

Entwicklung einer Methode zur Nachverfolgung von Änderungen einer Systemspezifikation und deren Auswirkung auf einen Testprozess (am Beispiel von ETCS)

Autor

Steffen Bussenius

(Matrikelnummer: 40788122)

Eingereichte Abschlussarbeit zur Erlangung des Grades

Bachelor of Science (B.Sc.)

im Studiengang

Wirtschaftsingenieur Verkehrsmanagement

an der

Karl-Scharfenberg-Fakultät

der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften

Erster Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Wolf-Rüdiger Runge

Zweiter Prüfer: Dipl.-Ing. Lennart Asbach

Eingereicht am: XX.10.2011



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung.....	1
1.1 Aufgabenstellung.....	1
1.2 ETCS	2
1.2.1 Definition und Bedeutung des ETCS	2
1.2.2 Definition der ETCS– Level	7
1.2.3 System-Spezifikationen für ETCS	10
1.2.4 Bedeutung der ETCS Labore	14
1.3 Entwicklung der Versionen des Subset 026.....	16
1.4 Hintergrund der Nachverfolgung von Änderungen in der SRS	18
2 Methode.....	19
2.1 Recherche nach vorhandenen Lösungen zur Nachverfolgung von Anforderungsänderungen	20
2.2 Tools zur Umsetzung der Nachverfolgung	20
2.2.1 Excel.....	20
2.2.2 Word.....	21
2.2.3 WinMerge	21
2.2.4 eMonica	22
2.3 Ergebnisanalyse	23
3 Nachverfolgung von Spezifikationen, bezogen auf ETCS.....	24
3.1 Struktur des Subset 026 v.320	24
3.2 Relevanz des Kapitels 6 des Subsets 026	26
3.2.1 Management of older System Versions.....	27
3.2.2 Versionsbezeichnung im Kapitel 6	28
3.2.3 Änderungen zwischen der SRS Version 2.3.0 d und der Baseline 3	28
3.3 Ausgangssituation	30



3.4	Umsetzung.....	30
3.4.1	Erstellen einer Excel-Tabelle für die Nachverfolgung	31
3.4.2	Erstellen eines Makroprogramms für die Optimal Sichtweise der Versionsanforderungen.....	39
4	Einfluss des Kapitel 6 auf die Testsequenzen.....	44
4.1	Konzept für die automatische Zuordnung einer Anforderungen und der dazugehörigen Testsequenzen.....	44
4.2	Umsetzung des Konzeptes zur Automatisierung der Zuordnung eines Test Cases und deren Testsequenz	47
4.3	Definition der Befehle des Quelltextes	50
4.4	Ermittlung des Einfluss von Kapitel 6 auf die Testsequenzen.....	53
5	Fazit.....	55
5.1	Ausblick.....	55
	Eidesstattliche Erklärung	60



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zugsicherungssysteme in Europa.....	2
Abbildung 2: Eurobalise	4
Abbildung 3: Euroloops	5
Abbildung 4: Euroradio.....	5
Abbildung 5: Eurocab	6
Abbildung 6: ETCS-Level 1	8
Abbildung 7: ETCS-Level 2	9
Abbildung 8: ETCS-Level 3	9
Abbildung 9: Zusammenhang zwischen Test Cases, Feature und Testsequenz	15
Abbildung 10: Testablauf eines ETCS On-Board Gerätes	16
Abbildung 11: Zeitlicher Ablauf der Spezifikationsentwicklung.....	17
Abbildung 12: Kompatibilität der SRS Versionen.....	18
Abbildung 13: Screenshot von WinMerge.....	22
Abbildung 14: Screenshot von eMonica.....	23
Abbildung 15: Kompatibilität bei Versionsänderung zwischen Strecke und On-Board Einheit	26
Abbildung 16: Erstellung eines Dokumentes zur Änderungsverfolgung	32
Abbildung 17: Auszug aus dem Word Dokument des Subset 026 v 3.2.0	34
Abbildung 18: Auszug aus dem Kapitel "Management of older System Versions"	36
Abbildung 19: Dokumentenvergleich	41
Abbildung 20: VBA Schleife (siehe Quellcode 2).....	51
Abbildung 21: If then Befehl (siehe Quellcode 2).....	53



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: ETCS- Level.....	10
Tabelle 2: Liste von Spezifikationen	11
Tabelle 3: Versionsbezeichnung	28
Tabelle 4: Auszug der Traceability.....	29
Tabelle 5: Zuordnung einer Anforderung zu einem Test Case.....	32
Tabelle 6: Erstellte Excel-Tabelle.....	33
Tabelle 7: Zuordnung der Anforderungstext den jeweiligen Anforderungsnummern	35
Tabelle 8: Excel Tabelle mit Spalte X=1 und X=2	37
Tabelle 9: Änderungsbeschreibung	38
Tabelle 10: Erstellte Excel Tabelle.....	38
Tabelle 11: SRS Versionsvergleich.....	40
Tabelle 12: SRS 3.2.0	40
Tabelle 13: SRS mit Einfluss der Version X 1	41
Tabelle 14: Änderungen der SRS 3.2.0	42
Tabelle 15: Änderungsverfolgung der SRS	42
Tabelle 16: Test Case suche	45
Tabelle 17: Test Case in der Tabelle "Test Cases Converage.....	45
Tabelle 18: Anzahl der Test Cases für eine Sequenz.....	45
Tabelle 19: Zuordnung von Test Case zu einer Sequenz.....	46
Tabelle 20: Ausschnitt der Excel Tabelle.....	46
Tabelle 21: Spalte der Testsequenz	47
Tabelle 22: Zelle mit mehreren Test Cases.....	52
Tabelle 23: Änderungen in den Testsequenzen	54



Abkürzungsverzeichnis

DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
ERA	European Railway Agency
ERRI	European Rail Research Institute
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ETCS	European Train Control System
EVC	European Vital Computer
GSM-R	Global System Mobile-Railways
RBC	Radio Block Center
SRS	System-Requirements-Spezifikationen
VBA	Visual Basic for Applications



1 Einleitung

In diesem Kapitel wird die Aufgabenstellung erläutert und ein kurzer Überblick des ETCS (European Train Control System) gegeben. Hierdurch wird gezeigt, dass eine Nachverfolgung für die ETCS-Spezifikationen von Relevanz ist.

1.1 Aufgabenstellung

Da die Forschungs- und Entwicklungsarbeit des ETCS einer unvermeidbaren Dynamik unterliegt, und ein Abschluss erst über einen längeren Zeitraum möglich ist, werden kontinuierlich neue Versionen der Spezifikation erstellt.

Des Weiteren basieren die marktreifen Geräte, aufgrund der langen Konstruktionsphasen, häufig auf Vorgängerversionen der Systemspezifikationen.

Die Aufgabe dieser Bachelorarbeit besteht nun einerseits darin, eine geeignete Methode zu entwickeln, die eine Nachverfolgung von Änderungen in einer Systemspezifikation ermöglicht und andererseits, diese Methode umzusetzen, um aufzuzeigen, wie diese Änderungen übersichtlich und zur Weiterbearbeitung dargestellt werden können.

Die Methode wird anhand der verschiedenen Versionen der ETCS-Spezifikation erarbeitet.

Durch die anschließende Umsetzung wird der Zusammenhang zwischen den Änderungen der ETCS Spezifikationen und der daraus resultierenden Einflüsse auf die Testprozesse herausgearbeitet. Hierbei wird auch die Anwendbarkeit der Methode gezeigt.

1.2 ETCS

1.2.1 Definition und Bedeutung des ETCS

ETCS (European Train Control System) ist ein Zugbeeinflussungssystem, welches europaweit eingeführt werden soll¹. Derzeit existieren in Europa unterschiedliche Zugbeeinflussungssysteme (siehe Abbildung 1), so dass bei einer grenzübergreifenden Fahrt, das Triebfahrzeug getauscht werden muss.

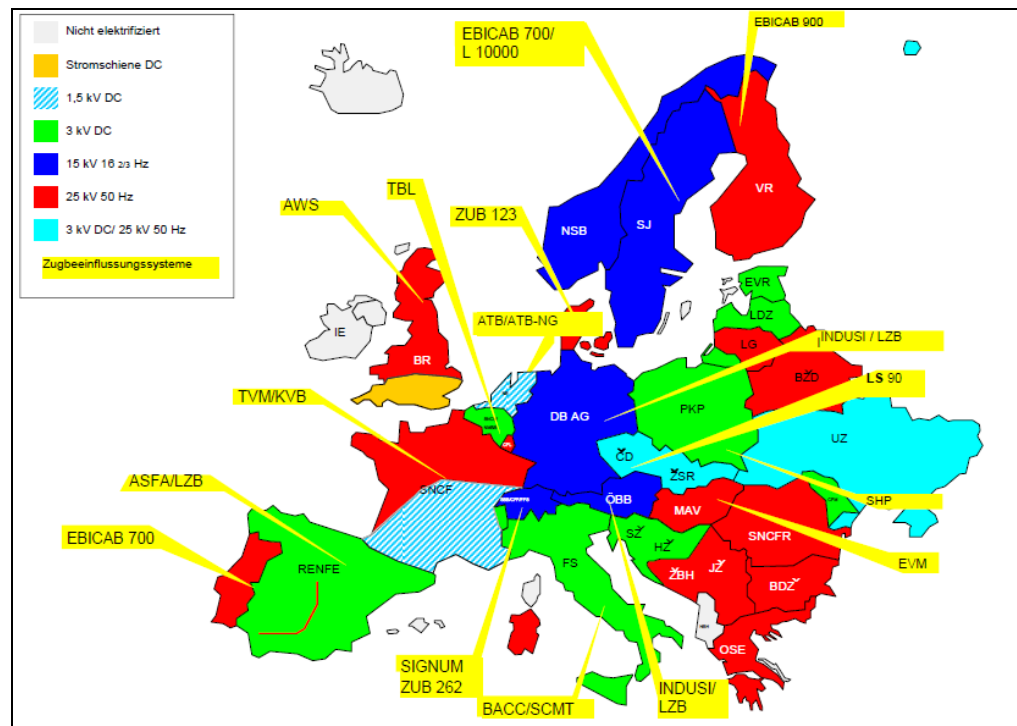


Abbildung 1: Zugsicherungssysteme in Europa²

¹ Vgl. Lämli Erstfeld, B., <http://www.lokifahrer.ch/Lukmanier/Sicherheit.htm#Zugsicherungssystem>, 08.09.2011

² Vgl. Dipl.-Ing. Gralla, C. (2009) http://rzbl04.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00007082/Dissertation.pdf, Seite 4, 10.09.2011



Das ETCS soll die Systemvielfalt beseitigen und somit für eine Einheitlichkeit der Bahn europaweit sorgen.³ Des Weiteren sollen durch ETCS Kosten gesenkt, die Kapazität gesteigert und der Schienenverkehr noch sicherer werden. Das Zugbeeinflussungssystem besitzt zwei Komponenten, deren Zusammenspiel fundamental wichtig ist, um eine reibungslose Funktionalität zu gewährleisten:

1 Strecke:

Die Streckensensorik gibt Parameter, wie z.B. die Fahrtrichtung, die Fahrstraße, die zulässige Geschwindigkeit oder die Länge des freigegebenen Fahrweges an.

2 Fahrzeug:

Das Fahrzeug empfängt diese Parameter und verarbeitet sie.

Beide Komponenten werden durch vier technische Hilfsmittel, unterstützt. Sie bilden die Grundlage des ETCS:

1. Eurobalisen (siehe Abbildung 2):

Eurobalisen sind punktförmige Übertragungseinrichtungen, die dem Triebfahrzeug Informationen übermitteln. Die Informationen der Eurobalisen können sowohl statisch als auch dynamisch sein. Eine statische Baliseninformation wäre die Balisennummer sowie die Balisenkoordinaten. Durch diese Informationen ist eine Ortung des Zuges möglich. Bei einer dynamischen Baliseninformation würde zum Beispiel eine folgende Signalstellung übermittelt werden.⁴

³ Vgl. Dipl.-Ing. Gralla, C. (2009) http://rzbl04.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00007082/Dissertation.pdf, Seite 4, 10.09.2011

⁴ Vgl. Wagner, M., <http://www.marco-wegener.de/technik/etcs.htm>, 11.09.2011



Abbildung 2: Eurobalise⁵

2. Euroloop (siehe Abbildung 3):

Euroloops sind linienförmige Übertragungseinrichtungen. Sie bestehen aus einer im Gleis verlegten, maximal 1000 m langen elektrischen Schleife, die eine kontinuierliche Übertragung von Informationen an das Triebfahrzeug ermöglicht.⁶

⁵ Vgl. (o.V.), http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0c/Siemens_Eurobalise.jpg, 03.08.2011

⁶ Vgl. Wagner, M., <http://www.marco-wegener.de/technik/etcs.htm>, 11.09.2011



Abbildung 3: Euroloops⁷

3. Euroradio (siehe Abbildung 4):

Mit Euroradio können Informationen jederzeit zwischen Strecke und Triebfahrzeug übermittelt werden. Die Übermittlung der Informationen findet per GSM-R (Global System Mobile-Railways) statt.⁸

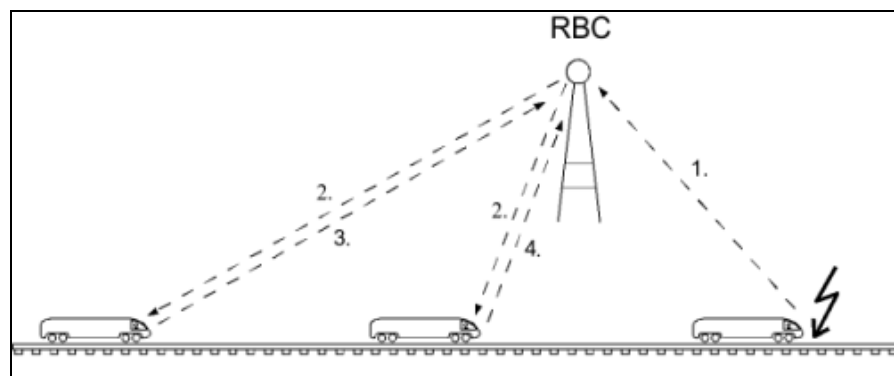


Abbildung 4: Euroradio⁹

⁷ Vgl. (o.V.),

https://www.swe.siemens.com/portugal/web_nwa/pt/PortallInternet/QuemSomos/negocios/Industry/mobility/railautomation/PublishingImages/euroloop_s.jpg, 03.08.2011

⁸ Vgl. Wagner, M., <http://www.marco-wegener.de/technik/etcs.htm>, 11.09.2011

⁹ Vgl. (o.V.), <http://csd.informatik.uni-oldenburg.de/teaching/ConsecutiveTrains.png>, 03.08.2011

4. Eurocab (siehe Abbildung 5):

Als Eurocab wird die Fahrzeuginrichtung bezeichnet, die über ein ETCS-Bus mit einem Fahrzeugrechner EVC (European Vital Computer) verbunden ist. Hier werden die von der Strecke (Eurobalisen, Euroloops und Euroradio) übertragenen Informationen verarbeitet und an den Triebfahrzeugführer weitergegeben.¹⁰



Abbildung 5: Eurocab¹¹

Je nach Level (siehe 1.2.2) werden diese Systemkomponenten, unterschiedlich eingesetzt.

