Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
http://www.ub.tuwien.ac.at

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

STADLER

Diplomarbeit

„Untersuchung der elektrischen Triebfahrzeuge Stadler FLIRT3, KISS und EC250 im Hinblick auf die Erfüllung der Notifizierten Nationalen Technischen Regeln (NNTR) und der Netzzugangsanforderungen für den Einsatz in Europa“

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ. Doz. Dipl.-Ing. Dr. techn. Alois Starlinger

(E317 – Institut für Leichtbau und Struktur-Biomechanik, Stadler Altenrhein CH)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Theresa Hofecker, BSc

1125835

Oberhoferstrasse 43

2130 Mistelbach

Mistelbach, im Jänner 2017

_____

Theresa Hofecker

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters an Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Mistelbach, im Jänner 2017

_____

Theresa Hofecker

Danksagung

Da ich mit dieser Diplomarbeit mein Studium Wirtschaftsingenieurswesen - Maschinenbau abschließen werde, ist es an der Zeit, mich bei einigen Menschen zu bedanken. Zuerst möchte ich dies bei meiner Familie tun, die mir dieses Studium ermöglicht und mich immer unterstützt hat. Besonderer Dank gilt auch den vielen Kollegen, die ich während meines Studiums kennengelernt habe. Einige davon sind gute Freunde geworden.

Ein großes Dankeschön gilt auch der Firma Stadler Altenrhein AG, die es mir ermöglicht hat, diese Arbeit zu schreiben. Besonders erwähnen möchte ich die Mitarbeiter der Abteilung Zulassung, welche mir bei der Erstellung dieser Diplomarbeit immer mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind. Danken möchte ich auch dem Team des ILSB für die erstklassige Betreuung und Ausbildung, die ich dort genossen habe.

Kurzfassung

Diese Arbeit enthält eine Zusammenfassung länderspezifischer Vorschriften der Eisenbahnfahrzeugzulassung und eine anschließende Überprüfung dieser auf ausgewählte Triebfahrzeuge: Elektrotriebzug FLIRT3, Doppelstock-Elektrotriebzug KISS und Hochgeschwindigkeits-Elektrotriebzug EC250 der Firma Stadler Rail. Die untersuchten Fahrzeuge wurden bereits für die national eisenbahntechnische Zulassung ausgelegt. In dieser Diplomarbeit wird untersucht, welche Anpassungen an den Schienenfahrzeugen notwendig sind, damit sie auch in anderen europäischen Ländern zugelassen werden können. Für die zur Erfüllung der Vorschriften erforderlichen Anpassungen an den Fahrzeugen werden allgemeine Lösungskonzepte vorgestellt und im Anschluss eine Bewertung der Fahrzeugmassenänderung sowie Kosten durchgeführt.

Ziel ist es, einen Überblick über potentiell zukünftige Einsatzgebiete der Fahrzeuge unter Berücksichtigung einer Aufwandeinschätzung zu geben.

Die Arbeit wurde in Kooperation mit der Firma Stadler erstellt, wobei das Know-how von Fachleuten aus der Eisenbahn-Branche eingeflossen ist.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die untersuchten Fahrzeuge im Allgemeinen gut für einen Einsatz in mehreren europäischen Ländern vorbereitet sind. Es kann auf viele erfolgreich abgewickelte Projekte zurückgegriffen werden. Aber auch für Länder, in denen bis jetzt nur wenig bis keine Erfahrung gemacht wurde, sind die untersuchten Fahrzeuge leicht anzupassen und zulassbar.

Abstract

This diploma thesis addresses an analysis of national rules for the railway vehicle authorization for different European countries. A subsequent assessment of these rules is applied to the following traction vehicles: Electric Multiple Unit FLIRT3, Double-decker Electro Multiple Unit KISS and Highspeed Electric Multiple Unit EC250 of the company Stadler Rail. Furthermore, general concepts are introduced for the technical adjustments to fulfil the requirements. In the last step a basic calculation of the expected costs is presented. Furthermore, the impact on the vehicles weight is estimated.

The primary purpose of this thesis is to determine potential areas of operation for the vehicles in the future in new markets with different homologation rules.

Due to the fact that the whole study was conducted in cooperation with the company Stadler, the knowledge and experience of railway engineers has been integrated.

The results of the examination show that the traction vehicles examined are well prepared for the operation in most European countries. The company has realized many successful projects and can benefit from this experience. Besides, these railway vehicles have been prepared for further adjustments to allow the homologation in new markets.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen in Europa 4

2.1 Rahmenbedingungen für die Zulassung von Schienenfahrzeugen 4

2.2 Eisenbahn-Zulassung als nationaler Prozess 6

2.3 Entwicklung der Eisenbahn-Zulassung zu einem einheitlichen europäischen Prozess 7

2.3.1 Definition „Interoperabilität“ 7

2.3.2 EU Verordnungen 8

2.3.3 Cross Acceptance Verfahren 8

2.3.4 Zulassung interoperabler Eisenbahnfahrzeuge 10

3 Analyse der Anforderungen an die Zulassung von Schienenfahrzeugen 17

3.1 Methodisches Vorgehen 17

3.2 Literaturstudie 18

3.2.1 Informationsbeschaffung 18

3.2.2 Zu berücksichtigende Regelwerke für jedes Land 18

3.3 Voruntersuchung 20

3.3.1 Erstellen von Anforderungskatalogen 20

3.3.2 Klassierung von Anforderungen 21

3.4 Detailuntersuchung 25

3.5 Ableitung von Maßnahmen 27

4 Länderspezifische Zusammenfassung der nationalen Anforderungen 28

4.1 Anforderungsmatrix 28

4.2 „Sonderfall“ Großbritannien 36

5 Beschreibung der untersuchten Triebfahrzeuge 38

5.1 Erstzulassungen der Referenzfahrzeuge 38

5.2 Elektrischer Triebzug FLIRT3 38

5.3 Elektrischer Doppelstock-Triebzug KISS 40
5.4 Elektrischer Triebzug EC250 42
6 Überprüfung der länderspezifischen Anforderungen für die ausgewählten Trieb-fahrzeuge 44
6.1 Voruntersuchung 44
6.2 Detailuntersuchung 46
6.2.1 Vorgehen 46
6.2.2 Elektrischer Triebzug FLIRT3 NSR 46
6.2.3 Elektrischer Doppelstock-Triebzug KISS WESTbahn2 55
6.2.4 Elektrischer Triebzug EC250 59
6.3 Zusammenfassung 62
7 Ableitung von Maßnahmen für die untersuchten Triebfahrzeuge 64
7.1 Konzepte zur Anpassung der elektrischen Triebfahrzeuge 64
7.1.1 Konzept Wagenkastenänderung bezüglich der Einstiegshöhe 64
7.1.2 Modularer Dachausführung 65
7.1.3 Modularer Maschinenraum 67
7.1.4 Modularer Schrank für Zugbeeinflussungssysteme 68
7.2 Massenbewertung 69
7.2.1 Fahrzeugparameter 69
7.2.2 Elektrischer Triebzug FLIRT3 NSR 69
7.2.3 Elektrischer Doppelstock-Triebzug KISS WESTbahn2 71
7.2.4 Elektrischer Triebzug EC 250 71
7.2.5 Zusammenfassung 72
7.3 Kostenbewertung 73
7.3.1 Kostenermittlung zur Umsetzung der Maßnahmen 73
7.3.2 Elektrischer Triebzug FLIRT3 NSR 75
7.3.3 Elektrischer Doppelstock-Triebzug KISS WESTbahn2 78
7.3.4 Elektrischer Triebzug EC 250 79

7.3.5 Zusammenfassung 79
8 Fazit und Ausblick 81
Literaturverzeichnis 83
Abbildungsverzeichnis 97
Tabellenverzeichnis 98
Abkürzungsverzeichnis 100
Anhang 104
Anhang A 105
Anhang B 106
Anhang C 107
Anhang D 108

1 Einleitung

Diese Arbeit wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Stadler Altenrhein AG (Abteilung Zulassung) erstellt. Letztere ist eine Tochtergesellschaft der Stadler Rail Group und hat ihren Sitz in Altenrhein (Schweiz). Stadler Rail ist ein internationaler Schienenfahrzeughersteller mit dem Schwerpunkt Europa, der maßgeschneiderte Produkte anbietet. In Abbildung 1 sind die Marksegmente, in denen Stadler tätig ist, überblicksmäßig gezeigt.

In Zeiten, in denen der grenzüberschreitende Eisenbahnverkehr immer mehr an Bedeutung gewinnt, werden auch für Stadler neue Märkte attraktiv. Dabei müssen neben den einheitlichen europäischen technischen Spezifikationen (Technische Spezifikationen für Interoperabilität, TSI) auch nationale Anforderungen (National Technische Regeln, NTR) für eine erfolgreiche Zulassung von Fahrzeugen berücksichtigt werden.

In dieser Arbeit wird untersucht, ob bereits zugelassene bzw. in Entwicklung stehende elektrische Triebfahrzeuge von Stadler auch in anderen Ländern als ursprünglich vorgesehen und grenzüberschreitend eingesetzt werden können. Falls notwendig, ist aufzuzeigen, wo technische Änderungen durchzuführen sind. Auch die durch die technischen Anpassungen entstehenden Fahrzeug-massenänderungen und der finanzielle Aufwand für die zusätzlich erforderlichen Nachweise werden anschließend bewertet.

Bei dieser Untersuchung werden die folgenden Länder berücksichtigt:

- Schweiz
- Österreich
- Deutschland
- Niederlande
- Frankreich
- Großbritannien.

Besonders der Stand der nationalen Vorschriften in Großbritannien ist von großem Interesse, da Stadler dort im September 2016 den ersten bedeutenden Auftrag

gewonnen hat. Im Gegensatz dazu liegen für die Länder in Kontinentaleuropa Erfahrungen zur Zulassung aus vergangenen Projekten vor.

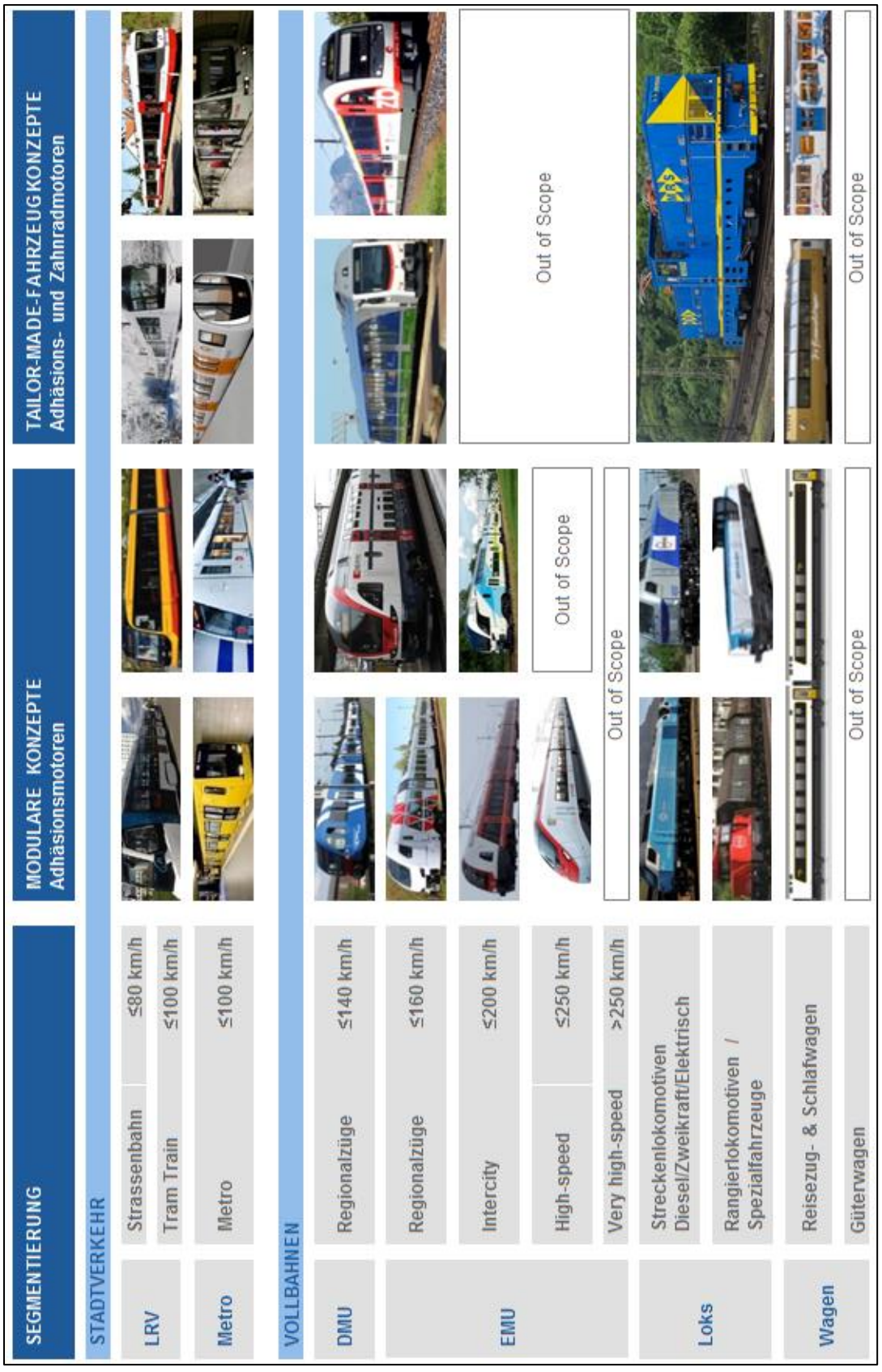


Abbildung 1: Marktsegmente der Stadler Rail Group [1]

Für die Fahrzeugfamilien KISS (= Komfortabler Innovativer Spurtstarker S-Bahn-Zug, elektrischer Doppelstock-Triebzug) und FLIRT3 (=Flinker Leichter Innovativer Regional-Triebzug, 3. Entwicklungsgeneration) wird für die Untersuchung jeweils ein Referenzfahrzeug ausgewählt. Beim dritten Fahrzeug handelt es sich um den neuentwickelten EC250, der gerade für die SBB als Giruno Hochgeschwindigkeitszug gebaut wird.

Diese Arbeit ist inhaltlich in sieben Teile gegliedert. Nach der Einleitung werden die Grundlagen des allgemeinen Zulassungsprozesses für Schienenfahrzeuge erläutert. Dabei wird auf die Entwicklung des Prozesses eingegangen und die einzelnen Bausteine, welche für eine erfolgreiche Zulassung benötigt werden, erklärt. Anschließend erfolgt die Beschreibung der Vorgehensweise, worin die einzelnen Phasen der Untersuchung genauer beschrieben werden. Im nächsten Kapitel wird eine Zusammenfassung der länderspezifischen Anforderungen in Form einer Übersichtsmatrix gegeben. Dabei wird auch genauer auf die Anforderungen in Großbritannien eingegangen. Das Kapitel 5 beinhaltet eine Beschreibung der zu untersuchenden Referenzfahrzeuge. Darin wird ein Überblick über die grundsätzlichen Zulassungsstrategien, Einsatzstrecken und technischen Parameter gegeben. Die Ergebnisse der Untersuchung werden für jedes Fahrzeug bei Einsatz in dem jeweiligen Land in Kapitel 6 präsentiert. Nachfolgend werden Maßnahmen zur Anpassung der Fahrzeuge vorgestellt. Eine Analyse der Fahrzeugmassenänderungen sowie Kostenbewertung runden die Untersuchung ab. Zum Abschluss werden die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst und ein Ausblick gegeben. Diverse Verzeichnisse und Anhänge sind der Arbeit anschließend beigelegt.

2 Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen in Europa

2.1 Rahmenbedingungen für die Zulassung von Schienenfahrzeugen

Grundsätzlich benötigt jedes Schienenfahrzeug in Europa eine gültige Zulassung und eine Genehmigung zum Netzzugang, um auf einem nationalen Schienennetz verkehren zu dürfen. Die Typenzulassung und die Inbetriebnahmegenehmigung des Schienenfahrzeugs werden von der nationalen Eisenbahn-Sicherheitsbehörde NSA (National Safety Authority) ausgestellt. Der spätere Betreiber des Schienenfahrzeugs benötigt die Genehmigung zum Netzzugang vom Netzzugangsmanager [2]. In Österreich wirken das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), in Deutschland das Eisenbahn-Bundesamt (EBA), in der Schweiz das Bundesamt für Verkehr (BAV), in den Niederlanden Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) und in Großbritannien das Office of Rail and Road (ORR) als nationale Eisenbahn-Sicherheitsbehörde. Netzzugangsmanager sind z.B. ÖBB Infrastruktur, DB Netze oder SBB Infrastruktur.

Die zentrale Aufgabe eines jeden Eisenbahnbetreibers ist der Transport von Personen und Waren. Dabei gelten für jedes Land unterschiedliche administrative, rechtliche und technische Bedingungen [3]:

- Spurweite (z.B. Normalspur, Meterspur, Breitspur,…)
- Spannungssysteme (z.B. 15 kV AC, 3 kV DC,…)
- Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung (z.B. PZB, ATB, ETCS,…)
- Bremsanforderungen
- Fahrtechnik
- Störströme und EMV
- …

In den Abbildungen 2 bis 4 werden die unterschiedlichen Systeme für die Spurweite, Spannung und Zugbeeinflussung in Europa dargestellt.

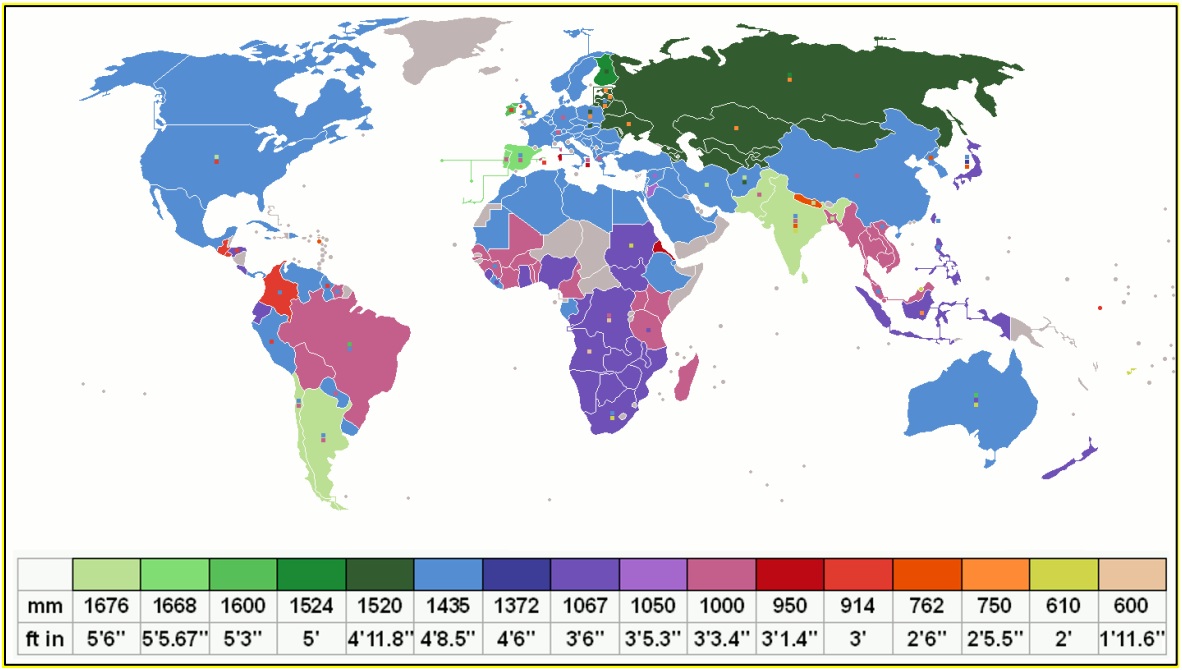


Abbildung 2: Spurweite für Eisenbahnfahrzeuge [4]

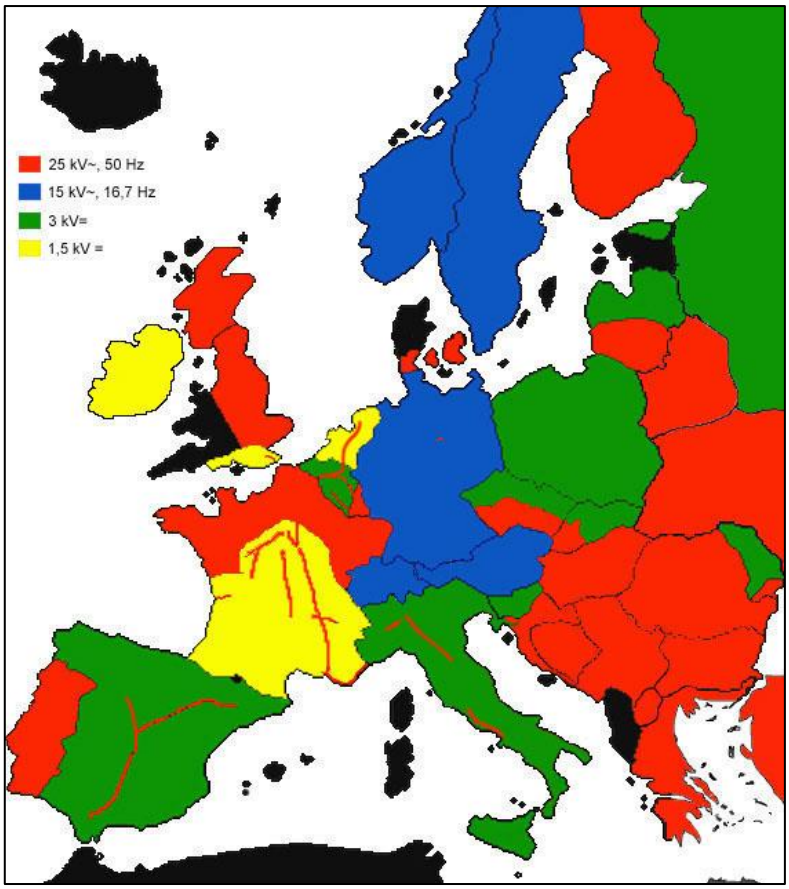


Abbildung 3: Spannungssysteme für Eisenbahnfahrzeuge in Europa [5]

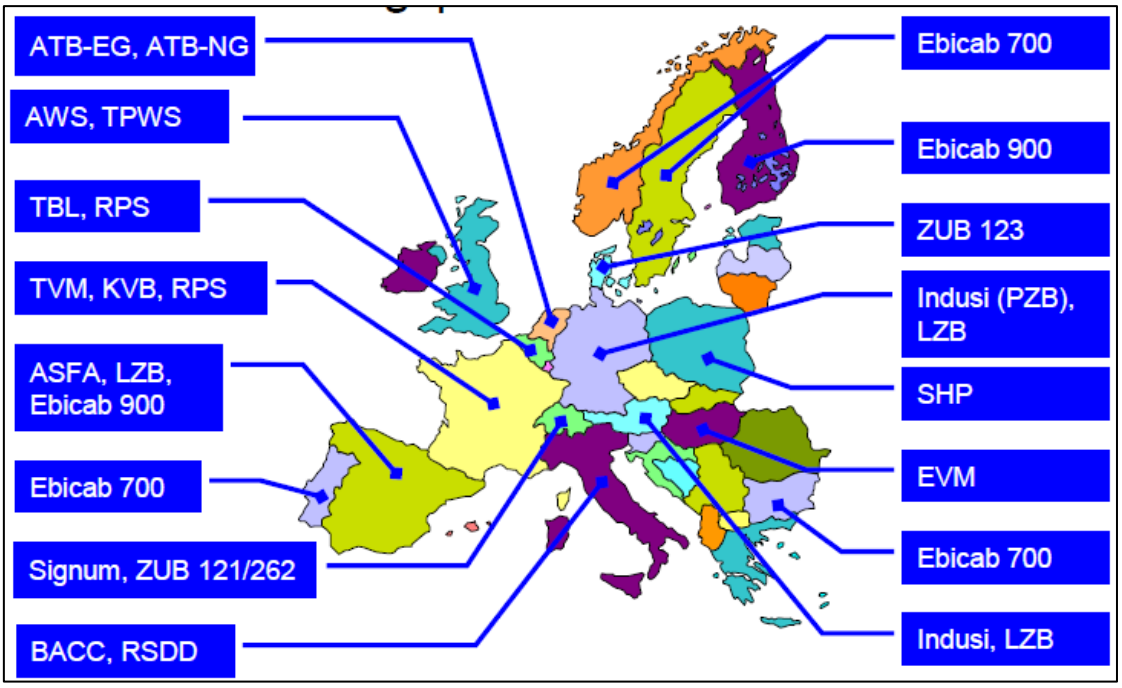


Abbildung 4: Zugsicherungssysteme für Eisenbahnfahrzeuge in Europa [6]

Im Folgenden wird der frühere Prozess der Zulassung kurz erläutert und anschließend dessen Entwicklung unter Berücksichtigung der Einführung der Interoperabilitätsrichtlinien bis heute aufgezeigt.

