessen). Jeder Workflow ist mit einem Anwendungsfall (Use Case) verknüpft. Im Use Case ist definiert, welche Geschäftspartner welche Art von Daten austauschen. Daraus resultiert, dass für jeden Anwendungsfall (Use Case) genau ein Workflow eingerichtet ist.

Der Ablauf der Konvertierung stellt sich wie folgt dar:

Die Daten werden mittels eines Kommunikationsprogramms, Kommunikationsdispatcher genannt, an einen Daten-Konverter gesandt. Für die Kommunikation werden verschiedene Kommunikationsprotokolle unterstützt. Dabei kommt für jedes unterstützte Protokoll ein dedizierter Kommunikationsdispatcher zur Anwendung. Ein für die Workflowzuordnung zuständiger Prozess liest aus den empfangenen Daten ein bestimmtes Datenmuster aus. Über eine für jede Datenstruktur definierte Konfiguration wird gesteuert, an welcher Position das Datenmuster aus den Daten auszulesen ist. Anhand von im Workflow hinterlegten Parametern wird durch Vergleich des Datenmusters mit den Workflowparametern genau ein Workflow identifiziert. Über die Workfloweinstellungen wird der für die Extraktion erforderliche Datenkonverter bestimmt. Hierbei kommt für jede Datenstruktur ein dedizierter Konverter zur Anwendung. So wird zum Beispiel zur Konvertierung von XML-Dateien ein anderer Konverter genutzt als bei der Konvertierung von CSV-Dateien. Der Transformationsprozess wird durch Transformationsregeln realisiert. Mit dem Schreiben der transformierten Daten in ein Datenobjekt (Load-Prozess) wird die Konvertierung abgeschlossen. Wie beim Einlesen der Daten wird auch für das Schreiben für jede Datenstruktur ein bestimmter und im Workflow eingetragener Datenkonverter genutzt. Die in der Konvertierung erstellte Datei wird anschließend über einen Kommunikationsdispatcher an den Nachrichtenempfänger gesandt. Auch für den Nachrichtenversand werden verschiedene Protokolle genutzt.

In der im Anhang C beigefügten Tabelle ‚Tab. C.1‘ können die unterstützten Datenformate und Kommunikationsprotokolle eingesehen werden.

Der zur Datenkonvertierung beschriebene Ablauf wird in der Abbildung ‚Abb. 5.1‘ veranschaulicht. Dieser Geschäftsprozess wurde nach dem Modellierungsstandard ‚Business Process Model and Notation‘ (BPMN) modelliert.

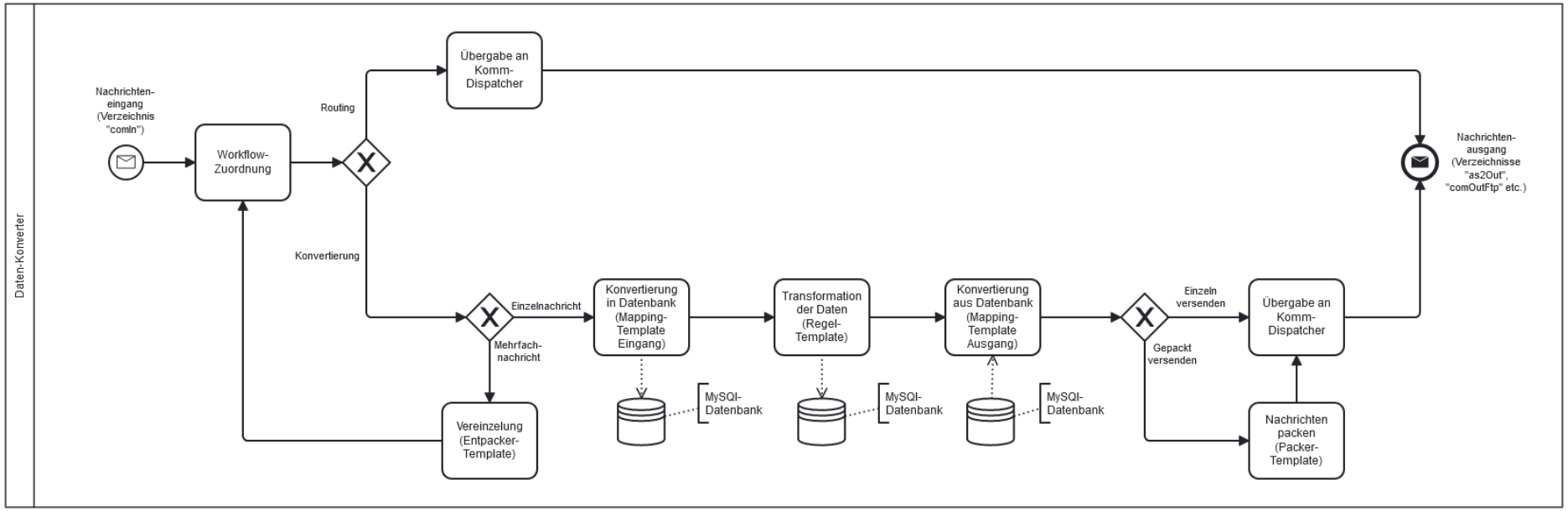


Abb. 5.1: Das BPMN-Diagramm zum Prozess ‚Datenkonvertierung‘

Mit der Betrachtung der Geschäftsprozesse wurden auch die zum Untersuchungsbereich gehörenden Systemkomponenten erfasst und in einem Komponentendiagramm visualisiert.

Das Komponentendiagramm zu den identifizierten Systemkomponenten ist in der Abbildung ‚Abb. D.1‘ des Anhangs D dargestellt. Eine detaillierte Aufschlüsselung aller Systemkomponenten enthält die Tabelle ‚Tab. D.1‘ im Anhang D.

6 Spezifikation und Entwurf (Soll-Konzept)

In der Entwurfsphase werden die in der Anforderungsanalyse identifizierten Anforderungen in einem Lösungskonzept (Soll-Konzept) umgesetzt. Die Ergebnisse der Entwurfsphase sind zum Beispiel das Lastenheft und die Systemspezifikation. Darin werden die Eigenschaften der zu entwickelnden Software beschrieben und im weiteren Verlauf systematisch konkretisiert. Die Umsetzung der Ergebnisse aus der Systemspezifikation erfolgt in den Entwurfsentscheidungen (Vgl. Beifuss & Holzbaur, (2020), S. 72).

In den Entwurfsentscheidungen sind unter anderem die Gestaltung der Benutzerschnittstelle (Graphical User Interface (GUI)), die Programmiersprache, das Datenbanksystem, mögliche Verteilungskonzepte und die Komponentenwiederverwendung zu berücksichtigen. Die in der Phase des Entwurfs erstellten Entwurfsmodelle dienen als Vorgabe für die Implementierung und müssen in der Implementierung eine signifikante Verfeinerung des Entwurfs ermöglichen (Vgl. Alpar et al., (2023), S. 458).

Im Projekt wurden während der Spezifikation das RDBMS ‚MySQL' als Datenbasis und der WWW-Server ‚Apache Tomcat' für die Bereitstellung der Anwendung als zu integrierende IT-Systeme bestimmt sowie die Eigenschaften der zu entwickelnden Software definiert.

Zu den wichtigsten Entwurfsentscheidungen gehörten die Implementierung in der Programmiersprache ‚Java' mittels der DevOps-Methoden einschließlich der automatisierten Bereitstellung über eine ‚Delivery Pipeline' und die Entwicklung der Benutzerschnittstelle (GUI) in HTML, Java Script und Cascading Stylesheets

Die im Projekt getroffenen Spezifikationen und Entwurfsentscheidungen sind der Tabelle ‚Tab. E.1' aus dem Anhang E zu entnehmen.

7 Implementierung

Die Bereitstellung der Anwendung und die Durchführung der Systemtests stehen in diesem Artikel im Vordergrund. Zur vollständigen Beschreibung der Projektdurchführung und als Einleitung für das folgende Kapitel soll hier die Umsetzung der Implementierung mit wenigen Sätzen zusammengefasst werden.

Die Implementierung der Software erfolgte nach dem DevOps-Ansatz.

‚DevOps' ist eine Sammlung technischer Methoden, welche die Zusammenarbeit der Funktionsbereiche ‚Development' (Softwareentwicklung) und ‚IT Operations' (IT-Betrieb) in den Vordergrund stellt. Diese beinhaltet praxiserprobte Lösungsansätze um Lücken zwischen der Softwareentwicklung und dem IT-Betrieb zu schließen (Vgl. Halstenberg et al., (2020), S. 1). In einem DevOps-Zyklus werden die Phasen ‚Plan', ‚Code', ‚Build', ‚Integrate', ‚Release' und ‚Operate' durchlaufen. Die Release-Phase beinhaltet die Modultests (Unit-Test) und die Bereitstellung der Software (Deploy). DevOps basiert auf dem Prinzip der kontinuierlichen Integration (‚Continuous Integration') und kontinuierliche Bereitstellung (‚Continuous Deployment') (Vgl. Halstenberg et al., (2020), S. 16 ff.).

Im Projekt wurde die Software in der Programmiersprache ‚Java' nach dem geschilderten DevOps-Ansatz entwickelt. Die zentrale Verwaltung der Versionierung erfolgte durch das Versionsverwaltungsprogramm Subversion (SVN). Mittels automatisierter Modultests (Unit Tests) ließ sich bereits während der Implementierung die Ausführung und Korrektheit des Codes überprüfen.

Als RDBMS diente der MySQL-Datenbankserver und für die Bereitstellung der HTML-Seiten der WWW-Server Apache Tomcat.

Die Benutzerschnittstelle (GUI) wurde mittels Java Script, HTML und Cascading Stylesheets entwickelt.

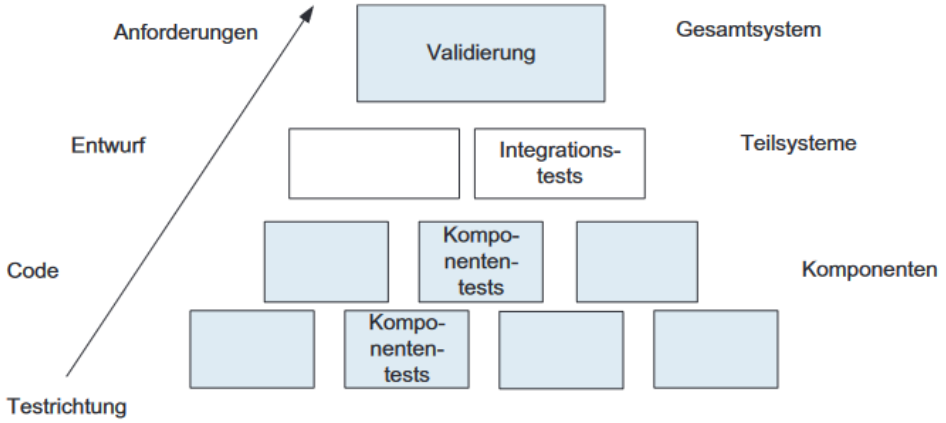
Das folgende Kapitel beschäftigt sich nun detailliert mit den Systemtests.

8 Software-Test

8.1 Einführung

Zunächst soll die Frage nach dem Zweck von Software-Tests beantwortet werden. Software-Tests generieren keinen ökonomischen Ertrag, aber dennoch einen ökonomischen Nutzen. Sie liefern eine Definition der Qualitätskriterien, decken Mängel bzw. Fehler auf und motivieren die Softwareentwickler gute Software zu entwickeln. Durch das frühzeitige Aufdecken von Mängeln bzw. Fehlern werden Folgekosten, die aus Nachbesserungen oder Schadensersatzforderungen resultieren, gespart (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 14, 29).