¹⁰ Vgl. Wagner, M., <http://www.marco-wegener.de/technik/etcs.htm>, 11.09.2011

¹¹ Vgl. (o.V.), http://www.signon-rail.com/uploads/images/1284451389474975160663/etcs_leistungen.png, 04.08.2011



1.2.2 Definition der ETCS– Level

Das ETCS wird in vier abwärtskompatiblen Ausrüstungsstufen eingeteilt:

- Level 0:

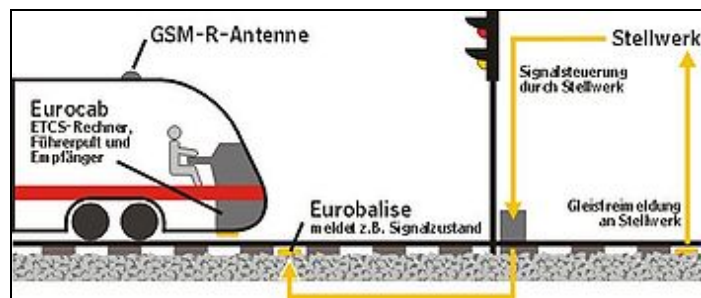
Level 0 tritt ein, wenn ein Triebfahrzeug mit einer ETCS-Ausrüstung auf einer Strecke ohne ETCS fährt. In diesem Fall überwacht das Triebfahrzeug lediglich die Höchstgeschwindigkeit des Zuges.¹²

- Level 1:

In Level 1 (siehe Abbildung 6) dienen hauptsächlich Eurobalisen als Übertragungsmedium. Hierbei können Informationen, wie zum Beispiel erlaubte Höchstgeschwindigkeit, Fahrtrichtung und Signalzustand des folgenden Signals übermittelt werden. Bei einer Überschreitung der Höchstgeschwindigkeit, sowie bei einer Überfahrt eines haltzeigenden Signals, wird der Zug durch eine Zwangsbremmung zum Stehen gebracht.¹³

¹² Vgl. Lämmler Erstfeld, B., <http://www.lokifahrer.ch/Signale/fss-signale.htm>, 18.08.2011

¹³ Vgl. (o.V.), Einfluss des European Train Control System ETCS auf die Leistungsfähigkeit von Knoten. (von der Firma VIA) Seite 8

Abbildung 6: ETCS-Level 1¹⁴

- Level 2:

In Level 2 (siehe Abbildung 7) findet kontinuierlich eine Übertragung zwischen der Strecke und dem Triebfahrzeug via GSM-R und Eurobalisen statt. Dies ermöglicht eine genaue Ortung des Zuges, allerdings wird die Information über einen freien Gleisabschnitt in Level 2, wie auch in Level 1, durch eine Gleisfreimeldung an das Stellwerk übermittelt. Level 2 kann durch den kontinuierlichen Informationsaustausch auf eine Außensignalisierung verzichten.¹⁵

¹⁴ Vgl. (o.V.),

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Etcs_l1.jpg&filetimestamp=20070418173202, 15.08.2011

¹⁵ Vgl. (o.V.), Einfluss des European Train Control System ETCS auf die Leistungsfähigkeit von Knoten. (von der Firma VIA), Seite 9

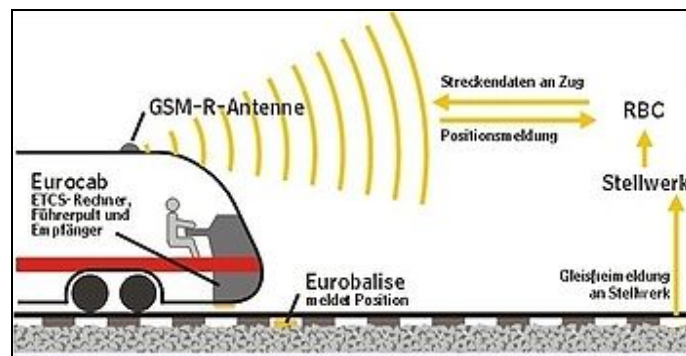


Abbildung 7: ETCS-Level 2¹⁶

- Level 3:

In Level 3 (siehe Abbildung 8) wird auf Gleisfreimeldungen an das Stellwerk verzichtet, da der Zug komplett überwacht wird. In Level 3 wird das Stellwerk in die Streckenzentrale integriert.¹⁷

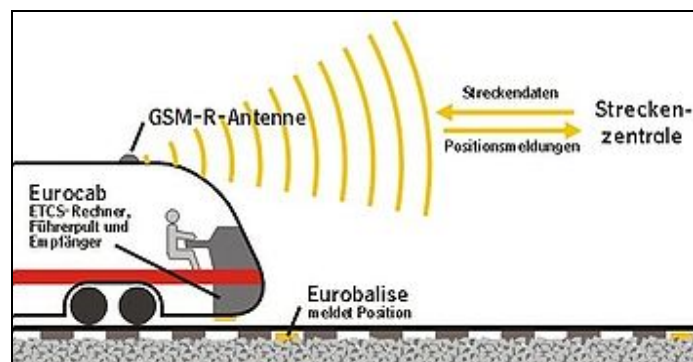


Abbildung 8: ETCS-Level 3¹⁸

¹⁶ Vgl. (o.V.),

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:ETCS_L2_w_RBC.jpg&filetimestamp=20070523184041, 10.09.2011

¹⁷ Vgl. (o.V.), Einfluss des European Train Control System ETCS auf die Leistungsfähigkeit von Knoten. (von der Firma VIA) Seite 13



In Tabelle 1 sind die wichtigsten Merkmale der einzelnen Level zusammengefasst.

Tabelle 1: ETCS- Level¹⁹

Ausrüstungsstufe	ETCS Level 1	ETCS Level 2	ETCS Level 3
erf. Streckenausrüstung	<ul style="list-style-type: none">- Ortsfeste Signale- Gleisfreimeldeeinrichtung- schaltbare Balisen- Infill-Schleife (optional)	<ul style="list-style-type: none">- Gleisfreimeldeeinrichtung- nicht schaltbare Balisen- Funkblockzentrale	<ul style="list-style-type: none">- nicht schaltbare Balisen- Funkblockzentrale
erf. Fahrzeugausrüstung	<ul style="list-style-type: none">- ETCS-Fahrzeuggerät- Ortungseinrichtung	<ul style="list-style-type: none">- ETCS-Fahrzeuggerät- Ortungseinrichtung- GSM-R Funkeinrichtung	<ul style="list-style-type: none">- ETCS-Fahrzeuggerät- Ortungseinrichtung- GSM-R Funkeinrichtung- Zugintegritätskontrolle

1.2.3 System-Spezifikationen für ETCS

Die ersten Systemspezifikationen für das ETCS wurden 1996 durch die European Rail Research Institute (ERRI) erstellt. Die Weiterentwicklung der Systemspezifikationen wurde durch die ERTMS User Group fortgeführt. Heute liegt die Weiterentwicklung in den Händen der UNISIG (bestehend aus europäischen Bahnsicherungstechnikherstellern). Die Systemspezifikationen können auf der Internetseite der ERA als Word-Dokument heruntergeladen werden. Dieses Word-Dokument wird durch

¹⁸ Vgl. (o.V.),

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:ETCS_L3_w_RBC.jpg&filetimestamp=20070531181449, 10.09.2011

¹⁹ Vgl. Wagner, M., <http://www.marco-wegener.de/technik/etcs.htm>, 11.09.2011



die ERA verwaltet. In der folgenden Tabelle sind alle verbindlichen Spezifikationen in ihrer aktuellen Version aufgeführt.

Tabelle 2: Liste von Spezifikationen²⁰

Index	Reference	Title	Version
01	ERA/ERTMS/003204	ERTMS/ETCS Functional Requirements Specification	5.0
03	UNISIG SUBSET-023	Glossary of Terms and Abbreviations	2.0.0
04	UNISIG SUBSET-026	System Requirement Specification	2.3.0
05	UNISIG SUBSET-027	FFFIS Juridical Recorder-Downloading Tool	2.3.0
06	UNISIG SUBSET-033	FIS for Man-Machine Interface	2.0.0
07	UNISIG SUBSET-034	FIS for the Train Interface	2.0.0
08	UNISIG SUBSET-035	Specific Transmission Module FFFIS	2.1.1
Index	Reference	Title	Version
09	UNISIG SUBSET-036	FFFIS for Eurobalise	2.4.1
10	UNISIG SUBSET-037	Euroradio FIS	2.3.0
12	UNISIGSUBSET-039	FIS for the RBC/RBC Handover	2.3.0
13	UNISIG SUBSET-040	Dimensioning and Engineering rules	2.3.0
14	UNISIG SUBSET-041	Performance Requirements for Interoperability	2.1.0
15	ERA SUBSET-108	Interoperability-related consolidation on TSI annex A documents	1.2.0

²⁰Vgl. (o.V.), <http://www.era.europa.eu/Core-Activities/ERTMS/Pages/List-Of-Mandatory-Specifications.aspx>, 26.08.2011



Index	Reference	Title	Version
16	UNISIG SUBSET-044	FFFIS for Euroloop sub-system	2.3.0
18	UNISIG SUBSET-046	Radio In-fill FFFS	2.0.0
19	UNISIG SUBSET-047	Track-side-Trainborne FIS for Radio In-Fill	2.0.0
20	UNISIG SUBSET-048	Trainborne FFFIS for Radio In-Fill	2.0.0
21	UNISIG SUBSET-049	Radio In-Fill FIS with LEU/Interlocking	2.0.0
23	UNISIG SUBSET-054	Assignment of Values to ETCS variables	2.0.0
25	UNISIG SUBSET-056	STM FFFIS Safe Time Layer	2.2.0
26	UNISIG SUBSET-057	STM FFFIS Safe Link Layer	2.2.0
27	UNISIG SUBSET-091	Safety requirements for the Technical Interoperability of ETCS in Levels 1 & 2	2.5.0
29	UNISIG SUBSET-102	Test specification for interface "k"	1.0.0
31	UNISIG SUBSET-094	UNISIG Functional Requirements for an On-Board reference Test Facility	2.0.2
32	EIRENE FRS	GSM-R Functional Requirements Specification	7
33	EIRENE SRS	GSM-R System requirements Specification	15
34	A11T6001 12	(MORANE) Radio Transmission FFFIS for EuroRadio	12
35	ECC/DC(02)05	ECC Decision of 5 July 2002 on the designation and availability of frequency bands for railway purposes in the 876-880 and 921-925 MHz bands	
36c	UNISIG SUBSET-074-2	FFFIS STM Test cases document	1.0.0
37b	UNISIG SUBSET-076-5-2	Test cases related to features	2.3.1
37c	UNISIG SUBSET-076-6-3	Test sequences	2.3.1



Index	Reference	Title	Version
37d	UNISIG SUBSET-076-7	Scope of the test specifications	1.0.2
38	06E068	ETCS Marker boards definition	1.0
39	UNISIG SUBSET-092-1	ERTMS EuroRadio Conformance Requirements	2.3.0
40	UNISIG SUBSET-092-2	ERTMS EuroRadio Test cases Safety layer	2.3.0
43	UNISIG SUBSET-085	Test Specification for Eurobalise FFFIS	2.2.2
45	UNISIG SUBSET-101	Interface "K" Specification	1.0.0
46	UNISIG SUBSET-100	Interface "G" Specification	1.0.1
49	UNISIG SUBSET-059	Performance requirements for STM	2.1.1
50	UNISIG SUBSET-103	Test specification for EUROLOOP	1.0.0
52	UNISIG SUBSET-058	FFFIS STM Application Layer	2.1.1
58	UNISIG SUBSET-097	Requirements for RBC-RBC Safe Communication Interface	1.1.0
63	UNISIG SUBSET-098	RBC-RBC Safe Communication Interface	1.0.0

Für die Änderungsverfolgung der Systemanforderung ist das Subset 026 (siehe markierte Stelle in der Tabelle 1) von Relevanz, da in diesem Dokument alle Anforderungen bezüglich der Zugsicherung beschrieben sind.