2.2 Eisenbahn-Zulassung als nationaler Prozess

Bis in die 1990er Jahre waren nationale Staatsbahnen im Besitz der Eisenbahn-Infrastruktur und führten den Betrieb von Güter- und Personenverkehr selbst durch. Die Zulassungsbehörde übernahm die Entscheide der Staatsbahn und kümmerte sich um Meterspur- und Straßenbahnen. Hauptkriterien für eine erfolgreiche Zulassung waren die Erfüllung von Kundenanforderungen. Der internationale Verkehr von Triebzügen basierte auf Basis bilateraler Vereinbarungen benachbarter Staatsbahnen.

Im Jahr 1887 ist der Staatsvertrag über die Technische Einheit (TE) in Kraft getreten, welcher das Ergebnis von Verhandlungen in Bern zu einheitlichen technischen Mindestvoraussetzungen für den grenzüberschreitenden Eisenbahnverkehr ist. Mit dem Übereinkommen vereinheitlichten die meisten kontinentaleuropäischen Länder die Bauart von Gleisen und Wagen (im Speziellen Spurweite, Maße der Kupplungen und Radstand). Des Weiteren wurde im Jahr 1922 die Union Internationale des Chemins de Fer (UIC) als internationaler Eisenbahnverband gegründet, welche als Arbeitsorgan für die TE tätig wurde. Die

UIC hat verschiedene Nummerierungssysteme erstellt, wie z.B. das UIC-Baureihenschema für Triebfahrzeuge, die UIC-Wagennummern, den UIC-Ländercode, usw. [7].

Im Rahmen der von der EU-Kommission initiierten Liberalisierung kam es zur Aufspaltung von Infrastruktur und Betreiber. Damit soll ein freier Zugang zum Netz durch verschiedene Transportanbieter und grenzüberschreitender Schienengüterverkehr ermöglicht werden. Die Zulassungshoheit wurde von den NSAs übernommen, wobei jedes Land seine eigenen nationalen Vorschriften definiert. Die länderspezifischen Anforderungen waren zum Teil widersprüchlich, sodass es zu einer Behinderung bei Mehrländerzulassungen kam (siehe [6] und [8]).

2.3 Entwicklung der Eisenbahn-Zulassung zu einem einheitlichen europäischen Prozess

2.3.1 Definition „Interoperabilität“

Das Konzept der Interoperabilität tritt im Eisenbahnverkehr mit der Implementierung von Europäischen Richtlinien auf, um den grenzüberschreitende Verkehr zu erleichtern. Eine Definition liegt in der Richtlinie 2008/57/EG [9] unter den Begriffsbestimmungen vor:

> *„Interoperabilität ist die Eignung eines Eisenbahnsystems für den sicheren und durchgehenden Zugverkehr, indem den für diese Strecken erforderlichen Leistungskennwerten entsprochen wird. Diese Eignung hängt von den gesamten ordnungsrechtlichen, technischen und betrieblichen Voraussetzungen ab, die zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen gegeben sein müssen.“ [9]*.

In der Praxis versteht man unter interoperablem Schienenverkehr das Fahren von Schienenfahrzeugen auf interoperablen Eisenbahn-Infrastrukturen, wobei beim Wechsel auf ein anderes nationales Eisenbahnnetzwerk [10]:

- nicht an der Grenze gestoppt werden muss,
- der Triebzug an der Grenze nicht getauscht werden muss,
- der Fahrer des Triebzugs nicht an der Grenze getauscht werden muss,
- keine infrastruktur-spezifischen Aktivitäten vom Fahrer durchgeführt werden müssen.

2.3.2 EU Verordnungen

Mit der Einführung der Interoperabilitätsrichtlinien für das transeuropäische Hochgeschwindigkeitsbahnsystem (96/48/EG [11]) und das konventionelle transeuropäische Eisenbahnsystem (2001/16/EG [12]) wurden erste Ziele zur technischen Harmonisierung der einzelnen Schienenverkehrssysteme gesetzt. Die ersten technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) wurden dazu 2002 veröffentlicht:

- TSI HS RST (2002/735/EG) [13]
- TSI HS ENE (2002/733/EG) [14]
- TSI HS INF (2002/732/EG) [15]
- TSI HS CCS (2002/731/EG) [16].

Im April 2004 wurde die Europäische Eisenbahnagentur (European Railway Agency, ERA) mit Sitz in Valenciennes (Frankreich) gegründet. Sie soll zur technischen Unterstützung der Kommission und als Initiator für sicherheitstechnische Bestimmungen dienen [8].

Im Jahr 2008 wurden die beiden Interoperabilitätsrichtlinien durch Zusammenführung zur Richtlinie 2008/57/EG [9] neu gefasst. Dies soll sowohl zur Vereinheitlichung der Anforderungen führen als auch den geografischen Anwendungsbereich der TSI und die gegenseitige Anerkennung von Fahrzeugen erweitern [17].

2.3.3 Cross Acceptance Verfahren

Mit der Einführung der Methode nach dem Memorandum of Understanding (MoU) zur Cross Acceptance (CA) wurde ein Verfahren geschaffen, um das Zulassungsverfahren für Schienenfahrzeuge zu vereinfachen. Der Prozess beruht auf der gegenseitigen Anerkennung von Zulassungsanforderungen aus mehreren Ländern. Die jeweiligen nationalen Anforderungen werden klassiert und einem systematischen Vergleich für alle im MoU involvierten Länder unterzogen. Gleichwertige Anforderungen erhalten eine A-Klassierung, während länderspezifische Anforderungen in die C-Klassierung fallen. Bei nicht vollständiger Prüfung in einem Land wird der Punkt als B klassiert. Die involvierten NSAs teilen die verschiedenen Prüfpunkte auf: Unter Führung einer Mutterbehörde stellen dann die NSAs Cross Acceptance Prüfzertifikate für die

einzelnen Fachgebiete aus. A-Punkte werden nur einmal geprüft und somit gegenseitig anerkannt. Durch die Anerkennung von ausländischen Prüfzertifikaten wird der Prüfaufwand deutlich reduziert [18].

In Tabelle 1 sind die verschiedenen Prüfbereiche aufgelistet:

Punkt	Benennung	Kategorie
0	Allgemeine Information	
1	Fahrtechnik (Fahrverhalten)	A/B
2	Fahrzeugaufbau	A
3	Zug- und Stoßeinrichtungen	A
4	Drehgestell und Fahrwerk	A
5	Radsatz/Radsatzlager	A
6	Bremseinrichtung	A/B
7	Überwachungsbedürftige Anlagen	A/B
8	Stromabnehmer	C
9	Fenster	A
10	Türen	A
11	Übergänge	A
12	Energieversorgung und elektromagnetische Verträglichkeit	C
13	Software	B
14	Trink- und Abwasseranlage	B
15	Umweltschutz	B
16	Brandschutz	B
17	Arbeitsschutz	B
18	Fahrzeugbegrenzung	A/C
19	Sonstige sicherheitstechnische Einrichtungen	A/B/C
20	Tank	/
21	Ladegutbehälter mit Druckentleerung	/
22	Ladungssicherung	/
23	Anschriften	A/B
24	Fügetechnik	A

Tabelle 1: Prüfpunkte Memorandum of Understanding zur Cross Acceptance [19]

Aktuell haben folgende Länder ihre nationalen Anforderungen strukturiert beschrieben und individuell staatsvertraglich geregelt: Belgien, Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg, Niederlande, Österreich und die Schweiz.

2.3.4 Zulassung interoperabler Eisenbahnfahrzeuge

Das allgemeine Verfahren der Zulassung für interoperable Fahrzeuge wird heute grundsätzlich wie in Abbildung 5 dargestellt durchgeführt. Aus der Abbildung werden die anzuwendenden Regelwerke, die involvierten unabhängigen Stellen sowie die bei den Behörden einzureichenden Nachweise sichtbar. Gleichzeitig sind auch die Anforderungen des Kunden – in der Abbildung als Projekt-Anforderungskatalog (PAK) gezeigt – zu berücksichtigen. Erst wenn alle Anforderungen erfüllt sind und die Bescheinigungen bzw. Berichte vorliegen, kann durch die nationale Sicherheitsbehörde (NSA) der Zulassungsbescheid ausgestellt werden.

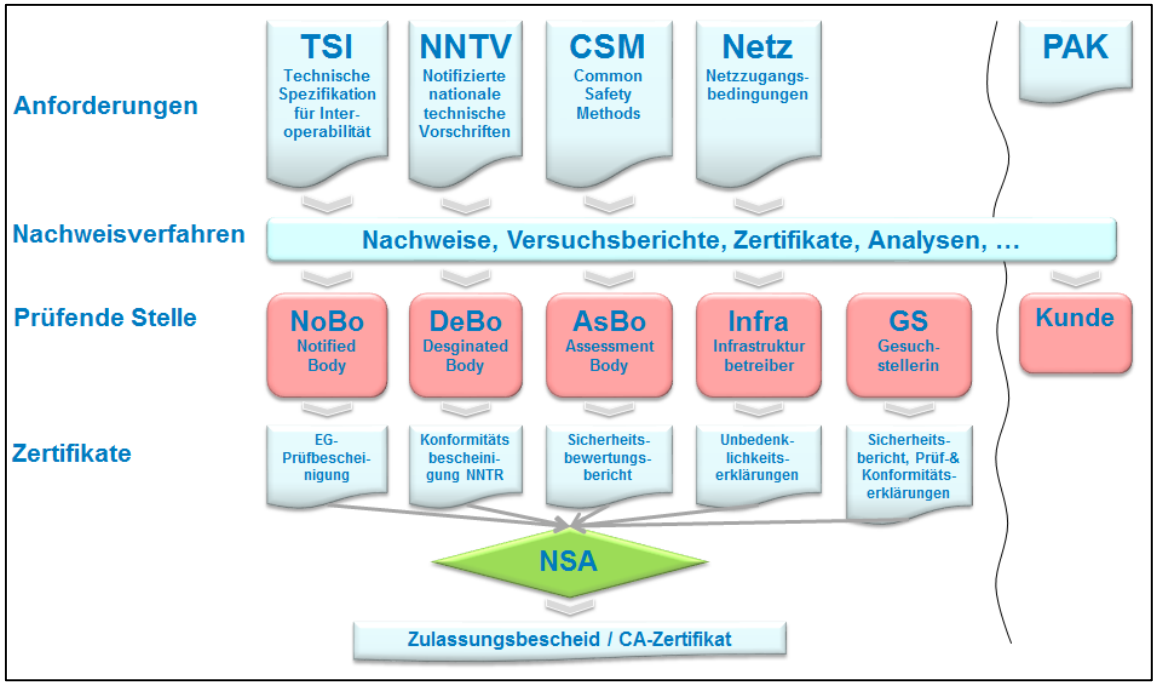


Abbildung 5: Allgemeiner Zulassungsprozess von Eisenbahnfahrzeugen [20]

Der genaue Ablauf des Zulassungsverfahrens unterscheidet sich für jedes Land in den zu prüfenden Stellen bzw. Behörden sowie den nationalen Vorschriften (NNTV bzw. NNTR) und Dokumenten.

Nachstehend werden die einzelnen „Bausteine“, die für einen erfolgreichen Zulassungsvorgang notwendig sind, näher erläutert.

2.3.4.1 Technische Spezifikationen für die Interoperabilität

Die Grundlage der technischen Spezifikationen für die Interoperabilität innerhalb Europas ist, wie bereits erwähnt, die Interoperabilitätsrichtlinie 2008/57/EG [9] vom 17. Juni 2008. Die TSI sind in den EU-Mitgliedsstaaten den nationalen Vorschriften übergeordnet und haben das Ziel, einheitliche Vorgaben für das System Eisenbahn innerhalb der EU zu definieren, insbesondere bezüglich des grenzüberschreitenden interoperablen und sicheren Verkehrs. Die Weiterentwicklung der TSI ist eine der Hauptaufgaben der European Railway Agency ERA [21].

Der geografische Anwendungsbereich der TSI geht mit dem der Interoperabilitätsrichtlinie einher. Dabei sollen neben den bisher betrachteten Strecken des transeuropäischen Verkehrsnetzes (TEN) die Vorgaben auf das ganze Normalspurnetz der EU ausgedehnt werden. Regionale- und Stadtbahnsysteme sowie auch Eisenbahninfrastrukturen im Privateigentum können von den Mitgliedsstaaten ausgenommen werden [22].

Gemäß der Richtlinie 2008/57/EG (Anhang II - Abschnitt 1) [9] wird das Eisenbahnsystem der EU in folgende Teilsysteme unterteilt:

- Strukturelle Teilsysteme:
  - Infrastruktur (TSI INF)
  - Energie (TSI ENE)
  - streckenseitige Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung (TSI CSS)
  - fahrzeugseitige Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung (TSI CSS)
  - Fahrzeuge.
- Funktionale Teilsysteme:
  - Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung (TSI OPE)
  - Instandhaltung
  - Telematikanwendungen für den Personen- und Güterverkehr (TSI TAP/TAF).

Bis auf das Teilsystem „Instandhaltung“ besteht für jedes Teilsystem mindestens eine eigene TSI. Das Teilsystem „Fahrzeug“ verfügt über Schnittstellen mit allen anderen oben genannten Teilsystemen des Eisenbahnsystems der Europäischen Union. Des Weiteren existieren TSI, die bestimmte Aspekte des Eisenbahnsystems beschreiben und mehrere Teilsysteme betreffen [23]:

- TSI zur Sicherheit in Eisenbahntunneln (TSI SRT)
- TSI bezüglich eingeschränkt mobiler Personen (TSI PRM)
- TSI bezüglich Lärm (TSI NOI)
- TSI Lokomotiven und Personenwagen (TSI LOC & PAS)
- TSI Güterwagen (TSI WAG).

In Tabelle 2 sind die aktuell gültigen TSI aufgelistet:

Titel	Rechtsakt	In Kraft seit:
TSI ENE	Verordnung (EU) Nr. 1301/2014 [24]	01.01.2015
TSI SRT	Verordnung (EU) Nr. 912/2016 [25]	30.06.2016
TSI NOI	Verordnung (EU) Nr. 1304/2014 [26]	01.01.2015
TSI WAG	Verordnung (EU) Nr. 924/2015 [27]	01.07.2015
TSI LOC & PAS	Verordnung (EU) Nr. 1302/2014 [23]	01.01.2015
TSI PRM	Verordnung (EU) Nr. 1300/2014 [28]	01.01.2015
TSI INF	Verordnung (EU) Nr. 1299/2014 [29]	01.01.2015
TSI CCS	Verordnung (EU) Nr. 919/2016 [30]	05.07.2016
TSI OPE	Verordnung (EU) Nr. 995/2015 [31]	01.07.2015
TSI TAF	Verordnung (EU) Nr. 1305/2014 [32]	01.01.2015
TSI TAP	Verordnung (EU) Nr. 454/2011 [33]	13.05.2011

Tabelle 2: Aktuell gültige TSI (Stand: 1. Juli 2016) [34]

Die Konformität mit dem europäischen Regelwerk wird von einer Benannten Stelle (Notified Body, NoBo) bewertet. Dabei sind immer die zum Zeitpunkt der Vertragsunterzeichnung gültigen Verordnungen anzuwenden, welche bei Änderungen mit den beteiligten NSAs abgestimmt werden müssen.

Die technischen Spezifikationen für die Interoperabilität decken jedoch nur einen Teil der Vorschriften ab. Ein weiterer bedeutender Anteil für den erforderlichen Sicherheitsnachweis sind die nationalen Anforderungen (NTR bzw. NTV) [21].

2.3.4.2 Nationale Technische Regeln und Notifizierte Nationale Technische Regeln

Nationale Technische Regeln (NTR) bzw. Nationale Technische Vorschriften (NTV), sind nationale Anforderungen, die von den Anforderungen der technischen Spezifikationen der Interoperabilität abweichen oder sie ergänzen. Sie Laut der europäischen Richtlinie 2008/57/EG [9] müssen Staaten bei Abweichungen des nationalen Regelwerkes von den technischen Spezifikationen für Interoperabilität verbindlich die NTR festlegen.

Um die Ziele der europäischen Eisenbahngesetzgebung (Interoperabilität und gemeinsamer Markt für Eisenbahnsysteme) zu erreichen, muss der Umfang der nationalen Regeln auf ein Minimum reduziert werden. Die anzuwendenden NTR müssen auch auf der Website der ERA veröffentlicht werden. Damit soll allen Infrastrukturbetreibern und Eisenbahnverkehrsunternehmen, Fahrzeughaltern und Konformitätsbewertungs-stellen uneingeschränkt Zugriff gewährt werden [35].

Momentan werden alle existierenden NTR der Mitgliedsländer von der ERA überprüft, um sicherzustellen, dass auch nur berechtigte nationale Regeln eingesetzt werden. Dieser Vorgang wird Notifizierung genannt: Daraus resultieren die sogenannten Notifizierten Nationalen Technischen Regeln (NNTR bzw. NNTV).

Ab dem Jahr 2010 werden die NTR für die Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen durch nationale Referenzdokumente verwaltet, welche auf der Datenbank der ERA für jeden Mitgliedstaat zur Verfügung gestellt werden. Zusätzlich veröffentlichen einige NSAs ihre aktuellen nationalen technischen Regeln auch über die jeweilige Website. Bis 2019 soll von der Europäischen Eisenbahnagentur ERA eine Datenbank (Single Rules Database, SRD) aufgebaut werden, in der alle neuen technischen nationalen Regeln und die anzuwendenden notifizierten nationalen technischen Regeln publiziert werden [36].

Die Prüfung der Konformität mit den nationalen Vorschriften ist Aufgabe der Bezeichneten Benannten Stelle (Desginated Body, DeBo). Diese muss im Gegensatz zum NoBo für das vorgesehene Einsatzland akkreditiert sein [22].

In dieser Arbeit werden die nationalen technischen Regeln der Länder Schweiz, Österreich, Deutschland, Niederlande, Frankreich und Großbritannien genauer untersucht.

2.3.4.3 Common Safety Methods

Die Common Safety Methods (CSM) sind von der ERA definiert worden und zielen darauf hin, einen gemeinsamen Ansatz zur Gewährleistung und Hochhaltung der Sicherheit im Schienenverkehr auf EU-Ebene zu schaffen [37]. Das grundlegende Dokument ist die EG-Verordnung Nr. 402/2013 [38] vom 2. Mai 2013 (unter Berücksichtigung der in der Durchführungsverordnung Nr. 2015/1136 aufgeführten Änderungen) über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken. Dabei wird ein Risikomanagementverfahren erläutert, welches die folgenden Schritte umfasst:

1) Definition des zu bewertenden Systems.
2) Risikobewertungsverfahren, Ermittlung von:
   a) Gefährdungen,
   b) Risiken,
   c) zugehörige Sicherheitsmaßnahmen und
   d) die sich daraus ergebenden Sicherheitsanforderungen, die das zu bewertende System erfüllen muss.
3) Nachweis, dass das System die ermittelten Sicherheitsanforderungen erfüllt.
4) Management aller ermittelten Gefährdungen und der entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen.

In Abbildung 6 ist das Risikomanagementverfahren dargestellt. Das Verfahren ist ein iterativer Prozess und wird solange durchgeführt, bis nachgewiesen ist, dass das System alle Sicherheitsanforderungen erfüllt [38].

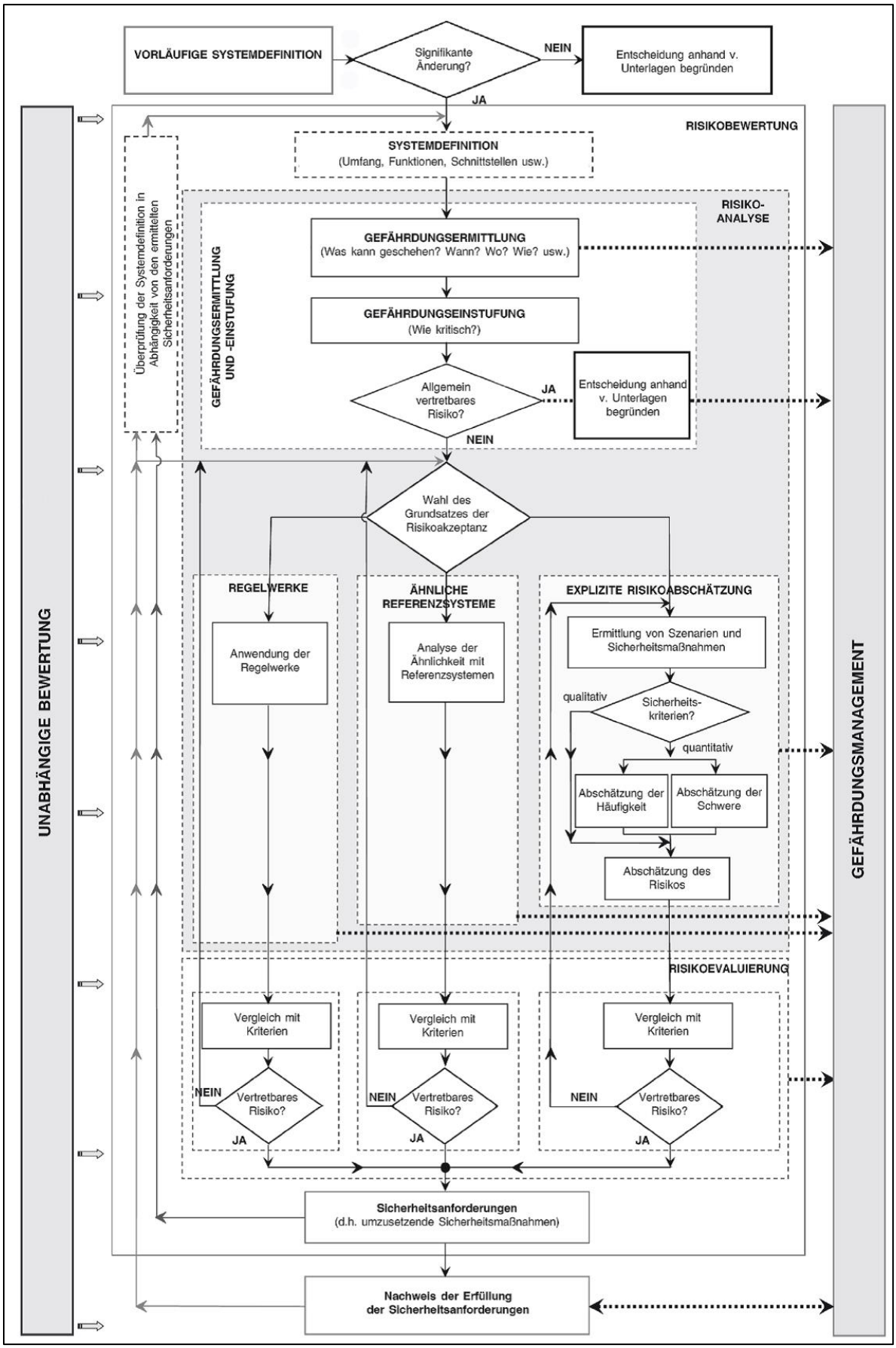


Abbildung 6: Risikomanagementverfahren nach CSM [38]

2.3.4.4 Schienennetz-Benutzungsbedingungen

Die Schienennetz-Benutzungsbedingungen (SNB), oder auch kurz Netzzugangsbedingungen (bzw. im Englischen Network Statements) genannt, enthalten operationelle und technische Informationen über die einzelnen Eisenbahnnetzwerke. Sie definieren das Vorgehen, um Zugang zum Schienennetz zu erhalten [39].