Mit der Implementierung starten auch die Software-Tests. Diese umfassen analytische Maßnahmen zur Sicherstellung der Softwarequalität. Software-Tests sind in allen Phasen des Entwicklungsprozesses durchzuführen (Vgl. Hoffmann, (2013), S. 158). Dabei werden im ersten Schritt die einzelnen Softwarekomponenten getestet. Den Komponententests schließen sich die Tests einzelner Teilsysteme und im letzten Schritt die Tests des Gesamtsystems an (Vgl. Alpar et al., (2023), S. 469 f.). Die Abbildung ‚Abb. 8.1' zeigt die grundlegende Teststrategie, die in den Tests involvierten Komponenten bzw. Systeme und die dazugehörige zeitliche Abfolge.



Quelle: Alpar et al. (2023), S. 470

Abb. 8.1: Die grundlegende Teststrategie

In allen Tests sind das Verhalten der Software und die Erfüllung der Spezifikation bzw. des Entwurfs (Verifikation) sowie die Erfüllung der Anforderungen im Nutzungskontext (Validierung) zu prüfen. Aus den in der Anforderungsanalyse erhobenen Anforderungen werden die erforderlichen Testfälle abgeleitet (Vgl. Alpar et al., (2023), S. 469).

Die Tests lassen sich nach ihren Merkmalen in die Klassen ‚Prüfebene: In welcher Entwicklungsphase wird getestet?', ‚Prüfkriterium: Welche Inhalte werden getestet?' und ‚Prüfmethodik: Wie wird getestet?' einteilen (Vgl. Hoffmann, (2013), S. 158).

Die Einteilung in die Prüfebenen basiert auf der Programmstruktur der Software und auf der Entwicklungsphase. Darin werden die Tests in Unit-Tests, Integrationstests, Systemtests und Abnahmetests unterschieden (Vgl. Hoffmann, (2013), S. 159).

Unit-Tests

In einem Unit-Test, auch als Modultest oder Komponententest bezeichnet, wird eine atomare Programmeinheit getestet. Eine Unit kann aus einzelnen Funktionen, Klassen, Paketen oder Bibliotheken bestehen (Vgl. Hoffmann, (2013), S. 159).

Integrationstest

Die nächsthöhere Abstraktionsstufe in der Kategorie ‚Prüfebene' bilden die Integrationstests. Darin werden größere Software-Komponenten, die sich aus einzelnen Programmmodulen zusammensetzen, getestet. Ein Integrationstest soll sicherstellen, dass die zusammengesetzten Programmkomponenten ein funktionsfähiges Gesamtsystem ergeben. In der Praxis werden Integrationstests als ‚Big-Bang-Integration', ‚Strukturorientierte Integration' oder ‚Funktionsorientierte Integration' ausgeführt (Vgl. Hoffmann, (2013), S. 163).

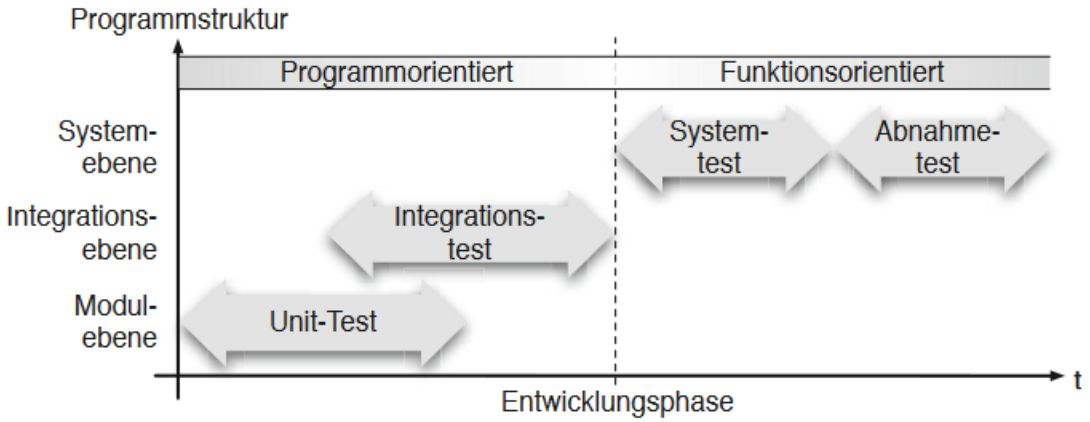
Systemtest

Sobald alle Teilkomponenten eines Software-Systems erfolgreich integriert sind, kann mit den Systemtests begonnen werden. Dabei wird das gesamte System getestet und auf die Einhaltung der im Pflichtenheft spezifizierten Eigenschaften überprüft. In den Systemtests wird die Software funktional gemäß den Anforderungen geprüft. Im Gegensatz zum Unit- oder Integrationstest bleibt hierbei die Code-Struktur unberücksichtigt. Faktoren, wie unvorhergesehene Fehler, unklare Anforderungen, eingeschränkte Debug-Möglichkeiten und eingeschränkte Handlungsfähigkeit erschweren die Systemtests (Vgl. Hoffmann, (2013), S. 166 f.).

Abnahmetest

Auch der Abnahmetest verifiziert und validiert wie im Systemtest die Software bezüglich der Vorgaben und Spezifikationen aus dem Pflichtenheft. Im Gegensatz zum Systemtest wird jedoch der Abnahmetest unter der realen Einsatzumgebung des Kunden und mit authentischen Daten des Auftraggebers durchgeführt. Beim Abnahmetest gibt der Auftraggeber die Richtlinien des Tests vor oder er führt den Test selbst durch (Vgl. Hoffmann, (2013), S. 168 f.).

Die Abbildung ‚Abb. 8.2' stellt die vier genannten Prüfebenen übersichtlich dar.



Quelle: Hoffmann (2013), S. 159

Abb. 8.2: Die vier Prüfebenen des Software-Tests

Hinsichtlich der Prüfkriterien werden die Software-Tests nach den inhaltlichen Aspekten eines Testfalls wie folgt klassifiziert.

Funktionaler Software-Test
In den funktionalen Tests wird die Datenverarbeitung geprüft. Zu diesen gehören Funktionstests, Trivialtests, Crashtest, Kompatibilitätstest und Zufallstests (Vgl. Hoffmann, (2013), S. 170 f.).

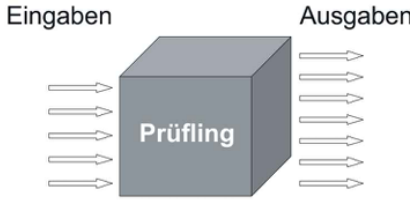
Operationale Software-Tests
Bei diesen Tests ist das Software-System unter dem Aspekt des operativen Einsatzes zu validieren und verifizieren. Ergonomietests überprüfen beispielsweise die Benutzbarkeit und Installationstests die reibungsfreie Inbetriebnahme der Software. Sicherheitstests sollen Sicherheitslecks aufzeigen bzw. nachweisen, dass vertrauliche Daten geschützt verarbeitet und gespeichert werden (Vgl. Hoffmann, (2013), S. 172).

Temporale Software-Tests
In den temporalen Software-Tests wird geprüft, ob die Algorithmen in den spezifizierten Komplexitätsklassen (Komplexitätstests) liegen, die Software in den spezifizierten Zeitanforderungen ausgeführt wird (Laufzeittests) und die definierten Grenzbereiche eingehalten werden (Lasttests). Stresstests eruieren das Softwareverhalten beim Überschreiten der Grenzbereiche (Vgl. Hoffmann, (2013), S. 172 f.).

Die in den Tests eingesetzten Methoden und Techniken sind das dritte Merkmal zur Klassifizierung der Software-Tests. Dabei werden die Software-Tests in die folgend genannten Kategorien eingeteilt.

Black-Box-Tests
In den Black-Box-Tests wird ausschließlich das Ein- und Ausgabeverhalten der Software geprüft und die innere Programm-Struktur nicht berücksichtigt. Die Testfälle werden anhand der Anforderungs- und Schnittstellenbeschreibung konstruiert (Vgl. Hoffmann, (2013), S. 173 f.).

Die Abbildung ‚Abb. 8.3' zeigt den Ablauf eines Black-Box-Tests.



Quelle: Frühauf et al. (2007), S. 37

Abb. 8.3: Die schematische Darstellung eines Black-Box-Tests

White-Box-Tests
Für White-Box-Tests werden die Testfälle aus der inneren Programmstruktur abgeleitet. Dabei wird, abhängig davon, nach welchem Aspekt der Programm-Code geprüft werden soll, in kontrollflussorientierte oder datenflussorientierte White-Box-Tests unterschieden (Vgl. Hoffmann, (2013), S. 174).

Gray-Box-Tests
In den Gray-Box-Tests sind die Testfälle anhand der Anforderungs- und Schnittstellenbeschreibung und der inneren Programmstruktur zu konstruieren (Vgl. Hoffmann, (2013), S. 174).

Der schematische Ablauf der Tests besteht aus den Phasen:

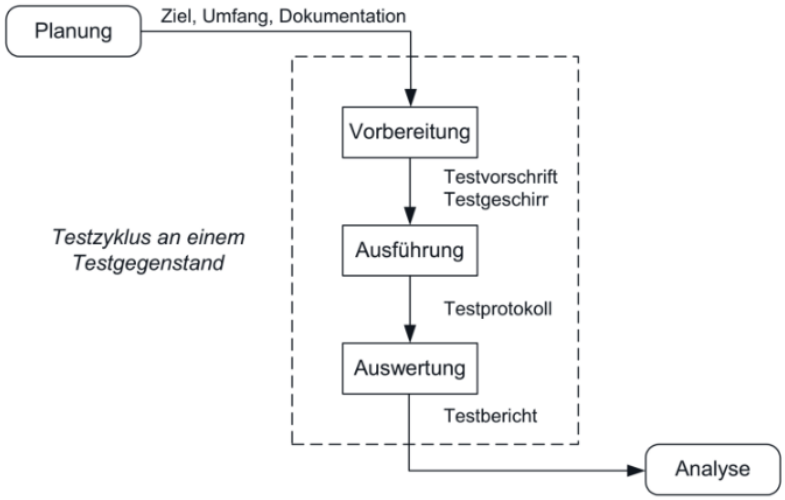
Testvorbereitung
In der Testvorbereitung werden die Testfälle ausgewählt, die Testinfrastruktur spezifiziert und eingerichtet sowie die Testdaten bereitgestellt (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 36 ff.).

Die Testfälle und Reihenfolge der auszuführenden Tests sowie die Testinfrastruktur und das Vorgehen in den Tests sind in der Testvorschrift dokumentiert. Durch die Vorgaben in der Testvorschrift lassen sich die Aufwendungen reduzieren und die Durchführung der Tests wird transparent. Das ermöglicht den Testfall jederzeit mit denselben Einstellungen zu wiederholen und das dokumentierte Testergebnis nachzuvollziehen (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 36, 72).

Testausführung
Während dieser Phase führt der Tester die spezifizierten Testfälle nach den Testvorgaben in der Testvorschrift durch und dokumentiert die Durchführung im Testbericht (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 36 ff.).

Testauswertung
Diese Phase dient der Identifizierung von Soll-Ist-Abweichungen. Diese werden als Fehler im Testbericht dokumentiert (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 36).

Die Abbildung ‚Abb. 8.4' stellt die Durchführung eines Testlaufs schematisch dar.



Quelle: Frühauf et al. (2007), S. 37

Abb. 8.4: Der schematische Testablauf

Nach der theoretischen Einführung wird folgend die Durchführung der Tests zur Software ‚Progress Monitor' beschrieben. Die Beschreibung beschränkt sich auf die Systemtests, da die Unit-Tests bereits in der Implementierung entwickelt und automatisiert ausgeführt wurden. Die Systemtests erfolgten als Funktionstests und in Form von Black-Box-Tests, in welchen das Ein- und Ausgabeverhalten der Software geprüft wurde.