1.2.4 Bedeutung der ETCS Labore

Die Interoperabilitätskomponenten (Strecke, On-Board-Gerät) des ETCS sollen durch eine national unabhängige Stelle getestet und zertifiziert werden. Hierzu werden ETCS Testlabore in Betrieb genommen. Es gibt derzeit drei unabhängige Testlabore (Cedex, Multitel und DLR) in Europa²¹. Diese Labore können durch entsprechende Software und Hardware, die Strecken und die On-Board-Einheiten simulieren. Diese Prozedur wird durchgeführt, um eine Kompatibilität (siehe Definition 2) zwischen Strecke und Zug zu gewährleisten (siehe Abbildung 10). Damit die Anforderungen (SRS) der Komponenten nicht unterschiedlich interpretiert werden und somit verschiedene Tests entstanden, kooperieren die Labore in der Entwicklung der Testsequenzen (siehe Definition 4). Um eine Testsequenz zu entwickeln, werden mehrere Feature (siehe Definition 5), in denen Test Cases (siehe Definition 3) enthalten sind, verkettet (siehe Abbildung 9).

Interoperabilität: Dies ist die Fähigkeit zur Zusammenarbeit von verschiedenen Systemen. Dies ist in der Regel nur möglich, wenn einheitliche Standards eingehalten werden.

Definition 1: Interoperabilität²²

Kompatibilität: Dies bedeutet dass mehrere verschiedene Versionen miteinander funktionieren.

Definition 2: Kompatibilität

²¹ Vgl. (o.V.), http://www.dlr.de/fs/desktopdefault.aspx/tabid-1235/1688_read-29427/, 20.09.2011

²² Vgl. (o.V.), <http://de.wikipedia.org/wiki/Interoperabilit%C3%A4t>, 18.10.2011

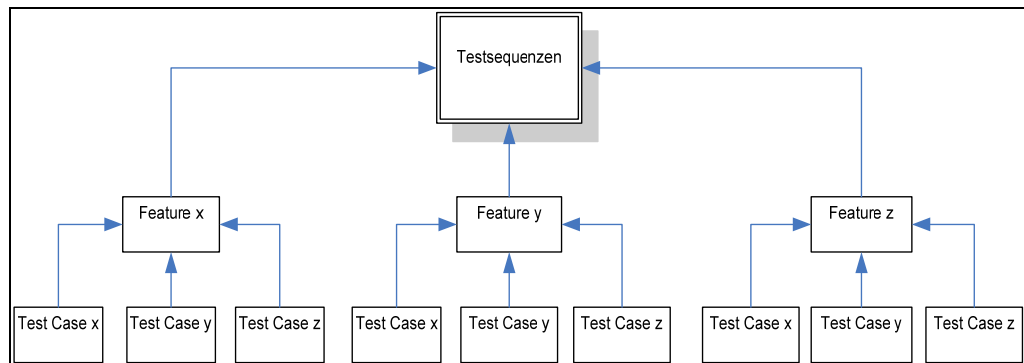


Abbildung 9: Zusammenhang zwischen Test Cases, Feature und Testsequenz

Test Cases (Testfälle): Sie beschreiben die formalen, funktionalen und technischen Prüfungen, um die Interoperabilität zu beweisen. Jeder Test Case umfasst die Prüfung von Anforderungen. Derzeit gibt es 1863 Test Cases.

Definition 3: Test Cases

Testsequenzen: Eine Testsequenz besteht aus einer Reihe von verketteten Test Cases. In einer Testsequenz wird ein ganzes Szenare erstellt. Der vollständige Satz von Testsequenzen deckt alle Testfälle und daher alle SRS Anforderungen ab. Derzeit gibt es 100 Testsequenzen.

Definition 4: Testsequenzen

Feature: Features sind die Grundlage der Test-Spezifikation. Dieses beschreibt, wie eine Funktion zu identifizieren ist. Die Feature-Liste ist der Ausgangspunkt, um aktuelle Testfälle zu erstellen.

Definition 5: Feature

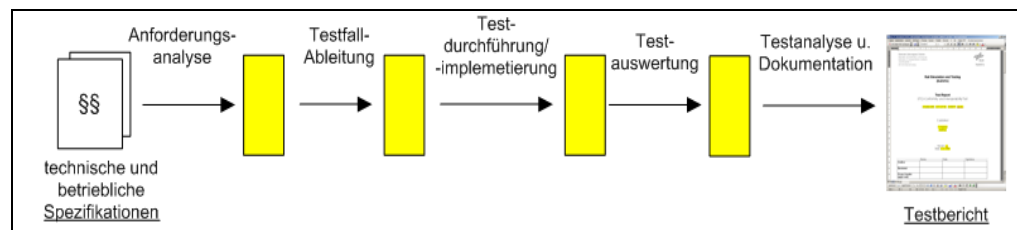


Abbildung 10: Testablauf eines ETCS On-Board Gerätes

1.3 Entwicklung der Versionen des Subset 026

In der Bahntechnik ist jede Umstellung mit Kosten verbunden. Daher wurden die System-Requirements-Spezifikationen (SRS), vor der Verbindlichkeit mehrfach überarbeitet (siehe Abbildung 11). Die erste Version (SRS5a) wurde im Juli 1998 erarbeitet und war die Basis der praktischen Standardisierung. Im April 1999 wurde diese Version durch UNISIG überarbeitet. Auf Wunsch der Eisenbahn wurden im April 2000 neue Funktionen zur Spezifikation (Version 2.0.0) hinzugefügt. Alle diese Versionen waren allerdings nicht verbindlich und dienten daher nur als Basis der Version 2.2.2, die im Jahr 2002 durch die Europäische Union mit der Kommissionsentscheidung 2002/731 HS TSI CCS verbindlich wurde. Da, wie in Kapitel 1.1 beschrieben, die Spezifikationen einer gewissen Dynamik unterliegt, wurde auch Version 2.2.2 überarbeitet. Durch das Dokument Subset 108, in dem Korrekturen dokumentiert werden, entstand 2006 die Version 2.2.2+. Auch Version 2.2.2+ wurde weiterentwickelt und somit entstand 2007 die Version 2.3.0. Diese Spezifikation wurde bindend und in das Teilsystem Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung aufgenommen. Allerdings hatte diese Version Fehler, die durch die ERA beseitigt wurden. So wurde im Juli 2008 aus der Version 2.3.0, die Version 2.3.0 d. Das d steht für debugged. Diese Version wird noch heute in den Testsequenzen (siehe Definition 4) verarbeitet. Von der Version 2.2.2 bis zu Version 2.3.0 d wurden keine neuen Anforderungen entwickelt. Die Änderung der Ver-

sionsnummern entstand durch die Fehlerbehebung. Obwohl im Dezember 2008 die Version 3.0.0 veröffentlicht wurde, die neue Anforderungen beinhaltet, wird weiterhin mit der Version 2.3.0 d gearbeitet. Auch die Version 3.0.0 wurde bis heute weiterentwickelt und verbessert, so dass die neueste Version die Nummer 3.2.0 trägt.²³

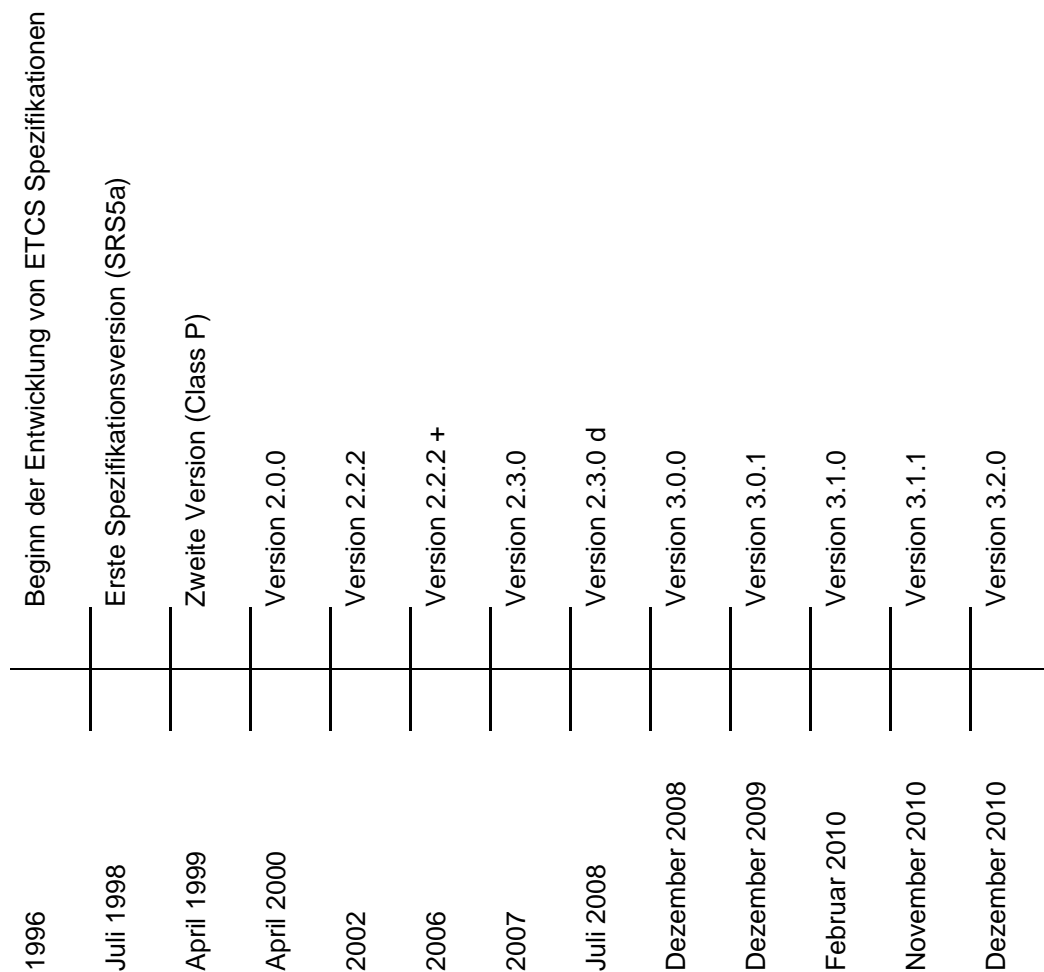


Abbildung 11: Zeitlicher Ablauf der Spezifikationsentwicklung

²³ Vgl. (o.V.),

http://de.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System#Versionen_der_Spezifikation,
20.09.2011

1.4 Hintergrund der Nachverfolgung von Änderungen in der SRS

Die Herausforderung einer Weiterentwicklung besteht in der Kompatibilität der Versionen. Hierbei handelt es sich um eine Kostenfrage. Da mit der Veröffentlichung der Version 2.2.2 auch die ersten On-Board-Geräte und Strecken entwickelt wurden, wäre eine ständige Umrüstung durch neue Versionen finanziell nicht tragbar. Bei der Weiterentwicklung der Version 2.2.2 bis zur Version 2.3.0 d wurden keine neuen Anforderungen erarbeitet, daher ist kein Kompatibilitätsproblem vorhanden (siehe Abbildung 12). Erst durch die Entwicklung der Version 3.0.0 taucht dieses Problem auf, da hier Anforderungen geändert wurden oder neue Anforderungen zugefügt wurden, die nicht kompatibel mit der alten Version waren. Bis heute gibt es keine Nachverfolgung der Änderungen dieser Spezifikationen. In den folgenden Kapiteln wird eine Lösung für diese Nachverfolgung erarbeitet.

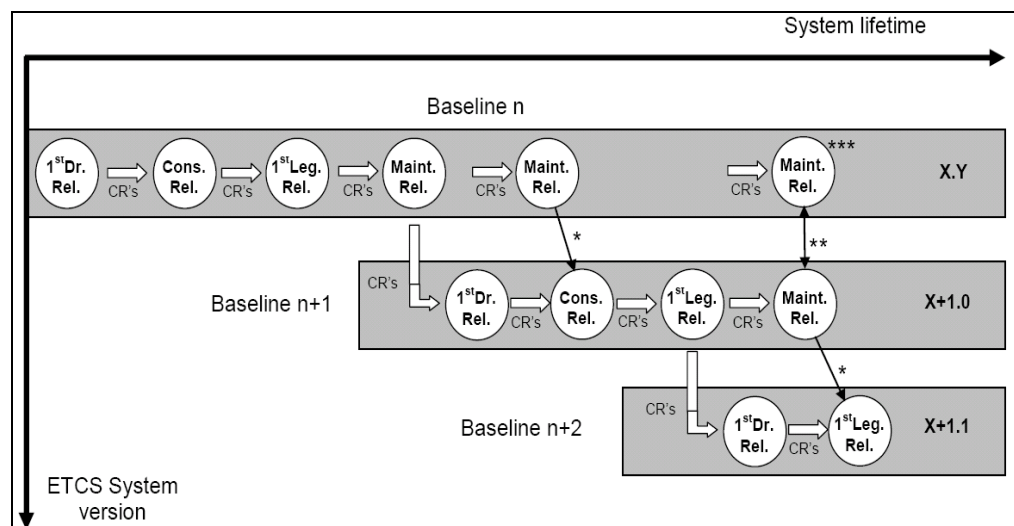


Abbildung 12: Kompatibilität der SRS Versionen²⁴

²⁴ Vgl. Hougardy, A., ERA_ERTMS_0001_V20.Doc, Seite 9



2 Methode

Eine Nachverfolgung von Änderungen ist in der heutigen Zeit ein wichtiger Bestandteil der Weiterentwicklung, um eine Kompatibilität gewährleisten zu können. Ein Beispiel hierfür ist die Software-Entwicklung. Jede Erneuerung muss dokumentiert werden, damit die Versionen miteinander kompatibel sind, wobei dies nicht immer erforderlich sein muss. Als Beispiel einer Kompatibilität wird das Programm von Microsoft betrachtet. So kann ein durch Word 2010 erstelltes Dokument mit Word 2003 geöffnet und weiterverarbeitet werden, gleichermaßen funktioniert dies auch umgekehrt. Das wäre ohne Nachverfolgung der Änderungen nicht möglich, da keine Kompatibilität erreicht werden könnte. Des Weiteren ist eine Nachverfolgung von Änderungen vorteilhaft, da bei einer Erneuerung eines Dokumentes der Vergleich nicht mit dem ursprünglichen Dokument, sondern mit der letzten Version erstellt werden muss, um eine vollständige Änderungsverfolgung zu erreichen.