Die SNB werden von den aktuellen Gegebenheiten am Schienennetz abgeleitet und auf der Homepage der Infrastrukturbetreiber veröffentlicht.

Die Netzzugangsbedingungen sind nach international einheitlicher Struktur gegliedert [40]:

1. Allgemeine Informationen
2. Regelungen und Erfordernisse für einen Zugang zum Netz
3. Allgemeine Angaben zur Schienennetzinfrastruktur
4. Zuweisung von Fahrwegkapazität
5. Dienstleistungen (Produkte und Leistungen – Produktkatalog)
6. Entgelte (Produktkatalog)
7. Anhänge (ergänzende Inhalte).

In dieser Arbeit werden die Netzzugangsbedingungen der Länder Schweiz, Österreich, Deutschland, Niederlande, Frankreich und Großbritannien näher betrachtet.

3 Analyse der Anforderungen an die Zulassung von Schienenfahrzeugen

3.1 Methodisches Vorgehen

Zu Beginn der Arbeit wurden mehrere Zwischenziele (Meilensteine) definiert, die sich wie folgt gliedern:

- Zusammenfassung der (N)NTR und Netzzugangsbedingungen für die jeweiligen Länder
- Erstellen von Anforderungskatalogen
- Überprüfung der zu untersuchenden Triebzüge im Hinblick auf die Erfüllung der Anforderungen
- Ableiten und von Maßnahmen für die Stadler Triebzüge, damit die Anforderungen erfüllt werden (inklusive Kostenbewertung).

Zur Erreichung dieser festgelegten Ziele orientiert sich das Vorgehen der Untersuchung an den in Abbildung 7 dargestellten Phasen. Anschließend werden diese näher erläutert.

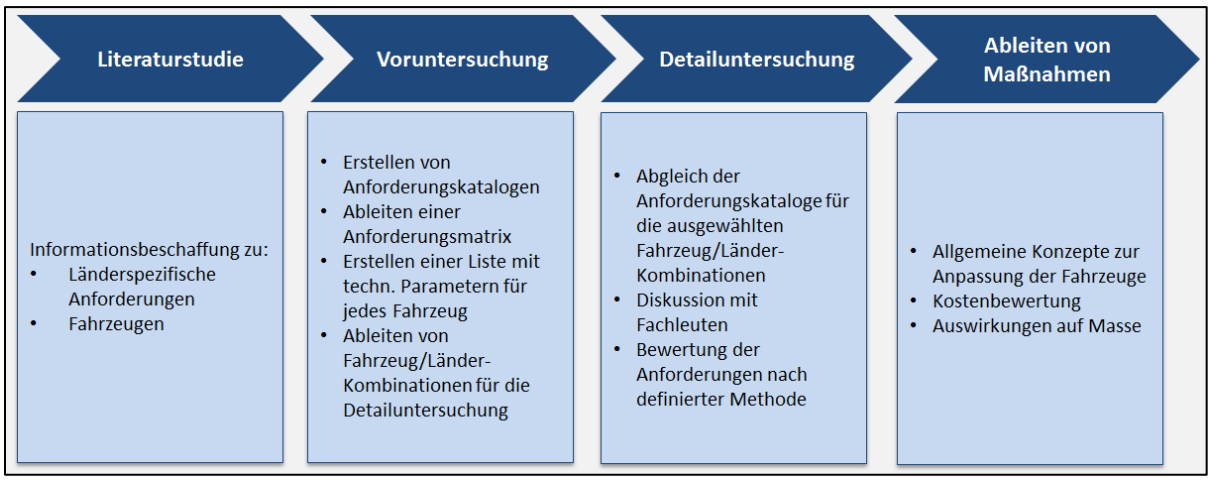


Abbildung 7: Phasen der Untersuchung

3.2 Literaturstudie

3.2.1 Informationsbeschaffung

In der 1. Phase werden Informationen zu länderspezifischen Anforderungen (nationale technische Regeln und Netzzugangsbedingungen) und den Fahrzeugen beschafft.

Die Informationen zu den zu untersuchenden Fahrzeugen werden aus folgenden Quellen herangezogen: erstellte Zulassungskonzepte, Typenskizzen, Präsentationen und Berichte der Firma Stadler sowie gegebenenfalls darin herangezogene Normen.

Die Nationalen Technischen Regeln werden im Allgemeinen von den lokalen Behörden beziehungsweise die Notifizierten Nationalen Technischen Regeln von der ERA publiziert, während die Netzzugangsbedingungen vom(n) Infrastrukturbetreiber(n) des jeweiligen Landes veröffentlicht werden. Nachkommend werden die zu berücksichtigenden Regelwerke für jedes Land aufgelistet. Dabei werden Titel des Dokuments, Anforderungssteller und Datum der Veröffentlichung angegeben. Diese Angaben dienen gleichzeitig als Quellenangabe für die Erstellung der Anforderungskataloge (und der in Kapitel 4 daraus abgeleiteten Anforderungsmatrix).

3.2.2 Zu berücksichtigende Regelwerke für jedes Land

Schweiz:

- „Notifizierte Nationale Technische Vorschriften“ (NNTV), Subsystem LOC & PAS, BAV, 2. August 2016 [41]
- Network Statement 2017, SBB [42]
- Network Statement 2017, BLS [43]
- Network Statement 2017, SOB [44]
- Zusatzanforderungen der SBB für den Gotthard-Basistunnel, 5. Oktober 2015 [45]
- Zusatzanforderungen von BLS für den Lötschberg-Basistunnel, 13. Juni 2016 [46]

Österreich:

- National Reference Document for Austria, Version 1.1, ERA, 30. Oktober 2013 [47]
- Anforderungskatalog an Triebfahrzeuge für die ÖBB-Infrastruktur AG Netzzustimmungsprüfung, ÖBB Infra, 3. Dezember 2015 [48]

Deutschland:

- NNTR-Gesamtliste zur TSI LOC&PAS (1302/2014/EU), EBA, 1. März 2016 [49]
- Schienennetz-Benutzungsbedingungen 2017 der DB Netz AG inkl. Anhang Technischer Netzzugang für Fahrzeuge (RiL 810) [50]

Niederlande:

- Regeling indeienstelstelling spoorvoetuigen (RIS), ILT, 18. September 2015 [51]
- Network Statement 2017, ProRail [39]

Frankreich:

- „Nationale Regelungen - Empfehlungen für die Planung von Schienenfahrzeugen bei offenen Punkten, Sonderfällen, Signalgebung der Klasse B und Kompatibilität zur Infrastruktur“ X001, EPSF, 20. Juni 2016 [52]
- Network Statement 2017, SNCF-Rèseau [53]

Großbritannien:

- Railway Group Standards containing National Technical Rules, Subsystem LOC&PAS, ORR, April 2016 [54]
- Network Statement 2017, NetworkRail [55]

3.3 Voruntersuchung

3.3.1 Erstellen von Anforderungskatalogen

Die 2. Phase umfasst zu Beginn die Erstellung von Anforderungskatalogen. Dabei werden die einzelnen Anforderungen aus den berücksichtigten Regelwerken in ein strukturiertes, einheitliches Tabellenformat erfasst. Für jedes Regelwerk wird ein eigener Katalog erstellt. Tabelle 3 zeigt die generelle Struktur eines Anforderungskatalogs am Beispiel der Fahrdynamikanforderungen in Deutschland.

Punkt	Thema	Anforderung	Verweis auf Regelwerk	Filte	15	ERA	Bemerkungen/Erläuterungen
1.1	Fahrsicherheit und -dynamik	Fahrfähigkeit: Sicherheit gegen Entgleisen im führungslosen Bereich von Weichen Anwendung nur für Raddurchmesser < 760 mm (Neu- oder Betriebsgrenzmaß)	UIC 510-2	relevant	AD	3.2.1	Versuch kann mit Rädern im Neuzustand (Rad-Ø > 760 mm) durchgeführt werden, wenn der Anlaufwinkel gemessen wird. Nachweis der Bedingung Hy = 0,25 x 2 Q0 kann auch durch gesonderte Auswertung (Bögen mit R = 450 m) der Messergebnisse der fahrtechnischen Versuche mit MRS erfolgen.
1.2	Fahrsicherheit und -dynamik	Instabililtät: Die fahrtechnischen Versuche sind in Normal- und Ausfallzustand auf Strecken mit realen, mittleren äquivalenten Konizitäten durchzuführen. Dabei ist der Nachweis für die repräsentativen Werte für das deutsche Streckennetz zu führen: Altbaustreckennetz (120 ? V ? 160 km/h): tan	DIN EN 14363 DIN EN 13715 (Radprofil) DIN EN 15302 (Äqu. Konizität)	relevant	AD	3.2.1	Mittlere äquivalente Konizität wurde ermittelt auf Basis der DIN EN 15302 mit Abzeichnung realer Schienenkopfprofile und realer Spurweiten (Mittelwert über 100 m-Abschnitte) in Paarung mit einem theoretischem Radprofil DIN EN 13715 S1002 mit Spurmaß SR = 1.425 mm.
1.3	Fahrsicherheit und -dynamik	Neigetechnik (Regelbetrieb mit höheren Geschwindigkeiten in Gleisbögen, üf > 150 mm): Kompatibilität mit Neigetechnik-Strecken (max. Radsatzlast, Einhaltung der spezifischen Grenzwerte der Einsatzstrecke i. V. m. dem tatsächlich gefahrenen Überhöhungsfehlbetrag, etc.) und Einsatz	EBO § 40 Abs. 7 DIN EN 14363 Anhang G BMV-Entscheidung	relevant	AD	3.2.1	

Tabelle 3: Struktur Anforderungskatalog - Fahrdynamik in Deutschland

Dabei ist zu erkennen, dass jeder Anforderung eine Klasse zugeordnet wird (siehe 6. und 7. Spalte in Tabelle 3). Dieser Vorgang ermöglicht es die Anforderungen schneller zu filtern und in einer strukturierten Darstellung aufzubereiten. Die verschiedenen Möglichkeiten zur Klassierung werden in Kapitel 3.3.2 beschrieben.

Für die Zusammenfassung der Anforderungen werden die Anforderungskataloge zu einer Anforderungsmatrix zusammengestellt (siehe Kapitel 4). Dabei werden die Anforderungen einerseits nach Ländern und andererseits nach Parametern (Klassen) eingeordnet. Die Zuteilung zu Parametern wird durch die vorhin erwähnte Klassenzuweisung erheblich vereinfacht, indem die Anforderungen themenbezogen gefiltert werden können.

Im nächsten Schritt wird eine Analyse der Referenzfahrzeuge durchgeführt. Dabei werden die in der 1. Phase gesammelten Daten ebenfalls strukturiert in einer Liste aufbereitet. Im Kapitel 5 werden die einzelnen Fahrzeuge beschrieben und es wird auch ein Auszug von technischen Parametern gegeben.

Anhand der aufbereiteten Anforderungsmatrix und Fahrzeugbeschreibungen werden Fahrzeug/Länder- Kombinationen abgeleitet, die im Detail untersucht werden. Das Hauptbewertungskriterium ist dabei das Fahrzeugprofil. Falls der Aufwand (Kosten) der vorerst abgeschätzten Anpassung den Aufwand einer Neuentwicklung übersteigt, wird es als nicht „sinnvoll“ angesehen, eine Detailanalyse durchzuführen. Das Ergebnis dieser Voruntersuchung wird in Kapitel 6.1 beschrieben.

3.3.2 Klassierung von Anforderungen

Um die Erfüllung von Anforderungen bei Fahrzeugen im Allgemeinen zu erleichtern (Entwicklung, Zulassung etc.) werden diese in Klassen eingestuft. Auch dafür wird die Methode des Klassierens verwendet, um – wie bereits erwähnt – die Zusammenfassung der Anforderungen zu strukturieren oder auch später die relevanten Punkte für die Diskussion mit Spezialisten in der Detailuntersuchung schneller zu filtern. Die für diese Arbeit relevanten Klassierungen sind im Folgenden näher erläutert.

3.3.2.1 Klassierung von Anforderungen nach ERA Struktur

Die von der European Railway Agency empfohlene Einstufung ist dem Anhang VII der Richtlinie 2008/57EG [9] zu entnehmen. Die 1. Stufe der Klassenteilung ist in Tabelle 4 ersichtlich. Eine genauere Unterteilung folgt in der Entscheidung der Kommission 2009/965/EG [56] bzw. der aktualisierten Liste des Durchführungsbeschlusses EU 2015/2299 [57] der Kommission.

Nr.	Name der Klasse
1	Allgemeine Unterlagen
2	Strukturen und mechanische Teile
3	Fahrzeug-Gleis-Wechselbeziehung
4	Bremsausrüstung
5	Komponenten mit Fahrgastbezug
6	Umweltbedingungen und aerodynamische Effekte
7	Externe Warntöne, Kennzeichnung, Funktionen und Anforderungen an die Softwareintegrität
8	Bordseitige Energieversorgung und Steuersysteme
9	Einrichtungen, Schnittstellen und Umfeld mit Personalbezug
10	Brandsicherheit und Fluchtwege
11	Instandhaltung
12	Bordseitige Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung
13	Spezifische Betriebsanforderungen
14	Komponenten mit Güterbezug

Tabelle 4: Klassierung nach ERA [9]

Es sind somit 14 Anforderungsklassen nach ERA definiert.

3.3.2.2 Klassierung von Anforderungen nach EN 15380

Die Europäische Norm 15380 „Bahnanwendungen – Kennzeichnungssystematik für Schienenfahrzeuge“ ist ein einheitliches, durchgängiges Arbeitsmittel zur Gliederung von Schienenfahrzeugen für alle Projektsichten. Als Projektsicht können die folgenden Aspekte angewandt werden [58]:

- Funktionssicht
- Produktsicht
- Ortssicht.

Die für die Erstellung der Anforderungskataloge verwendeten Strukturen beschränken sich auf die Funktions- und Produktsicht.

Die Klassierung nach Produktgruppen ist in der EN 15380-2 beschrieben. Dabei werden Haupt- (HPG) und Unterproduktgruppen (UPG) gebildet, denen jeweils ein Kennbuchstabe zugeordnet ist. In Tabelle 5 ist eine Übersicht über die Hauptgruppen dargestellt.

Kennzeichnung der HPG	Benennung der HPG
A	Fahrzeug Allgemein
B	Fahrzeugkasten
C	Fahrzeugausbau
D	Fahrzeuginnenausrichtung
E	Fahrwerk
F	Energieanlage, Antriebsanlage
G	Steuerungsanlage für Fahrbetrieb
H	Hilfsbetriebsanlage
J	Überwachungs- und Sicherheitseinrichtungen
K	Beleuchtung
L	Klimatisierung
M	Nebenbetriebsanlage
N	Türen, Einstiege
P	Informationseinrichtungen
Q	Pneumatik / Hydraulik
R	Bremse
S	Fahrzeugverbindungseinrichtungen
T	Tragsysteme, Umschließungen
U	Elektrische Leitungsverlegung

Tabelle 5: Übersicht über die HPG nach EN 15380-2 Klassierung (produktbezogen) [59]

Es sind somit 19 Hauptproduktgruppen bei der Klassierung nach EN 15380-2 definiert.

Die Klassierung nach Funktionsgruppen ist in der EN 15380-4 erläutert. Hier werden die Funktionsgruppen ungeachtet zu ihrer (späteren) fahrzeugspezifischen, technischen Umsetzung in Stufen gegliedert [60]. Hauptgruppen (Funktionen der 1. Ebene), Funktionen niedriger Ebene sowie transversale (übergreifende) Funktionen werden in ihrer jeweiligen Ebene mit einem Kennbuchstaben gekennzeichnet [60].

Eine Übersicht der Funktionen für die 1. Ebene ist in Tabelle 6 dargestellt. Es sind dabei 9 Gruppen definiert.

Kennung	Funktionsbezeichnung
B	Tragen und Schützen von Fahrgästen, Zugpersonal und Fracht
C	Geeignete Bedingungen für Fahrgast, Zugpersonal und Ladung bereitstellen
D	Zugang und Beladen ermöglichen
E	Fahrzeuge und Zugverbände verbinden
F	Energie bereitstellen
G	Beschleunigen, Geschwindigkeit halten, bremsen und anhalten
H	Kommunikation, Überwachung und Steuerung im Zugverband bereitstellen
J	Spurführung des Zuges absichern und leiten
K	Fahrzeug in das Gesamtsystem Bahn integrieren

Tabelle 6: Übersicht der Funktionen der Ebene 1 nach EN 15380-4 Klassierung (funktionsbezogen) [60]

Zusammenfassend ist zu erwähnen, dass sich die Produktstruktur und die funktionale Strukturierung ergänzen. Während die aus einer genormten Auflistung von Teilsystemen und Bauteilen bestehende Produktgruppenstruktur für Konstruktionsanforderungen und entsprechende Nutzung (Einsatzfälle) gebraucht wird, beschreibt die Funktionsgruppe die Funktionen eines Fahrzeuges und dient dazu, eine Übereinstimmung zwischen funktionalen Anforderungen und Funktionsanordnung für die jeweiligen Einsatzfälle zu erzielen [60].

3.3.2.3 Sonstige Klassierungen

Jedes Regelwerk hat im Allgemeinen eine eigene Gliederung, welche als Quellklassierung bezeichnet wird. Diese ist jedoch, sobald mehrere Regelwerke berücksichtigt werden, unbedeutend, da keine direkten Vergleiche zu einzelnen Themen mehr gezogen werden können. Des Weiteren existiert auch noch die Klassierung nach der IRL (International Requirement List) Struktur, welche den Prüfpunkten des Memorandum of Understanding in Tabelle 1 entspricht.

Für die Erstellung der Anforderungsmatrix in Kapitel 4 wurden die Klassierungen nach ERA Struktur und EN 15380-2 verwendet. Damit wird die Erfassung aller relevanten Themen sichergestellt.

3.4 Detailuntersuchung

Für die Detailuntersuchung werden die Anforderungskataloge um zwei Bereiche für die Bewertung erweitert (sieheTabelle 7).

Punkt	Thema	Anforderung	Verweis auf Regelwerk	Filte	15	ERA	Bemerkungen/Erläuterungen	Status KISS (WB2)	Kommentar KISS (WB2)
1.1	Fahrsicherheit und -dynamik	Fahrfähigkeit: Sicherheit gegen Entgleisen im führungslosen Bereich von Weichen Anwendung nur für Raddurchmesser < 760 mm (Neu- oder Betriebsgrenzmaß)	UIC 510-2	relevant	AD	3.2.1	Versuch kann mit Rädern im Neuzustand (Rad-Ø > 760 mm) durchgeführt werden, wenn der Anlaufwinkel gemessen wird. Nachweis der Bedingung Hy = 0,25 x 2 Q kann auch durch gesonderte Auswertung (Bögen mit R = 450 m) der Messergebnisse der fahrtechnischen Versuche mit MRS erfolgen.		
1.2	Fahrsicherheit und -dynamik	Instabilität: Die fahrtechnischen Versuche sind in Normal- und Ausfallzustand auf Strecken mit realen, mittleren äquivalenten Konizitäten durchzuführen. Dabei ist der Nachweis für die repräsentativen Werte für das deutsche Streckennetz zu führen: Altbaustreckennetz (120 ? V ? 160 km/h): tan	DIN EN 14363 DIN EN 13715 (Radprofil) DIN EN 15302 (Äqu. Konizität)	relevant	AD	3.2.1	Mittlere äquivalente Konizität wurde ermittelt auf Basis der DIN EN 15302 mit Abzeichnung realer Schienenkopfprofile und realer Spurweiten (Mittelwert über 100 m-Abschnitte) in Paarung mit einem theoretischem Radprofil DIN EN 13715 S1002 mit Spurmaß SR = 1.425 mm.		

Tabelle 7: Struktur Anforderungskatalog mit Bewertung

Dabei werden im Feld Kommentar zusätzliche Informationen bei Überprüfung der Anforderung auf das Referenzfahrzeug angegeben (eventuell auch Informationsquelle etc.), während der Status folgende möglichen Angaben enthält:

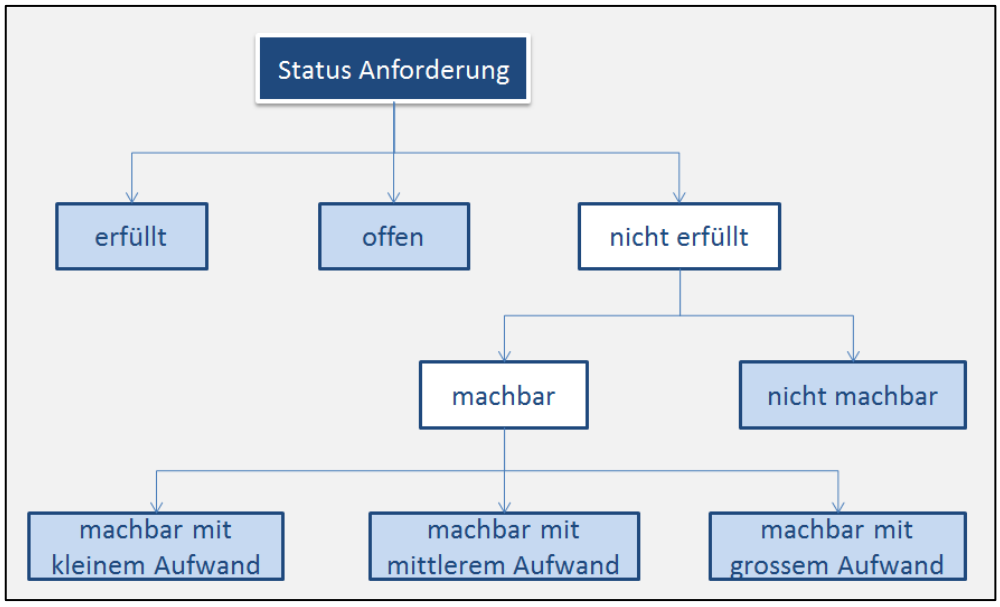


Abbildung 8: Bewertungsmethode Detailuntersuchung

Diese Bewertung wird mittels Befragung von Fachspezialisten durchgeführt und hält sich an das im Folgenden definierte Schema:

Die Anforderung gilt als **erfüllt**, wenn:

- die Anforderung eingehalten wird, indem die Anforderung bei der Fahrzeugentwicklung bereits berücksichtigt worden ist.