8.2 Testvorbereitung

In der Testvorbereitung wurden zunächst die Testfälle und die Durchführung der Tests in der Testvorschrift (Dokument ‚TSpec-Doc 1/001' vom 25.07.2023) dokumentiert. Diese beschreibt die Spezifikation der Testfälle gemäß den Anforderungen aus der Anforderungsanalyse, die Reihenfolge der Tests und die Anweisungen zur Vorbereitung und Einrichtung der Testinfrastruktur sowie die Testdurchführung.

Die in der Testvorschrift beschriebenen Testfälle enthalten die Bezeichnung und den Zweck zum Testfall, die Beschreibung des Anfangszustands und der Testumgebung zum Testbeginn sowie die Anweisungen zu den erforderlichen Eingaben und zur Testdurchführung. Ferner sind in der Testvorschrift die erwartete Ausgabe bzw. das erwartete Verhalten des Programms festzuhalten (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 38, 71).

In der Testvorschrift ist jeder Testfall einer Testsequenz zugewiesen. Testsequenzen strukturieren die Testvorschrift, reduzieren den Aufwand und dienen der zielorientierten und effizienten Durchführung der Tests. Eine Testsequenz besteht aus einem oder mehreren Testfällen und ist in der Testvorschrift einem Testabschnitt zugehörig. In einer Testsequenz sind die Testfälle in funktioneller Reihenfolge angeordnet, so dass jeder Testfall die Voraussetzungen für den nachfolgenden erfüllt (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 69 ff.).

Im Kapitel ‚8.3 Testausführung' ist die Durchführung eines Systemtests zum ‚Progress Monitor' anhand der Vorgaben aus der zum Testfall 6.1.3 erstellten Testvorschrift exemplarisch dokumentiert. Der Auszug aus der Testvorschrift veranschaulicht den an der Testvorschrift ausgerichteten Systemtest. Die vollständige Testvorschrift ist dieser Arbeit nicht beigefügt, kann jedoch beim Autor angefragt werden.

Nach der Definition und Beschreibung der Testfälle in der Testvorschrift konnte die Testinfrastruktur eingerichtet und die Software für die Tests bereitgestellt werden. Dazu wurden auf dem Testsystem die in der Tabelle ‚Tab. 8.1' genannten Programme installiert.

Tab. 8.1: Eine Übersicht über die zu installierenden Programme

Nr.	Programm	Version	Zweck
1.	Apache Tomcat	7.0	stellt die Dienste des WWW-Servers für Java-Programme zur Verfügung
2.	Java inklusive JDK, JRE	8.0	Bereitstellen des JDK und der JRE
3.	MySQL	Version 5.0.45-community-nt	RDBMS für die Software
4.	Progress Monitor	Version: 12 Build: dev: 2023-07-06 Development version	Programm zur Überwachung und Kontrolle der Datenkonvertierung
5.	Daten-Konverter	Version: 3.3	Programm für die Datenkonvertierung

Die Einrichtung der Testinfrastruktur und Bereitstellung der Software ‚Progress Monitor' erforderten auch die Konfiguration der für den WWW-Server Apache Tomcat benötigten Umgebungsvariablen und die Installation der Programmdateien. Die Umgebungsvariablen waren als Systemvariablen des Betriebssystems einzutragen.

Für die verschlüsselte Kommunikation wurde im Anschluss das serverseitige SSL-Zertifikat installiert. Mit der Installation der Datenbankobjekte und der Softwarekonfiguration war die Einrichtung abgeschlossen (Vgl. Bayer, (2023), S. 1 ff.).

Nach der Installation des WWW-Servers und der Bereitstellung der Software ‚Progress Monitor' sollten im Programm gemäß den Vorgaben aus der Testvorschrift ein Mandant und jeweils ein Benutzer mit der Benutzerrolle ‚Super-Administrator', ‚Administrator' und ‚Benutzer' angelegt werden. Diese waren für die Überprüfung der Zugriffsrechte auf Mandanten und Programmkomponenten erforderlich. Die Abbildung ‚Abb. 8.5' zeigt die Anlage des Benutzers ‚Test-PM-Benutzer' im Programm ‚Progress Monitor'.

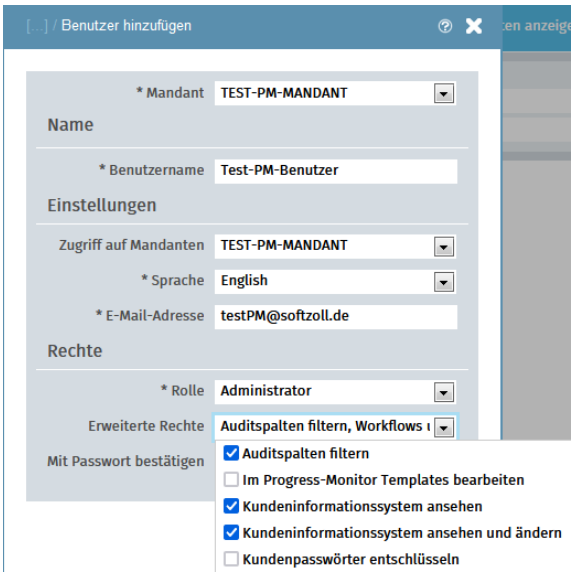


Abb. 8.5: ‚Progress Monitor': Die Benutzeranlage im ‚Progress Monitor'

Anschließend wurden die für die Tests erforderlichen Konten für die Lieferanten und Kunden sowie die dazu verwendeten Workflows angelegt. Die Anlage dieser Objekte erfolgte ebenfalls nach den Vorgaben aus der Testvorschrift.

In der Abbildung ‚Abb. 8.6' wird die Konfiguration eines Workflows im ‚Progress Monitor' dargestellt.

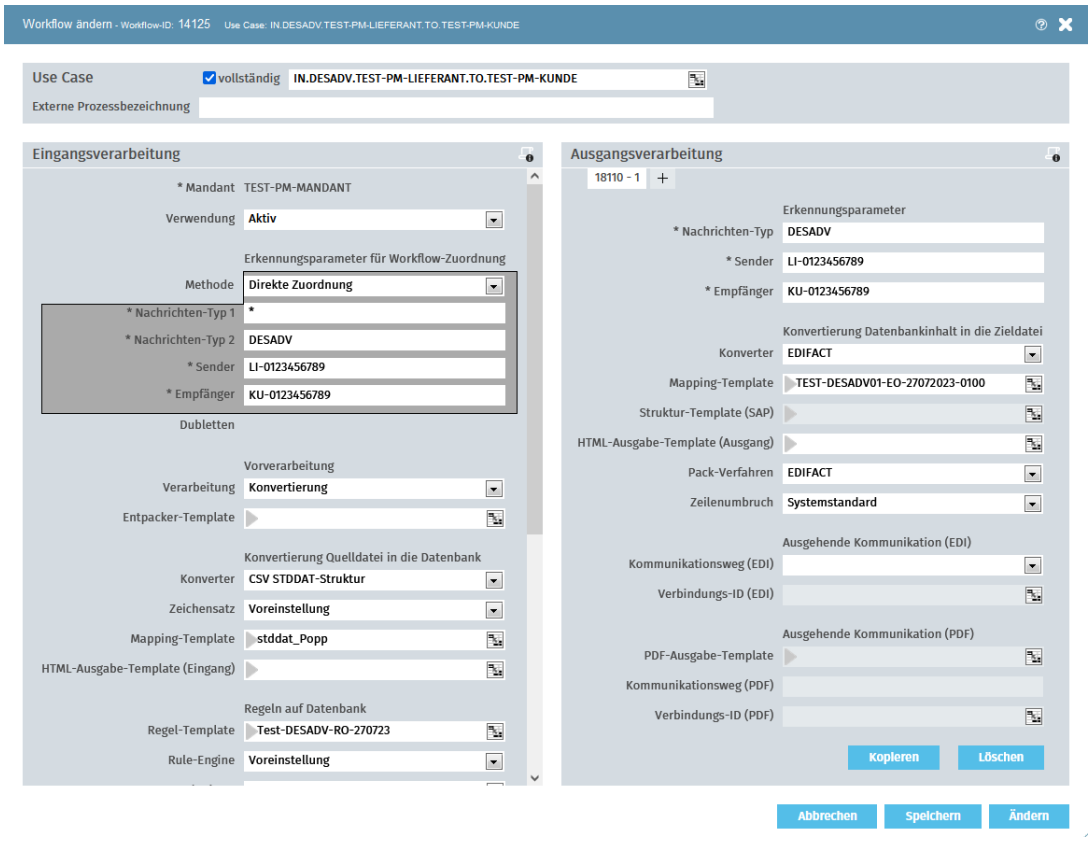


Abb. 8.6: ‚Progress Monitor': Die Anlage eines Workflows

Die Aufbereitung der Testdaten beanspruchte einige Zeit in der Testvorbereitung, da für jeden Testfall eine Datei bereitzustellen war.

Mit der Bereitstellung der Testdaten war die Phase der Testvorbereitung abgeschlossen und die Systemtests konnten beginnen.

8.3 Testausführung

Die Systemtests sind funktionsorientiert. In diesen wird die Erfüllung der funktionalen Anforderungen nach folgenden Kriterien geprüft:

Funktionsüberdeckung
Es wird jede Funktion in mindestens einem Testfall geprüft (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 45).

Eingabeüberdeckung
Jedes Eingabedatum ist in mindestens einem Testfall zu prüfen (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 45).

Ausgabeüberdeckung
Es ist jedes Ausgabedatum in mindestens einem Testfall auszugeben (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 45).

Die Testfälle orientierten sich dabei an der angestrebten Funktion bzw. der definierten Anforderung. Jeder Testfall entspricht dabei einer Anforderung aus der Testvorschrift.

Exemplarisch werden die Tests der funktionalen Anforderungen zur Testsequenz
TS 6.1 Test der Komponente ‚CSV-Datenkonverter'; Datenübergabe über die Funktion ‚Drag an drop'; Test mit englischsprachiger Programmschnittstelle
beschrieben.

In der Testvorschrift sind zu jeder Testsequenz der Zweck des Tests, die Referenzen zu den dazugehörigen Spezifikationen (Anforderungsdokumente, Installations- und Konfigurationsvorschriften, Programm-Dokumentationen etc.), die zu testenden Software-Komponenten, die erforderlichen Vorbereitungs- und Abschlussarbeiten sowie die Testfälle zu dokumentieren (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 69).

Die Testsequenz TS-6.1 beinhaltet die drei Testfälle:

6.1.1 - Anzeige des Verarbeitungsfortschritts bei fehlerfreier Konvertierung
In diesem Testfall sind die Anzeige des Verarbeitungsfortschritts und die Ausgaben des Programms bei einer fehlerfreien Konvertierung zu prüfen.

6.1.2 - Anzeige des Verarbeitungsfortschritts bei fehlerhafter Konvertierung
Die Testvorschrift zum Testfall ist mit der des Testfalls 6.1.1 identisch. Jedoch muss in diesem Testfall eine fehlerhafte Konvertierung getestet werden.

6.1.3 - Anzeige der Detailinformationen zu einer Konvertierung
Zum Testfall 6.1.3 sind die Detailinformationen einer Konvertierung, die fehlerfrei abgeschlossen wurde, zu prüfen.

Die Nummer eines jeden Testfalls setzt sich aus der Nummer der Testsequenz und einer fortlaufenden Nummer zusammen. Testfall 6.1.3 ist somit der 3. Testfall in der Testsequenz 6.1

Die Durchführung der Software-Tests ist im Anhang F in der Abbildung ‚Abb. F.1' als BPMN-Diagramm dargestellt.