Bei ETCS würde eine Weiterentwicklung ohne Kompatibilität ein ständiges Umrüsten der Strecke sowie der On-Board-Einheit zur Folge haben. Da dies weder aus technischen noch aus finanziellen Gründen möglich ist, ist eine Methode zur Änderungsverfolgung und Auswertung der Anforderungen notwendig, um eine Kompatibilität zu erreichen.

Für einen Dokumentenvergleich, um eine Nachverfolgung von Änderungen in einem Anforderungstext zu erstellen, stehen einige Tools zur Verfügung (siehe 2.2). Eine kleine Auswahl wird im folgenden Kapitel beschrieben.



2.1 Recherche nach vorhandenen Lösungen zur Nachverfolgung von Anforderungsänderungen

In jeder Branche, in der etwas entwickelt wird, gibt es eine Nachverfolgbarkeit von Änderungen.

Am Institut für Verkehrssystemtechnik beim DLR werden Änderungen an Dokumenten durch Microsoft Office aufgezeigt und überprüft. Hierbei ist das Tool Word hilfreich, da man zwei in Word erstellte Dokumente leicht miteinander vergleichen kann und deren Änderungen ersichtlich werden.

Durch Recherchen wurde keine Literatur gefunden die aufzeigt, welche Methode zur Nachverfolgung von Änderungen verfügbar ist.

2.2 Tools zur Umsetzung der Nachverfolgung

Es gibt mehrere Tools die es ermöglichen, Dokumente miteinander zu vergleichen und deren Änderungen aufzuzeigen. Im Folgenden wird eine kleine Auswahl an Tools mit ihren Funktionen beschrieben.

2.2.1 Excel

Excel ist ein Bestandteil von Microsoft Office. Mithilfe von Excel lassen sich Tabellen erstellen. Ein großer Vorteil von Excel ist die Filter Funktion. So lässt sich jede Spalte nach bestimmten Worten oder Zahlen filtern. Durch die von Microsoft entwickelte Sprache „Visual Basic for Applications“ (VBA) lassen sich weitere Funktionen programmieren. Da Excel ein Tabellenkalkulationsprogramm ist, eignet es sich nur sehr bedingt zum Vergleichen von Texten.



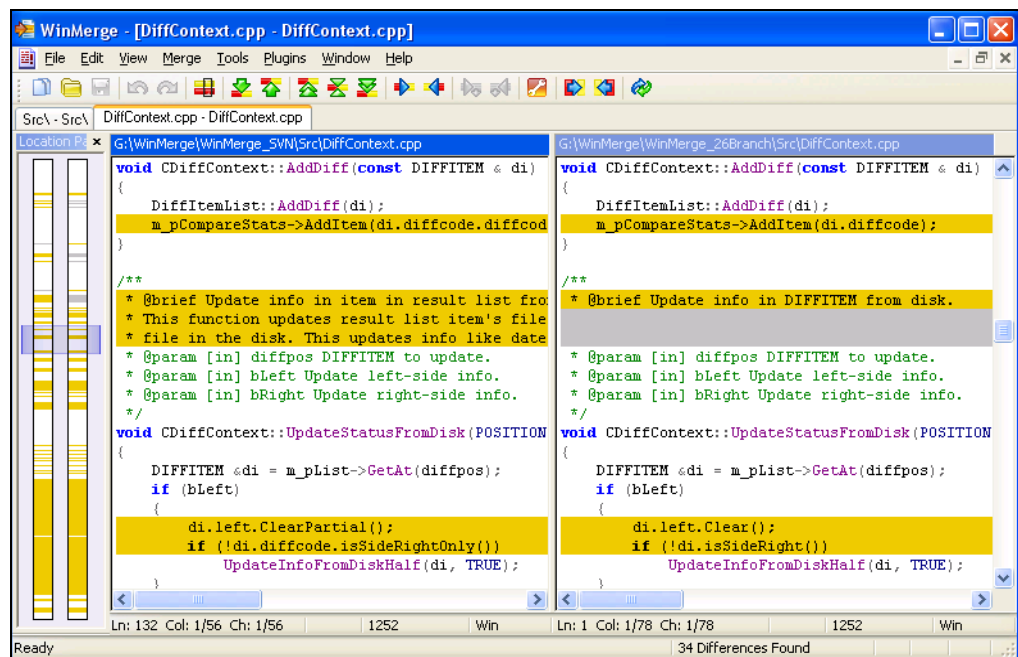
2.2.2 Word

Word ist ein Textverarbeitungsprogramm und ebenfalls ein Bestandteil von Microsoft Office. Mit Word können zwei Texte verglichen und zusammengeführt werden. Der Vorteil von Word liegt in der einfachen Ausführung, so können Änderungen in Word farblich markiert werden. Allerdings wird Word als *doc* (Dokumenten) Format gespeichert. Dieses Format kann nur durch Word gelesen und weiter verarbeitet werden.

2.2.3 WinMerge

WinMerge ist ein Open Source Programm, das zwei Textdateien miteinander vergleichen kann. Das Programm stellt die jeweiligen Texte in zwei nebeneinander angeordnete Fenster da und hebt Abweichungen farblich hervor (siehe Abbildung 13). So werden zum Beispiel fehlende Zeilen grau hinterlegt. WinMerge ist ein Flexibler Texteditor²⁵. Mit dem Programm kann jede Textdatei geöffnet und bearbeitet werden. Dieses Programm kann kostenlos heruntergeladen und genutzt werden.

²⁵ Vgl. (o.V.), <http://winmerge.org/about/?lang=de>, 13.10.2011

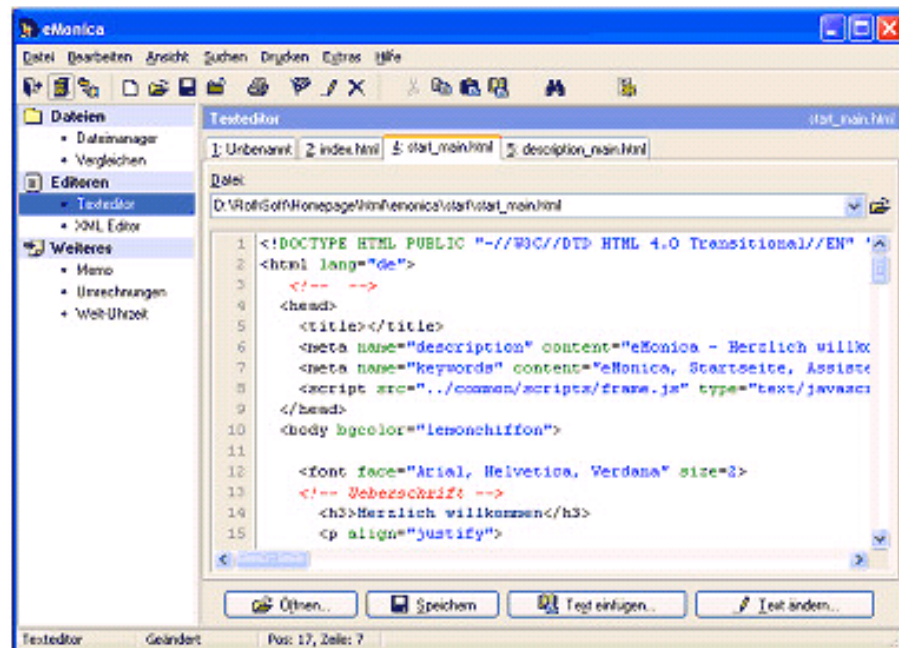
Abbildung 13: Screenshot von WinMerge²⁶

2.2.4 eMonica

Mit eMonica lassen sich Dokumente ebenfalls auf Änderungen untersuchen. Das Programm markiert, wie auch bei WinMerge, die Änderungen farblich (siehe Abbildung 14). Das Programm kann alle erstellten Textdateien öffnen und bearbeiten. Auch eMonica kann im Internet heruntergeladen werden. Allerdings ist eMonica mit Kosten verbunden²⁷.

²⁶ Vgl. (o.V), <http://winmerge.org/about/screenshots/filecmp.png>, 13.10.2011

²⁷ Vgl. (o.V), <http://www.freewarepage.de/Freeware/615.shtml>, 13.10.2011

Abbildung 14: Screenshot von eMonica²⁸

2.3 Ergebnisanalyse

Es gibt einige Tools, um Änderungen sichtbar zu machen. Allerdings gibt es hierbei Kriterien, die beachtet werden müssen. Als erstes muss geschaut werden, in welchem Format die ursprünglichen Dateien vorliegen. Ein Vergleich kann erleichtert werden, wenn die Dateien im gleichen Format vorliegen. Ein weiterer Aspekt der beachtet werden muss, ist das eigene Grundwissen über die Tools. Hierbei macht es Sinn ein Tool zu nutzen, dessen Eigenschaften man kennt. Auch ist es wichtig, dass das erzeugte Dokument jeder Zeit von jedem geöffnet und bearbeitet werden kann.

Für eine Nachverfolgung von Änderungen ist es daher wichtig, seine eigenen Kenntnisse zu kennen und sie zu nutzen.

²⁸ Vgl. (o.V), <http://www.winload.de/bilder/screenshots/23469/118363897217973.jpg>, 10.10.2011



3 Nachverfolgung von Spezifikationen, bezogen auf ETCS

3.1 Struktur des Subset 026 v.320

Das Subset 026 der Version 3.2.0 kann als Word Dokument auf der Internetseite der ERA heruntergeladen werden. Dieses Dokument besteht aus acht Kapiteln, die im Folgendem kurz erläutert werden²⁹.

- Introduction (Kapitel 1): Das erste Kapitel besteht aus einer allgemeinen Einführung der SRS, des Weiteren wird eine kurze Übersicht der anderen Kapitel gegeben.
- Basic System Description (Kapitel 2): Dieses Kapitel beschreibt die Systemstruktur des ETCS, sowie die fahrzeug- und streckenseitigen Komponenten. Zur Komponentenbeschreibung der Strecke gehören Balisen, Linenside Electronic Unit, Euroloop, Radio Infill Unit, das Radio Block Center und das GSM-R. Außerdem werden die einzelnen Levels kurz erläutert. Es werden keine technischen Anforderungen beschrieben.
- Principles (Kapitel 3): In diesem Kapitel werden die Grundsätze des ETCS/ERTMS System verdeutlicht. Außerdem werden die Anforderungen des On-Board Gerätes, sowie die der Strecke beschrieben.
- Modes and Transition (Kapitel 4): Kapitel 4 beschreibt die ETCS Modi und wie ein Ablauf bei einem Wechsel der Modus auszusehen hat.

²⁹Vgl. ERA, SUBSET-026-1 v320, Seite 7-8



- Procedures Chapter (Kapitel 5): In diesem Kapitel werden alle Prozeduren beschrieben, die notwendig sind, um einen Systemzustand des Onboard- Gerätes herbeizuführen. Hierbei handelt es sich um Funktionen oder Ereignisse, die zum Erreichen oder Verlassen eines gewissen Zustandes erfüllt oder nicht erfüllt werden müssen
- Management of older System Versions (Kapitel 6): Das Kapitel 6 beschreibt die Abwärtskompatibilität der Versionen. Hier werden alle verbindlichen Versionen aufgeführt, die durch die Fahrzeuggeräte unterstützt werden. Grundsätzlich müssen alle Anforderungen erfüllt werden. Durch diese übergeordnete Funktion des Kapitels 6 müssen Anforderungen in den anderen Kapiteln geändert werden, damit ein Fahrzeug einer neueren Version auf einer älteren Strecke betrieben werden kann.
- ERTMS/ETCS Language (Kapitel 7): In Kapitel 7 werden alle Datenpakete definiert, die vom Fahrzeug zur Strecke oder von der Strecke zum Fahrzeug oder in beide Richtungen übertragen werden. Hierbei hat jede Variable des Paketes eine eindeutige Bedeutung.
- Messages (Kapitel 8): In diesem Kapitel werden der Aufbau und die Inhalte der Nachrichten beschrieben, die durch die Übertragungsmedien (Eurobalise, Euroradio und Euroloop) übertragen werden.

3.2 Relevanz des Kapitels 6 des Subsets 026

Kapitel 6 soll die Kompatibilität zwischen den Versionen gewährleisten. Allerdings wird durch Kapitel 6 nur die Abwärtskompatibilität gewährleistet (siehe Abbildung 15). In diesem Kapitel wird auf das Kapitel 6 eingegangen und es wird gezeigt, wie die Versionen bezeichnet werden (siehe Tabelle 3). Außerdem werden Änderungen der Versionen aufgezeigt und eine Lösung für eine Nachverfolgung der Änderungen erarbeitet.