Die Anforderung gilt als **machbar**, wenn:

- prinzipiell die Möglichkeit besteht, das Fahrzeug anzupassen, sodass die Anforderung eingehalten wird.

  Dabei wird unterschieden in:

  - **machbar mit kleinem Aufwand**: Anforderung kann leicht erfüllt werden, es entstehen dadurch geringe (vernachlässigbare) Kosten (Beispiele: Piktogramme, evtl. Softwareanpassungen).
  - **machbar mit mittlerem Aufwand**: Anforderung verlangt Anpassung/Austausch von mechanischen Teilen und personenrelevanten Komponenten (Beispiele: Kupplung, Sitze, Fenster, Toiletten).
  - **machbar mit großem Aufwand**: Anforderung kann erfüllt werden, indem technische Änderungen am Fahrzeug durchgeführt werden (Beispiele: Zusätzlicher Einbau von nationalem Zugsicherungssystem, zusätzlicher Stromabnehmer). Diese Änderungen gehen meist mit einer funktionalen Anpassung einher.

Die Anforderung gilt als **nicht machbar**, wenn:

- die Möglichkeit einer Anpassung des Fahrzeuges zur Erfüllung der Anforderung mit unwirtschaftlich hohen Kosten einhergeht bzw. wenn der Aufwand der Anpassung den Aufwand einer Neuentwicklung eines Fahrzeuges übersteigt (Beispiele: Fahrzeug zum Lichtraumprofil oder Einstieghöhe zur Bahnsteighöhe nicht kompatibel).

Die Anforderung gilt als **offen**, wenn:

- zum aktuellen Zeitpunkt keine Bewertung oder Einschätzung zur Anforderung aufgrund fehlender Prüfungen (Tests) abgegeben werden kann.

  Wenn möglich, wird jedoch beurteilt, ob die offene Anforderung kritisch ist, und ob sie bei der Fahrzeugentwicklung unbedingt zu berücksichtigen ist.

3.5 Ableitung von Maßnahmen

Sobald die einzelnen Anforderungen bewertet sind, wird in dieser Phase nach notwendigen Maßnahmen gesucht, um den derzeitigen Zustand der Referenzfahrzeuge an die Anforderungen anzupassen.

Kapitel 7.1 zeigt, dass bei jeder Fahrzeugentwicklung für die jeweilige Fahrzeugfamilie auf eine Basisausführung zurückgegriffen werden kann. In dieser Arbeit werden die allgemeinen Möglichkeiten (fahrzeugunabhängig) zur Anpassung und deren daraus resultierenden Auswirkungen ausgewählter Systeme vorgestellt.

Anschließend wird eine Analyse über die Auswirkungen auf das Fahrzeuggewicht durchgeführt. Dabei werden die Massenunterschiede, welche durch die technischen Anpassungen entstehen, abgeschätzt und anschließend deren Folgen erläutert.

Des Weiteren wird eine Kostenbewertung durchgeführt. Dabei wird der Aufwand bezüglich der technisch notwendigen Anpassungen und zusätzlich erforderlichen Nachweise zur Erfüllung der Anforderungen berücksichtigt. Zur Vereinfachung dieses Prozesses werden nur jene Anforderungen einbezogen, welche in der Tabelle 18 als Zusammenfassung der Untersuchung aufgeführt werden. Damit werden die Anforderungen, welche bei der Detailuntersuchung den Status „machbar mit kleinem Aufwand“ erhalten haben, vernachlässigt.

Diese Phase wird mit Unterstützung der Abteilung Produktentwicklung der Firma Stadler Altenrhein durchgeführt. Die Kosten für zusätzliche Nachweise werden beim Typentestmanagement eingeholt.

4 Länderspezifische Zusammenfassung der nationalen Anforderungen

4.1 Anforderungsmatrix

In diesem Kapitel werden die nationalen technischen Anforderungen und die Netzzugangsanforderungen der Länder Schweiz, Österreich, Deutschland, Niederlande, Frankreich, und Großbritannien zusammengefasst.

Die Quellen zu den Anforderungen sind im Kapitel „3.2.2 Zu berücksichtigende Regelwerke für jedes Land“ aufgeführt.

Die Referenzprofile für die kinematische Begrenzungslinie sind der Norm EN 15273-2 zu entnehmen, beziehungsweise für die Schweiz den Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV) der Schweiz.

Bezüglich der Energieversorgung ist bei Eisenbahnfahrzeugen Gleich- und Wechselstrom mit unterschiedlichen Spannungen üblich. Dementsprechend sind auch unterschiedliche Stromabnehmer für die verschiedenen Spannungssysteme zu verwenden. Auch die unterschiedlich ausgeführten Breiten der Stromabnehmerwippe sind zu beachten.

Bei den Zugbeeinflussungssystemen gibt es die größten Unterschiede zwischen den nationalen Eisenbahnnetzen. In manchen Ländern sind mehr als ein System in Verwendung. Für Europa sollen die bestehenden, nationalen Zugbeeinflussungssysteme durch ETCS (European Train Control System) ersetzt werden. Dieses ist ein grundlegender Bestandteil des zukünftigen einheitlichen europäischen Eisenbahnverkehrsleitsystem ERTMS (European Rail Traffic Management System), dessen zweite Komponente das Kommunikationssystem GSM-R (Global System for Mobile Communications-Railway) ist.

Die Anforderungen (sowohl NTR als auch Netzzugangsbedingungen) aus den Anforderungskatalogen werden nach Klassen (Parametern) gefiltert und in einem Matrix-Format aufbereitet (siehe Tabellen 8 bis 13). Die Matrix enthält einen Auszug der Anforderungen und soll dazu dienen einen Überblick über die Spezifikationen der einzelnen Länder zu bekommen. Sie wird auch als Hilfsmittel bei der Identifikation der Fahrzeug/Länder-Kombinationen in der Voruntersuchung

verwendet. Details zu Bremsanforderungen, ETCS Spezifikationen etc., werden nicht berücksichtigt, sondern nur allgemein vermerkt.

Falls mehrere Anforderungen zu einem Thema vorhanden sind, werden diese durch „;“ getrennt. Leerstehende Kästchen bedeuten im Allgemeinen nicht, dass es keine Anforderungen zu diesem Thema gibt. In diesem Fall kann es eine Anforderung aus der TSI geben, welche berücksichtigt werden muss (Nationale technische Regeln beinhalten, wie in Kapitel 2.3.4.2 beschrieben, nur Abweichungen bzw. Ergänzungen zur TSI).

Die verwendeten Abkürzungen sind dem Abkürzungsverzeichnis zu entnehmen.

Tabelle 8: Zusammenfassung der nationalen Anforderungen - Teil 1

Parameter/Land	CH	AT	DE	NL	FR	GB
Fahrzeug allgemein	Grösster Abstand zw. benachbarten Radsätzen ≤17,5m	Abstand zw. Ersten oder letzten Achse zum nächstgelegenen Fahrzeugende (Puffer od. Kopf) ≤ 4,2m; Grösster Abstand zw. benachbarten Radsätzen ≤20m	Für führende Fahrzeuge: Abstände zw. zwei aufeinander folgenden Radsätzen dürften bei den ersten 5 Achsen eines Zuges in keinem Fall kleiner als 1000 mm sein, wenn die Geschwindigkeit nicht höher als 140 km/h ist; Führende Fahrzeuge, die im ersten und im zweiten Drehgestell mit Wirbelstrombremsen oder Magnetschienenbremsen ausgerüstet sind, deren Unterkanten im nicht aktivierten Zustand weniger als 40 mm von der Schienenoberkante entfernt sind, dürfen bestimmte Bahnübergänge nicht befahren.	Maximale Zuglänge beträgt 400m für Hochgeschwindigkeits-Personenzüge; Die Zuglänge muss in allen Fällen kürzer als die effektive Länge der ab- und angefahrenden Bahnsteigen sein;	Ergänzend zu den Befestigungen der aussen angebrachten Baugruppen und Ausrüstungen, die auf das gleis herabfallen könnten sind mit einer Sicherheitsaurüstung oder Massnahmen für den Fall eines Ausfalls dieser Befestigung vorzusehen.	Bestimmte Zugabmessungen für Kompatibiltät mit Detektionssystem: Max. Abstand zwischen angrenzenden Achsen beträgt 17,51m, Min. Achsenabstand im Drehgestell beträgt 1,6m, Max. Überhang vom ersten/letzten Radmittelpunkt zum Anfang/Ende des Fahrzeugs beträgt 3,226m.
Gleisgeometrie	Enge Ablenkungsradien und kurze Zwischengeraden bei kleinen Gleisachsenabständen (Weichenfahrten); Grosse Anzahl von Strecken mit Radien < 250m (Prüfbereich 5); Max. Gefälle 50‰; Überhöhungsfehlbetrag 150mm für Personenzüge.	Nachweis Fahrsicherheit im gelaschtem Gleis und bei kleinen Radien (R<300m) Max. Gefälle 48‰ (Streckenbeschreibungen)		Maximale Steigung von Nebengleisen 1:1000; Maximale Steigung von allen anderen Gleisen 1:2000; Generelle Abstand zw. Bahnsteigkante und Gleismitte beträgt 1700mm.	Schienenneigung 1:20	Max. Steigung auf Hauptstrecken 1:37; Max. Steigung auf kurzen spezifischen Strecken 1:25
Radien, Bögen und Kuppen	Minimaler Bogenradius in Zuggleisen R=150m, in Rangiergleisen R=135m, in Anschlussgleisen R=80m; SBB: Mindestradius für Triebwagen R=125m, für Streckenlokomotiven R100m, für Reisezugwagen 80m.	Minimaler Bogenradius elektrifizierte Strecke R=140m; Minimaler Bogenradius in Neben- und Werkstättengleisen R=100m; Befahrbarkeit von Gegenbögen ohne Zwischengerade mit R=190m; Befahrbarkeit von Kuppen und Wannen mit Ausrundungsradius R>=500m; Befahrbarkeit von Ablaufbergen bzw. Gleisbremsen gültige Ausrundungsradien: Kuppen R≥250m, Wannen≥300m	*siehe Infrastrukturregister*	Befahrbarkeit von horizontalen Gleisbogen mit R≥190m in S-Bögen ohne gerade Abschnitte; Befahrbarkeit von vertikalen Gleisbögen mit R=2000m und grösser; Vertikaler Gleisbogen auf einer Kuppen mit R≥250m bzw. Wannen R ≥300m können von einem Schienenfahrzeug, das über das selbstständige Abrollen von einem Hügel rangiert wird, durchfahren werden.	Befahrbarkeit von Kuppen und Wannen mit Ausrundungsradius R>=500m; Befahrbarkeit vertikaler Gleisbogen auf einer Kuppen mit R≥250m bzw. Wannen R ≥300m für Rangierfahrzeuge	Minimaler horizontaler Bogenradius R = 80m; Befahrbarkeit von vertikalen Kurven (Wanne und Kuppe) mit R≥500m; Befahrbarkeit von Gegenbögen mit R=80m mit einer Zwischengerade von 3m.
Spurweite Normalspurnetz	1435mm	1435mm	1435mm	1435mm	1435mm	1435mm

Tabelle 9: Zusammenfassung der nationalen Anforderungen - Teil 2

Parameter/Land	CH	AT	DE	NL	FR	GB
Fahrzeugprofil						Anforderungen zu Trittstufen und Schrittweiten
kinematische Begrenzungslinie allgemein	oberer Bereich: EBV O1 (≥G1, ≤G2) unterer Bereich: UIC 505-1 (≙G1)	G2	G1	G2	G1	eigene Berechnungsmethode generell <<G1
kinematische Begrenzungslinie streckenspezifisch	*DOSTO:* oberer Bereich: EBV O2 (≥G1, ≤G2) unterer Bereich: UIC 505-1 (≙G1) *GBT, NBS, LBS*: EBV4 (≥G2)	*DOSTO:* P150-Strecken (≙EBV O2)	*DOSTO:* G2 DE2 (≥ G2)	NL-1 (ähnlich G2, oben etwas schmaler) NL-2 (≥G2)	DOSTO: FR3.3 (≥G1, ≤G2) Grenzbetriebstrecken: G2	sehr streckenspezifisch Abstimmung mit Infrastrukturbetreiber
Begrenzungslinie Stromabnehmer	EBV S1 für WB 1450mm, isolierte EH (Standard) EBV S2 für WB 1600mm, isolierte EH EBV S3 für WB 1600mm EBV S4 für WB 1950mm	G2 (ÖBB Richtlinie TR 940)				siehe kinematische Begrenzungslinie allgemein
Begrenzungslinie Stromabnehmer streckenspezifisch	*GBT, NBS, LBS*: EBV S3					siehe kinematische Begrenzungslinie streckenspezifisch
Generelle Bahnsteighöhe (über SOK)	550mm (250mm u. 350mm noch vorhanden)	550mm (380mm in Kurven)	760mm (960mm bei Stadtschnellbahnen)	760mm (500-1000mm noch vorhanden)	550mm (Ile-de-France: Paris 920mm)	915mm
Fahrtechnik	Aktives Neigesystem für Erreichen von höheren Überhöhungsfehlbeträgen (Streckenspezifische Zulassung); Max. zulässige Gleisverschiebekraft je Radsatz begrenzt (Koeffizient 0,85); Entgleisungssicherheit Y/Q: Alternatives Nachweisverfahren zur Einhaltung des Koeffizienten Y/Q darf in der CH nicht angewendet werden.	Max. zulässige Gleisverschiebungskraft für Strecken mit R < 300m begrenzt (Koeffizient 0,85).	Sicherheit gegen Entgleisen im führungslosen Bereichen von Weichen für Raddurchmesser <760mm; Fahrtechnische Versuche im Normal- und Ausfallzustand mit realen, mittleren äquivalenten Konizitäten durchzuführen; Kompatibilität mit Neigetechnik-Strecken (Radsatzlast < 16t).	Bei Raddurchmesser < 730mm können Einschränkungen bezügl. der zu befahrenden Kreuzungen auferlegt werden; Eventuelle Überschreitung der quasistatischen Führungskraft Yqst gewährt, sofern diese nicht sicherheitskritisch.	Zugang zum nationalen Schienennetz für Räder mit Durchmesser unter 840mm beschränkt; Gussräder nicht zulässig;	Anforderungen für Widerstand gegen Entgleisen und Umkippen; Anforderungen an erlaubte Gleiskräfte: Vertikale statische Kraft, Vertikale dynamische Kraft, Laterale Kraft, Longitudinal Kraft;
Fahrzeug-Gleis-Wechselwirkung	Anforderung an Spurkranzschmierung; Einrichtungen, die bei Notbremsungen oder bei Schnellbremsungen, automatisch sanden, sind nicht gestattet und müssen für den Betrieb in der Schweiz deaktiviert werden (Sandung nur als Adhäsionshilfe).	Lokomotiven und Triebköpfe müssen mit wintertauglichen Sandstreuanlagen ausgerüstet sein; Spurkranzschmierung für führende Fahrzeuge; Hindernis-Abweiser muss zusätzlich zum Räumen von Schnee in der Lage sein.	Lokomotiven und Triebköpfe müssen mit Sandstreuanlagen ausgerüstet sein; Gleitschutzanlage: Verhinderung von Radsatzblockierungen und Begrenzung von Bremswegverlängerungen.	Bei Verwendung einer Schmiervorrichtung für den Radflansch -> EN 15427; Die Radflanschmierung darf den Betrieb der Zugortungsanlage und die Länge des Bremswegs nicht negativ beeinflussen.	Lokomotiven und Triebköpfe müssen mit Sandstreuanlagen ausgerüstet sein; Schmierung Kontakt Rad-Schiene durch Eisenbahnfahrzeug.	Sandstreuanlage für Zug- und Bremsmodus oder nur Bremsmodus; Anforderungen an Sandstreuanlage;

Tabelle 10: Zusammenfassung der nationalen Anforderungen - Teil 3

Parameter/Land	CH	AT	DE	NL	FR	GB
Laufwerk (Radsatz, Rad)		Zulässige Radunrundheiten: Δr <= 0,15 mm für Vmax > 200 km/h, Δr <= 0,30 mm für Vmax <= 200 km/h, Δr <= 0,40 mm für Vmax <= 160 km/h	Pressverband Radsitz: Schutzziel "Räder eines Radsatzes müssen Spurkränze haben und dürfen auf der Radsatzwelle seitlich nicht verschiebbar sein"; Pressverband Radsitz für Treibradsätze: max. Torsionsmoment; Torsionsschwingungen (Rollieren); Festigkeitsberechnung Vollrad: Lastfall aussergewöhnliche Belastung .	Verhältnis Achslast/Raddurchmesser nach UIC 510-2.		Anforderungen für die Herstellung, das Zusammenbauen und Design für Radsätze
Energieversorgung	Frequenz- und spannungsabhängige Traktionsleistungsbegrenzung.	Netzfrequenzabhängige Traktionsleistungsbegrenzung; Höchster zulässiger Triebfahrzeug-Strom: 600A		Für DC 1,5kV: Stromabnahme der Züge automatisch beschränkt (Imax=4000A).	Die Stromstärke im Stillstand kann unter DC 1,5kV beschränkt werden, insbesondere bei Verwendung von Stromabnehmerwippen mit Kohleschleifleisten; Bei Rekuperationsbremsen Ausschaltung von Fahrleitung erkennen.	Anforderungen an 25kV AC-System; (Anforderungen an 750V DC-System); Anforderungen an fahrzeugseitiges Energiemessverbrauchssystem.
Spannungssysteme	AC 15kV/16,7Hz	AC 15kV/16,7Hz	AC 15kV/16,7Hz	DC 1,5kV (AC 25kV/50Hz)	AC 25kV/50Hz DC 1,5kV (DC 1,5kV MidiType)	AC 25kV/50Hz DC 1,5kV (DC 750V Stromschiene)
Stromabnehmer und Interaktion zum Fahrdraht	Einhalten max. zulässigen Anpresskräfte.	Zusammenwirken Stromabnehmer Oberleitungssysteme nach ÖBB Richtlinie TR 940	Automatische Senkeinrichtung; In Betrieb max. 2 gehobene Stromabnehmer mit Abstand x<35m bzw. x>85m; Schleifrückstand muss mind. 290mm und darf max. 643mm betragen.	Für DC 1,5kV: Die Stromabnahme jedes Stromabnehmers bei einem stillstehenden Zug erfolgt so, dass die Temperatur des Fahrdrahts max. 150°C erreicht; Maximaler Abstand vom Kopf des Schienenfahrzeugs bis zum letzten Stromabnehmer des Triebwagens beträgt max. 400m; Maximale Höhe eines Stromabnehmers ist auf 5860mm über SOK begrenzt, wobei diese Einschränkung mithilfe eines Endstücks umgesetzt werden kann. Für AC 25kV: Stromabnehmer erreicht seine maximale Höhe innerhalb von 10 Sekunden.	Messung der Lichtbogenanzahl; Der Metallgehalt der Kohle-Schleifstücke darf auf Strecken mit DC 1,5 kV um bis zu 60 % erhöht sein; Für DC 1,5kV zusätzliche Anorderung für mittlere Kontaktkraft; Für DC 1,5kV beträgt die max. Temperatur der Fahrdrahtleitung bei stehendem Fahrzeug 110°C.	

Tabelle 11: Zusammenfassung der nationalen Anforderungen - Teil 4

Parameter/Land	CH	AT	DE	NL	FR	GB
Stromabnehmer Wippenbreite und Endhörner (EH)-Ausführung	1450mm EH isoliert (Grenzbetriebstrecken: 1950mm)	1950mm EH isoliert	1950mm EH isoliert	1950mm EH isoliert	AC-System: 1450mm, EH isoliert DC-System: 1600mm 1950mm (MidiType)	AC-System: 1600mm EH nicht isoliert
Material Schleifstücke	Hartkohle	Hartkohle	Hartkohle	Metallisierte Kohle Hartkohle	Hartkohle Metallisierte Kohle	Hartkohle Metallisierte Kohle
Stromabnehmer Arbeitsbereich für normalen Betrieb (über SOK)	4800-6000mm	4800-6200mm	4800-6300mm	4800-5750mm	4600-6500mm	4140(150mm über kin. Gauge)-6200mm
Störströme/EMV	Admittanz: Frquenzgang der Eingangsadmittanz oberhalb der Grenzfrequenz muss passiv sein.; Kompatibiltät mit Gleisfreimeldungen	Frequenzgang der Eingangsadmittanz oberhalb 120Hz muss passiv sein; Grenzwert Funktstörfeldstärke beträgt 4 dBµV/m; Rückwirkungsfreiheit nach ÖBB Richtlinie TR S10.	Personenschutz gegen magnetische Gleich- und Wechselfelder; Verträglichkeit mit Gleisstromkreisen: Störstromgrenzwerte für Triebfahrzeuge, elektrische Energieversorgungsanlagen auf Triebfahrzeugen und Reisezugwagen; Verträglichkeit mit Gleisschaltmitteln; Verträglichkeit mit Radsensoren/Achszählern; Verträglichkeit von Bahnfunkanlagen.		Abgestrahlte Felder, insbesondere von spezifischen Ausrüstungen für fremde Netze, und Rückströme dürfen die follgenden Anlagen auf dem damit ausgerüsteten Strecken nicht stören: KVB, TVM, Abfragetransponder zur automatischen Fahrzeugerkennung, SILEC, Balisen, semiintegriertes TV, usw.	
Bremsen	Einsatz von haftreibungsunabhängig wirkenden Bremssystemen als Betriebsbremse nicht möglich; Magnetschienenbremse für Notbremsungen möglich; Einsatz von Wirbelstrombremsen nur streckenspezfisch bei Kompatibilität mit Gleisfreimelde-Einrichtungen.	Mech. Bremse: Thermische Leistungsfähigkeit der Bremsreibelemente der mechanischen Bremse in der Ebene und im Gefälle (Steilstrecken); Dyn. Bremse: Höchstwert der dyn. Bremskraft an der Zugspitze, abgegeben an einen Wagenzug, beträgt 150kN/240kN (auch bei der Mehrfachtraktion an der Zugspitze); Gestörte Teile müssen deaktiviert werden können; Die angelegte und gelöste Stellung müssen im Rahmen der Bremsprobe zweifelsfrei erkannt werden; Einsatz Wirbelstrombremse auf	*Spezifikationen zu Bremse (Reibungskoeffizient, Steilstreckentauglichkeit (Strecken >40 ‰),...)* Wirbelstrombremse nur auf geeigneten Strecken; Magnetschienenbremse nur wenn Nachweis zu EMV u Kompatibilität v Schienenfarzeugen mit Gleisschaltmittel erbracht wird; Magnetschienenbremse nicht als Betriebs und Feststellbremse .	Triebwagen, die leicht blockieren oder bei denen bei schlechten Haftungsbedingungen unzulässige Verlängerungen der Bremswege auftreten, werden mit einem Gleitschutzsystem und einer haftungsunabhängigen Bremse od. einer Massnahme zur Verbesserung der Haftung ausgestattet; Obige Anforderungen auf jedenfall erfüllt wenn: Bei Triebwagen, die aus einer Einheit bestehen, zwei Drehgestelle mit einem Paar Magnetbremsen versehen sind. Oder bei Triebwagen, die aus zwei Einheiten bestehen, mindestens zwei Drehgestelle mit einem Paar Magnetbremsen versehen sind	Anforderungen an Bremsleistungen; Allgemeine Sicherheitsanforderungen zum System Bremse; Die Unabhängigkeit der Bremse je Drehgestell ist nicht systematisch verpflichtend. Eine Bremse, die nicht unabhängig sein sollte, ist Gegenstand eines Sicherheitsnachweises, der zeigt, dass das System mindestens das gleiche Sicherheitsniveau wie ein System mit Unabhängigkeit je Drehgestell besitzt; Automatische Vorrichtung zum Nachstellen des durch den Verschleiss der Bremsklötze und	Eigene Berechnung für die Bremskraft; Anforderungen an die Leistung des Bremssystems; Anforderungen an die Parkbremse; WSP-System zur Überwachung von Scheibenbremsen; Anforderungen an die Leistung des Bremssystems für Züge mit Geschwindigkeiten über 200km/h.