Folgend wird die Durchführung des Testfalls 6.1.3 zur Testsequenz 6.1 beschrieben. Dieser Testfall erfolgte gemäß der Vorgaben aus der Testvorschrift mit dem Benutzer ‚Test-PM-Benutzer' und mit einer englischsprachigen Benutzerschnittstelle.

Die Abbildung ‚Abb. 8.7' zeigt einen Ausschnitt aus der Testvorschrift zum Testfall 6.1.3.

6.1 Testsequenz TS-6.1 – Test der Komponente „CSV-Datenkonverter"; Datenübergabe über die Funktion „Drag an drop"; Test mit englischsprachiger Benutzerschnittstelle

Testsequenz TS-6.1					
Test der Komponente „CSV-Datenkonverter"; Datenübergabe über die Funktion „Drag an drop"; Test mit englischsprachiger Benutzerschnittstelle					
Testfall	**zu testende Funktionen**	**Eingabe**	**Anweisungen zum Test**	**Soll-Ausgabe**	
				Beschreibung	**Soll-Wert**
6.1.3	Anzeige der Detailinformationen zu einer Konvertierung	Übergabe einer CSV-Datei über die Funktion „Drag an drop"	Die CSV-Datei mit den Testdaten ist aus dem Dateimanager vom Speicherort mit der Maus auf die Steuerfläche „Drag an drop" zu ziehen. Alternativ kann durch Klicken auf die Schaltfläche „Drag an drop" der Dateimanager geöffnet und die Testdatei aus dem Speicherort im Dateisystem an den CSV-Datenkonverter übergeben werden. Eingabe des Zeitwerts in Minuten zur zeitgesteuerten Konvertierung (optional) Klicken auf die Schaltfläche „Start", um die Konvertierung zu starten	Anzeige der Detailinformationen in einer Tabelle. Die Tabelle hat die Spalten id file received tracking number MaiKey Workflow ID Workflow name Document number File received Orign	Anzeige der Detailinformationen im rechten Bildschirmbereich fortlaufende, vom System erstellter numerischer ID der Statusmeldungen. eindeutiger interner ID zur Nachverfolgung der Verarbeitung eindeutiger numerischer MaiKey der Nachricht. ID zur eindeutigen Identifizierung des Workflows Workflow-Bezeichnung Belegnummer Bezeichner zur Testdatei Dateiherkunft

Abb. 8.7: Die Testvorschrift zum Testfall 6.1.3

Der Test beginnt mit der Übergabe der zum Testfall 6.1.3 erstellten Testdatei an den CSV-Datenkonverter. Abbildung ‚Abb. 8.8' veranschaulicht diesen Schritt.

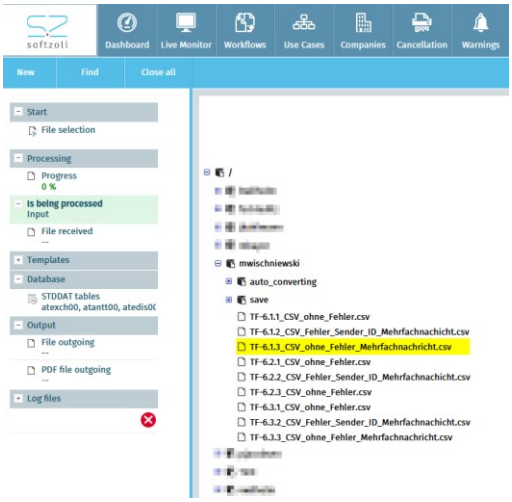


Abb. 8.8: Die Übergabe der zum Testfall 6.1.3 erstellten Testdatei an den Datenkonverter

Nach der Konvertierung waren die Detailinformationen zur Konvertierung und die Beschriftung der Textfelder und Steuerelemente im Programm zu prüfen.

In der Abbildung ‚Abb. 8.9' wird die Bildschirmausgabe zum ‚Progress Monitor' nach der Konvertierung der zum Testfall 6.1.3 erstellten Datei dargestellt.

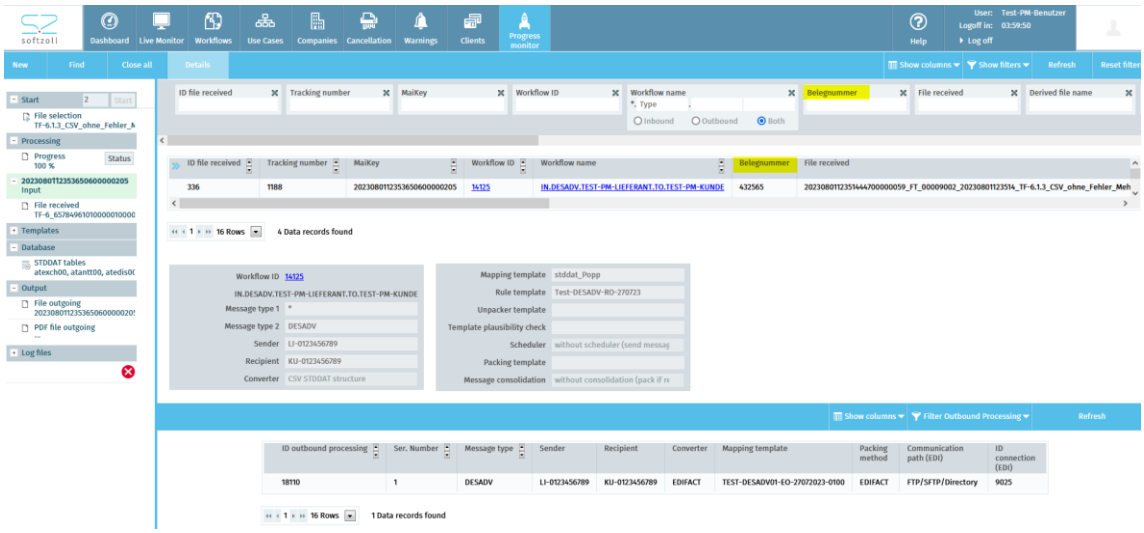


Abb. 8.9: Die Bildschirmausgabe zum Testfall 6.1.3

Im Test konnte ein Fehler festgestellt werden. Die Tabellenspalte zur ‚Belegnummer' ist gemäß der Anforderungsspezifikation in der englischsprachigen Benutzerschnittstelle mit ‚Document number' zu bezeichnen. Diese Tabellenspalte enthält jedoch die deutsche Bezeichnung ‚Belegnummer'. Dieser Fehler ist nach den Vorgaben aus der Testvorschrift unkritisch.

Das bedeutet, dass anschließend weitere Tests ausgeführt werden konnten. Bei kritischen Fehlern, wie bei einem Ausnahmefehler (Exception), ist gemäß der Testvorschrift der Test zu unterbrechen und der Fehler zu beheben.

Der Test zum Testfall 6.1.3 bewies, wie wichtig Tests sind, auch wenn im Testergebnis lediglich ein unkritischer Fehler festgestellt wurde. Für die methodische und planmäßige Fehlerbeseitigung und für die Wiederholung des Test zu einem späteren Zeitpunkt sind der Test und dessen Ergebnis im Testbericht zu dokumentieren (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 72).

8.4 Testauswertung

Jeder Test wird im Testbericht dokumentiert. Dieser enthält die Beschreibung der Testfälle und die Testresultate und basiert auf der Testvorschrift (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 34). Daher ist eine präzise Testvorschrift für die Testläufe und für die Dokumentation von entscheidender Bedeutung.

Der Testbericht enthält unter anderem folgende Informationen:

Testzusammenfassung
Die Testzusammenfassung beinhaltet die Testvorschrift, Sequenz-Nummer, Testfall-Nummer, die verwendeten Dokumente sowie Angaben zum Projekt. Ferner enthält sie die Empfehlung über den Umgang mit identifizierten Fehlern und die dazugehörige Begründung (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 71).

Testprotokoll
Im Testprotokoll sind die Durchführung des Tests, die Soll-Vorgaben, das Testergebnis und die Soll-Ist-Abweichungen dokumentiert. Das Testprotokoll muss auch die Fehlermeldungen des Programms und die im Test identifizierten Fehler sowie die Fehlerbeschreibungen enthalten (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 71).

Software-Komponenten
Die Dokumentation der getesteten Software-Komponenten mit präziser Angabe zur Release- und Build-Version ist für die Verständlichkeit und Transparenz des Tests essentiell und ermöglicht die Wiederholung des Testfalls sowie die Kontrolle der Testinfrastruktur (Vgl. Frühauf et al., (2007), S. 72).

Der im Testfall 6.1.3 durchgeführte Test erfolgte nach den Vorgaben aus der zur Testsequenz 6.1 erstellten Testvorschrift. In diesem Testfall war die Anzeige der Detailinformationen zu einer Konvertierung, die mittels der Komponente ‚CSV-Datenkonverter' und der englischsprachigen Benutzerschnittstelle erfolgte, zu testen. Der Test basierte auf den Spezifikationen aus den Anforderungsdokumenten ReqSpec 1.001 und ReqSpec 2.001. Im Test sollte die Darstellung der Informationen zur Konvertierung nach dem Einsatzzweck validiert und gemäß den Anforderungsspezifikationen verifiziert werden. Das Testergebnis bestätigte die Einhaltung der Spezifikation, abgesehen von der Beschriftung einer Tabellenspalte.

Gemäß der Testvorschrift wurden in der Testzusammenfassung die Daten zur Testvorschrift, die Sequenz- und Testfall-Nummer sowie die verwendeten Dokumente dokumentiert. Darüber hinaus enthält der Testbericht die Beschreibung zum Testzweck und zur Testinfrastruktur sowie die Informationen zu den getesteten

Softwarekomponenten und zur Testdatei. Die Beschreibung der Aktivitäten zur Testvorbereitung und zur Testdurchführung sowie die Sollvorgaben und das Testergebnis einschließlich der Soll-Ist-Abweichung sind weitere Bestandteile des Testberichts. Ferner wurde dokumentiert, ob im Test festgestellte Fehler kritisch oder unkritisch sind und welchem Typ identifizierte Fehler zuzuordnen sind.

Die Abbildungen ‚Abb. G.1' bis ‚Abb. G.5' im Anhang G repräsentieren den Testbericht mit dem Testergebnis zum Testfall 6.1.3.

Weitere Tests konzentrierten sich auf die Benutzerverwaltung und die damit verbundenen Zugriffsrechte auf Mandanten und Programmkomponenten sowie auf die verschlüsselte Kommunikation mit dem ‚Progress Monitor', den Nachrichtenaustausch über die Kommunikationsdispatcher, das Einlesen der Daten und die Datenkonvertierung über weitere Datenkonverter. In der Testvorschrift wurden zu jedem dieser Tests, wie zum Testfall 6.1.3 beschrieben, die Vorgaben für einen Testfall in der dazugehörigen Testsequenz dokumentiert. In jedem der genannten Tests wurden Fehler in der Software gefunden. Einige Fehler waren kritisch und führten gemäß der Vorgaben aus der Testvorschrift zum Testabbruch. Jeder Test wurde so oft wiederholt, bis die Testausführung fehlerfrei war. Die Durchführung und das Testergebnis wurde, wie im Testfall 6.1.3 beschrieben, zu jedem Test im Testbericht dokumentiert.

Durch die entwickelten Testroutinen ließen sich die Tests einfach wiederholen und als Vorlage für weitere Tests adaptieren. Das methodische Testen auf Grundlage der Testvorschrift ermöglichte ein standardisiertes Vorgehen, welches den Testaufwand reduzierte sowie die Testdurchführung beschleunigte und vereinheitlichte. Ferner konnten die dokumentierten Testresultate einfach miteinander verglichen werden.