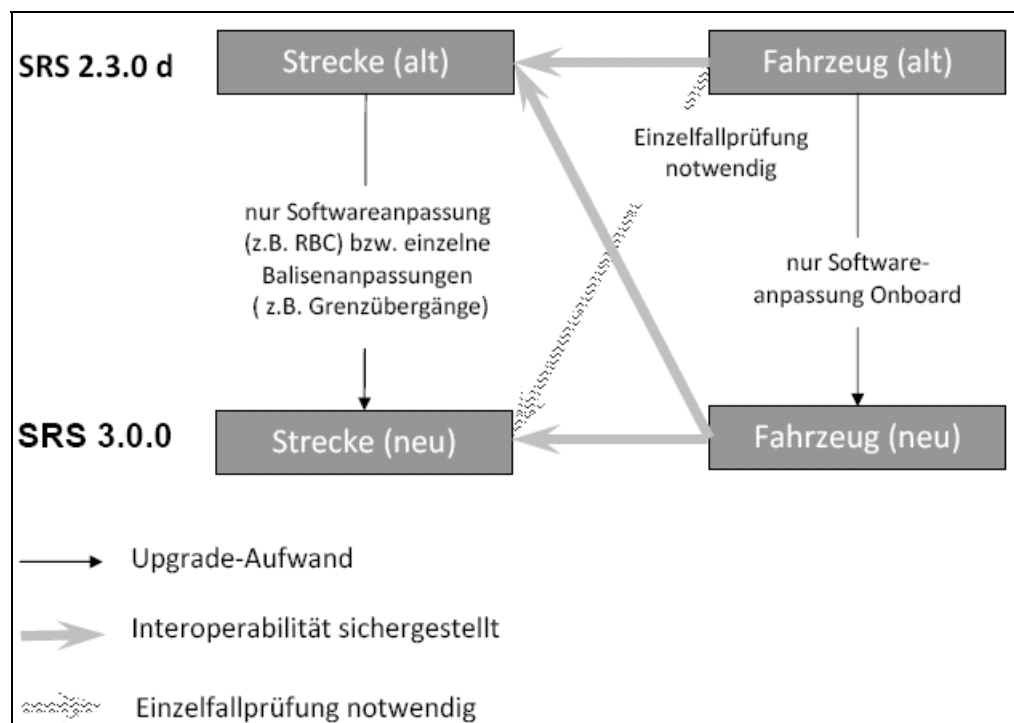


Abbildung 15: Kompatibilität bei Versionsänderung zwischen Strecke und On-Board Einheit³⁰

³⁰ Vgl. Dipl.-Ing. Gralla, C. (2009) http://rzbl04.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00007082/Dissertation.pdf, 10.09.2011



3.2.1 Management of older System Versions

Im „*Management of older System Versions*³¹“ werden Anforderungen geändert, um eine Kompatibilität mit vorangegangenen Versionen zu gewährleisten. Die Änderungen erfolgen projektierungsabhängig nach den Anforderungen der Strecke in Abhängigkeit von der Version der Streckeninfrastruktur. Die Änderungen werden immer durch ein Change-Request (siehe Definition 6) eingeleitet. In dem Kapitel „*Management of older System Versions* (Kapitel 6)“, werden die Änderungen in zwei Kategorien unterteilt (siehe Abbildung 18).

- Eine Anforderung entfällt, wenn der Text „...*shall not apply*...“ enthält.
- Eine Anforderung wird geändert, wenn der Text „...*shall be replaced with: ...*“, enthält.

Change-Request ist eine Nachfrage zur Anforderungsänderung. Diese Anforderungsänderung wird erst gültig, wenn sie von der UNISIG genehmigt wurde.

Definition 6: Change-Request

³¹ Vgl. ERA, SUBSET-026-6 v320



3.2.2 Versionsbezeichnung im Kapitel 6

Eine Versionsbezeichnung der SRS wird durch $X.Y^{32}$ vorgenommen. Das X bezeichnet einen Versionensprung der nicht kompatibel ist. Das Y zeigt eine Versionsänderung innerhalb der Version X . Dies hat zur Folge, dass die Versionen kompatibel sind. Um verfolgen zu können, welche Änderung zu welcher Version gehört, wird in Kapitel 6 nur zwischen $x = 1$ und $x = 2$ unterschieden (siehe Tabelle 3). $x = 2$ wird nur betrachtet, wenn eine Strecke die auf der Version $x = 1$ schon existiert, auf Version $x = 2$ umgerüstet werden soll.

Tabelle 3: Versionensbezeichnung³³

Bezeichnung im Kapitel 6	X.Y- Bezeichnung	SRS Version
$x = 1$	1.0	2.0.0, 2.2.2, 2.3.0, 2.3.0 d
	1.1	
$x = 2$	2.0	3.0.0

3.2.3 Änderungen zwischen der SRS Version 2.3.0 d und der Baseline 3

Ein Kompatibilitätsproblem entsteht durch Einfügen neuer Anforderungen. Allerdings hat nicht jede neue Anforderung einen Einfluss auf die Kompatibilität. Sogibt es zum Beispiel Anforderungen die neu sind, aber in Kapitel 6 nicht betrachtet werden. In Kapitel 6 werden die Anforderungen betrachtet, die für eine Inkompatibilität der Versionen verantwortlich sind. In der Traceability (siehe Definition 7) werden die Änderungen der Anforderungen aufgezeigt. Hier verdeutlicht sich die Relevanz des Kapitel 6, da einige Anforderungen geändert, verschoben o-

³² Vgl. Hougardy, A., ERA_ERTMS_0001_V20.Doc

³³ Vgl. Hougardy, A., ERA_ERTMS_0001_V20.Doc



der neu hinzugekommen sind (siehe Tabelle 4). In der Tabelle werden die Änderungen von der Version 2.3.0 d zur Version 3.2.0 aufgeführt. In der ersten Spalte stehen die Anforderungsnummern der Version 2.3.0 d. In der dritten Spalte wird die Art der Änderung beschrieben. Die vierte Spalte zeigt die Anforderungen der neuen Version. Dies ist nur ein kleiner Ausschnitt, der Tabelle mit über 6.828 Reihen.

Traceability ist eine Analyse der Rückverfolgung von Anforderungen der SRS Versionen und deren Test Cases.

Definition 7: Traceability

Tabelle 4: Auszug der Traceability

3.5.4.2.1	functional	changed	3.5.4.2.1
3.5.4.3	functional	changed	3.5.4.3
3.5.4.3 item 1	editorial	changed	3.5.4.3 a)
3.5.4.3 item 2			3.5.4.3 b)
	functional (->added)	new	3.5.4.3 c)
3.5.4.4	functional and editorial	changed	3.5.4.4
	functional (->added)	new	3.5.4.5
3.5.5			3.5.5
3.5.5.1	editorial		3.5.5.1
3.5.5.1 a)	functional and editorial	changed	3.5.5.1 a)
3.5.5.1 b)		changed	3.5.5.1 b)
3.5.5.1 c)			3.5.5.1 c)
3.5.5.1 d)			3.5.5.1 d)
	functional (->added)	new	3.5.5.1 e)
	functional (->added)	new	3.5.5.1 f)



3.3 Ausgangssituation

Für die Entwicklung einer Methode zur Änderungsverfolgung einer Systemspezifikation werden mehrere Dokumente benötigt, in denen die Anforderungen (SRS) und deren Änderung beschrieben werden.

Auf der Internetseite (<http://www.era.europa.eu/Pages/Home.aspx>) der European Railway Agency (ERA), werden die Anforderungen als Word Dokument bereitgestellt. Um ein Dokument der Änderungsverfolgung von Spezifikationen zu erstellen, sind zwei Versionen der SRS erforderlich. Im Folgenden wird mit den Versionen SRS 2.3.0 d und SRS 3.2.0 gearbeitet.

Des Weiteren stehen auch die Traceability (siehe Definition 7) sowie das Test Cases Coverage (siehe Definition 8) als Excel Dokument zur Verfügung. Beide Dokumente wurden von den Mitarbeitern der Labore erstellt.

Das Test Cases Coverage zeigt den Zusammenhang von Test Cases (Testfälle) und Testsequenzen. Hierbei wird die Häufigkeit einer Testsequenz innerhalb eines Test Cases visualisiert.

Definition 8: Test Cases Coverage

3.4 Umsetzung

Im Folgenden wird ein Beispiel gezeigt, wie eine Nachverfolgung einer Änderung in der SRS aussehen kann. Hier wird Schritt für Schritt die Erstellung des Vergleiches aufgeführt.



3.4.1 Erstellen einer Excel-Tabelle für die Nachverfolgung

Für das Erstellen einer Excel-Tabelle (siehe Abbildung 16) zur Nachverfolgung von Anforderungsänderungen, werden aus der Traceability (siehe Definition 7) die Anforderungsnummern, der SRS 3.2.0 (Spalte D) übernommen und in eine neue Excel-Tabelle importiert. Die SRS Anforderungsnummern befinden sich in dem neuen Dokument in der Spalte „SRS Parag. 3.2.0“ (Spalte A). Genau wie die Anforderungsnummern werden die Test Cases (Spalte AD) von der Traceability übernommen und in die Spalte „Test Cases where this requirement is tested“ (Spalte G) importiert, um einen Zusammenhang zwischen den Anforderungsnummern und den Test Cases (siehe Tabelle 6) herzustellen. So wird die Anforderung mit der Anforderungsnummer 2.6.3.1.6 dem Test Case 323.1 zugeordnet. Dies bedeutet, dass die Anforderung durch diesen Test Case abgedeckt wird (siehe Tabelle 5).

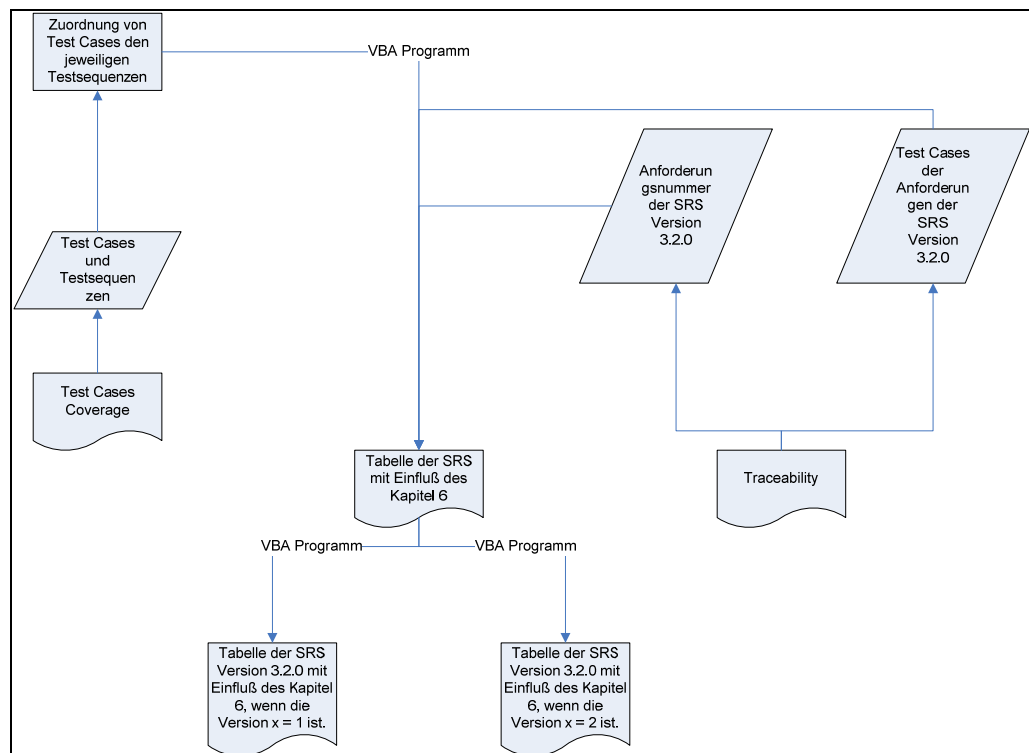


Abbildung 16: Erstellung eines Dokumentes zur Änderungsverfolgung

Tabelle 5: Zuordnung einer Anforderung zu einem Test Case

	Test Cases where this requirement is tested
SRS Parag. 3.2.0	
2.6.3.1.6	323.1



Tabelle 6: Erstellte Excel-Tabelle

A	G
SRS Parag. 3.2.0	Test Cases where this requirement is tested
2.6.3.1.6	323.1
2.6.6.2.2 a)	328.1, 328.2
2.6.6.2.2 b)	328.1, 328.2
2.6.7.2.2 a)	336.1
2.6.7.2.2 b)	336.1
3.4.1.1	2.1, 2.2, 2.4, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 2.16, 2.27, 4.1, 4.2, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 271.2, 271.3, 669.6, 669.7, 669.8, 669.10, 669.11, 669.12
3.4.1.2	2.1, 2.2, 2.4, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 2.16, 2.27, 4.1, 4.2, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 271.2, 271.3, 669.6, 669.7, 669.8, 669.10, 669.11, 669.12
3.4.1.2 a)	2.1, 2.2, 2.4, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 2.16, 2.27, 4.1, 4.2, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 669.6, 669.7, 669.8, 669.10, 669.11, 669.12

Da durch die Anforderungsnummern keine Anforderungsänderung nachvollziehbar ist, muss der Anforderungstext aus dem Word Dokument (siehe Abbildung 17) ebenfalls in die Excel-Tabelle importiert und der richtigen Anforderungsnummer zugewiesen werden (siehe Tabelle 7).