Tabelle 12: Zusammenfassung der nationalen Anforderungen – Teil 5

Parameter/Land	CH	AT	DE	NL	FR	GB
Zug- und Stosseinrichtungen		Falls das Fahrzeug an den Enden mit Kupplungen einer Sonderbauart ausgestattet ist, ist eine Übergangskupplung zum abschleppen mitzuführen.			Alle automatischen Kupplungen (ausser die, die in TSI def) erfordern zusätzlich einen Konformitätsnachweis.	
Personen relevante Komponenten und Einrichtungen		Geschlossenes WC-System; Klimaanlagen müssen abschaltbar sein; Seitenselektives Türsteuerungssystem.			Gestaltung des Führerraums EN 16186-1	Anforderungen an Sitze, fixierte Tische, Klapptische, Innentüren, Verglasung, Trennwände, Stangen, Haltegriffe, Geländer, Führerstand und Gepäckstauraum; Klare und uneingeschränkte Sichtlinie auf ortsfeste Signale für Triebfahrzeugführer vom Führerraum.
Strukturelemente			Penetrationsfestigkeit Windschutzscheibe im Führerstand mit höherer Beschussgeschwindigkeit			Penetrationsfestigkeit für nach vorne gerichteten Oberflächen und Dächer über Bereichen die für Personen frei zugänglich sind; Anforderungen an Seitenfenster, Aussentüren, Aussenstufen,-geländern und Griffen.
Umweltbedingungen und aerodynamische Effekte	Seitenwindstabilität nach DB RiL 807	Max. Druckschwankungen im Tunnel und Druckimpulse an der Spitze des Zugs: Unter besonderer Berücksichtigung von Auswirkungen auf Güterzügen im Nachbargleis.	Seitenwindstabilität nach DB RiL 807		Schotterflug ab 190km/h	Max. Druckimpulse an der Spitze des Zugs; Widerstand gegen Umkippen bei Stürmen.
Warnsignale, Kennzeichnungen	Fahrzeuzge müssen an Stirnseite 3x rot anzeigen können.	Die Achse des Makrophon (Signalhorn) ist nach vorne zu richten.			Warnsignal: 2 weiss blinkende Scheinwerfer; "Knallkapseln" können im Fall der Signalisierung einer Gefahr verwendet werden.	Anforderungen an Warnhörner und Lichtsignale; Alle nach vorne ausgerichteten Flächen von Rangierlokomotiven und Schneepflügen sollen in gelb mit schwarzen diagonalen Streifen bemalt sein.

Tabelle 13: Zusammenfassung der nationalen Anforderungen - Teil 6

Parameter/Land	CH	AT	DE	NL	FR	GB
ZZS	*Spezifikationen zu ETCS*		Installationspflicht GNT (Neigetechnik-Geschwindigkeitsüberwachung); Notbremsüberbrückung; streckenseitige Heissläuferortungsfähigkeit für Radsatzlager (Warmalarm 70°C, Heissalarm 100°C, Differenzalarm 65°C); Anforderungen hinsichtlich Übergang zwischen unterscheidlichen ZZS-Streckeneinrichtungen, Rückwirkungsfreiheit der ausländischen Zugsicherungssysteme gegenüber der deutschen Infrastruktur; *Allg. Anforderungen an das*	*Spezifikationen zur Detektion;*		Anforderungen an strecken- und fahrzeugseitige Heissläuferortungsanlage; Vermeidung der Entkopplung des Zugsicherheitssystems während der Fahrt; Anforderungen zur Datenaufnahme in Zügen; Bei Verlust der Türverriegelung während der Fahrt soll der Zug sofort anhalten (Zugführer kann Notbremsung ausschalten); Selektives Türöffnungssystem wenn nicht alle Türen in der Bahnsteiglänge; Anforderungen an Track Circuit Assister (Gleisstromkreis-Assistent); Driver Reminder Appliance (DRA);
Zugfunk	GSM-R	GSM-R Analogzugfunk	GSM-R Analogzugfunk	GSM-R	GSM-R Analogzugfunk	GSM-R (CSR, NRN, IVRS)
Zugsicherung	INTEGRA-SIGNUM ZUB 121 ETCS	PZB 90 (INDUSI) LZB ETCS	PZB 90 (INDUSI) LZB ETCS	ATB ETCS	DAAT (Crocodile) KVB TVM 300/430 für Hochgeschwindigkeitszüge ETCS	AWS TPWS ETCS (TVM 430, KVB)
PRM	Min. ein autonomer Einstieg pro Zug für Rollstühle pro Fahrzeug (für Bahnsteighöhe 550mm über SOK)					
Sonstiges	*GBT, LBS:* Brandschutzkat. B	Brandschutzkat. B Brückenbefahrbarkeit für Züge mit vmax>160km/h	Anfoderungen für Schnellfahrstrecken mit Geschwindigkeiten über 250km/h; Brückenbefahrbarkeit.	Keine formale Normfestschreibung	Flaggenhalter; Kompatibilität mit SNCF-Widerauflgleisungs-Werkzeug;	Kompatibilität mit "Wheelskate" zum Abtransport von Zügen mit beschädigten Radsatz; Festigkeitsanforderungen für Wheelskate; Erweiterte Brandschutzkategorien; Eigene Streckenklassen; Anforderungen für die Not- und Sicherheitsausrüstung;

4.2 „Sonderfall“ Großbritannien

Bei Betrachtung der Anforderungsmatrix wird ersichtlich, dass sich die Anforderungen von Großbritannien deutlich von denen in Kontinentaleuropa abheben. Grund dafür ist, dass es sich beim britischen Eisenbahnnetzwerk um das älteste der Welt handelt und dessen Infrastruktur davon geprägt ist (wie z.B. niedrige Brücken, enge Tunnel etc.). Im Allgemeinen hat Großbritannien das restriktivste („engste“) Lichtraumprofil der betrachteten Länder. Dieses ist auch sehr streckenspezifisch und wird nach einer eigenen Berechnungsmethode ermittelt. Eine weitere Herausforderung ist die beim Fahrzeugprofil zu berücksichtigende Einstiegshöhe, da die nationalen Bahnsteighöhen nicht konform zur den in der TSI vorgeschriebenen Einstiegshöhen sind.

Das Vorhandensein von drei unterschiedlichen Stromsystemen ist ebenfalls bezeichnend für Großbritannien, wobei ein Teilgebiet davon (südlich von London) nur für Fahrzeuge mit Stromschiene („third rail“) ausgelegt ist.

Die nationalen technischen Anforderungen werden in den sogenannten „Railway Group Standards“ (RGS) beschrieben. Es wird nicht wie bei anderen Ländern auf europäische bzw. internationale Normen verwiesen. In den RGS werden auch Strecken- und Brandschutzklassen definiert sowie viele zusätzliche Spezifikationen an Strukturelemente und personenrelevante Komponenten gestellt. Die Notwendigkeit der Anforderungen ist mit der nationalen Sicherheitsbehörde ORR (Office of Rail and Road) abzusprechen, da der Großteil dieser Anforderungen bereits durch die TSI abgedeckt sein sollte. Dennoch ist zu erwähnen, dass die Anzahl der Sonderfälle für Großbritannien, welche in der TSI LOC & PAS 2014 [23] enthalten sind, im Vergleich mit anderen Ländern deutlich höher ist.

Die Personenverkehrsverbindung von Frankreich durch den Eurotunnel nach Großbritannien wird ausschließlich über Hochgeschwindigkeitszüge abgewickelt. Dabei werden neben Geschwindigkeitsanforderungen (Geschwindigkeit im

Eurotunnel 160km/h und für die Strecken davor bzw. danach[1] 300km/h) auch noch spezielle Anforderungen für die Sicherheit (vor allem Brandschutz[2]) berücksichtigt.

Der Einsatz von Doppelstockzügen wurde in den 1950er Jahren in der Region Kent (südöstlich von London) getestet, jedoch aufgrund der verlängerten Ein- und Ausstiegszeiten der Passagiere wieder eingestellt. Die längere Aufenthaltsdauer des Zuges im Bahnhof, die für den Passagierwechsel notwendig ist, ist mit dem hoch ausgelasteten britischen Netz nicht vereinbar. Ein weiteres Hindernis für den Einsatz von Doppelstockzügen ist die bereits erwähnte Lichtraum-Problematik [61].

Aktuell versucht die französische Firma Alstom einen Doppelstockzug für die geplante High Speed Linie 2 nördlich von London zu entwickeln. Der Auftrag soll im Jahr 2019 vergeben werden [62].

Auch auf der Schienenverkehrsmesse „Innotrans“ in Berlin wurde im September 2016 ein Modell von einem doppelstöckigen Hochgeschwindigkeitszug, der das eingeschränkte Lichtraumprofil des britischen Bestandsnetzes einhält, präsentiert. Der Vorschlag wurde vom Münchner Architektur- und Designbüro „Andreas Vogler Studio“ in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt erarbeitet. Abbildung 9 zeigt die 2+1-Bestuhlung und die im Oberdeck extrem nach innen geknickten Seitenwände, welche für den Passagierbetrieb im Allgemeinen als nicht akzeptierbar gesehen wird [63].



Abbildung 9: Oberdeck des Aeroliner 3000 (doppelstöckiger Hochgeschwindigkeitszug für Großbritannien) [64]

[1] High Speed Line 1 in Großbritannien (bis London) und LGV Nord in Frankreich

[2] Im Brandfall muss der Zug noch 30 Minuten bis zum Erreichen einer Evakuationsstelle weiterfahren können. Nach der TSI SRT 2014 werden für die Brandschutzkategorie B nur 15 Minuten gefordert.

5 Beschreibung der untersuchten Triebfahrzeuge

5.1 Erstzulassungen der Referenzfahrzeuge

In diesem Kapitel wird für die zu untersuchenden Fahrzeugfamilien ein Referenzfahrzeug ausgewählt. Anschließend werden deren Einsatzstrecken, die Zulassungsstrategie und die technischen Parameter kurz beschrieben. Der FLIRT3 NSR FFF hat die Typenzulassung in den Niederlanden Anfang Dezember 2016 erhalten, während beim KISS WESTbahn2 noch einige Typentests bis zum geplanten Zulassungstermin Mitte Oktober 2017 (Erst-Zulassung in der Schweiz) ausständig sind. Der Hochgeschwindigkeitszug EC250 befindet sich aktuell in der Detailentwicklungs- und Produktionsphase. Die Erst-Zulassung in der Schweiz ist dafür im März 2018 vorgesehen. In Anhang A bis C sind die Typenskizzen der einzelnen Fahrzeuge abgebildet.

5.2 Elektrischer Triebzug FLIRT3

Der elektrische Triebzug FLIRT3 ist eine Fahrzeugfamilie, die primär für den S-Bahn- und Vorortsverkehr entwickelt, aber mittlerweile auch für den Einsatz im Interregio-Verkehr angepasst wurde. Bei Entwicklung der dritten Generation der FLIRT Familie wurden vor allem höhere Fahrgastkapazitäten, niedrigere Betriebskosten und ein moderneres Design angestrebt [65].

Für die Detailuntersuchung wird als Referenzfahrzeug der FLIRT3 NSR FFF (=Nederlandse Spoorwegen Reizingers Flirt Fast Forward, siehe Abbildung 10) verwendet. Im Folgenden wird das Fahrzeug als „FLIRT3 NSR“ bezeichnet.



Abbildung 10: FLIRT3 NSR [66]

Die Zulassung des Fahrzeugs FLIRT3 NSR erfolgte parallel mit anderen FLIRT3-Projekten in den Niederlanden. Dabei wurden möglichst viele Synergieeffekte genutzt und, sofern möglich, auch die Typentests zusammen durchgeführt. Der Betrieb des Fahrzeuges erfolgt auf dem gesamten niederländischen 1,5kV-Netz [66].

Die folgende Tabelle 14 beinhaltet technische Parameter zum Referenzfahrzeug FLIRT3 NSR:

Fahrzeugprofil	
Fahrzeuglänge	63,2 m (3-teilig), 80,7 m (4-teilig)
Fahrzeugbreite	2820 mm
Fahrzeughöhe	4120 mm
Kinematische Begrenzungslinie	G1 nach EN15273-2 Anhang A
Einstiegshöhe (über SOK)	780 mm
Spannungssystem	DC 1,5kV
Streckenklasse	D2
Maximale Betriebsgeschwindigkeit	160km/h
Stromabnehmer	Wippenbreite 1950 mm, Schleifstücke Cu-Kohle
ZZS	
Zugsicherung	ATB-EG Vorbereitet für ETCS-Installation
Zugfunk	GSM-R
Bremsen	Pneumatische Bremse, Elektrodynamische Bremse und Magnetschienenbremse; Keine Wirbelstrombremse
Sonstiges	Brandschutzklasse: TSI SRT Kat. A

Tabelle 14: Technische Parameter FLIRT3 NSR [66] und [67]

5.3 Elektrischer Doppelstock-Triebzug KISS

Der elektrische Triebzug KISS ist ein Doppelstockzug für das europäische Normalspurnetz, der sowohl in der Ausführung als S-Bahn-Zug als auch als Fernverkehrszug einsetzbar ist.

Für die Überprüfung der länderspezifischen Anforderungen wird als Referenzfahrzeug die Version des KISS WESTbahn2 herangezogen (siehe Abbildung 11).



Abbildung 11: KISS WESTbahn2 [68]

Das Fahrzeug KISS WESTbahn2 ist vorerst für den Intercitybetrieb zwischen Wien und Salzburg und als spätere Erweiterung bis München gedacht. Die Zulassung erfolgt unter Berücksichtigung folgender Einsatzstrecken:

- Schweiz:
  - gesamte doppelstockfähigen ETCS-Strecken
- Österreich:
  - gesamte „P150“-Strecken[3]
- Deutschland:
  - Salzburg – Rosenheim – München
  - Rosenheim – Kufstein.

[3] P150-Strecken entsprechen den Strecken der ÖBB, die eine Überschreitung der Fahrzeugumgrenzungslinie der kinematischen Bezugslinie G2 nach EN 15273-2 erlauben.

Die Erst-Zulassung erfolgt in der Schweiz durch das BAV und basiert auf dem bestehenden Teilsystem KISS WESTbahn 1.Serie. Diese Zulassung basiert wiederum auf der Zulassung des SBB Regio Doppelstockzuges. Für Österreich wird die Anerkennung einer ausländischen Zulassung nach §41 des österreichischen Eisenbahngesetzbuches durchgeführt, für Deutschland eine Cross Acceptance Zulassung [69].

In nachstehender Tabelle 15 sind die technischen Parameter des Triebzuges WESTbahn2 aufgelistet:

Fahrzeugprofil	
Fahrzeuglänge	100 m (4-teilig), 150 m (6-teilig)
Fahrzeugbreite	2800 mm
Fahrzeughöhe	4595 mm
Kinematische Begrenzungslinie	Oberer Bereich: EBV O2 Unterer Bereich: EBV U3 Berücksichtigung der Antenne mit G2 nach EN15273-2 Anhang A
Einstiegshöhe (über SOK)	570 mm
Streckenklasse	C2
Spannungssystem	AC 15kV / 16,7Hz
Maximale Betriebsgeschwindigkeit	200km/h
Stromabnehmer	Wippenbreite 1450 mm und 1950 mm, Schleifstücke Hartkohle
ZZS	
Zugsicherung	ETCS L1&2 PZB/LZB
Zugfunk	GSM-R
Bremsen	Indirekte und direkte pneumatische Scheibenbremse, Elektrodynamische Bremse, Federspeicherbremse, Magnetschienenbremse, keine Wirbelstrombremse
Sonstiges	Brandschutzklasse: TSI SRT Kat. B

Tabelle 15: Technische Parameter WESTbahn2 [68] und [69]

5.4 Elektrischer Triebzug EC250

Der elektrische Triebzug EC250 (siehe Abbildung 12) ist ein Hochgeschwindigkeitszug für das europäische Normalspur-Eisenbahnnetz. Der Zug wird von den SBB als Giruno im Einsatz gebracht werden.



Abbildung 12: EC250 [70]

Die Zulassung ist für vier Länder vorgesehen: Schweiz, Deutschland, Österreich und Italien. Dabei erfolgt die Erstzulassung in der Schweiz. Zur Erfüllung der Anforderungen der restlichen Länder kommt das Cross Acceptance MoU zur Verwendung. Der Betrieb der Fahrzeuge ist sowohl auf dem transeuropäischen konventionellen Netz als auch auf dem Hochgeschwindigkeitsnetz vorgesehen [70]. Die vorläufigen Einsatzstrecken sind in Abbildung 13 dargestellt.

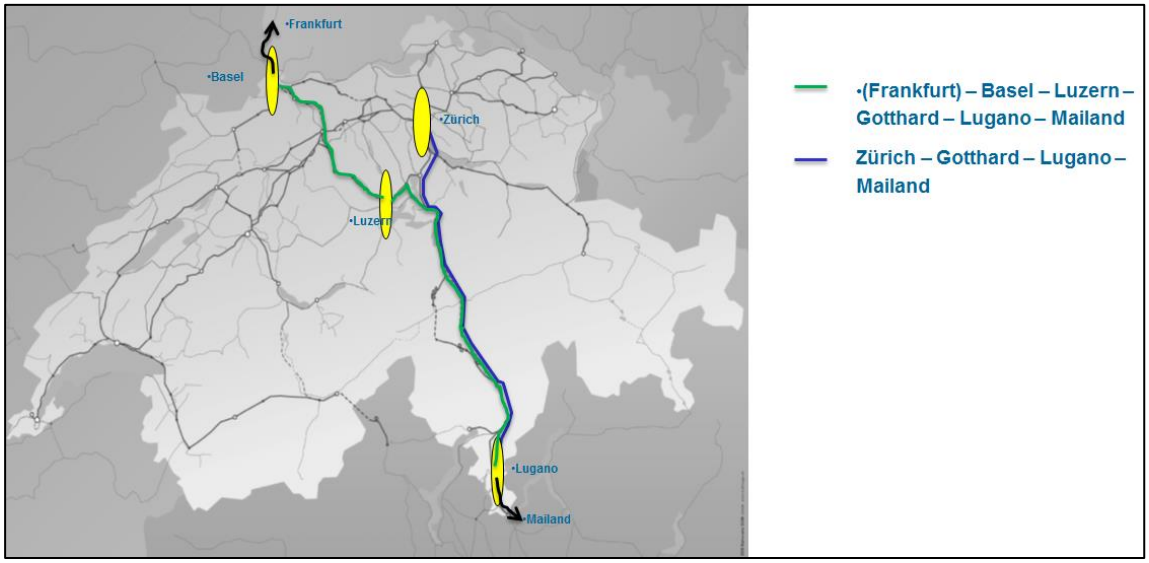


Abbildung 13: Einsatzstrecken EC250 [70]

In Tabelle 16 sind die technischen Parameter des Triebzuges EC250 aufgelistet:

Fahrzeugprofil	
Fahrzeuglänge	202 m
Fahrzeugbreite	2900 mm
Fahrzeughöhe	4255 mm
Kinematische Begrenzungslinie	G1 mit unteren Bereich GI2 nach EN15273-2 Anhang A
Einstiegshöhe (über SOK)	765 mm und 567 mm
Streckenklasse	C2
Spannungssystem	3-System D-A-CH-I 3kV DC & 15/25kV AC
Maximale Betriebsgeschwindigkeit	250km/h
Stromabnehmer	Wippenbreite 1450 mm und 1950 mm, Schleifstücke Kohle
ZZS	
Zugsicherung	ETCS Baseline 3, SRS 3.4.0 PZB/LZB
Zugfunk	GSM-R
Bremse	Elektrodynamische Bremse, pneumatische Scheibenbremse, Federspeicherbremse, Magnetschienenbremse, keine Wirbelstrombremse
Sonstiges	Keine Neigetechnik, Brandschutzklasse: TSI SRT Kat. B

Tabelle 16: Technische Parameter EC250 [20]und [70]

6 Überprüfung der länderspezifischen Anforderungen für die ausgewählten Triebfahrzeuge

6.1 Voruntersuchung

Das Hauptkriterium für die Ausführung einer detaillierteren Analyse ist ein zur Infrastruktur passendes Fahrzeugprofil. Tabelle 17 zeigt eine Übersicht nach Ländern und Fahrzeugen als Ergebnis der Voruntersuchung mit der Anforderung „kompatibles Fahrzeugprofil“.

	CH	AT	DE	NL	FR	GB
FLIRT3 NSR FFF	Detailanalyse	Detailanalyse	Detailanalyse		Detailanalyse	Fahrzeugprofil
KISS WESTbahn2	Grenzbetrieb-strecken, derzeitige und zukünftige ETCS-Strecken	P150-Strecken	Salzburg-Rosenheim-München, Rosenheim-Kufstein	Detailanalyse	Fahrzeugprofil	Fahrzeugprofil
EC250				Detailanalyse	Detailanalyse	Fahrzeugprofil

Tabelle 17: Ergebnis der Voruntersuchung: Anforderung Fahrzeugprofil

Die dabei *rot markierten* Kombinationen werden für eine Detailanalyse ausgeschlossen, da der Aufwand für die Anpassungen der Referenzfahrzeuge zur Erfüllung der Anforderungen unrealistisch ist bzw. den Aufwand einer Fahrzeugneuentwicklung übersteigen würde.