9 Fazit

Auf Grund fehlender Werkzeuge für die Überwachung der Datenkonvertierungen und für die Datenanalyse sowie für die Unterstützung im Support war für das Unternehmen Softzoll GmbH & Co. KG der Einsatz einer Software, welche diese Anforderungen erfüllt, erforderlich. Im EDI-Bereich sind der Nachrichtenaustausch und die Konvertierung unterschiedlicher Datenformate für verschiedene Branchen von spezifischen Charakteristiken geprägt. Die auf dem Markt verfügbare Standardsoftware konnte die an die Software gestellten Anforderungen nicht erfüllen. Daher fiel in der Anforderungsanalyse und in der Machbarkeitsstudie die Entscheidung, die fachliche und technische Expertise der Mitarbeiter im Unternehmen zu nutzen und die Software ‚Progress Monitor' selbst zu entwickeln.

Die Software ermöglicht zukünftig Fehler in den Datenkonvertern, in der Workflow-Konfiguration sowie in der für die Datentransformation implementierten Logik schneller zu finden. Ein weiterer Nutzwert der Software ist die Unterstützung in der Datenanalyse. Häufig enthalten die zu konvertierenden Daten inhaltliche und/oder strukturelle Fehler. Durch den ‚Progress Monitor' lassen sich diese in viel kürzerer Zeit als bisher finden und mittels der qualifizierten Fehlerausgabe einfacher dokumentieren. Basierend auf der Unterstützung in der Datenanalyse kann auch der Support für die Kunden verbessert werden. Kundenanfragen lassen sich nun durch die Software schneller als zuvor beantworten. Durch die Unterstützung in der Fehler- und Datenanalyse verbessert sich auch die Qualität des Kundensupports. Ferner stellt die Standardisierung zukünftiger Integrations-, System- und Abnahmetests einen wesentlichen Nutzen der Software dar. Mit Hilfe des ‚Progress Monitor' lassen sich Testroutinen standardisieren. Dies gewährleistet die konsistente Durchführung der Tests und ermöglicht die systematische Dokumentation der Testergebnisse. Die Testergebnisse werden somit nachvollziehbar und lassen sich einfacher miteinander vergleichen. Mittels der Testszenarien können die Tests (teil-)automatisiert und beschleunigt sowie einfach wiederholt werden. Die entwickelten Testszenarien lassen sich für nachfolgende Tests adaptieren. Daraus resultieren, wie in der Kosten-Nutzenanalyse kalkuliert, eine signifikante Kosten- und Zeitersparnis. Diese Aspekte dienen der Qualitätssicherung im Unternehmen und der Umsetzung des in der Einleitung beschriebenen KVP.

Das Projekt konnte durch das methodische Vorgehen termingerecht und innerhalb des kalkulierten Kostenrahmens abgeschlossen werden. Mit Hilfe der DevOps-Methoden ließ sich die Zeit der Auslieferung funktionsfähiger Release Candidates (RC) verkürzen und die Softwarequalität erhöhen. Künftige Projekte werden daher auf die in diesem Projekt angewandte Methodik und das DevOps-Konzept aufbauen.

Anhang

A Die Anforderungen aus dem Anforderungsdokument ReqSpec 1.001

Die an die Software ‚Progress Monitor' gestellten Anforderungen sind in der Tabelle ‚Tab. A.1' zusammengefasst.

Tab. A.1: Das Anforderungsdokument ReqSpec 1.001

Nr.	Anforderung	Beschreibung	Kategorie
1.	Die Anwendung soll unabhängig vom Betriebssystem nutzbar sein.	Die Anwender arbeiten im Home-Office bzw. Mobile-Office und nutzen Endgeräte mit verschiedenen Betriebssystemen.	nicht funktional
2.	Die Konvertierungen sind in Echtzeit darzustellen.	Die Anwender müssen die Datenkonvertierung und evtl. auftretende Fehler in Echtzeit verfolgen können.	nicht funktional
3.	Es sind die Konvertierungen zu allen verwendeten Dateikonvertern anzuzeigen.	Die Dateikonverter sind die Basis-Softwarekomponenten für die Datenkonvertierung. Derzeit werden Konverter für die Dateiformate Comma Separated Value (CSV), Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport (EDIFACT), Fix Format (FF), Hypertext Markup Language (HTML), Intermediate Document (IDoc), Infor (Infor), JD Edwards (JDE), Tradacoms (TRC), ANSI X.12 (X.12) und Extensible Markup Language (XML) verwendet. In der Software sind die Konvertierungen zu allen genannten Dateiformaten anzuzeigen.	funktional
4.	Sämtliche unterstützte Kommunikationsanbindungen sollen für den Anwender einzusehen sein.	Der Nachrichtenaustausch erfolgt über die Netzwerkprotokolle AS2, FTP, HTTP, HTTPS, SFTP, SMTP, X.400. In der Software soll der Benutzer alle genannten Protokolle einsehen können.	funktional
5.	Der Benutzer muss die Inhalte der in der Datenbank verwendeten Arbeitstabellen einsehen können.	Die Daten werden in der Konvertierung in verschiedenen Tabellen einer SQL-Datenbank gespeichert. Diese Tabellen werden Arbeitstabellen genannt. Die Inhalte aus diesen Tabellen sind für den Anwender über das Frontend der Anwendung anzuzeigen. Dabei hat der Benutzer die Möglichkeit nach frei wählbaren Suchbegriffen in den Tabellen zu suchen und zu filtern.	funktional

Nr.	Anforderung	Beschreibung	Kategorie
6.	Der Fortschritt der Konvertierung ist grafisch und als Prozentwert darzustellen.	Die Konvertierung erfolgt in mehreren Phasen nach der Methode Extract-Transform-Load (ETL). In der Software ist der Fortschritt zu jeder der Phasen als Balkendiagramm und als prozentualer Wert dazustellen.	funktional
7.	Fehler in der Konvertierung sind anzuzeigen.	Bei auftretenden Fehlern ist eine qualifizierte Fehlermeldung auszugeben. Diese Fehlermeldung soll über die betreffende Software-Komponente und den Fehlertyp informieren.	funktional
8.	Die Protokolle der Konverter und der für die Kommunikation verwendeten Softwarekomponenten sollen einsehbar sein.	Der Anwender soll zu Analysezwecken alle Protokolle der Konverter und Kommunikationsanwendungen einsehen können.	funktional
9.	Die Konfiguration der für die Konvertierung verwendeten Workflows muss einzusehen sein und bearbeitet werden können.	Die Einstellungen zu jeder Konvertierung werden in Workflows vorgenommen. Für eine Analyse sollen die Workflowkonfigurationen einzusehen sein und durch den Benutzer bearbeitet werden können.	funktional
10.	Der Benutzer soll mehrere zeitgleich ausgeführte Konvertierungen beobachten können.	In der täglichen Arbeit werden mehrere Konvertierungen zeitgleich ausgeführt. Diese sollen, gekapselt in einem dedizierten Prozess, parallel dargestellt werden. Im Programm werden für jede Konvertierung die dazugehörigen Informationen separat visualisiert.	funktional
11.	Das Programm muss mehrbenutzerfähig sein.	Die Anwendung soll von mehreren Benutzern parallel ausgeführt werden können. Dabei muss sich jeder Benutzer über ein eigenes Benutzerkonto am Programm anmelden können.	nicht funktional
12.	Die Benutzer müssen sich im Programm authentifizieren.	Zur Wahrung des Datenschutzes und der Datensicherheit muss sich jeder Benutzer über einen Benutzernamen und ein Kennwort am Programm anmelden.	nicht funktional
13.	verschlüsselte Kommunikation über HTTPS	Über HTTPS soll die verschlüsselte Kommunikation gewährleistet werden.	nicht funktional
14.	autorisierte Zugriffe über dedizierte Benutzerrechte und -rollen	Die Benutzeraktivitäten sollen durch dedizierte Benutzerrechte und -rollen autorisiert werden.	nicht funktional
15.	Sämtliche Benutzeraktivitäten sind detailliert zu protokollieren.	In Protokolldateien (Logdateien) sollen die Benutzeraktivitäten zur Anmeldung am Programm zu Änderungen der Konfigurationen an den Workflows, Kommunikationsverbindungen und den Benutzerkonten und zur Durchführung der Konvertierungen protokolliert werden. Die Protokolldateien werden in TXT-Format und UTF-8 Zeichenkodierung erstellt. Jeder Eintrag in der Logdatei wird mit einem Datums-Zeit-Stempel versehen. Jeden Tag um 00:00 Uhr wird die am Tag zuvor erstellte Datei archiviert und eine neue Protokolldatei erstellt.	nicht funktional

Nr.	Anforderung	Beschreibung	Kategorie
16.	Anzeige des Verarbeitungsfortschritts bei fehlerfreier Konvertierung	in grüner Schrift: Anzeige der Meldung ‚100%' Beispielwert: ‚**100%**'	nicht funktional
17.	Anzeige des Verarbeitungsfortschritts bei fehlerhafter Konvertierung in der deutschsprachigen Benutzerschnittstelle (GUI)	in roter Schrift: Anzeige des Fortschritts zur Konvertierung als Prozentwert und die Meldung {**Prozentwert**}‚**mit Fehler**' Beispielwert: ‚**80% mit Fehler**'	nicht funktional
18.	Anzeige des Verarbeitungsfortschritts bei fehlerhafter Konvertierung in der englischsprachigen Benutzerschnittstelle (GUI)	in roter Schrift: Anzeige des Fortschritts zur Konvertierung als Prozentwert und die Meldung {**Prozentwert**}‚**with errors**' Beispielwert: ‚**80% with errors**'	nicht funktional
19.	Beschriftung der Textfelder und Steuerelemente im Programm	Beschriftung der Textfelder und Steuerelemente im Programm erfolgt gemäß dem Anforderungs-Dokument Referenz: ReqSpec 2.001 vom 12.04.2019	nicht funktional

B Auszug aus dem Risikokatalog

Im ersten Schritt der Risikoanalyse wurden mögliche Risiken identifiziert sowie deren Auswirkung auf das Projekt und die Eintrittswahrscheinlichkeit (Ewk) eingeschätzt. Anschließend waren das erwartete Schadensausmaß zu kalkulieren sowie geeignete Maßnahmen zur Minimierung der Risiken zu planen. Die Ergebnisse der Risikoanalyse wurden im Risikokatalog tabellarisch dokumentiert. Tabelle ‚Tab. B.1' zeigt einen Auszug aus dem Risikokatalog.