3.4.4.2.3	For each linked balise group, the trackside shall select one of the following reactions to be used in case of data inconsistencies: a) Train trip (Trip mode, see Chapter 4) b) Command service brake c) No reaction For further details see section 3.16.2.
3.4.4.3	Unlinked Balise Groups
3.4.4.3.1	A balise group, which contains information that must be considered even when the balise group is not announced by linking, is called an unlinked balise group.
3.4.4.3.2	Unlinked balise groups shall consist at minimum of two balises.
3.4.4.3.3	Unlinked balise groups shall always contain the unlinked balise group qualifier.
3.4.4.4	Rules related to linking
3.4.4.4.1	When no linking information is used on-board, all balise groups shall be taken into account.
3.4.4.4.2	When linking information is used on-board, only balise groups marked as linked and included in the linking information and balise groups marked as unlinked shall be taken into account.

Abbildung 17: Auszug aus dem Word Dokument des Subset 026 v 3.2.0³⁴

³⁴ Vgl. ERA, SUBSET-026-3 v320



Tabelle 7: Zuordnung der Anforderungstext den jeweiligen Anforderungsnummern

A	B
SRS Parag. 3.2.0	SRS Text 3.2.0
1.1	Modification History
1.2	Table of Contents
1.3	Introduction
1.3.1.1	Train control is an important part of any railway operations management system. In the past a number of different Automatic Train Control (ATC) systems have evolved in different countries at different times. These systems are incompatible and not interoperable with each other. Only a few of these systems are used in more than one country, and even in those cases there have been differences in detailed development which have resulted in incompatible and not interoperable versions.
1.3.1.2	Many railways anticipate a significant increase in density of train traffic and are rethinking their infrastructure strategy, to accommodate high levels of traffic, in which ATC systems play an important part. Also many railways would like to introduce standardised systems to reduce system costs. In order to establish international standardisation of ATC systems, the following document specifies the European Rail Traffic Management System/European Train Control System (ERTMS/ETCS).
1.4	Advantages of an International Interoperable System
1.4.1.1	The advantages expected by the railways can be summarised as:
1.4.1.1 a)	Cross border interoperability.
1.4.1.1 b)	Improvement of the safety of national and international train traffic.
1.4.1.1 c)	Improvement of international passengers and freight train traffic management.
1.4.1.1 d)	Shorter headway on heavily trafficked lines, by driving on moving block, enabling exploitation of maximum track capacity.
1.4.1.1 e)	The possibility of step-by-step introduction of the new technology.
1.4.1.1 f)	Enabling Pan-European competition between the manufacturers of ERTMS/ETCS components. Strengthening the position of the European railway industry on the world market.
1.4.1.1 g)	Enabling preconditions for future harmonisation in other areas of rail traffic management.
1.5	About this Document
1.5.1.1	The purpose of this document is to specify the future unified standard European Train Control System ETCS from a technical point of view.
1.5.1.2	Some parts of the system are only specified to allow a migration from existing train control systems to ETCS (e.g. STM's) over a transition period. They might be removed in a future edition of the standard.

Wie in Kapitel 3.2.1 erläutert, beinhaltet das Kapitel „*Management of older System Versions*“ (siehe Abbildung 18) alle Anforderungsänderungen die relevant sind, um eine Kompatibilität der Versionen zu erhalten.



6.5.1.2 Exceptions to chapter 3	
6.5.1.2.1	{CR593} Section 3.6.2.4 shall not apply.
6.5.1.2.2	{CR637} Clause 3.7.1.1 b) shall be replaced with: "When needed, limitations related to the movement authority, i.e. Mode profile for On Sight or Shunting and signalling related speed restriction (see sections 3.12.4 and 3.11.6). Mode profile and Signalling related Speed restriction shall always be sent together with the MA to which the information belongs"
6.5.1.2.3	{CR745} In clause 3.7.1.1 c), the bullet "Optionally Speed restriction to ensure a given permitted braking distance (see section 3.11. 11)" shall not apply.
6.5.1.2.4	{CR413} In clause 3.7.2.4, the bullet "LX speed restrictions" shall not apply.
6.5.1.2.5	{CR123} In clause 3.7.2.4, the bullet "Inhibition of revocable <u>TSRs</u> from balises in L2/3 (from RBC only)" shall not apply.
6.5.1.2.6	{CR742} Clause 3.9.3.2 shall be replaced with: "The orders shall be sent via balise groups."
6.5.1.2.7	{CR742} Clause 3.9.3.8.1 shall not apply.
6.5.1.2.8	{CR342} Clause 3.11.3.2.2 c) shall not apply.
6.5.1.2.9	{CR342} Clause 3.11.3.2.3.1 shall be replaced with: "If at least one other specific SSP is less restrictive than <u>any</u> "Cant Deficiency" SSP, it is the responsibility of the trackside engineering to ensure that for all possible combinations of international train categories a train might belong to, the ERTMS/ETCS on-board equipment will not replace the "Cant Deficiency" SSP as selected in 3.11.3.2.3 leading to an unsafe situation by applying the requirement 3.11.3.2.6"

Abbildung 18: Auszug aus dem Kapitel "Management of older System Versions"³⁵

Um die Änderungen der Anforderungen in die Excel-Tabelle zu integrieren, werden für beide Versionen ($x = 1$ und $x = 2$ (siehe Tabelle 1)), zwei Spalten generiert (siehe Tabelle 8). Des Weiteren wird in den Spalten der durch Kapitel 6 geänderte Anforderungstext importiert und den passenden Anforderungsnummern zugeordnet (siehe Tabelle 8).

³⁵ Vgl. ERA, SUBSET-026-6 v320



Tabelle 8: Excel Tabelle mit Spalte X=1 und X=2

A	D	F
SRS Parag. 3.2.0	SRS Text Version x = 1, Kapitel 6	SRS Text Version x = 2, Kapitel 6
3.6.2.4		
3.7.1.1 b)	When needed, limitations related to the movement authority, i.e. Mode profile for On Sight or Shunting and signalling related speed restriction (see sections 3.12.4 and 3.11.6). Mode profile and Signalling related Speed restriction shall always be sent together with the MA to which the information belongs	
3.7.1.1 c) d)		
3.7.2.4 f)		
3.7.2.4 g)		
3.9.3.2	The orders shall be sent via balise groups.	
3.9.3.8.1		

Für eine bessere Übersicht der Anforderungsänderungen dienen zwei Spalten (siehe Tabelle 9), die jeweils einen Fall ($x = 1$ und $x = 2$) beschreiben. Durch die folgenden drei Begriffe wird erkenntlich, ob eine Änderung der Anforderungen vorliegt:

- Deleted: Die Anforderung gilt in der Version X nicht.
- Unchanged: Die Anforderung wird in der Version X nicht geändert.
- Changed: Die Anforderung muss in die Version X geändert werden.

Da im Kapitel 6 die geänderte Anforderung mit der Anforderungsnummer steht (siehe Abbildung 18), kann die Spalte der beiden Fälle mit dem dazugehörigen Status (deleted, unchanged und changed) ausgefüllt werden (siehe Tabelle 9).



Tabelle 9: Änderungsbeschreibung

C	E
Version x = 1 (changed, deleted, unchanged) ▾	Version x = 2 (changed, deleted, unchanged) ▾
deleted	unchanged
changed	unchanged
deleted	unchanged
deleted	unchanged
deleted	unchanged
changed	unchanged
deleted	unchanged

Die erstellte Excel-Tabelle zur Änderungsverfolgung besteht aus 7 Spalten (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Erstellte Excel Tabelle

SRS Parag. 3.2.0	SRS Text 3.2.0	Version x = 1 (changed, deleted, unchanged) ▾	SRS Text Version x = 1, Kapitel 6	Version x = 2 (changed, deleted, unchanged) ▾	SRS Text Version x = 2, Kapitel 6	Test Cases where this requirement is tested ▾
1.5.1.1	The purpose of this document is to specify the future unified standard European Train Control System ETCS from a technical point of view.	unchanged	The purpose of this document is to specify the future unified standard European Train Control System ETCS from a technical point of view.	unchanged	The purpose of this document is to specify the future unified standard European Train Control System ETCS from a technical point of view.	
1.5.1.2	Some parts of the system are only specified to allow a migration from existing train control systems to ETCS (e.g. STM's) over a transition period. They might be removed in a future edition of the standard.	unchanged	Some parts of the system are only specified to allow a migration from existing train control systems to ETCS (e.g. STM's) over a transition period. They might be removed in a future edition of the standard.	unchanged	Some parts of the system are only specified to allow a migration from existing train control systems to ETCS (e.g. STM's) over a transition period. They might be removed in a future edition of the standard.	
1.5.1.3	To reach technical interoperability it is necessary not only that telegrams are generated and understood according to well specified rules but also that a train respectively trackside equipment reacts in a uniform way to information received. Technical interoperability requires specifications of a detailed level.	unchanged	To reach technical interoperability it is necessary not only that telegrams are generated and understood according to well specified rules but also that a train respectively trackside equipment reacts in a uniform way to information received. Technical interoperability requires specifications of a detailed level.	unchanged	To reach technical interoperability it is necessary not only that telegrams are generated and understood according to well specified rules but also that a train respectively trackside equipment reacts in a uniform way to information received. Technical interoperability requires specifications of a detailed level.	
1.5.1.4	For operational interoperability it is necessary to add operating rules, engineering standards etc. to the system design. Reaching operational interoperability is outside the scope of the SRS.	unchanged	For operational interoperability it is necessary to add operating rules, engineering standards etc. to the system design. Reaching operational interoperability is outside the scope of the SRS.	unchanged	For operational interoperability it is necessary to add operating rules, engineering standards etc. to the system design. Reaching operational interoperability is outside the scope of the SRS.	
1.6	How to Read and Use the SRS	unchanged	How to Read and Use the SRS	unchanged	How to Read and Use the SRS	



3.4.2 Erstellen eines Makroprogramms für die Optimal Sichtweise der Versionsanforderungen

Da die erstellte Excel-Tabelle beide geänderten Versionen ($x = 1$ und $x = 2$) beinhaltet und dadurch unübersichtlich erscheint, soll ein VBA-Programm eine optimale Sichtweise der Versionsanforderungen generieren.

Zum Erreichen der optimalen Sichtweise muss für jeden Fall ($x = 1$ und $x = 2$) ein Programm entwickelt werden. Im weiteren Verlauf wurde ein Programm für den Fall $x = 1$ erstellt (siehe Quellcode 1). Hierbei wird die Tabelle so bearbeitet, dass sie übersichtlicher für den Fall $x = 1$ ist und somit gut lesbar wird.

```
Sub VersionX1()  
    With Selection  
        .AutoFilter Field:=3, Criteria1:="=changed", Operator:=xlOr, _  
            Criteria2:="=deleted"  
        Columns("E:F").Select  
        Selection.EntireColumn.Hidden = True  
    End With  
End Sub
```

Quellcode 1: Für optimale Sichtweise der Version $x = 1$

Im ersten Teil des Quellcodes wird ein Autofilter für die Spalte C „Version $x = 1$ (changed, deleted, unchanged)“ gesetzt und nach deleted und changed gefiltert. Hierdurch werden die Anforderungen sichtbar, die durch Kapitel 6 beeinflusst werden. Als nächster Schritt werden die Spalte E und F, die eine Aussage über die Änderung durch Kapitel 6 im Fall $x = 2$ treffen markiert und ausgeblendet. Dies geschieht durch den Befehl `Selection.EntireColumn.Hidden = True`.

Durch die Ausführung des Programms wird die Excel-Tabelle übersichtlicher (siehe Tabelle 11).



Tabelle 11: SRS Versionsvergleich

A	B	C	D	G
SRS Parag. 3.2.0	SRS Text 3.2.0	Version x = 1 (changed, deleted, unchanged)	SRS Text Version x = 1, Kapitel 6	Test Cases where this requirement is tested
3.6.2.4	Data transmitted by Loop	deleted		
3.7.1.1 b)	When needed, limitations related to the movement authority, i.e. Mode profile for On Sight, Limited Supervision or Shunting and signalling related speed restriction (see sections 3.12.4 and 3.11.6). Mode profile and Signalling related Speed restriction shall always be sent together with the MA to which the information belongs	changed	When needed, limitations related to the movement authority, i.e. Mode profile for On Sight or Shunting and signalling related speed restriction (see sections 3.12.4 and 3.11.6). Mode profile and Signalling related Speed restriction shall always be sent together with the MA to which the information belongs	5.1, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 228.1, 228.2
3.7.1.1 c) d)	Optionally Speed restriction to ensure a given permitted braking distance	deleted		
3.7.2.4 f)	LX speed restrictions	deleted		
3.7.2.4 g)	Inhibition of revocable TSRs from balises in L2/3 (from RBC only)	deleted		
3.9.3.2	The orders shall be sent via balise groups or via Radio Infill units.	changed	The orders shall be sent via balise groups.	181.1
3.9.3.8.1	units (see 3.5.3.6) shall not be sent together with any radio infill area information.	deleted		

Aus der durch das Programm entstanden Excel-Tabelle werden die Spalte A (SRS Parag.3.2.0) und die Spalte B (SRS Text 3.2.0) markiert und in ein Word Dokument importiert (siehe Tabelle 12)

Tabelle 12: SRS 3.2.0

3.6.2.4	Data transmitted by Loop
	When needed, limitations related to the movement authority, i.e. Mode profile for On Sight, Limited Supervision or Shunting and signalling related speed restriction (see sections 3.12.4 and 3.11.6). Mode profile and Signalling related Speed restriction shall always be sent together with the MA to which the information belongs
3.7.1.1 b)	
3.7.1.1 c) d)	Optionally Speed restriction to ensure a given permitted braking distance (see section 3.11.11)
3.7.2.4 f)	LX speed restrictions
3.7.2.4 g)	Inhibition of revocable TSRs from balises in L2/3 (from RBC only)
3.9.3.2	The orders shall be sent via balise groups or via Radio Infill units.
3.9.3.8.1	The order to establish/terminate a communication session sent via Radio Infill units (see 3.5.3.6) shall not be sent together with any radio infill area information.