Dass sich die Anforderungen Großbritanniens von denen der restlichen Länder in Kontinentaleuropa unterscheiden, ist bereits in Kapitel 4.2 beschrieben. Speziell das streckenspezifische und restriktivere Lichtraumprofil ist ein Ausscheidungskriterium für alle Referenzfahrzeuge. Für die Strecke High Speed Line 1 (Verbindung Eurotunnel - London), bei dem das interoperable Profil „G1“ zulässig ist, werden allerdings nur Hochgeschwindigkeitszüge (v=300km/h) eingesetzt. Da diese Geschwindigkeit von den Referenzfahrzeugen nicht erreicht werden kann, wird auf eine detailliertere Untersuchung in dieser Arbeit verzichtet. Zu erwähnen ist, dass Stadler den ersten großen Auftrag in Großbritannien im

September 2016 gewinnen konnte: Basierend auf der FLIRT3-Fahrzeugfamilie wird ein neues Fahrzeugkonzept für das Gebiet East Anglia (Großraum London) entwickelt. Das Fahrzeug ist in Abbildung 14 zu sehen. – Dabei sind die erhöhten Einstiegstüren und das kleinere Umgrenzungsprofil im Vergleich mit dem FLIRT3 NSR in Abbildung 10 zu erkennen. Des Weiteren wurde auch ein neues Konzept für die Drehgestelle entwickelt und das Design der Front angepasst.



Abbildung 14: FLIRT East Anglia [71]

Für Doppelstockzüge gilt in Frankreich das Profil „FR3.3“. Dieses ist entscheidend kleiner (restriktiver) als das interoperable Profil „G2“ bzw. das Profil der WESTbahn2 (DE3 nach EN 15273-2). Stadler hat bis jetzt noch kein Fahrzeug der Familie KISS für den Einsatz in Frankreich entwickelt. Da die Auswirkungen aus der Profileinschränkung unbekannt bzw. nur schwer abzuschätzen sind, wird auch diese Kombination in der Detailuntersuchung ausgeschlossen. Die übrigen länderspezifischen Anforderungen sind von den Untersuchungen FLIRT3 NSR und EC250 bei Einsatz in Frankreich abzuleiten.

Für die *blau markierten* Kombinationen wird eine Detailanalyse durchgeführt. Dabei liegen als Ergebnis vollständig bewertete Anforderungskataloge für die einzelnen Fahrzeug/Länder-Kombinationen vor.

Bei den *gelb markierten* Kombinationen ist eine streckenspezifische Zulassung mit den Referenzfahrzeugen vorgesehen. In der Detailuntersuchung werden relevante Punkte, die zur Erfüllung einer vollständigen Zulassung notwendig sind, angeführt.

Die *grün markierten* Kombinationen sind für eine vollständige Zulassung vorgesehen. – Es wird davon ausgegangen, dass alle Anforderungen bei der

Entwicklung des Fahrzeuges berücksichtigt werden und somit der Status „erfüllt“ ist. Daher werden diese Kombinationen in der Detailuntersuchung nicht mehr berücksichtigt.

6.2 Detailuntersuchung

6.2.1 Vorgehen

Die erläuterten Punkte der Detailanalyse werden aus den bewerteten Anforderungskatalogen abgeleitet (Anhang D zeigt einen Auszug). Dabei wird generell auf Anforderungen eingegangen, die „nicht erfüllt“ sind bzw. als „machbar mit mittlerem/großem Aufwand“ bewertet wurden. Auch mögliche kritische Punkte, welche zum aktuellen Zeitpunkt nicht bewertet werden können, sind aufgelistet.

6.2.2 Elektrischer Triebzug FLIRT3 NSR

Der elektrische Triebzug FLIRT3 NSR weist mit der kinematischen Begrenzungslinie „G1“ ein Profil auf, welches für einen umfassenden europäischen interoperablen Verkehr geeignet ist. Daher gibt es bezüglich des Lichtraumes keine Einschränkungen für die in der Detailuntersuchung berücksichtigten Länder.

Nachkommend werden die relevanten Anforderungen, welche für die jeweiligen Länder zu berücksichtigen sind, genannt.

Untersuchungen für den Einsatz in der Schweiz:

Fahrzeugprofil:

Der speziell in der Schweiz geforderte autonome Einstieg zur Bahnsteighöhe 550 mm ist nicht erfüllt. Die Differenz zur Einstiegshöhe des Fahrzeugs beträgt 230 mm. Nach der TSI PRM 2014 [28] ist für einen niveaugleichen Einstieg eine vertikale Differenz von maximal 50 mm zulässig. Diese Bedingung wird daher beim FLIRT3 NSR verletzt. Der benötigte Aufwand zur Erfüllung des autonomen Einstiegs durch eine technische Anpassung im Nachhinein wird als „nicht machbar“ eingestuft. Stadler hat jedoch bereits einige Fahrzeuge der Familie FLIRT entwickelt, die für den Einsatz in der Schweiz und somit auf die Bahnsteighöhe von 550 mm optimiert sind.

Fahrtechnik:

Die maximal zulässige Gleisverschiebekraft von Fahrzeugen je Radsatz ist infrastrukturseitig durch den zulässigen Gleisverschiebewiderstand begrenzt. Aufgrund des Gleisoberbaus ist in der Schweiz ein Koeffizient von 0,85 (anstatt 1,0) als Regelwert für die generelle Anwendung zur Berechnung der maximalen zulässigen Gleisverschiebekraft anzuwenden. Die Einhaltung dieses Wertes ist beim Fahrzeug nachträglich durch Messfahrten mit instrumentierten Radsätzen zu überprüfen. Gegebenenfalls kann mittels Parametervergleich zu bereits zugelassenen FLIRT3-Fahrzeugen das Zulassungsverfahren im Bereich Fahrtechnik vereinfacht werden, indem bei Einhaltung gewisser Bedingungen, die in der EN 14363 definiert sind, auf weitere Streckenversuche verzichtet werden kann (Delta-Achslast < 4%).

Ein weiterer Punkt ist, dass die Trassierung in einigen Bahnhofsbereichen in der Schweiz durch die Verwendung von engen Ablenkungsradien und kurzen Zwischengeraden bei relativ kleinen Gleisachsenabständen im Vergleich zu anderen europäischen Ländern fahrtechnisch sehr anspruchsvoll ist. Es sind dafür spezielle fahrtechnische Nachweise zu erbringen (Weichenfahrten Bahnhof Lausanne).

Ebenso weist das Schweizer Schienennetz eine verhältnismäßig große Anzahl an Strecken auf, die Radien kleiner 250 m enthalten und daher durch die generelle fahrtechnische Prüfung nach EN 14363 bzw. UIC 518 nicht abgedeckt sind. Auch dafür ist die Durchführung von Testfahren nach dem interimistischen Leitfaden „SBB R I 50127“ (Strecken mit Radien R < 250 m, Prüfbereich 5) [72] offen.

Energieversorgung:

Für den Einsatz in der Schweiz, Österreich und Deutschland wird das Spannungssystem 15kV AC benötigt. Daher ist der FLIRT3 NSR mit einem Wechselstromrichter auszustatten.

Eine länderspezifische Anforderung wird an den Frequenzgang der Eingangsadmittanz gestellt. Dabei müssen Nachweise geführt werden, welche zeigen, dass die Netzresonanzen durch den Stromrichter nicht angeregt und dabei das Bahnstromversorgungsnetz nicht instabil wird.

Ebenfalls zur Vermeidung von Zusammenbrüchen des Bahnstrom-Versorgungsnetzes ist das Fahrzeug mit einer frequenz- und spannungsabhängigen Traktionsleistungsbegrenzung zu versehen. Dabei kann die Realisierung solcher Funktionen im Nachhinein mittels Softwareanpassungen erfolgen.

Stromabnehmer und Interaktion zum Fahrdraht:

Es wird ein zusätzlicher Stromabnehmer mit einer Wippenbreite von 1450 mm und optimierten Auflaufhörnern benötigt. Dabei ist auch der Nachweis des Einhaltens der maximal zulässigen Anpresskräfte zu führen.

Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung:

Da der FLIRT3 NSR nur mit dem niederländischen Zugbeeinflussungssystem ATB-EG ausgerüstet ist, ist das Fahrzeug auf jeden Fall mit ETCS auszustatten. Auf die nationalen Zugbeeinflussungseinrichtungen der Schweiz (SIGNUM und ZUB) kann bei einem Einsatz nach dem Jahr 2017 verzichtet werden, da bis dahin alle Strecken im Schweizer Verkehrsnetz mit ETCS versehen sein sollen.[4]

Vom BAV werden in dem Dokument „Voraussetzungen für den Einsatz von Fahrzeugen auf ETCS-Strecken“ (V2.4, 20. Juli 2016) [73] ergänzende technische, betriebliche sowie prozessuale Voraussetzungen festgelegt. Auch in den Schweizer NNTV werden einige Spezifikationen bezüglich ETCS gefordert, welche zu berücksichtigen sind.

Elektromagnetische Verträglichkeit:

Für die Kompatibilität mit Gleisfreimeldungen sind zusätzlich Nachweise nach der SBB Regelung I 50098 über Magnetstörfelder und SBB Regelung I 50097 über Störströme [74] zu erbringen.

Sonstiges:

Für das Befahren von Steilstrecken (das/die maximale Gefälle/Steigung in der Schweiz beträgt 50‰) werden spezielle Anforderungen an die Traktion und Bremsausrüstung gestellt. Da der FLIRT3 NSR für die in den Niederlanden vorhandenen geringen Steigungen ausgelegt wurde, sind entsprechende

[4] Genauer Wortlaut im Network Statement 2017 der SBB, Kapitel 2.7.1.1: „Voraussichtlich Ende 2017 wird der Zwischenschritt der netzweiten Migration auf ETCS Level 1 LS abgeschlossen sein. Ab diesem Datum benötigen die Fahrzeuge keine SIGNUM- und ZUB-Ausrüstung mehr, falls sie mit einer ETCS-Ausrüstung gemäß Baseline 3 ausgerüstet sind.“ [42]

Anpassungen durchzuführen. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die von Stadler entwickelten FLIRTs 1. und 2. Generation für die SBB bereits diesen Anforderungen entsprechen.

Es ist für die Schweiz gemäß Richtlinie 807 der DB Netz AG [50] ein Nachweis der Sicherheit bei Seitenwind zu führen. Dabei sind Windkanalversuche für das seitenwindempfindlichste Fahrzeug des Zuges durchzuführen.

Für das Befahren des Gotthard-Basistunnel (GBT) und der Lötschberg-Basisstrecke (LBS) wird die Brandschutzkategorie B gefordert. Der FLIRT3 NSR ist nach Kategorie A ausgelegt. Die wesentlichen Unterschiede der beiden Kategorien ist die Dauer der Notlauffähigkeit (Kategorie A fordert 4 Minuten, während bei Kategorie B der Zug 15 Minuten ab Vollbrand lauffähig und steuerbar bleiben muss[5]) und das Vorhandensein von Trennwänden bzw. Brandschutzsperren zur Eindämmung und Bekämpfung von Bränden. Sofern das Fahrzeug auf den oben genannten Strecken eingesetzt werden soll, sind diese Anforderungen zu berücksichtigen. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass die Regelgeschwindigkeit für Personenzüge für den GBT und der LBS 200 km/h beträgt. Da die maximale Betriebsgeschwindigkeit des FLIRT3 NSR bei 160km/h liegt, müsste daher das Getriebe getauscht werden.

Untersuchungen für den Einsatz in Österreich[6]:

Fahrzeugprofil:

Die Einstieghöhe des Fahrzeuges ist mit der generellen Bahnsteighöhe in Österreich (550 mm über Schienenoberkante) gerade noch kompatibel. Die Höhendifferenz beträgt wie zum geforderten autonomen Einstieg in der Schweiz 230 mm. Nach der TSI PRM 2014 [28] ist eine vertikale Abweichung für die Position der Stufe von der Bahnsteigebene nach oben von maximal 230 mm zulässig.

[5] Ausnahme: Brand im Antriebsteil oder Steuerteil des Zuges.

[6] Bei dieser Teiluntersuchung wurde nur der Anforderungskatalog der ÖBB Infrastruktur als Regelwerk berücksichtigt, da die österreichischen NNTR im National Reference Document (Stand 2012) [47] enthalten sind und dabei die TSI LOC & PAS 2014 [23] noch nicht berücksichtigt wird. Des Weiteren kann in Österreich eine Anerkennung einer ausländischen Zulassung nach §41 des österreichischen Eisenbahngesetzbuches durchgeführt werden.

Fahrtechnik:

Bestimmte Teile des Streckennetzes in Österreich (insbesondere Strecken mit Radien unter 400 m und gelaschtem Gleis bzw. Strecken mit Bogenradien unter 300 m) lassen wie in der Schweiz nur einen Koeffizient von 0,85 für die Berechnung der Gleisverschiebungskraft zu.

Auch die Entgleisungssicherheit für Bögen mit Radien kleiner 250 m ist über Versuchsfahrten nachzuweisen.

Fahrzeug-Gleis Wechselwirkung:

Das Fahrzeug ist mit einer wintertauglichen Sandstreueinrichtung auszustatten um die Traktions- und Bremswirkungen insbesondere auf Steilstrecken zu erhöhen.

Bremse:

Für die mechanische Bremse ist ein spezieller Nachweis (bremstechnische Beurteilung) der thermischen Verträglichkeit im Steilstreckenbetrieb zu führen.

Energieversorgung:

Das benötigte Spannungssystem ist ident mit dem in der Schweiz geforderten. Das Fahrzeug ist daher mit einem Wechselstromrichter auszurüsten.

Des Weiteren ist auch wie in der Schweiz ein Nachweis bezüglich der Admittanz zu erbringen und eine netzfrequenzabhängige Traktionsleistungsbegrenzung zu berücksichtigen.

Stromabnehmer und Interaktion zum Fahrdraht:

Für den Einsatz in Österreich ist ein weiterer Stromabnehmer mit einer Wippenbreite von 1950 mm und Hartkohleschleifleisten zu montieren. Die in der technischen Richtlinie „TR 940 – Zusammenwirken Stromabnehmer ÖBB Oberleitungssysteme“ [75] der österreichischen Bundesbahnen gestellten Forderungen sind dabei zusätzlich zu überprüfen.

Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung:

Die Zugsicherung von Strecken erfolgt entweder ausschließlich mit PZB, oder zusätzlich mit dem Zugbeeinflussungssystemen LZB bzw. ETCS. Da die flächendeckende Ausrüstung mit ETCS (streckenseitig) im Gegensatz zur Schweiz nicht in naher Zukunft erreicht werden kann, ist der FLIRT3 NSR bei einem Einsatz in Österreich auf jeden Fall mit der nationalen Zugsicherung PZB

zu versehen. Nach der neuen TSI CCS 2016 [30] sind alle Fahrzeuge, welche international verkehren, auch mit ETCS auszurüsten. Daher muss dieses System ebenfalls im Fahrzeug zu integriert werden.

Elektromagnetische Verträglichkeit:

Für die Nachweisführung der Rückwirkungsfreiheit von Fahrzeugen auf dem Netz der ÖBB Infrastruktur ist die technische Richtlinie „TR S10“ [76] zu beachten. Entsprechende versuchstechnische Nachweise sind zu erbringen.

Sonstiges:

Für den Einsatz im gesamten Netz der ÖBB-Infrastruktur AG sind alle Fahrzeuge des Personenverkehrs nach den Anforderungen der Kategorie B der TSI LOC & PAS 2014 [23] bzw. TSI SRT 2014 [25] auszulegen. Die Fahrzeuge müssen der Betriebsklasse 3 nach EN 45545-1 entsprechen. Beide Punkte werden vom FLIRT3 NSR nicht eingehalten. Es sind daher entsprechende technische Anpassungen für einen Einsatz in Österreich durchzuführen.

Untersuchungen für den Einsatz in Deutschland:

Fahrzeugprofil:

Da die generelle Bahnsteighöhe in Deutschland ident mit der in den Niederlanden ist, sind keine Anpassungen bezüglich der Einstiegshöhe beim FLIRT3 NSR notwendig.

Fahrtechnik:

Die Sicherheit gegen Entgleisen im führungslosen Bereich von Weichen ist nachzuweisen, da die Raddurchmesser im abgenutzten Zustand kleiner als 760 mm sind.

Radsatz:

Bei der Berechnung des Pressverbandes Radsitz ist ein länderspezifisches Schutzziel („Die Räder eines Radsatzes müssen Spurkränze haben und dürfen seitlich nicht verschiebbar sein“) einzuhalten. Des Weiteren ist die Festigkeit des Vollrades auf den Lastfall außergewöhnliche Belastung nach UIC 510-5 nachzuweisen. Für beide Anforderungen ist ein zusätzlicher Berechnungsbericht zu erstellen.

Für das mechanische Verhalten von Radsatzwellen ist eine eigene Messung und Auswertung von Torsionsschwingungen durchzuführen (nach DIN Taschenbuch TB 491-2 [77].

Fahrzeug-Gleis Wechselwirkung:

Das Fahrzeug ist mit einer Sandstreuanlage gemäß der Ergänzungsregelung „Nr. B011“ [78] des EBA auszurüsten.

Bremse:

In Deutschland werden hohe Anforderungen an das System „Bremse“ gestellt. Besonders die Forderung nach einer hohen Bremskraft bei einer niedrigen Haftwertausnutzung ist anspruchsvoll. Der FLIRT3 NSR erfüllt diese Anforderungen aktuell nicht. Es sind sowohl Hardware- als auch Softwareanpassungen durchzuführen, wobei das Dokument „Regelung für die bremstechnische Beurteilung von Schienenfahrzeugen im Rahmen der Abnahme nach §32 EBO“ mit den Ergänzungsregelungen „Nr. B007“ [79] und „Nr. B013“ [80] zu berücksichtigen ist.

Des Weiteren sind auch die erforderlichen Mindestbremsleistungen für den Betrieb auf Strecken mit mehr als 40‰ Gefälle (Steilstreckentauglichkeit), die in der Regelung „Nr. B017“ [81] beschrieben werden, zu beachten.

Energieversorgung:

In Deutschland wird das Spannungssystem 15kV AC verwendet. Daher ist das Fahrzeug wie für die Schweiz und Österreich mit einem Wechselstromrichter auszustatten.

Stromabnehmer und Interaktion zum Fahrdraht:

Es ist ein zusätzlicher Stromabnehmer zu montieren. Dabei sind die Geometrie der Wippe und das Material der Schleifleisten ident mit dem zusätzlich benötigten Stromabnehmer in Österreich.

Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung:

Der FLIRT3 NSR ist wie für den Einsatz in Österreich mit den nationalen Zugsicherungssystem PZB und dem international (nach TSI CCS 2016 [30]) geforderten ETCS auszurüsten. Das nationale Zugbeeinflussungssystem LZB wird

erst bei Geschwindigkeiten größer 160 km/h gefordert und ist daher für den FLIRT3 NSR nicht relevant.

Bei Verwendung der fahrzeugseitigen ETCS-Ausrüstung werden von der DB Netz AG eigene Anforderungen an das System gestellt, welche ebenfalls berücksichtigt werden müssen.

Elektromagnetische Verträglichkeit:

Es sind Nachweise zum Personenschutz gegen magnetische Gleich- und Wechselfelder sowie für die Verträglichkeit mit Gleisstromkreisen, Gleisschaltmitteln und Radsensoren/Achszählern über Versuchsfahrten zu erbringen.

Sonstiges:

Aus Angst vor Eigenresonanzen müssen alle neuen Schienenfahrzeuge zusätzliche dynamische Überprüfungen erbringen. Folge dieser Überprüfungen können allenfalls Geschwindigkeitsbeschränkungen sein. Der Infrastrukturbetreiber DB Netze stellt diese Anforderung in Form einer revidierten Version der Richtlinie „810.0200 A81“ [50] ab 1. November 2016. Der FLIRT3 NSR ist dieser Untersuchung zu unterziehen.

Des Weiteren ist wie für die Schweiz der Nachweis der Sicherheit bei Seitenwind nach RiL 807 [50] durchzuführen.

Untersuchungen für den Einsatz in Frankreich:

Dieser Teiluntersuchung ist vorwegzunehmen, dass Stadler schon einen FLIRT für Frankreich entwickelt hat. Aktuell wird ein weiteres Fahrzeug davon gebaut.

Fahrzeugprofil:

Die Fahrzeugeinstiegshöhe ist mit einer Differenz von 230 mm nach oben zu den generellen Bahnsteighöhen wie in Österreich gerade noch kompatibel.

Fahrzeug-Gleis Wechselwirkung:

Das Fahrzeug ist mit einer Sandstreuanlage auszustatten. Für die Verwendung dieser ist die Sicherheitsanforderung „Störung der Gleisstromkreise, die durch eine zu große Durchflussmenge an Sand verursacht wurde“, in SAM S 901 [82] zu beachten. Es ist ein Konformitätsnachweis durchzuführen.

In Frankreich kann der Zugang zum nationalen Schienennetz für Räder mit Durchmesser kleiner 840 mm beschränkt werden. Die Raddurchmesser des FLIRT3 NSR betragen beim Jakobslaufdrehgestell 760 mm im neuen und 690 mm im abgenutzten Zustand. Es ist daher die Kompatibilität zwischen dem Schienenfahrzeug und der Strecke durch Messfahrten nachzuweisen.

Bremse:

Zur Erfüllung der Bremsanforderungen sind technische Anpassungen am Fahrzeug durchzuführen. Dabei sind die Forderungen an die Betriebsbremse (hohe Verzögerungswerte/Bremskraft) und die in der SAM F 015 [83] gestellten Sicherheitsanforderungen zu beachten. Des Weiteren ist der Nachweis zum Befahren von Steilstrecken zu erbringen.

Energieversorgung:

Für das Gebiet nördlich von Paris wird das Spannungssystem 25kV AC benötigt. Der FLIRT3 NSR ist daher mit einem Wechselstromrichter auszustatten. Das für die Strecken südlich von Paris erforderliche Spannungssystem (1,5kV DC) ist bereits im Fahrzeug eingebaut.

Stromabnehmer und Interaktion zum Fahrdraht:

Für das Verkehren auf den Strecken, die mit dem 1,5kV DC-System ausgestattet sind, kann derselbe Stromabnehmer wie beim Einsatz in den Niederlanden verwendet werden. Dabei ist die Begrenzung der Temperatur der Fahrdrahtleitung auf 110°C im Stillstand zu berücksichtigen. Für das 25kV AC Spannungssystem wird ein zusätzlicher Stromabnehmer benötigt. Allgemein werden in Frankreich auch Anforderungen an die mittlere Kontaktkraft gestellt, auch die Messung der Lichtbogenanzahl wird zur Bewertung herangezogen. Die Anforderungen sind in Versuchen nachzuweisen.

Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung:

In Frankreich ist großflächig das nationale Zugbeeinflussungssystem KVB (Contrôle de vitesse par balises) installiert. Zusätzlich sind auch noch einige Strecken mit dem umgangssprachlichen System „Crocodile“ ausgestattet. Diese beiden Systeme sind gemeinsam mit ETCS beim Fahrzeug nachzurüsten.

Elektromagnetische Verträglichkeit:

Es ist die Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Gleisfreimeldesystemen sowie zu Signalsystemen und elektronischen Achszählern nachzuweisen. Dabei sind neben der EN 50238 und EN 50121 auch die nationalen Regelungen nach SAM S 003 bis SAM S 006 [84] zu beachten.