Tab. B.1: Auszug aus dem Risikokatalog

Nr.	Risiko	Auswirkung	Ewk	Schadensausmaß	Maßnahme
1.	fehlerhaftes Projektmanagement	Nichterreichen der Projektziels Terminüberschreitung	hoch	schwer: kein Projektabschluss Überschreitung des Finanz- und Zeit-Budgets	effektives Projektmanagement
2.	unpräzise Formulierung des Projektziels	Nichterreichen der Projektziels	gering	schwer: kein Projektabschluss	Erstellen eines detaillierten Lastenhefts Erstellen eines detaillierten Pflichtenhefts sorgfältig ausgearbeiteter Projektantrag und Projektauftrag sorgfältige und präzise erstellte Anforderungsanalyse
3.	unklarer Projektumfang	Nichterreichen der Projektziels Terminüberschreitung	hoch	schwer: kein Projektabschluss Überschreitung des Finanz- und Zeit-Budgets Nichterfüllen der Anforderungen	gut organisiertes und strukturiertes Projektmanagement Erstellen eines detaillierten Lastenhefts Erstellen eines detaillierten Pflichtenhefts sorgfältig ausgearbeiteter Projektantrag und Projektauftrag sorgfältige und präzise erstellte Anforderungsanalyse

Nr.	Risiko	Auswirkung	Ewk	Schadensausmaß	Maßnahme
4.	fehlende Personalressourcen	Terminüberschreitung	hoch	mittel: Überschreitung des Finanz- und Zeit-Budgets	Pufferzeiten in den Arbeitspaketen Ermitteln der Abhängigkeiten zu den Aufgaben Planung der Substitution von Mitarbeitenden
5.	fehlende Festlegung der Funktionen und Rollen	Verzögerungen im Projektablauf Terminüberschreitung Nichterreichen der Projektziels Überschreitung des finanziellen Budgets	hoch	schwer: kein Projektabschluss Überschreitung des Finanz- und Zeit-Budgets	präzise Bestimmung der Funktionen und Rollen und Zuweisung dieser an die Ausführenden
6.	Fehler in der Anforderungserhebung	Annahme falscher Anforderungen; Anforderungen werden nicht erfüllt	hoch	schwer: Anforderungen des Kunden werden nicht erfüllt	Bestimmen der kompetenten Ansprechpartner und Entscheidungsträger gründliche Vorbereitung auf die Interviews Führen und Dokumentieren der Interviews Pflichtenheft Entwickeln von Mockups und Prototypen intensive Kommunikation mit dem Kunden und den Shareholdern sorgfältige und präzise Anforderungsanalyse
7.	Änderung der Anforderungen	Nichterreichen der Projektziels Terminüberschreitung Verzögerungen im Projektablauf fehlende bzw. unzureichende Funktionalitäten in der Software	hoch	mittel: unzureichende/fehlerhafte Software Nachbesserung erforderlich	sorgfältige Durchführung des Requirements Engineering und Change Managements

Nr.	Risiko	Auswirkung	Ewk	Schadensausmaß	Maßnahme
8.	Fehler in der Implementierung	Fehler in der Ausführung der Software; fehlerhafte Software-Funktionalitäten geforderte Funktionalitäten werden nicht oder fehlerhaft umgesetzt	hoch	schwer kalkulierbar Kosten = Personalstunden * Stundensatz	Unit-Tests, Integrationstests, Systemprüfungs-Tests, Abnahmeprüfung Dokumentation der Tests
9.	fehlende bzw. mangelhafte Durchführung der Qualitätssicherung	mangelhafte bzw. fehlerhafte Software fehlende Funktionalitäten in der Software	mittel:	mittel: fehlerhafte Software Nachbesserung erforderlich	Planung, Konzeption und Definition der Qualitätssicherung Einbeziehung des Kunden in die Qualitätssicherung agile Softwareentwicklung mit kontinuierlichen Tests und frühzeitiger Entwicklung von Prototypen
10.	fehlendes Bewusstsein für die Produktqualität	mangelhafte bzw. fehlerhafte Software fehlende Funktionalitäten in der Software	mittel	mittel: fehlerhafte Software Nachbesserung erforderlich	Motivation der Mitarbeitenden zu qualitätsorientiertem Handeln

C Die unterstützten Datenformate und Kommunikationsprotokolle

In der Tabelle ‚Tab. C.1' sind die durch die Datenkonverter konvertierbaren Datenformate und die von den Kommunikationsdispatchern unterstützten Kommunikationsprotokolle übersichtlich aufgelistet.

Tab. C.1: Die unterstützten Datenformate und Kommunikationsprotokolle

Richtung des Datenflusses	Datenformat	Kommunikationsprotokoll
eingehend	Comma Separated Value (CSV) Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport (EDIFACT) Fix Format (FF) Hypertext Markup Language (HTML) Intermediate Document (IDoc) JD Edwards (JDE) Portable Document Format (PDF) Tradacoms (TRC) ANSI X12 (X12) Extensible Markup Language (XML)	Applicability Statement 2 (AS2) File Transfer Protocol (FTP) Hypertext Transfer Protocol (HTTP) Hypertext Transfer Protocol Secure (HTTPS) Odette File Transfer Protocol (OFTP) Secure File Transfer Protocol (SFTP) Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) X.400
ausgehend	Comma Separated Value (CSV) Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport (EDIFACT) Fix Format (FF) Hypertext Markup Language (HTML) Intermediate Document (IDoc) JD Edwards (JDE) Portable Document Format (PDF) Tradacoms (TRC) ANSI X12 (X12) Extensible Markup Language (XML)	Applicability Statement 2 (AS2) File Transfer Protocol (FTP) Hypertext Transfer Protocol (HTTP) Hypertext Transfer Protocol Secure (HTTPS) Odette File Transfer Protocol (OFTP) Secure File Transfer Protocol (SFTP) Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) X.400

D Die in der Ist-Analyse identifizierten Systemkomponenten

Mit der Ist-Analyse der Prozesse wurden gemäß Krallmann auch die darin involvierten Systemkomponenten sowie die Schnittstellen identifiziert (Vgl. Krallmann et al., (2013), S. 145 ff.). Zu den wesentlichen Komponenten des betrachteten IT-Systems gehören die Kommunikationsdispatcher, die Datenkonverter und das RDBMS MySQL.

Abbildung ‚Abb. D.1‘ zeigt in einem Komponentendiagramm die in der Ist-Aufnahme identifizierten Systemkomponenten.

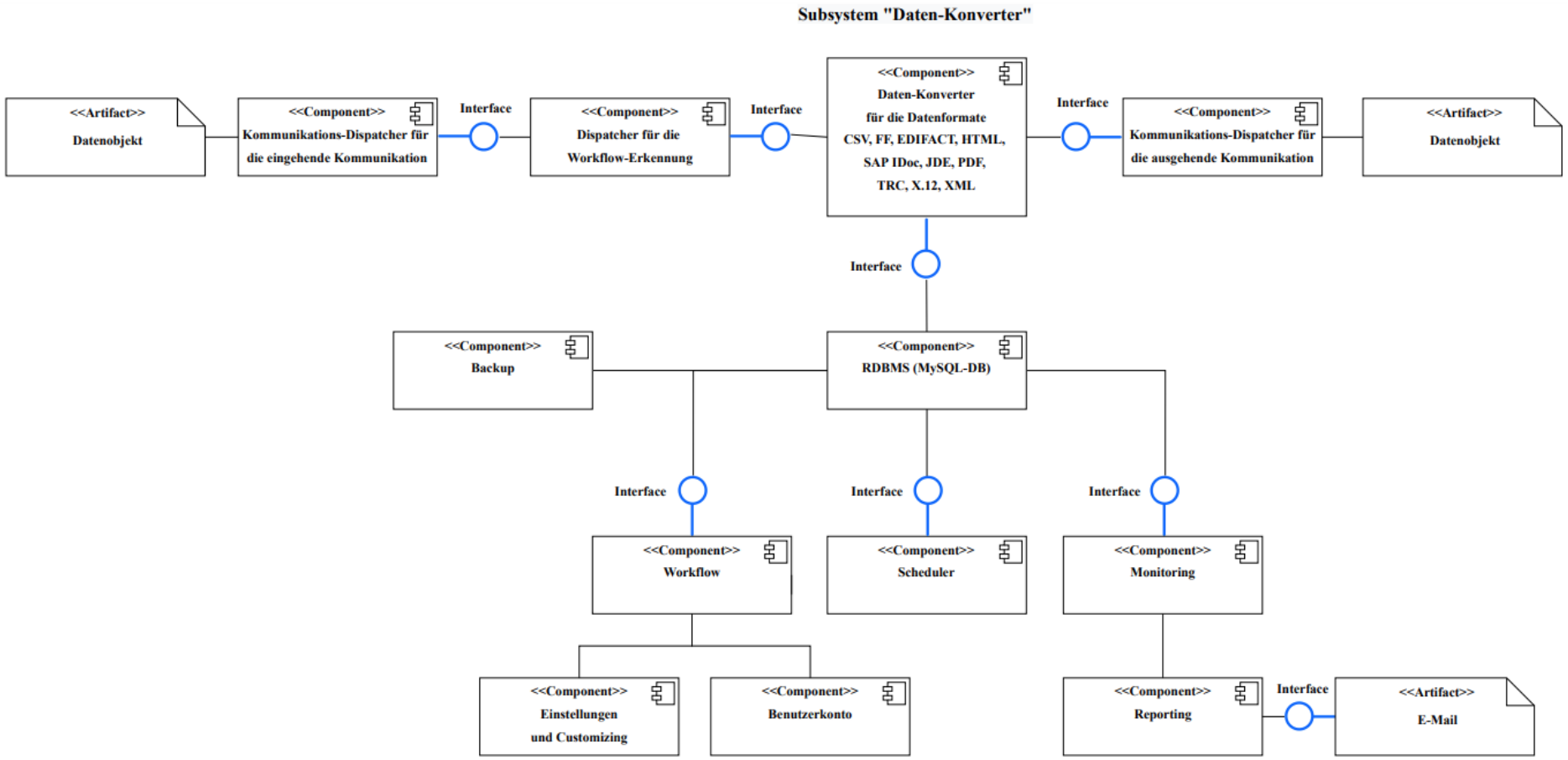


Abb. D.1: Das Komponentendiagramm zu den identifizierten Systemkomponenten

Tabelle ‚Tab. D.1‘ listet alle in der Ist-Analyse bestimmten Systemkomponenten übersichtlich auf.

Tab. D.1: Eine Übersicht zu den in der Ist-Analyse identifizierten Systemkomponenten

Komponente	Beschreibung	Informationen zur Implementierung	Schnittstelle
AS2-Kommunikations-dispatcher	Komponente für die ein- und ausgehende AS2-Kommunikation	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	Daten-Konverter
FTP-Kommunikations-dispatcher	Komponente für die ein- und ausgehende FTP-Kommunikation	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	Daten-Konverter
HTTP-Kommunikations-dispatcher	Komponente für die ein- und ausgehende HTTP-Kommunikation	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	Daten-Konverter
HTTPS-Kommunikations-dispatcher	Komponente für die ein- und ausgehende HTTPS-Kommunikation	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	Daten-Konverter
OFTP-Kommunikations-dispatcher	Komponente für die ein- und ausgehende OFTP-Kommunikation	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	Daten-Konverter
SFTP-Kommunikations-dispatcher	Komponente für die ein- und ausgehende SFTP-Kommunikation	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	Daten-Konverter
SMTP-Kommunikations-dispatcher	Komponente für die ein- und ausgehende SMTP-Kommunikation	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	Daten-Konverter
X.400-Kommunikations-dispatcher	Komponente für die ein- und ausgehende X.400-Kommunikation	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	Daten-Konverter
CSV-Converter	Komponente für die Konvertierung von CSV-Dateien	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	ODBC (MySQL-DB)
FF-Converter	Komponente für die Konvertierung von FF-Dateien	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	ODBC (MySQL-DB)
EDIFACT-Converter	Komponente für die Konvertierung von EDIFACT-Dateien	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	ODBC (MySQL-DB)

Komponente	Beschreibung	Informationen zur Implementierung	Schnittstelle
HTML-Converter	Komponente für die Konvertierung von HTML-Dateien	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	ODBC (MySQL-DB)
IDoc-Converter	Komponente für die Konvertierung von SAP IDoc-Dateien	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	ODBC (MySQL-DB)
JDE-Converter	Komponente für die Konvertierung von JDE-Dateien	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	ODBC (MySQL-DB)
PDF-Converter	Komponente für die Konvertierung von PDF-Dateien	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	ODBC (MySQL-DB)
TRC-Converter	Komponente für die Konvertierung von TRC-Dateien	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	ODBC (MySQL-DB)
X.12-Converter	Komponente für die Konvertierung von X.12-Dateien	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	ODBC (MySQL-DB)
XML-Converter	Komponente für die Konvertierung von XML-Dateien	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	ODBC (MySQL-DB)
Scheduler	Komponente für die zeitgesteuerte Konvertierung	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	ODBC (MySQL-DB)
Dispatcher-Check-System	Komponente für die Systemüberwachung	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	ODBC (MySQL-DB)
Dispatcher-Workflow-Erkennung	Komponente für die Identifizierung der Workflows	entwickelt in C++ basiert auf QT-Framework	ODBC (MySQL-DB)
MySQL-DB	RDBMS	Datenbank für die Datenhaltung	

E Die Entwurfsentscheidungen

Aus der Tabelle ‚Tab. E.1' lassen sich die für die Implementierung getroffenen Entwurfsentscheidungen ablesen.