Des Weiteren wird Spalte A (SRS Parag. 3.2.0) sowie Spalte D (SRS Text Version x = 1, Kapitel 6) markiert und in ein zweites Word Dokument überführt (siehe Tabelle 13)

Tabelle 13: SRS mit Einfluss der Version X 1

3.6.2.4	When needed, limitations related to the movement authority, i.e. Mode profile for On Sight or Shunting and signalling related speed restriction (see sections 3.12.4 and 3.11.6). Mode profile and Signalling related Speed restriction shall always be sent together with the MA to which the information belongs
3.7.1.1 b)	
3.7.1.1 c) d)	
3.7.2.4 f)	
3.7.2.4 g)	
3.9.3.2	The orders shall be sent via balise groups.
3.9.3.8.1	

Mithilfe der beiden entstandenen Word-Dokumente wird ein Dokumenten-Vergleich durchgeführt. Dies ist eine Funktion, die durch Word möglich ist (siehe Abbildung 19).

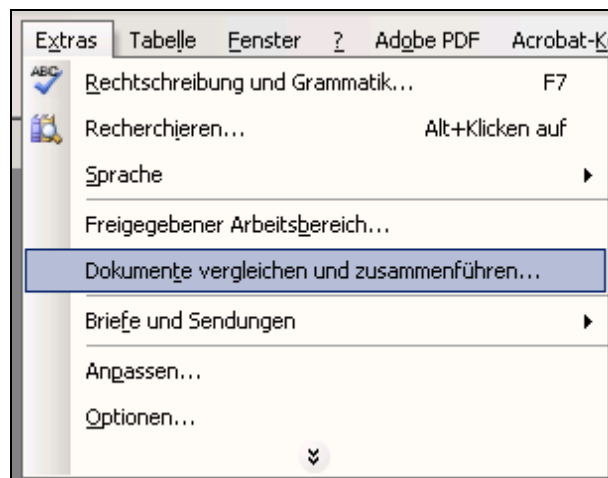


Abbildung 19: Dokumentenvergleich

Das durch den Dokumentenvergleich entstandene Word-Dokument (siehe Tabelle 14) zeigt die Anforderungsänderungen, die durch Kapitel 6 entstehen, wenn der Fall $x = 1$ eintritt.



Tabelle 14: Änderungen der SRS 3.2.0

3.6.2.4	Data transmitted by Loop When needed, limitations related to the movement authority, i.e. Mode profile for On Sight, Limited Supervision or Shunting and signalling related speed restriction (see sections 3.12.4 and 3.11.6). Mode profile and Signalling related Speed restriction shall always be sent together with the MA to which the information belongs
3.7.1.1 b)	
3.7.1.1 c) d)	Optionally Speed restriction to ensure a given permitted braking distance (see section 3.11.11)
3.7.2.4 f)	LX speed restrictions
3.7.2.4 g)	Inhibition of revocable TSRs from balises in L2/3 (from RBC only)
3.9.3.2	The orders shall be sent via balise groups or via Radio Infill units.
3.9.3.8.1	The order to establish/terminate a communication session sent via Radio Infill units (see 3.5.3.6) shall not be sent together with any radio infill area information.

Um zu vermeiden, dass mehrere Dokumente betrachtet werden müssen, werden die durch die Word-Datei erstellten Änderungen in die Excel-Tabelle (siehe Tabelle 15) importiert. Somit wird nur ein Dokument benötigt, um die Änderungen der SRS Versionen zu visualisieren.

Tabelle 15: Änderungsverfolgung der SRS

A	B	C	D	G
SRS Parag. 3.2.0	SRS Text 3.2.0	Version x = 1 (changed, deleted, unchanged)	SRS Text Version x = 1, Kapitel 6	Test Cases where this requirement is tested
3.6.2.4	Data transmitted by Loop	deleted	Data transmitted by Loop	
3.7.1.1 b)	When needed, limitations related to the movement authority, i.e. Mode profile for On Sight, Limited Supervision or Shunting and signalling related speed restriction (see sections 3.12.4 and 3.11.6). Mode profile and Signalling related Speed restriction shall always be sent together with the MA to which the information belongs	changed	When needed, limitations related to the movement authority, i.e. Mode profile for On Sight, Limited Supervision or Shunting and signalling related speed restriction (see sections 3.12.4 and 3.11.6). Mode profile and Signalling related Speed restriction shall always be sent together with the MA to which the information belongs	5.1, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 228.1, 228.2
3.7.1.1 c) d)	Optionally Speed restriction to ensure a given permitted braking distance (see section 3.11.11)	deleted	Optionally Speed restriction to ensure a given permitted braking distance (see section 3.11.11)	
3.7.2.4 f)	LX speed restrictions	deleted	LX speed restrictions	
3.7.2.4 g)	Inhibition of revocable TSRs from balises in L2/3 (from RBC only)	deleted	Inhibition of revocable TSRs from balises in L2/3 (from RBC only)	
3.9.3.2	The orders shall be sent via balise groups or via Radio Infill units.	changed	The orders shall be sent via balise groups or via Radio Infill units.	181.1
3.9.3.8.1	The order to establish/terminate a communication session sent via Radio Infill units (see 3.5.3.6) shall not be sent together with any radio infill area information.	deleted	The order to establish/terminate a communication session sent via Radio Infill units (see 3.5.3.6) shall not be sent together with any radio infill area information.	

Änderungen entstehen durch Überarbeitung der Anforderungen. So gab es bis zur Version SRS 3.0.0 kein Limited Supervision als Modus. Da-



her kann in diesem Modus nicht gefahren werden, wenn eine ältere Version vorhanden ist. Dies hat zur Folge, dass der Modus in der alten Anforderung nicht gültig ist. In der gewonnenen Excel-Tabelle wird dies deutlich, indem das Wort „Limited Supervision“ durchgestrichen dargestellt wird.



4 Einfluss des Kapitel 6 auf die Testsequenzen

4.1 Konzept für die automatische Zuordnung einer Anforderungen und der dazugehörigen Testsequenzen

In Kapitel 1.2.4 wurde der Zusammenhang zwischen Anforderungen des Test Cases und der Testsequenzen beschrieben (siehe Abbildung 9). Da dieser Zusammenhang zwischen Anforderungsnummer und Test Cases von der Traceability übernommen wurde und in die durch Kapitel 3 entstandene Excel-Tabelle importiert wurde, fehlt in der erstellten Excel-Tabelle der Zusammenhang zwischen Test Cases und Testsequenz. So kann durch die erstellte Excel-Tabelle visualisiert werden, auf welche Testsequenz die Anforderungsänderung Einfluss hat und was geändert werden muss, um die Testsequenz für eine ältere Version nutzen zu können.

In dem Excel-Dokument "Test Case Coverage" wird die Zuordnung zwischen Test Cases und Testsequenzen beschrieben (siehe Tabelle 19).

Um in die generierte Excel-Tabelle die Beziehung zwischen Test Cases und Testsequenz zu integrieren, soll ein VBA Programm erstellt werden. Dieses Programm soll automatisch einen Test Case der dazugehörigen Testsequenz zuordnen und dies in eine Spalte eintragen.

Das Programm soll in der aus Kapitel 3 entstandenen Excel-Tabelle die Spalte G (Test Cases where this requirement is tested) nach einer Test Case Nummer durchsuchen und sie sich merken (siehe Tabelle 16).



Tabelle 16: Test Case suche

G
Test Cases where this requirement is tested
323.1

Die gefundene Test Case Nummer ist ebenfalls in der Tabelle „Test Cases Coverage“ vorhanden und muss dort gefunden werden (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: Test Case in der Tabelle "Test Cases Coverage"

	A
1142	322,1
1143	323,1
1144	324,1

Das Programm soll die Reihe der Test Cases Coverage Tabelle in der die Test Case Nummer gefunden wurde durchsuchen, bis eine Zelle gefunden wird deren Inhalt größer Null ist (siehe Tabelle 18). In der Reihe steht geschrieben, wie oft ein Test Case in einer Testsequenz verarbeitet ist.

Tabelle 18: Anzahl der Test Cases für eine Sequenz

1142	322,1	0	0	1	0	0	0	4
1143	323,1	0	0	0	0	0	0	3

Da die Testsequenznummer in der ersten Reihe der Tabelle steht, muss das Programm in der Spalte der gefundenen Zahl, die dazugehö-



rige Testsequenznummer aus der ersten Reihe suchen (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Zuordnung von Test Case zu einer Sequenz

A	B	C	D	E	F	G	H	I
TS	1	2	3	4	5	6	7	8
320,3	0		0	0	0	0	0	0
321,1	0		0	1	0	0	0	4
322,1	0		0	1	0	0	0	4
323,1	0		0	0	0	0	0	3

Durch die Tabelle wird ersichtlich, dass der Test Case 323,1 dreimal in der Testsequenznummer 8 vorkommt.

Die Testsequenznummer soll nun in die Spalte H der Excel-Tabelle übertragen werden (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Ausschnitt der Excel Tabelle

G	H
Test Cases where this requirement is tested	
<input type="text"/>	Testseq. <input type="text"/>
323.1	8

Diese Prozedur muss für alle 1863 Test Cases, 100 Testsequenzen und für alle 6828 Reihen der Excel-Tabelle durchgeführt werden.



4.2 Umsetzung des Konzeptes zur Automatisierung der Zuordnung eines Test Cases und deren Testsequenz

Für die Automatisierung wird als erstes eine weitere Spalte in der Excel-Tabelle erstellt (siehe Tabelle 21). In die Spalte „Testseq.“ kann das Programm die Testsequenznummer eintragen.

Wie in Kapitel 1.2.4 beschrieben, können mehrere Test Cases in einer Sequenz auftreten. Es gibt derzeit 1863 Test Cases, die in 100 Sequenzen getestet werden.

Tabelle 21: Spalte der Testsequenz

G	H
Test Cases where this requirement is tested	Testseq.



Für die VBA Programmierung wird die Entwicklungsumgebung von Excel genutzt.

Basierend auf dem in Kapitel 4.1 entwickelten Konzept, wurde ein VBA Programm entworfen, welches die Tabellen auf Test Cases durchsucht und die dazugehörige Testsequenz in die dafür vorgesehene Spalte überträgt. Im folgenden Kapitel wird der Quelltext (siehe Quellcode 2) erläutert und die relevanten Befehle beschrieben.



```
Sub Zuordnung_von_Test_Cases_und_Testsequenz()  
  Dim i As Integer, i2 As Integer, i3 As Integer, i4 As Integer, i5 As Integer  
  
  Dim x As Variant  
  Dim ws1 As Worksheet, ws2 As Worksheet, wb As Workbook  
  Dim e As String, teil() As String, tc2 As String, ts() As String, d As String  
  Dim tc1 As String  
  
  Set ws1 = Worksheets("SRS Aenderungsverfolgung")  
  Set ws2 = Worksheets("Test Cases Coverage")  
  
  For i = 1 To 6828  
  
    e = ws1.Cells(i, 7)  
    teil = Split(e, ",")  
    For i2 = LBound(teil) To UBound(teil)  
      tc1 = Trim(teil(i2))  
      i5 = 3  
      i3 = i5  
      Do While i5 < 1864  
        tc2 = Replace((ws2.Cells(i5, 1).Value), ",", ".")  
        i3 = i5  
        If tc1 = tc2 Then  
          i5 = 1864  
        End If  
        i5 = i5 + 1  
      Loop  
      For i4 = 2 To 101  
        If IsNumeric(ws2.Cells(i3, i4)) Then  
          If ws2.Cells(i3, i4) > 0 Then  
            d = ws1.Cells(i, 8)  
            If InStr(1, d, ws2.Cells(1, i4)) = 0 Then  
  
              If ws1.Cells(i, 8) < 1 Then  
                ws1.Cells(i, 8) = ws2.Cells(1, i4)  
              Else  
                ws1.Cells(i, 8) = ws1.Cells(i, 8) & "," & ws2.Cells(1, i4)  
                Application.CutCopyMode = False  
  
              End If  
            End If  
          End If  
        End If  
  
      Next i4  
    Next i2  
  Next i  
End Sub
```

Quellcode 2: Zuordnung der Test Cases zur Testsequenz



4.3 Definition der Befehle des Quelltextes

Eine der wichtigsten Befehle in dem erstellten Programm ist die Schleifenfunktion (siehe Abbildung 20). Sie sorgt dafür, dass jede einzelne Zelle betrachtet wird. Es gibt in VBA eine Vielzahl an Schleifentypen, daher sollte vor der Entwicklung überlegt werden, was für ein Schleifentyp benötigt wird. Des Weiteren muss beachtet werden, dass Schleifen immer von innen nach außen durchlaufen werden. In dem geschriebenen Programm werden zwei Schleifentypen verwendet³⁶:

- „For Next“ -Schleife: Bei der „For Next“ -Schleife handelt es sich um eine Zählschleife. Dabei wird der Buchstabe *i* als Variable deklariert. Im Kopf der Schleife wird die Variable bei jedem Durchlauf um eins erhöht, bis das Ende der Schleife erreicht ist. Erst dann wird die Schleife verlassen. In dem erstellten Programm sorgt die „For Next“ -Schleife dafür, dass jede Zelle der erstellten Excel-Tabelle nach Test Cases durchsucht wird. Hierbei ist wichtig, dass alle Zellen durchlaufen werden, da ein Test Case in mehreren Zellen stehen kann.
- “Do While Loop”: Die “Do While Loop“ -Schleife, wird solange durchlaufen, bis ein bestimmter Wert erreicht ist. Der Vorteil zur „For Next“ -Schleife liegt darin, dass sie bei Erreichen eines bestimmten Wertes abgebrochen werden kann. Da in der Tabelle „Test Case Coverage“ jeder Test Case nur einmal vorkommt, kann nach gefundenem Test Case die Schleife verlassen werden. Somit wird Zeit gespart, da das Programm nicht alle Zellen durchsuchen muss.