Sonstiges:

Für die Gestaltung des Führerstandes ist zusätzlich zur TSI die Norm EN 16186-1 einzuhalten. Da bei der Basisausführung des FLIRT3 die Anforderung an den Abstand vom Auge des Fahrzeugfahrers zur Frontscheibe verletzt wird, ist davon auszugehen, dass diese Bedingung beim FLIRT3 NSR nicht erfüllt ist. Die Erfahrungen aus früheren Projekten zeigen, dass mittels Sondergenehmigung die Zulassung des Fahrzeugs ohne Durchführung von technischen Anpassungen erreicht werden kann.

Zusätzliche Sicherheitsanforderungen werden auch an den Brandschutz in der SAM S 002 [85] gestellt. Dabei werden maximal zulässige Eintrittswahrscheinlichkeiten für bestimmte Ereignisse angegeben, die in einem Sicherheitsnachweis zu dokumentieren sind. Es wird davon ausgegangen, dass der Aufwand zur Erfüllung dieser Anforderungen vernachlässigt werden kann.

6.2.3 Elektrischer Doppelstock-Triebzug KISS WESTbahn2

Im Folgenden werden Punkte, die für eine uneingeschränkte Zulassung in der Schweiz und in Deutschland notwendig sind, erläutert. Anschließend werden die relevanten Anforderungen für die WESTbahn2 bei Einsatz in den Niederlanden genannt.

Untersuchungen für den vollständigen Einsatz in der Schweiz:

Fahrzeugprofil:

Der Triebzug KISS WESTbahn2 weist bereits die Schweizer Begrenzungslinie „EBV O2“ auf. Jedoch müssen die GSM-Antennen, die beim Verkehr in Österreich innerhalb der zulässigen Begrenzungslinie „G2“ liegen, abmontiert oder seitlich neu angeordnet werden.

Mit einer Einstiegshöhe von 570 mm über Schienenoberkante ist der autonome Einstieg zu Bahnsteigen mit Höhen von 550 mm über Schienenoberkante erfüllt.

Fahrtechnik:

Der Prüfbereich 5 für Radien kleiner 250 m (R<250m) wird bei der WESTbahn2 nicht durchgeführt, da für die nähere Zukunft kein Einsatz auf diesen Strecken vorgesehen ist. Für eine vollständige Zulassung in der Schweiz ist daher die Durchführung dieser Tests offen.

Stromabnehmer und Interaktion zum Fahrdraht:

Für den Einsatz in der Schweiz muss bei den Stromabnehmern die Wippe mit der Breite von 1950 mm abmontiert und durch eine 1450 mm breite Wippe mit optimierten Auflaufhörner getauscht werden.

Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung:

Da das Fahrzeug nicht mit den Schweizer Zugbeeinflussungseinrichtungen (SIGNUM bzw. ZUB) ausgestattet ist, sind nur Zugfahrten auf Strecken, die mit ETCS ausgerüstet sind, zulässig. Wie bereits erwähnt, soll das Schweizer Verkehrsnetz bis Ende 2017 flächendeckend mit ETCS versehen sein. Damit kann auf die nationale SIGNUM- und ZUB-Ausrüstung verzichtet werden.

Sonstiges:

Für die Konformität mit den Brandschutzanforderungen an Werkstoffe ist der Nachweis nach EN 45545 (anstatt DIN 5510) zu führen. Diese Anforderung kommt sowohl aus der TSI LOC & PAS 2014 [23] als auch aus den spezifischen Netzzugangsbedingungen für den Gotthard-Basistunnel und der Lötschberg-Basisstrecke.

Untersuchungen für den vollständigen Einsatz in Deutschland:

Fahrzeugprofil:

Für Deutschland ergibt sich bei der Einschränkungsrechnung für die Bezugslinie „DE3“ nach EN 15273-2 keine Überschreitungen. Die Einsatzstrecken wurden auf die Kompatibilität des Profils erfolgreich geprüft. Bei einer kompletten Zulassung für Deutschland ist jedoch mit streckenspezifischen Einschränkungen zu rechnen, da generell für Doppelstockzüge die Begrenzungslinie „G2“ gilt.

Zu erwähnen ist, dass Stadler bereits einen KISS mit dem Profil „G2“ entwickelt und erfolgreich an die Ostdeutsche Eisenbahn GmbH (ODEG) geliefert hat. Diese Züge sind auf den Strecken des Netzes „Stadtbahn“ Berlin/Brandenburg in Betrieb.

Bezüglich der Bahnsteighöhen, die in Deutschland mit 760 mm deutlich höher als die Einstiegshöhe der WESTbahn2 (570 mm über Schienenoberkante) sind, wird eine Rampe für den rollstuhlgerechten Einstieg verwendet. Bei Einsatz des Fahrzeuges in ganz Deutschland ist eine Abänderung der Einstiegshöhe erforderlich, da die Anforderungen der TSI PRM 2014 [28] verletzt sind. Der Aufwand der technischen Anpassungen zur Erfüllung der Anforderungen wird bei einer Fahrzeugneuentwicklung als durchaus machbar eingestuft, während die Anpassungen an das Referenzfahrzeug im Nachhinein eher unrealistisch erscheinen.

Sonstiges:

Bezüglich der Brückenbefahrbarkeit sind für die WESTbahn2 bereits die Stufen 1 und 2 der dynamischen Kompatibilitätsprüfung für die Einsatzstrecken durchgeführt worden. Diese ergeben eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 120km/h für das Überfahren von Brücken. Für die Vertragserfüllung ist noch die Durchführung der weiteren Stufen 3 bis 5 notwendig, die gegebenenfalls die Genehmigung für höhere Geschwindigkeiten erbringen. Diese Überprüfung müsste auf alle Strecken mit Brücken in Deutschland ausgeweitet werden, wobei zu erwähnen ist, dass es sich dabei um eine sehr kostenintensive Untersuchung handelt.

Für den Nachweis der Sicherheit bei Seitenwind nach RiL 807 [50] erfüllt der Triebzug KISS WESTbahn2 die Anforderungen bis zu einer Geschwindigkeit von 160 km/h.

Untersuchungen für den Einsatz in den Niederlanden:

Fahrzeugprofil:

Die für die Niederlande zulässigen Lichtraumprofile „G2“, „NL-1“ bzw. „NL-2“ weichen ebenfalls von der Begrenzungslinie des Triebzuges KISS WESTbahn2 ab. Da der Unterschied jedoch relativ gering ist, kann wie schon in Deutschland eventuell mittels einer Sondergenehmigung die Zulassung erreicht oder auf den KISS ODEG verwiesen werden.

Bezüglich der Bahnsteighöhen tritt auch hier eine Differenz zur Einstiegshöhe von 190 mm auf. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass die Bahnsteighöhen von dem generellen Maß (760 mm) oft abweichen. Bei den aktuellen Projekten in den

Niederlanden wird vom Netzbetreiber ProRail eine Kompatibilitätsüberprüfung für jeden angefahrenen Bahnsteig gefordert.

Energieversorgung:

In den Niederlanden ist vorwiegend das Spannungssystem DC 1,5 kV vorzufinden. Ein Austausch vom vorhandenen Spannungssystem (AC 15kV) zu einem DC 1,5kV System ist theoretisch möglich, da Wechselstromsysteme im Allgemeinen größer und schwerer als Gleichstromsysteme sind. Bei zusätzlichem Einbau ist der vorhandene Montageplatz zu prüfen und auch das zusätzliche Gewicht zu berücksichtigen. Dies kann speziell bei Doppelstockzügen kritisch bezüglich der Achslast sein.

Für das Verkehren auf der West-Ost-Verbindungsstrecke ist auch das Spannungssystem 25kV AC zu berücksichtigen.

Stromabnehmer und Interaktion zum Fahrdraht:

Für den Einsatz in den Niederlanden wird ein zusätzlicher Stromabnehmer mit einer Wippenbreite von 1950 mm und metallisierten Schleifleisten benötigt. Für einige Strecken ist eine Vorrichtung zur Begrenzung der maximalen Arbeitshöhe gefordert (Vorhandensein vieler Klapp- und Hebebrücken), außerdem ist zu berücksichtigen, dass die Temperatur der Fahrdrahtleitung im Stillstand 150°C nicht übersteigt.

Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung:

Als Zugbeeinflussungssystem ist generell das nationale ATB im Einsatz. Daher müsste der Triebzug KISS WESTbahn2 mit diesem zusätzlichen System ausgerüstet werden.

Ein kritischer Punkt ist die Detektion. Darunter ist die Fahrzeugerkennung zu verstehen, welche generell mit Gleisfreimeldeanlagen durchgeführt wird. Besonders bei leichten Fahrzeugen mit einer geringen Achsanzahl kann es passieren, dass das Fahrzeug von den Sensoren nicht erkannt und die Strecke irrtümlich freigegeben wird. Dieser Punkt ist jedoch für den Doppelstockzug WESTbahn2 aufgrund der relativ hohen Achslast (Streckenklasse C2: 20t/Achse) kein Problem.

Sonstiges:

Die zulässigen Geschwindigkeiten betragen auf den meisten Strecken zwischen 80 und 160 km/h. Daher ist eine Herabsetzung der maximal technischen Geschwindigkeit der WESTbahn2 erforderlich, sofern das Fahrzeug nur in den Niederlanden verkehren soll.

6.2.4 Elektrischer Triebzug EC250

Der EC250 weist wie der FLIRT3 NSR die kinematische Begrenzungslinie „G1“ auf. Daher kann das Fahrzeug bezüglich des Lichtraumprofils in allen in der Detailuntersuchung betrachteten Ländern eingesetzt werden.

Ein spezifisches Konzept für eingeschränkt mobile Personen (Persons with reduced mobility, PRM) ermöglicht einen autonomen Einstieg für die Bahnsteighöhen 550 mm und 760 mm (insgesamt 2 autonome und 10 einstufige Einstiege pro Fahrzeug für Bahnsteige mit Oberkante 550 mm über Schienenoberkante), welches in Abbildung 15 dargestellt ist. Damit werden die generellen Bahnsteighöhen der einzelnen Länder abgedeckt.

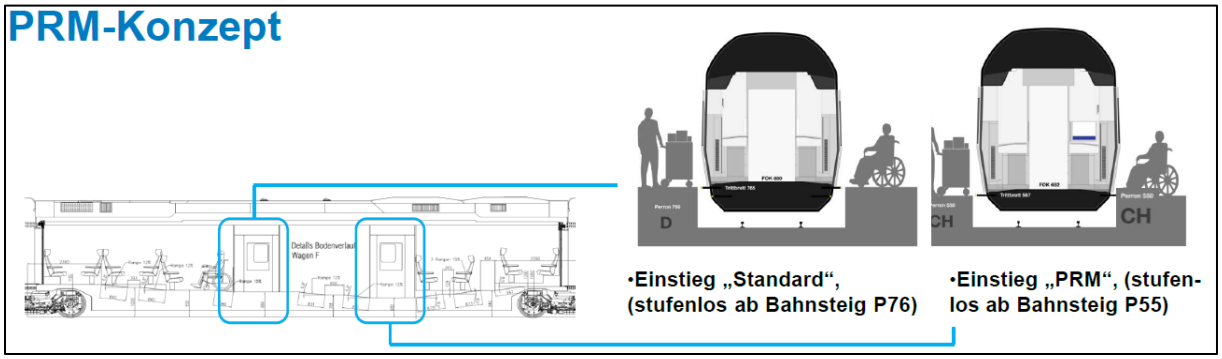


Abbildung 15: PRM-Konzept EC250 [20]

Im Folgenden werden die aus der Detailanalyse abgeleiteten Punkte für den Einsatz in den Niederlanden und Frankreich erläutert.

Untersuchungen für den Einsatz in den Niederlanden:

Energieversorgung:

Der EC250 ist bereits mit einem Gleichstromrichter für den Einsatz in Italien ausgestattet. Für den Einsatz in den Niederlanden das Spannungssystem 1,5 kV DC berücksichtigt werden.

Das für das Befahren der Hochgeschwindigkeitsstrecke und der West-Ost-Verbindungsstrecke notwendige Spannungssystem (25kV AC) ist bereits im Fahrzeug integriert.

Stromabnehmer und Interaktion zum Fahrdraht:

Für das Verkehren auf dem 1,5kV DC-System wird ein zusätzlicher Stromabnehmer benötigt. Dabei müssen die bereits bei der WESTbahn2 erläuterten Anforderungen berücksichtigt werden (metallisierte Schleifleisten, Begrenzung der maximalen Arbeitshöhe etc.).

Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung:

Für den flächendeckenden Einsatz ist das nationale Zugbeeinflussungssystem ATB zu integrieren. Dabei ist der dafür benötigte Montageplatz aktuell als kritisch zu sehen. Auf das bereits erwähnte Thema zur Detektion sollte beim EC250 geachtet werden, da die Achslast mit kleiner 20t eher gering ist.

Sonstiges:

Wie schon bei der Untersuchung der WESTbahn2 erwähnt, sind die meisten zulässigen Geschwindigkeiten in den Niederlanden in der Bandbreite 80-160 km/h und somit weit unter der maximalen Betriebsgeschwindigkeit des EC250. Die Niederlande weist nur eine Hochgeschwindigkeitsstrecke auf, auf der der EC250 mit seiner maximalen Geschwindigkeit eingesetzt werden kann (Verbindung Antwerpen – Rotterdam – Amsterdam).

Untersuchungen für den Einsatz in Frankreich:

Fahrzeug – Gleis Wechselwirkung:

Ab einer Geschwindigkeit von 190 km/h ist das Phänomen „Schotterflug“[7] zu beachten. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Hochgeschwindigkeitszug EC250 unter Berücksichtigung dieses Phänomens entwickelt wurde indem die Unterflurgeometrie aerodynamisch optimiert wurde. Es sind daher keine Anpassungen erforderlich.

Für die Verwendung der Sandstreuanlage ist die bei der Untersuchung des Triebzugs FLIRT3 NSR in Frankreich erwähnte Sicherheitsanforderung zu beachten.

[7] Hochwirbeln von Schottersteinen aus dem Gleisbett durch Sogwirkung.

Bremse:

Da das Bremskonzept grundsätzlich gleich dem FLIRT3 für den Einsatz in Frankreich ausgelegt wurde ist davon auszugehen, dass keine zusätzlichen Anpassungen an das System Bremse erforderlich sind.

Energieversorgung:

Das für das Gebiet nördlich von Paris und die meisten Hochgeschwindigkeitsstrecken erforderliche Spannungssystem (25kV AC) ist bereits beim EC250 berücksichtigt. Für die Strecken südlich von Paris ist wie für die Niederlande ein Gleichspannungswandler mit einer Nennspannung von 1,5kV einzubauen.

Stromabnehmer und Interaktion zum Fahrdraht:

Für den Einsatz auf dem 25kV AC Netz kann der bereits montierte Stromabnehmer, der für das Fahren in der Schweiz und Italien benützt wird, verwendet werden. Für die 1,5kV DC Strecken wird, wie auch in den Niederlanden, ein zusätzlicher Stromabnehmer benötigt. Die dabei speziell zu berücksichtigenden Anforderungen sind bereits bei der Untersuchung des Triebfahrzeuges FLIRT3 NSR bei Einsatz in Frankreich erwähnt worden.

Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung:

Der EC250 ist mit den nationalen Zugbeeinflussungssystemen KVB und Crocodile sowie dem für die Hochgeschwindigkeitsstrecken benötigte TVM (Transmission Voie-Machine)-Signalsystem auszurüsten.

Elektromagnetische Verträglichkeit:

Es sind die gleichen Regelwerke, die im Kapitel der Untersuchung des FLIRT3 NSR bei Einsatz in Frankreich erwähnt sind, zu beachten.

Sonstiges:

Wie schon bei der Untersuchung des FLIRT3 NSR sind für die Gestaltung des Führerstands die Norm EN 16186-1 und die zusätzlichen Sicherheitsanforderungen an den Brandschutz zu berücksichtigen.

Der Einsatz auf den französischen Hochgeschwindigkeitsstrecken ist rein technisch möglich, da die geforderte Geschwindigkeit ident mit der maximalen Betriebsgeschwindigkeit des EC250 ist. Jedoch werden Züge, welche die maximal

zulässige Geschwindigkeit der Strecke erreichen können, beim Einsatz bevorzugt. Da die meisten Trassen der Hochgeschwindigkeitsstrecken in Frankreich für 300km/h oder sogar mehr ausgelegt sind, ist hier von einer Benachteiligung bei der Trassenvergabe für den Betreiber auszugehen.

6.3 Zusammenfassung

In der Tabelle 18 wird eine tabellarische Zusammenfassung der Untersuchung gegeben. Darin sind die anzupassenden Systeme bzw. die zusätzlich zu erbringenden Nachweise, welche aus den NTR und Netzzugangsbedingungen abgeleitet werden, für die unterschiedlichen Fahrzeug/Länder-Kombinationen aufgelistet.

Die Punkte zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV), Störströme etc. wurden in den Anforderungskatalogen allgemein mit dem Status „offen“ bewertet, da nur schwer im Vorhinein eine Einschätzung zum Verhalten gegenüber den einzelnen Infrastrukturen der betrachteten Länder gegeben werden kann. Es sind dementsprechend länderspezifische Test und Optimierungen durchzuführen.

Zusätzlich ist auch zu erwähnen, dass die Anforderungen aus den Regelwerken mit der Behörde bzw. den DeBo/NoBo projektspezifisch abzustimmen sind. Einerseits können zusätzliche Anforderungen gestellt werden, andererseits gibt es auch oft die Möglichkeit mittels einer Sondergenehmigung die Zulassung zu erhalten. Gegebenenfalls resultieren daraus Geschwindigkeits- oder Streckeneinschränkungen.

Tabelle 18: Zusammenfassung der Untersuchungen

	CH	AT	DE	NL	FR	GB
FLIRT3 NSR FFF	- Wagenkastenänderung bezügl. Einstiegshöhe - Nachweis Weichenfahrten und Prüfbereich 5 (R<250m) - zusätzliches Spannungs-system: 15kV AC - zusätzlicher Stromabnehmer - Anpassungen Bremse - Nachweis Steilstreckentauglichkeit - ETCS nachrüsten - Nachweis Seitenwindstabilität - Anpassungen Brandschutz für GBT und LBS (Trennwände,etc.) - Nachweise zu Störströme/EMV	- Fahrsicherheitsnachweis für kleine Radien und glaschtes Gleis - zusätzliches Spannungs-system: 15kV AC - zusätzlicher Stromabnehmer - Anpassungen Bremse - Nachweis Steilstreckentauglichkeit - Sandstreueinrichtung - PZB, ETCS nachrüsten - Anpassungen Brandschutz (Trennwände,etc.) - Nachweise zu Störströme/EMV	- Nachweis Torsionsschwingungen - zusätzliches Spannungs-system: 15kV AC - zusätzlicher Stromabnehmer - Anpassungen Bremse - Nachweis Steilstreckentauglichkeit - Sandstreueinrichtung - PZB, ETCS nachrüsten - Nachweis Seitenwindstabilität - Nachweis Brückenbefahrbarkeit - Nachweise zu Störströme/EMV		- Kompatibilitätsnachweis für Raddurchmesser JLDG - zusätzliches Spannungs-system: 25kV AC - zusätzlicher Stromabnehmer - Anpassungen Bremse - Nachweis Steilstreckentauglichkeit - Sandstreueinrichtung - Crocodile, KVB, ETCS nachrüsten - Nachweise zu Störströme/EMV	neues Fahrzeugkonzept
KISS WESTbahn2	- GSM-Antennen abmontieren/versetzen - Nachweis Prüfbereich 5 (R<250m) - Stromabnehmerwippe tauschen - Brandschutz Werkstoffnachweis		- Wagenkastenprofiländerung inkl. Anpassung Einstiegshöhe - Seitenwindstabilität - Nachweis Brückenbefahrbarkeit	- Wagenkastenprofiländerung inkl. Anpassung der Einstiegs-höhe - zusätzliches Spannungs-system: 1,5kV DC (und 25kV AC) - zusätzlicher Stromabnehmer - ATB nachrüsten - Nachweise zu Störströme/EMV	neues Fahrzeugkonzept	neues Fahrzeugkonzept
EC250				- zusätzliches Spannungs-system: 1,5kV DC - zusätzlicher Stromabnehmer - ATB nachrüsten - Nachweise zu Störströme/EMV	- zusätzliches Spannungs-system: 1,5kV DC - zusätzlicher Stromabnehmer - Crocodile, KVB, TVM nachrüsten - Nachweise zu Störströme/EMV	neues Fahrzeugkonzept

7 Ableitung von Maßnahmen für die untersuchten Triebfahrzeuge

7.1 Konzepte zur Anpassung der elektrischen Triebfahrzeuge

Grundsätzlich beruhen die Konzepte der Entwicklung für neue Fahrzeuge auf einer Basisausführung der jeweiligen Fahrzeugfamilie. Dabei sind manche Systeme modular ausgeführt und die schnittstellenunabhängigen Systeme flexibel anpassbar. Die Fahrzeugkonfigurationen sind beispielsweise variierbar in der Fahrzeuglänge, Ausführung als EMU (Electric Multiple Unit) oder DMU (Diesel Multiple Unit), Anordnung der Dachaufbauten, Anordnung der Türeinstiege etc.

Im Folgenden werden vier Systeme näher betrachtet und die grundsätzlichen Konzepte für Anpassungen und deren Auswirkungen fahrzeugunabhängig vorgestellt.

7.1.1 Konzept Wagenkastenänderung bezüglich der Einstiegshöhe

Die Anpassung des Wagenkastens zur Erfüllung der Kompatibilität mit vorgegebenen Bahnsteighöhen ist im Nachhinein nur schwer bis gar nicht machbar. Es ist dabei der generelle Aufbau der Strukturelemente zu ändern und auch die Versetzung der Türen zu beachten. Des Weiteren ist bei Neuauslegung der statische Druckversuch zu wiederholen.

Die Höhe der Fußbodenoberkante bei den Basisausführungen der Stadler Fahrzeugfamilien KISS und FLIRT3 ist für die zwei in der TSI angegebenen Vorzugs-Bahnsteighöhen (550 mm und 760 mm über Schienenoberkante) anpassbar. Dabei sind beim KISS die Einstiegstüren im Unterdeck angeordnet [65].

Die Abbildung 16 zeigt die Unterschiede im Wagenkastenaufbau bei Fahrzeugen mit Fußbodenoberkanten (FOK) 760 mm und 600 mm.