Tab. E.1: Eine Übersicht zu den Entwurfsentscheidungen

Entwurfsentscheidungen / Spezifikationen zur Implementierung der Software ‚Progress Monitor'		
Zweck: Überwachung der Datenkonvertierungen Analyse der Datenkonvertierungen Fehleranalyse Unterstützung im fachlichen und technischen Support Qualitätssicherung, Qualitätsverbesserung Schulung von Kunden und Mitarbeitenden		
Bereich: Software		
Nr.	**Entwurfsentscheidung**	**Anforderung**
1.	Die Software wird für die aktuelle Version der Java Runtime Environment (JRE) entwickelt.	Die Software muss unabhängig vom Betriebssystem nutzbar sein.
2.	Das zugrundeliegende RDBMS ist MySQL, Version 5.0.45-community-nt	Nutzung einer gemeinsamen Datenbasis für den Daten-Konverter und die Software ‚Progress Monitor'
3.	Als WWW-Server wird Apache Tomcat eingesetzt.	Für den WWW-Server soll etablierte Open-Source-Software eingesetzt werden
4.	Die Schnittstelle zwischen der Software und der Datenbank wird über Java Database Connectivity, Version 4.3 (JDBC) realisiert.	Nutzung einer gemeinsamen Datenbasis für den Daten-Konverter und die Software ‚Progress Monitor'
5.	Die Ergebnisse der Konvertierung werden in der Software über Tabellen dargestellt.	Der Anwender muss die Ergebnisse zur Konvertierung filtern und sortieren können.
6.	In der Konvertierung und Kommunikation aufgetretene Fehler werden mit Fehlerursache und Referenz auf die den Fehler auslösende Komponente am Bildschirm ausgegeben. Zusätzlich müssen alle Fehler in einer Datei protokolliert werden. Dabei sind die Fehler durch Fehlercodes, welche den Fehlertyp klassifizieren, eine Fehlerbeschreibung und eine Referenz auf die Komponente, welche den Fehler ausgelöst hat, zu dokumentieren.	Für die Fehleranalyse und den Support sind Fehler, die während der Kommunikation und des Verarbeitungsprozesses auftreten, mit Fehlerursache und Lokalisation der Fehlerursache anzuzeigen.
7.	Die Tabellen in der Software sind sortierbar und filterbar.	Der Anwender muss die Ergebnisse zur Konvertierung filtern und sortieren können.
8.	Entwicklung einer Benutzerkontenverwaltung	Verwaltung von Zugriffsberechtigung aus Sicherheitsgründen
9.	Entwicklung von Benutzerrollen und einer Zugriffssteuerung mit dedizierten Benutzerrechten	Steuerung von dedizierten Benutzerrechten aus Sicherheitsgründen
10.	Implementierung einer Mandantenverwaltung	individuelle Zugriffssteuerung pro Mandant und Benutzer

Bereich: Software		
Nr.	**Entwurfsentscheidung**	**Anforderung**
11.	Implementierung zur Protokollierung der Benutzeraktionen	Sämtlich Benutzeraktionen müssen zur Nachvollziehbarkeit protokolliert werden.
12.	Die Anwendung ist für die Anwender über die Browser Google Chrome (ab Version 110), Firefox (ab Version 110), Microsoft Edge (ab Version 110) nutzbar.	Die Software muss unabhängig vom Betriebssystem nutzbar sein.
13.	Die Kommunikation mit dem WWW-Server, welcher den Progress Monitor bereitstellt, wird mittels SSL verschlüsselt und über das Anwendungsprotokoll HTTPS realisiert. Für den WWW-Server darf nur ein von einer beglaubigten Zertifizierungsstelle ausgestelltes Zertifikat bereitgestellt werden.	Aus Sicherheitsgründen muss die Kommunikation zwischen Endgerät und Anwendung über SSL verschlüsselt werden.
14.	Die im Frontend präsentierten Webseiten werden mittels HTML erstellt. Die Gestaltung (Formatierung) dieser Webseiten erfolgt ausschließlich über Cascading Stylesheets (CSS). Im Frontend zu realisierende Funktionalitäten werden mittels Java-Script umgesetzt.	Für die Präsentation der Websites sind etablierte und standardisierte Auszeichnungssprachen und Werkzeuge zu verwenden.

Bereich: Softwareentwicklung		
Nr.	**Entwurfsentscheidung**	**Anforderung**
15.	Die Software wird nach dem DevOps-Konzept mit den darin integrierten Techniken - Kontinuierliche Optimierung, - Releaseplanung (Release) - Kontinuierliche Integration (Continuos Integration) - Kontinuierliche Bereitstellung (Continuos Deployment) entwickelt.	Durch die Anwendung des DevOps-Konzepts ist die Zusammenarbeit der Funktionsbereiche ‚Softwareentwicklung' und in ‚IT-Operations' zu intensivieren und infolgedessen die Effektivität und Effizienz der Arbeit zu verbessern. Ziele der Umsetzung des DevOps-Konzepts sind die Erhöhung des Betriebsergebnisses und die Qualitätssicherung in der Softwareentwicklung als Baustein des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses. Durch das DevOps-Konzept sollen in der Implementierungsphase frühzeitig funktionsfähige Prototypen bereitgestellt werden. Das Feedback der Anwender zu den Prototypen soll in neue Release-Versionen einfließen.
16.	Die Software wird in der integrierten Entwicklungsumgebung (Integrated Development Environment (IDE)) Eclipse entwickelt.	Die Software soll in einer etablierten Open-Source Entwicklungsumgebung, in welcher die Anbindung an das Versionsverwaltungssystem ‚Subversion' (SVN) integriert ist, und die den Softwareentwicklern vertraut ist, entwickelt werden.

Bereich: Softwareentwicklung		
Nr.	**Entwurfsentscheidung**	**Anforderung**
17.	Änderungen an der Software werden als Builds zentral in dem Versionsverwaltungssystem SVN verwaltet.	Software-Builds und -Releases sind in der Versionsverwaltung (Repository-Verwaltung) SVN zentral zu organisieren und zu archivieren. Die zentrale Verwaltung verschiedener Versionsstände in Forks und Branches sichert jeden Versionsstand und ermöglicht, etwa im Fehlerfall, die Wiederherstellung früherer Versionsstände in der Versionshistorie. Durch die Protokollierung und Archivierung lassen sich Änderungen nachvollziehen. Die Implementierung basierend auf SVN ist ein zentraler Bestandteil der Qualitätssicherung bei Softzoll.
18.	In der Softwareentwicklung werden zur Qualitätssicherung Metrik-Werkzeuge wie FindBugs, JDepend, Checkstyle integriert. Metrikregeln, die der Sicherstellung der Quellcodequalität dienen, werden vor jedem Build automatisiert ausgeführt. Entspricht der Quellcode nicht den in den Regeln definierten Anwendungen wird der Build-Prozess abgebrochen.	Für die Gewährleistung der Software-Qualität sind in der Software-Entwicklung geeignete Metrik-Werkzeuge wie FindBugs, JDepend, Checkstyle regelmäßig zu nutzen. Der Sicherstellung der Code-Qualität, wie die Bezeichnung von Klassen, Methoden, Variablen, Konstanten, die Kommentierung und Formatierung des Quellcodes, ist dabei die größte Aufmerksamkeit zu widmen.
19.	In der Softwareentwicklung wird zur Qualitätssicherung regelmäßig das Refactoring zur Quellcode-Refrakturierung angewandt.	Für die Gewährleistung der Software-Qualität ist der Quellcode regelmäßig zu refrakturieren.
20.	Zur Überprüfung der Ausführung und Korrektheit wird der Quellcode kontinuierlich und automatisiert durch Modultests (Unit Tests) validiert und verifiziert.	Der Quellcode ist kontinuierlich und automatisiert nach den Vorgaben im Validation- und Verification-Plan durch Modultests (Unit Tests) zu validieren und verifizieren. Der Validation- und Verification-Plan ist ein essentieller Bestandteil der Qualitätssicherung.
21.	Die Ausführung und korrekte Umsetzung der geforderten Funktionalitäten in der Software wird kontinuierlich durch Produkttests und Akzeptanztests verifiziert.	Die korrekte Umsetzung der geforderten Funktionalitäten ist regelmäßig durch Produkttests und Akzeptanztests, die nach den Vorgaben im Validation- und Verification-Plan ausgeführt werden, nachzuweisen. Der Validation- und Verification-Plan ist ein essentieller Bestandteil der Qualitätssicherung.

F Das BPMN-Diagramm zum Prozess ‚Software-Test'

Der Geschäftsprozess ‚Software-Test' wird in der nachstehenden Abbildung ‚Abb. F.1' als BPMN-Diagramm veranschaulicht.

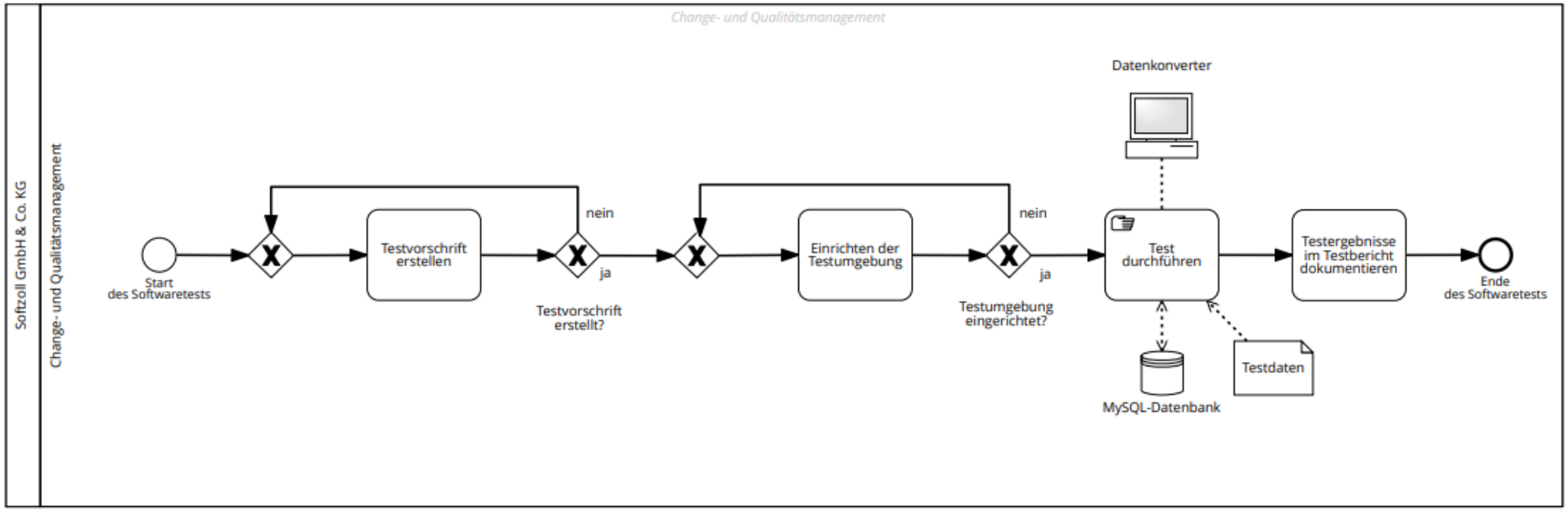


Abb. F.1: Das BPMN-Diagramm zum Prozess ‚Software-Test'

G Der Testbericht zum Testfall 6.1.3

Die folgenden Abbildungen ‚Abb. G.1' bis ‚Abb. G.5' dokumentieren das Testergebnis zum Testfall 6.1.3.