³⁶ Vgl. Can-Weber, M. (2010), Excel 2010 VBA-Programmierung

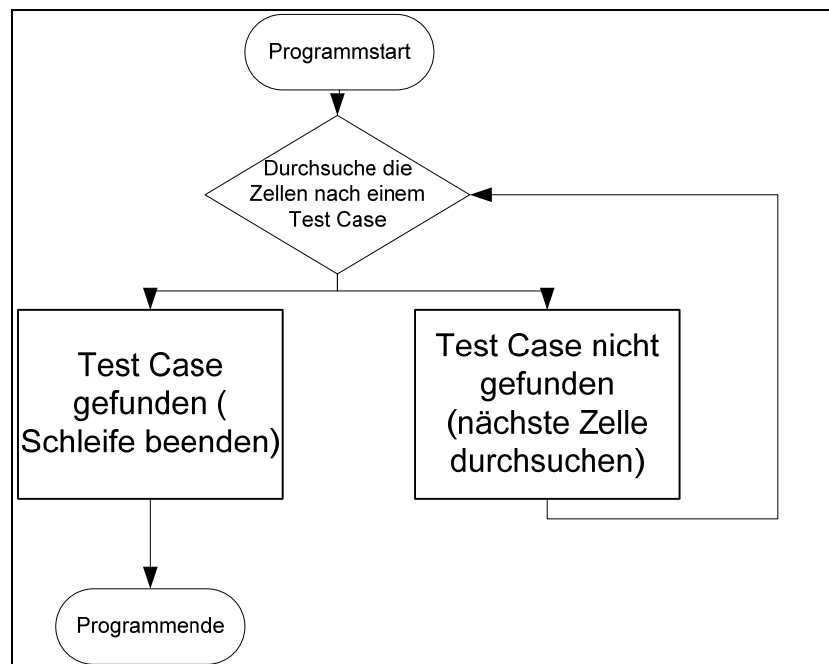


Abbildung 20: VBA Schleife (siehe Quellcode 2)

Da teilweise in einer Zelle (siehe Tabelle 22) mehrere Test Cases aufgeführt wurden, musste jede Zelle zerlegt werden.



Tabelle 22: Zelle mit mehreren Test Cases

G
Test Cases where this requirement is tested
2.1, 2.2, 2.4, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 2.16, 2.27, 4.1, 4.2, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 271.2, 271.3, 669.6, 669.7, 669.8, 669.10, 669.11, 669.12

Um einen Test Case aus einer Zelle zu separieren, wurde der Befehl „Split“³⁷ genutzt. Mit diesem Befehl kann jede Zeichenkette einer Zelle anhand eines Trennzeichens zerlegt werden. Im Fall der Spalte „Test Cases where this requirement is tested“ wird die Trennung nach jedem Komma vollzogen.

Die vorhandenen Leerzeichen in denjenigen Zellen, in denen mehrere Test Cases stehen, müssen entfernt werden. Dies ist notwendig, da ein Vergleich nur durchgeführt werden kann, wenn es sich bei den Zahlen auch um die gleiche Zeichenlänge handelt, müssen die Leerzeichen entfernt werden. Dies wird durch den Befehl „Trim“³⁸ erreicht. Der Befehl „Trim“ dient zum Entfernen von unerwünschten Zeichen am Anfang und am Ende jeder Zeichenkette.

³⁷ Vgl. Can-Weber, M. (2010), Excel 2010 VBA-Programmierung

³⁸ Vgl. Can-Weber, M. (2010), Excel 2010 VBA-Programmierung

In jedem Programm müssen Entscheidungen getroffen werden. Diese Entscheidungen werden in dem erstellten Programm durch den Befehl „If then“³⁹ getroffen (siehe Abbildung 21).

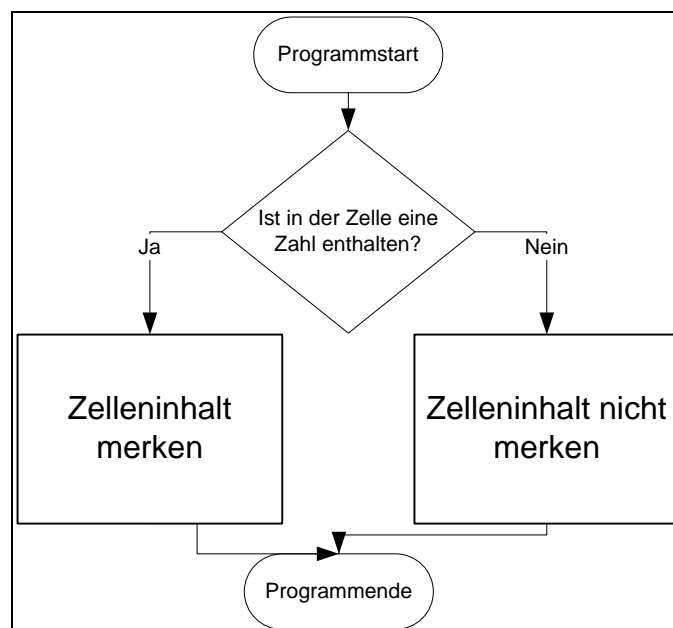


Abbildung 21: If then Befehl (siehe Quellcode 2)

4.4 Ermittlung des Einfluss von Kapitel 6 auf die Testsequenzen

Durch das entstandene Programm werden die Test Cases den Testsequenzen zugeordnet. Da in der erstellten Excel-Tabelle ein Zusammenhang zwischen Anforderung und Testsequenz durch den Test Case ermittelt wurde, wird aus der Excel-Tabelle (siehe Tabelle 23) ersichtlich, auf welche Testsequenzen das Kapitel 6 Einfluss hat.

³⁹ Vgl. Can-Weber, M. (2010), Excel 2010 VBA-Programmierung



Tabelle 23: Änderungen in den Testsequenzen

SRS Parag. 3.2.0	SRS Text 3.2.0	Version x = 1 (changed, deleted, unchanged)	SRS Text Version x = 1, Kapitel 6	Test Cases where this requirement is tested	Testseq.
3.6.2.4	Data transmitted by Loop	deleted	Data transmitted by Loop		
3.7.1.1 b)	When needed, limitations related to the movement authority, i.e. Mode profile for On Sight, Limited Supervision or Shunting and signalling related speed restriction (see sections 3.12.4 and 3.11.6). Mode profile and Signalling related Speed restriction shall always be sent together with the MA to which the information belongs	changed	When needed, limitations related to the movement authority, i.e. Mode profile for On Sight, Limited Supervision or Shunting and signalling related speed restriction (see sections 3.12.4 and 3.11.6). Mode profile and Signalling related Speed restriction shall always be sent together with the MA to which the information belongs	5.1, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 228.1, 228.2	77, 85, 84, 82, 38, 83, 19
3.7.1.1 c) d)	Optionally Speed restriction to ensure a given permitted braking distance (see section 3.11.11)	deleted	Optionally Speed restriction to ensure a given permitted braking distance (see section 3.11.11)		
3.7.2.4 f)	LX speed restrictions	deleted	LX speed restrictions		
3.7.2.4 g)	Inhibition of revocable TSRs from balises in L2/3 (from RBC only)	deleted	Inhibition of revocable TSRs from balises in L2/3 (from RBC only)		
3.9.3.2	The orders shall be sent via balise groups or via Radio Infill units.	changed	The orders shall be sent via balise groups or via Radio Infill units.	181.1	80, 84, 92, 93, 100
3.9.3.8.1	The order to establish/terminate a communication session sent via Radio Infill units (see 3.5.3.6) shall not be sent together with any radio infill area information.	deleted	The order to establish/terminate a communication session sent via Radio Infill units (see 3.5.3.6) shall not be sent together with any radio infill area information.		

So darf zum Beispiel in der Testsequenznummer 77, in der Anforderung 3.7.1.1 b) nicht in Modus „Limited Supervision“ (siehe Tabelle 23) geschaltet werden, da dieser Modus in einer älteren Version nicht vorhanden ist. Nach der Änderung in der Testsequenz 77, kann eine ältere Version getestet werden.



5 Fazit

Die Methode, die durch diese Bachelorarbeit entstanden ist, ist nur eine von vielen Varianten mit denen eine Nachverfolgung von Anforderungsänderungen visualisiert werden kann. Außerdem kann diese Methode für jede Art von Nachverfolgung angewendet werden. So könnte zum Beispiel die Traceability durch diese Methode erstellt werden und mit dem VBA Programm könnte auch in der Tabelle die Test Cases den Testsequenzen zugeordnet werden. Ein Vorteil dieser Methode ist die gute Lesbarkeit des Dokuments. So wird über die Excel-Tabelle schnell erkannt, welcher Test Case geändert werden muss und vor allem welche Änderungen vollzogen werden müssen.

5.1 Ausblick

In der erstellten Excel Tabelle wurde viel manuell erarbeitet. Da, wie in Kapitel 1.1 beschrieben, die Entwicklung der Anforderung ein dynamischer Prozess ist und somit immer wieder neue Dokumente mit Änderungen auftauchen werden, sollte man versuchen, die manuellen Arbeiten zu automatisieren. So kann zum Beispiel später ein Vergleich durch ein VBA-Programm erstellt werden. Des Weiteren könnte versucht werden, die Änderungen gleich in die Test Cases fließen zu lassen und so durch Auswählen einer Version auch ältere SRS Versionen testen zu können. Es könnte auch überlegt werden, ob die Anforderungen nicht über ein anderes Programm erstellt werden können, da das Automatisieren der Worddatei durch dessen Format zu Komplikationen führen kann. Daher kann die Arbeit erleichtert werden, wenn die Dateien in einem anderen Format verfügbar wären.



Literaturverzeichnis

Can-Weber, M. (2010), Excel 2010 VBA-Programmierung

Dipl.-Ing. Gralla, C. (2009) http://rzbl04.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00007082/Dissertation.pdf, 10.09.2011

Einfluss des European Train Control System ETCS auf die Leistungsfähigkeit von Knoten. (von der Firma VIA) Seite 13

ERA, SUBSET-026-1 v320, <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/Baseline3SecondConsolidation.aspx>, 01.08.2011

Hougardy, A., ERA_ERTMS_0001_V20.Doc

http://de.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System#Versionen_der_Spezifikation, 20.09.2011

<http://de.wikipedia.org/wiki/Interoperabilit%C3%A4t>, 18.10.2011

<http://winmerge.org/about/?lang=de>, 13.10.2011



http://www.dlr.de/fs/desktopdefault.aspx/tabid-1235/1688_read-29427/,
20.09.2011

<http://www.era.europa.eu/Core-Activities/ERTMS/Pages/List-Of-Mandatory-Specifications.aspx>, 26.08.2011

<http://www.freewarepage.de/Freeware/615.shtml>, 13.10.2011

Lämmler Erstfeld, B., <http://www.lokifahrer.ch/Signale/fss-signale.htm>,
18.08.2011

Wagner, M., <http://www.marco-wegener.de/technik/etcs.htm>,
11.09.2011



Quellen von Abbildungen

Abbildung 1:

Dipl.-Ing. Gralla, C. (2009) http://rzbl04.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00007082/Dissertation.pdf, Seite 4, 10.09.2011

Abbildung 2:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0c/Siemens_Euroballse.jpg, 03.08.2011

Abbildung 3:

https://www.swe.siemens.com/portugal/web_nwa/pt/PortalInternet/QuemSomos/negocios/Industry/mobility/railautomation/PublishingImages/euroloop_s.jpg, 03.08.2011

Abbildung 4:

<http://csd.informatik.uni-oldenburg.de/teaching/ConsecutiveTrains.png>, 03.08.2011

Abbildung 5:

http://www.signon-rail.com/uploads/images/1284451389474975160663/etcs_leistungen.png, 04.08.2011

Abbildung 6:

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Etcs_l1.jpg&filetimestamp=20070418173202, 15.08.2011



Abbildung 7:

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:ETCS_L2_w_RBC.jpg&filetimestamp=20070523184041, 10.09.2011

Abbildung 8:

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:ETCS_L3_w_RBC.jpg&filetimestamp=20070531181449, 10.09.2011

Abbildung 12:

Hougardy, A., ERA_ERTMS_0001_V20.Doc, Seite 9

Abbildung 13:

<http://winmerge.org/about/screenshots/filecmp.png>, 13.10.2011

Abbildung 14:

<http://www.winload.de/bilder/screenshots/23469/118363897217973.jpg>,
10.10.2011

Abbildung 15:

Dipl.-Ing. Gralla, C. (2009) http://rzbl04.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00007082/Dissertation.pdf, Seite 4, 10.09.2011

Abbildung 17:

ERA, SUBSET-026-3 v320

Abbildung 18:

ERA, SUBSET-026-6 v320



Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ort, Datum

(Unterschrift)