Testbericht				
Test-Nummer	001	Arbeitspaket-Nummer	027	
Testvorschrift				
Nummer/Version	1/001	Name des Dokuments	TSpec 1/001	
Sequenz-Nummer	6.1	Testfall-Nummer	6.1.3	
Referenzierte Dokumente				
Anforderungsdokument ReqSpec 1.001, 26.06.2023 Softzoll-Dokumentation „Installations- und Konfigurationsanleitung" vom 16.03.2023 Softzoll-Dokumentation „Anleitung zur Anlage eines Mandanten im EDI-Portal" vom 12.04.2021 Softzoll-Dokumentation „Anleitung zur Anlage eines Benutzers im EDI-Portal" vom 12.04.2021 Softzoll-Dokumentation „Anleitung zur Anlage eines Lieferanten im EDI-Portal" vom 12.04.2021 Softzoll-Dokumentation „Anleitung zur Anlage eines Kunden im EDI-Portal" vom 12.04.2021 Softzoll-Dokumentation „Anleitung zur Workflowverwaltung im EDI-Portal" vom 12.04.2021				
Testbeginn (Datum und Zeit)	28.07.2023 11:45 Uhr	Testdauer in Minuten	45	
Testende (Datum und Zeit)	28.07.2023 12:30 Uhr			
Gegenstand und Zweck des Tests				
Projekt-Nummer	001	Projektname	„Entwicklung des EDI-Portals"	
Projektart	☒ intern	☐ extern		
Projektauftraggeber	Softzoll GmbH & Co. KG	Projekt-verantwortlicher	Herr Michael Wischniewski (Projektmanager)	
Art des Tests	☐ Unit-Test	☐ Integrationstest	☒ Systemtest	☐ Abnahmetest
Softwareentwickler	Frau Johanna Kuhlmann (Software-Entwicklerin)			

Abb. G.1: Der Testbericht zum Testfall 6.1.3, S. 28

Name und Version des getesteten Programmmoduls (Name, Version, Build, Versions-Beschreibung)		EDI-Portal - Progress Monitor Version: 12 Build: dev: 2023-07-06 Development version	
Testumgebung			
Betriebssystem des Testsystems (Name, Version, Build)	Windows 10 Pro Version 22H2 Build 19045.3208	Browser des Testsystems (Name, Version, Build)	Firefox Version 115.0.2 (64-Bit)
Softwarekomponente			
getestete Softwarekomponente (Name, Version, Build)		Progress-Monitor.CSV-Datenkonverter Version: 12 Build: dev: 2023-07-06 Development version	
Testdatei			
Dateiname der Testdatei	TF-6.1.3_CSV_ohne_Fehler_Mehrfachnachricht.csv	Datentyp der Testdatei	Comma-separated value
Testinfrastruktur			
benötigte Software (Name, Version, Build)		Apache Tomcat, Version 7.0 Java, Version 8.0 (einschließlich JDK und JRE) MySQL, Version 5.0.45-community-nt	
Voraussetzungen		Datenbankbenutzer Konfiguration der Umgebungsvariablen für den Webserver Apache Tomcat Installierte Programmdateien Installierte Datenbankobjekte Konfigurierte Software für den Webserver Apache Tomcat	
Sprache der Benutzerschnittstelle	englisch		
Test-Zweck	Test zur Überwachung der Daten-Konvertierung über den Konvertertyp „CSV-Datenkonverter“		

Abb. G.2: Der Testbericht zum Testfall 6.1.3, S. 29

Testzusammenfassung	
Besonderheiten	keine
Beschreibung zur Durchführung	Der Test wurde nach den Vorgaben zur Testsequenz TS-6.1 und Testfall TF-6.1.3 aus der Testvorschrift durchgeführt. Vor dem Testbeginn wurden die darin beschriebenen Vorbereitungsarbeiten ausgeführt und die Testdatei aufbereitet. Anschließend wurde der Test durch Übergabe der Testdatei an den CSV-Datenkonverter über das Programm absolviert.
Sollvorgaben	Anzeige der Detailinformationen in einer Tabelle. gemäß Anforderungs-Spezifikation ReqSpec 2.001 vom 12.04.2019 vorgegebene Tabellenspalten id file received tracking number MaiKey Workflow ID Workflow name Document number File received Orign Status XEorF in atExch00 XEorF in atantt00 XEorF in atedis00 XEorF in atedis00 Completion in percentage Text und Schriftformatierung in den Textfeldern und Steuerelementen sind gemäß der Anforderungs-Spezifikation ReqSpec 2.001 vom 12.04.2019 zu formatieren.

Abb. G.3: Der Testbericht zum Testfall 6.1.3, S. 30

Testergebnis (Ist-Ergebnis)	Anzeige der Detailinformationen in einer Tabelle. Tabellenspalten id file received tracking number MaiKey Workflow ID Workflow name Belegnummer File received Orign Status XEorF in atExch00 XEorF in atantt00 XEorF in atedis00 XEorF in atedis00 Completion in percentage Text und Schriftformatierung in den Textfeldern und Steuerelementen sind gemäß der Anforderungs-Spezifikation ReqSpec 2.001 vom 12.04.2019 formatiert.
Soll-/Ist-Abweichung	Bezeichnung zur Tabellenspalte für die Belegnummer sei „Document number“ Bezeichnung zur Tabellenspalte für die Belegnummer ist „Belegnummer“
Fehlerbeschreibung	Die Bezeichnung zur Tabellenspalte für die Belegnummer ist von den Sollvorgaben in der Spezifikation ReqSpec 2.001 vom 12.04.2019 abweichend.
Fehlercodes des Programms	keine
Fehlermeldungen des Programms	keine

Abb. G.4: Der Testbericht zum Testfall 6.1.3, S. 31

Prüfergebnis			
Prüfstatus	☐ Der Test wurde ohne unerwartete Unterbrechung ausgeführt und ohne Fehler beendet.	☒ Der Test wurde ohne unerwartete Unterbrechung ausgeführt und mit Fehler beendet.	☐ Der Test wurde unerwartet abgebrochen.
Fehlertyp	☐ kritisch	☒ unkritisch	
Ergebnis und Empfehlung Code - Beschreibung			
☐ 009 - Test abgebrochen			
☒ 008 - nicht akzeptieren (Wiederholung des Tests erforderlich)			
☐ 007 - Funktionsfehler			
☐ 006 - fatale Fehler			
☐ 005 - Schönheitsfehler			
☐ 003 - wie es ist			
☐ 000 - akzeptieren (keine Wiederholung des Tests)			
Begründung	Das Ist-Ergebnis weicht von den Sollvorgaben ab. Die Abweichung kann nicht akzeptiert werden, da in der englischsprachigen GUI nur englische Wörter zulässig sind.		
Test-Team			
Testverantwortliche (Testmanager)	Michael Wischniewski (Projektmanager)	Datum	28.07.2023
Tester	Michael Wischniewski (Projektmanager)	Datum	28.07.2023

Abb. G.5: Der Testbericht zum Testfall 6.1.3, S. 32

Literaturverzeichnis

Aichele, C., & Schönberger, M. (Hrsg.). (2014). *App4U: Mehrwerte durch Apps im B2B und B2C*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-8348-2436-3

Alam, D., & Gühl, U. (2020). *Projektmanagement für die Praxis: Ein Leitfaden und Werkzeugkasten für erfolgreiche Projekte*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62170-7

Alpar, P., Alt, R., Bensberg, F., & Czarnecki, C. (2023). *Anwendungsorientierte Wirtschaftsinformatik: Strategische Planung, Entwicklung und Nutzung von Informationssystemen*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-40352-2

Alt, R., Auth, G., & Kögler, C. (2017). *Innovationsorientiertes IT-Management mit DevOps*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18704-0

Bayer, M. (2023). *Installation von Tomcat und EDI-Portal*. Softzoll GmbH & Co. KG.

Bechmann, R., & Landerer, S. (2010). *Qualitätsmanagement und kontinuierlicher Verbesserungsprozess*. Bund-Verl.

Beifuss, A., & Holzbaur, U. (2020). *Projektmanagement für Studierende: Strategie und Methode für ein erfolgreiches Studium*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32664-7

Broy, M. (2023). *Logische und Methodische Grundlagen der Entwicklung verteilter Systeme: Unter Mitarbeit von Alexander Malkis*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-67317-1

Burnus, H. (2008). *Datenbankentwicklung in IT-Berufen: Eine praktisch orientierte Einführung mit MS Access und MySQL ; [mit Online-Service zum Buch]* (1. Aufl.). Vieweg.

Carle, G., Günther, S., Herold, N., & Posselt, S. (2013). *Was_ist_Subversion_TU_Munich.pdf*. Technische Universität München. https://www.net.in.tum.de/pub/grnvs/2013/svnintro.pdf

Droste, O., & Merz, C. (2019). *Testmanagement in der Praxis*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-49653-4

Frühauf, K., Ludewig, J., & Sandmayr, H. (2007). *Software-Prüfung: Eine Anleitung zum Test und zur Inspektion* (6.). vdf Hochschulverlag AG.

Gehring, H., & Gabriel, R. (2022). *Wirtschaftsinformatik*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37702-1

Halstenberg, J., Pfitzinger, B., & Jestädt, T. (2020). *DevOps: Ein Überblick*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-31405-7

Herrmann, A. (2022). *Grundlagen der Anforderungsanalyse: Standardkonformes Requirements Engineering*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35460-2

Hoffmann, D. W. (2013). *Software-Qualität*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35700-8

Kaufmann, J., & Mülder, W. (2023). *Grundkurs Wirtschaftsinformatik: Eine kompakte und praxisorientierte Einführung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37937-7

Kirner, E., Armbruster, H., & Kinkel, S. (2006). *Kontinuierlicher Verbesserungsprozess-Baustein zur Prozessinnovation in KMU: Nutzung und*

Effekte von KVP im Verarbeitenden Gewerbe. Mitteilungen aus der ISI-Erhebung-Modernisierung der Produktion.

Krallmann, H., Schönherr, M., & Trier, M. (2013). *Systemanalyse im Unternehmen* (6. Aufl.). Oldenbourg Verlag München Wien.

Kusay-Merkle, U. (2018). *Agiles Projektmanagement im Berufsalltag: Für mittlere und kleine Projekte*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56800-2

Meier, A. (2010). *Relationale und postrelationale Datenbanken*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05256-9

ORACLE. (2023). *ORACLE Java Tutorials*. https://docs.oracle.com/javase/tutorial/jdbc/overview/index.html

Scheer, A.-W., Abolhassan, F., Jost, W., & Kirchmer, M. (Hrsg.). (2003). *Change Management im Unternehmen*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-19020-9

Timinger, H. (2015). *Wiley-Schnellkurs Projektmanagement*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

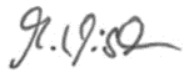
Valentini, U., Weißbach, R., Fahney, R., Gartung, T., Glunde, J., Herrmann, A., Hoffmann, A., & Knauss, E. (2013). *Requirements Engineering und Projektmanagement* (A. Herrmann, E. Knauss, & R. Weißbach, Hrsg.). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29432-7

Wack, J. (2007). *Risikomanagement für IT-Projekte* (1. Aufl.). Dt. Univ.-Verl.

Abschließende Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

03.09.2023

X 

Michael Wischniewski
EDI-Projektmanager
Signiert von: Michael Wischniewski

Berlin, den 03. September 2023