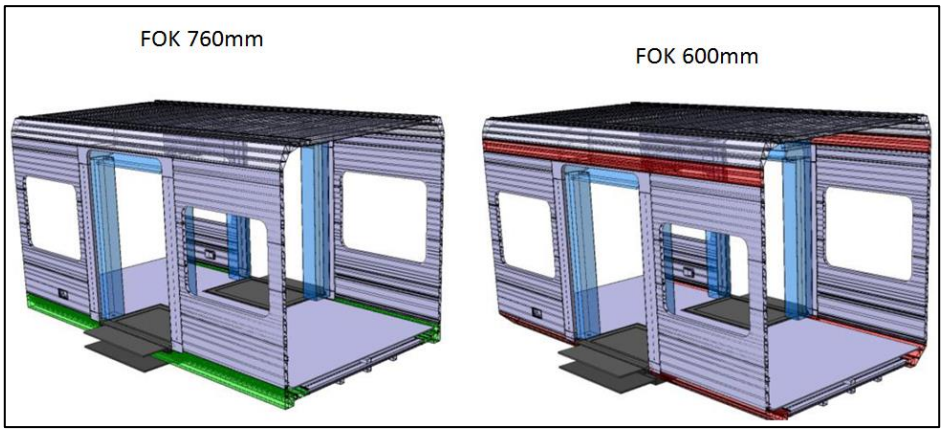


Abbildung 16: Konzept Wagenkastenänderung bei unterschiedlichen Einstiegshöhen [65]

7.1.2 Modulare Dachausführung

Die Dachausführung wird prinzipiell unter Berücksichtigung der verschiedenen Antriebskombinationen entwickelt. Die Dachaufbauten mit der Mehrsystemausrüstung sind dabei die Basis für die abgespeckte Einsystemausrüstung. Ziel ist es, die identischen Baugruppen zwischen den unterschiedlichen Antriebssystemen einzusetzen und die baugleichen Komponenten projektunabhängig zu entwickeln. In der folgenden Tabelle 19 sind die Hauptbaugruppen aufgelistet, welche für den Endwagen eines Fahrzeugs benötigt werden [65]. Anschließend werden diese bei unterschiedlicher Ausführung (Mehrsystem/Einsystem) in der Abbildung 17 gezeigt.

Nr.	Baugruppe
1	Fahrerstand Klimagerät
2	Fahrgastraum Klimagerät
3	Fahrmotorkühlung
4	Trafo AC 15kV/25kV
5	Trafo Mehrsystem mit Drossel
6	DC Drossel
7	Trafo-, Stromrichter- und Drosselkühlung
8	Bremswiderstand
9	Pneumatik Lufttank (140l)
10	Kondensator Box
11	Systemumschaltung AC/DC
12	Antennentisch

Tabelle 19: Baugruppen modularer Dachraum Endwagen (Basisausführung FLIRT3) [65]

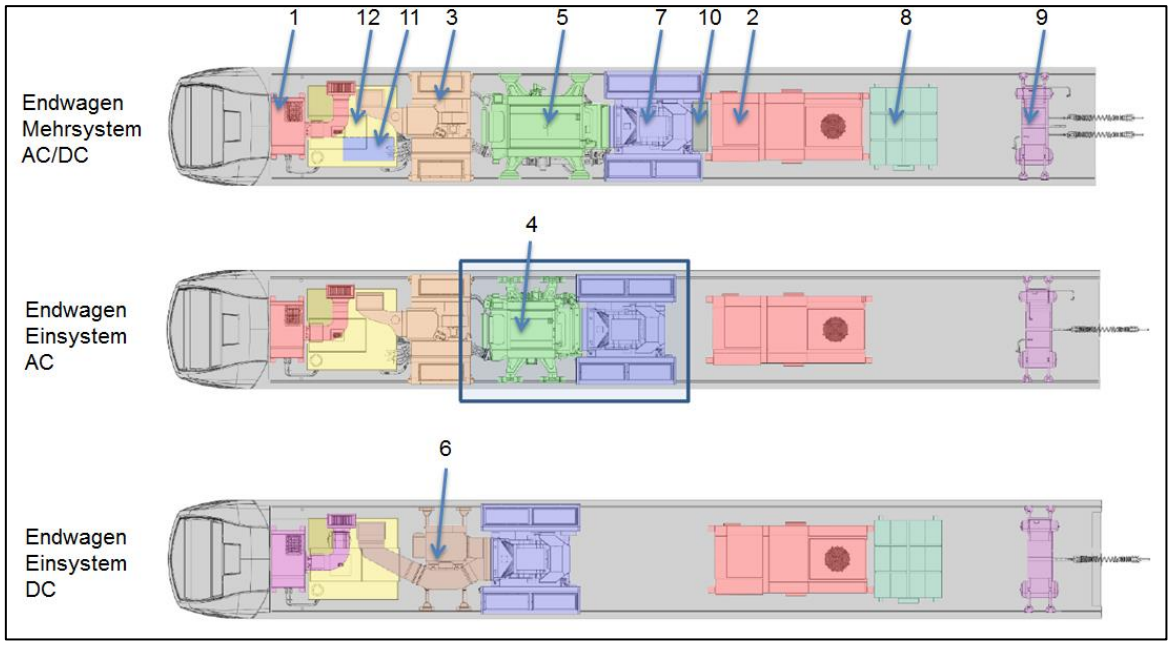


Abbildung 17: Konzept modularer Dachraum Endwagen (Basisausführung FLIRT3) [65]

In der nachstehenden Tabelle 20 und Abbildung 18 ist selbiges für einen Mittelwagen aufgeführt.

Nr.	Baugruppe
1	Fahrgastraum Klimagerät
2	Kompressor
3	Pneumatik Lufttank (400l)
4	Stromabnehmer (AC und DC Ausführungen)
5	Trennschalter
6	AC Hauptschalter
7	DC Box mit Hauptschalter

Tabelle 20: Baugruppen modularer Dachraum Mittelwagen (Basisausführung FLIRT3) [65]

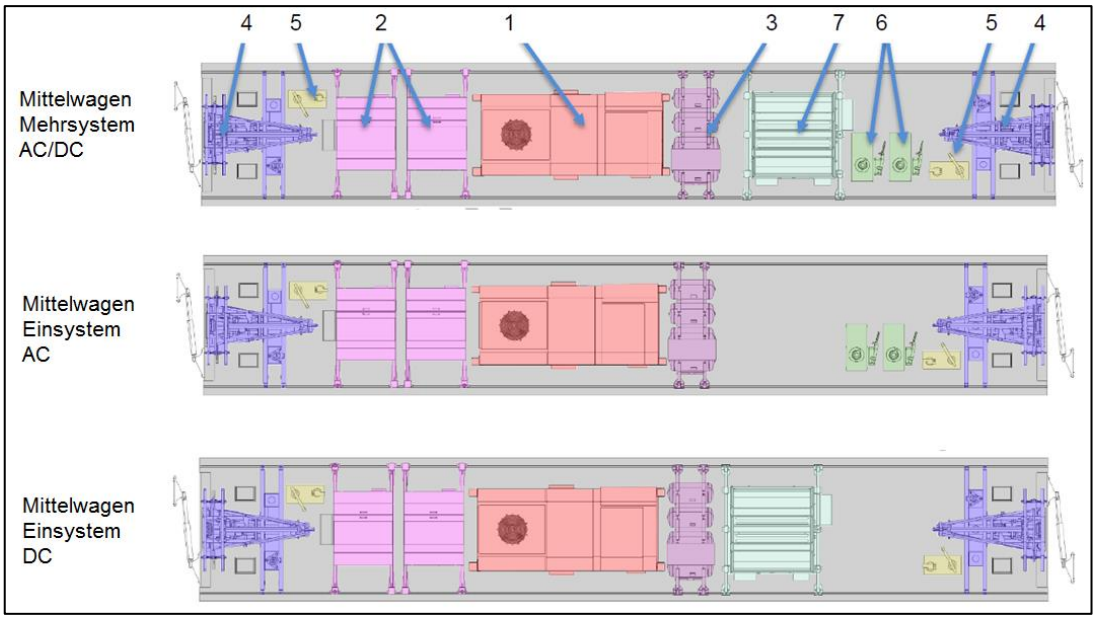


Abbildung 18: Konzept modularer Dachraum Mittelwagen (Basisausführung FLIRT3) [65]

Wie aus den Abbildungen zu erkennen ist, ist der Bauraum für alle Spannungssysteme modular ausgeführt und somit für die flexible Anpassung auf die Anforderungen neuer Marktgebiete ausgelegt. Die Montage von (zusätzlichen) Stromabnehmern ist prinzipiell nach horizontaler Ausrichtung über den Drehgestellen auszuführen.

Die Auswirkungen bei Einbau zusätzlicher Komponenten gehen direkt mit erhöhtem Raumbedarf und einer Gewichtszunahme des Fahrzeugs einher und sollten daher bei der Fahrzeugentwicklung berücksichtigt werden.

7.1.3 Modularer Maschinenraum

Abbildung 19 zeigt den Maschinenraum eines Fahrzeugs bei den unterschiedlichen Ausführungen der Spannungssysteme. Dieser ist wie der Dachraum modular ausgeführt. Bei Einbau eines Mehrsystems ist der zusätzlich benötigte Raumbedarf zu berücksichtigen, welcher gegebenenfalls eine Reduktion der Sitzplatzkapazität erfordert. Auch das Gewicht der zusätzlich erforderlichen Module ist zu beachten [65]. Die durch die Massenerhöhung resultierenden Auswirkungen werden im Kapitel 7.2beschrieben.

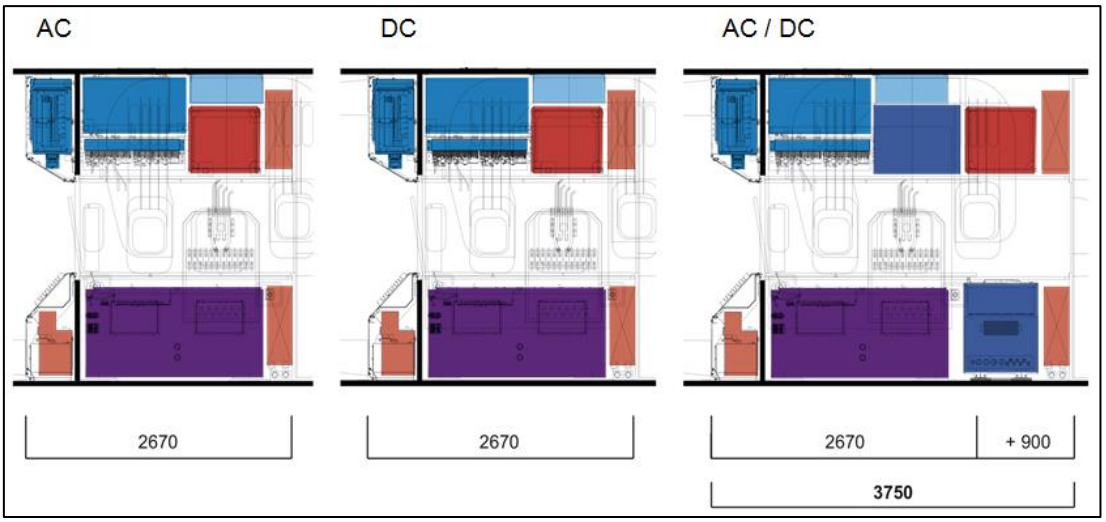


Abbildung 19: Konzept modularer Maschinenraum (Basisausführung FLIRT3) [65]

7.1.4 Modularer Schrank für Zugbeeinflussungssysteme

In der Basisausführung ist ein definierter Einbauraum (Höhe/Breite/Tiefe: 1740 mm/480 mm/330 mm) für die Zugbeeinflussung vorgesehen. Je nach Einsatzgebiet des Fahrzeuges muss der zur Verfügung stehende Raum von Fall zu Fall neu untersucht werden [65]. In der nachfolgenden Abbildung 20 ist der benötigte Raumbedarf beispielhaft für unterschiedliche Länder-Kombinationen zu sehen. Die einzelnen Systeme werden von Stadler zugekauft.

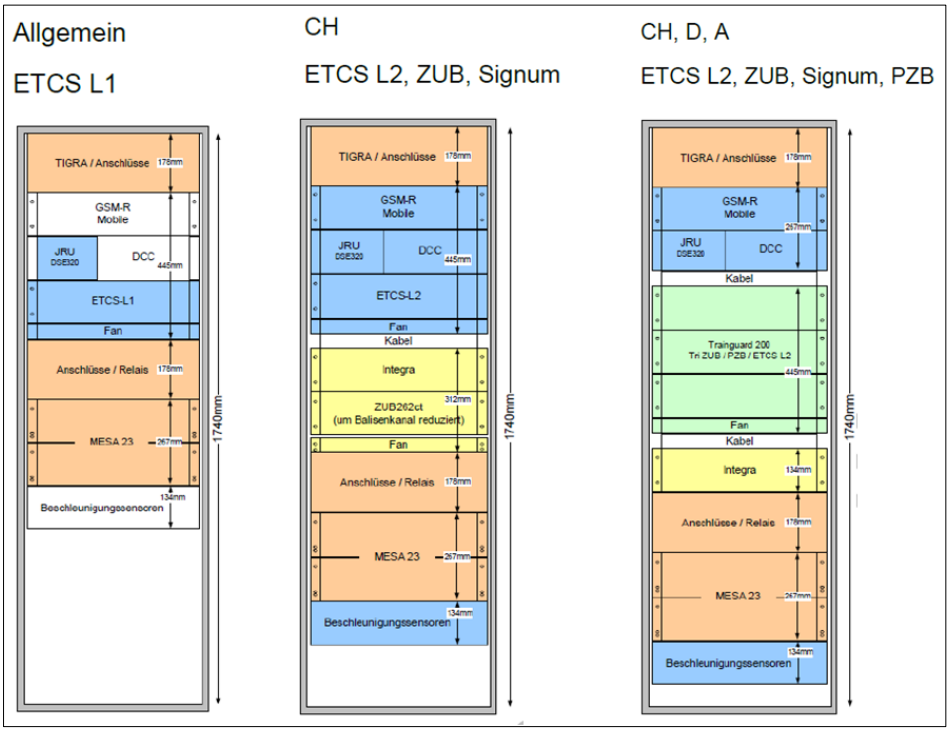


Abbildung 20: Konzept zur Integration von Zugbeeinflussungssystemen [65]

7.2 Massenbewertung

7.2.1 Fahrzeugparameter

In diesem Kapitel werden die Massenänderungen der einzelnen Fahrzeuge, welche aus den technischen Anpassungen resultieren um die Konformität bezüglich der nationalen technischen Regeln und Netzzugangsbedingungen für die verschiedenen Länder zu erreichen, untersucht.

Für den Triebzug FLIRT3 NSR wird die Ausführung als 3-teiler und für die WESTbahn2 die Ausführung als 4-teiler bei der Bewertung betrachtet. Der EC250 liegt in der Variante IC (InterCity) als 11-teiliger Triebzug vor. Die Abweichungen werden in Masseeinheit (kg) pro Triebzug angegeben.

Im Folgenden wird für jede Fahrzeug/Länder-Kombination eine tabellarische Übersicht mit den zu erwartenden Massenänderungen gegeben.

7.2.2 Elektrischer Triebzug FLIRT3 NSR

Massenbewertung für den Einsatz in der Schweiz:

Beschreibung	Δ Masse in kg/Triebzug
Wagenkastenänderung bezüglich Einstiegshöhe (Δ=230mm)	300
Mehrsystem (AC/DC-Wechselstromrichter)	2000
Zusätzlicher Stromabnehmer	150
Anpassungen Bremse	vernachlässigbar
ETCS nachrüsten	150
Anpassungen für Brandschutz bei GBT und LBS (Trennwände etc.)	300
SUMME	**2900**

Tabelle 21: Massenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in der Schweiz

Massenbewertung für den Einsatz in Österreich:

Beschreibung	Δ Masse in kg/Triebzug
Mehrsystem (AC/DC-Wechselstromrichter)	2000
Zusätzlicher Stromabnehmer	150
Anpassungen Bremse	vernachlässigbar
Einbau Sandstreueinrichtung	200
ETCS nachrüsten	150
Nationales Zugbeeinflussungssystem (PZB) nachrüsten	100
Anpassungen für Brandschutz (Trennwände etc.)	300
SUMME	**2900**

Tabelle 22: Massenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in Österreich

Massenbewertung für den Einsatz in Deutschland:

Beschreibung	Δ Masse in kg/Triebzug
Mehrsystem (AC/DC-Wechselstromrichter)	2000
Zusätzlicher Stromabnehmer	150
Anpassungen Bremse	vernachlässigbar
Einbau Sandstreueinrichtung	200
ETCS nachrüsten	150
Nationales Zugbeeinflussungssystem (PZB) nachrüsten	100
SUMME	**2600**

Tabelle 23: Massenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in Deutschland

Massenbewertung für den Einsatz in Frankreich:

Beschreibung	Δ Masse in kg/Triebzug
Mehrsystem (AC/DC-Wechselstromrichter)	2000
Zusätzlicher Stromabnehmer	150
Anpassungen Bremse	vernachlässigbar
Einbau Sandstreueinrichtung	200
ETCS nachrüsten	150
Nationale Zugbeeinflussungssysteme (Crocodile, KVB) nachrüsten	200
SUMME	**2700**

Tabelle 24: Massenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in Frankreich

7.2.3 Elektrischer Doppelstock-Triebzug KISS WESTbahn2

Massenbewertung für den vollständigen Einsatz in der Schweiz:

Beschreibung	Δ Masse in kg/Triebzug
GSM Antennen versetzen	vernachlässigbar
Stromabnehmerwippe tauschen	vernachlässigbar
SUMME	**vernachlässigbar**

Tabelle 25: Massenbewertung KISS WESTbahn2 für den vollständigen Einsatz in der Schweiz

Massenbewertung für den vollständigen Einsatz in Deutschland:

Beschreibung	Δ Masse in kg/Triebzug
Wagenkastenänderung inkl. Anpassen der Einstiegshöhe (EBV O2 → G2)	vernachlässigbar
SUMME	**vernachlässigbar**

Tabelle 26: Massenbewertung KISS WESTbahn2 für den vollständigen Einsatz in Deutschland

Massenbewertung für den Einsatz in den Niederlanden:

Beschreibung	Δ Masse in kg/Triebzug
Wagenkastenänderung inkl. Anpassung der Einstiegshöhe (EBV O2 → G2)	vernachlässigbar
Mehrsystem (AC/DC-Wechselstromrichter)	2000
Zusätzlicher Stromabnehmer	150
Nationales Zugbeeinflussungssystem (ATB) nachrüsten	100
SUMME	**2250**

Tabelle 27: Massenbewertung KISS WESTbahn2 für den Einsatz in den Niederlanden

7.2.4 Elektrischer Triebzug EC 250

Massenbewertung für den Einsatz in den Niederlanden:

Beschreibung	Δ Masse in kg/Triebzug
Anpassung Einsystem (DC-Spannungsrichter)	vernachlässigbar
Zusätzlicher Stromabnehmer	150
Nationales Zugbeeinflussungssystem (ATB) nachrüsten	100
SUMME	**250**

Tabelle 28: Massenbewertung EC250 für den Einsatz in den Niederlanden

Massenbewertung für den Einsatz in Frankreich:

Beschreibung	Δ Masse in kg/Triebzug
Anpassung Einsystem (DC-Spannungsrichter)	vernachlässigbar
Zusätzlicher Stromabnehmer	150
Nationale Zugbeeinflussungssysteme (Crocodile, KVB, TVM) nachrüsten	300
SUMME	**450**

Tabelle 29: Massenbewertung EC250 für den Einsatz in Frankreich

7.2.5 Zusammenfassung

In Tabelle 30 ist eine Übersicht für die verschiedenen Fahrzeug/Länder-kombinationen bezüglich der zu erwartenden Massenänderungen pro Triebfahrzeug dargestellt.

	CH	AT	DE	NL	FR	GB
FLIRT3 NSR FFF	2900 kg	2900 kg	2600 kg		2700 kg	
KISS WESTbahn2	vernachlässigbar		vernachlässigbar	2250 kg		
EC250				250 kg	450 kg	

Tabelle 30: Übersicht Ergebnis der Massenbewertung

Die größten Auswirkungen lassen sich auf den Einbau der für ein Mehrspannungssystem erforderlichen Komponenten zurückführen. Dabei ist der elektrische Triebzug EC250 bei dieser Bewertung deutlich im Vorteil, da das Fahrzeug bereits mit einem Mehrsystem ausgelegt ist.

Es ist zu beachten, dass bei Überschreitung von zulässigen Massenänderungen die Durchführung von Neuversuchen notwendig ist. Dabei ist die zulässige Abweichung mit nicht mehr als 3% von der Auslegungsmasse - betriebsbereites Fahrzeug nach TSI LOC & PAS 2014 [23] definiert. Bei Abweichung der Achslast von größer als 3% müssen Nachweise in folgenden Bereichen wiederholt werden:

- Strukturnachweis für Wagenkasten, Drehgestell und Radsatz
- Fahrdynamik
- Bremsauslegung.

Des Weiteren ist die Radsatzlast durch die Auslegungs-Radsatzlast beschränkt. Wird diese überschritten, ist auch in diesem Bereich ein neuer Nachweis zu führen.

Für die Triebzüge FLIRT3 NSR und KISS WESTbahn2 ist die Einhaltung der Toleranzen für die Massenabweichung im Detail zu überprüfen. Die exakten Auswirkungen (im Speziellen die Aufteilung der gesamten Massenzunahme durch die zusätzlich eingebauten Systeme auf die einzelnen Achsen) sind ohne genauere Analyse nur schwer abzuschätzen.

7.3 Kostenbewertung

7.3.1 Kostenermittlung zur Umsetzung der Maßnahmen

In diesem Kapitel werden die zu erwartenden Kosten für die technischen Anpassungen und zusätzlich erforderlichen Nachweise abgeschätzt, um die Konformität bezüglich der nationalen technischen Regeln und Netzzugangsbedingungen für die verschiedenen Länder zu erreichen. Auch die durch die Massenzunahme verursachten, zusätzlich erforderlichen Nachweise werden in der Bewertung berücksichtigt.

Für die untersuchten Triebzüge werden dieselben Ausführungen (Fahrzeugvarianten) wie für die Massenbewertung herangezogen.

In der Bewertung wird zwischen Einmalkosten und Serienkosten unterschieden. Unter Einmalkosten werden Aufwände für Entwicklung, Konstruktion und Berechnung, diverse Nachweise, Gutachter etc., berücksichtigt. Sie werden auf die Anzahl der produzierten Fahrzeuge aufgeteilt. Die Serienkosten enthalten Aufwände, die für jeden produzierten Triebzug anfallen. Darunter fallen vor allem Material- und Montagekosten.

Für die Wagenkastenänderung wird der Aufwand für neue Profilwerkzeuge, Durchführung von neuen Strukturnachweisen sowie für Konstruktion und Berechnung berücksichtigt.

Bei Bedarf eines zusätzlichen Spannungssystems werden die Material- und Montagekosten der erforderlichen Komponenten angegeben. Dabei wird für den FLIRT3 NSR die Aufrüstung zu einem Mehrspannungsystem mit einem Aufwand von 500.000,-CHF abgeschätzt. Für den KISS hat Stadler noch kein Fahrzeug mit

einem Mehrsystem entwickelt, daher werden in diesem Fall auch Entwicklungskosten beachtet. Die für das Einsystem erforderlichen Anpassungen werden in der Kostenbewertung vernachlässigt.

Für die Berücksichtigung eines zusätzlichen Zugbeeinflussungssystems werden Material- und Montagekosten für das ETCS von 1.000.000,- CHF und für ein nationales System von 100.000,- CHF angenommen. Für den Einkauf der Systeme fallen als Einmalkosten für ETCS 3.000.000,- CHF bzw. für ein anderes System 300.000,- CHF an.

Bei Montage eines zusätzlichen Stromabnehmers werden die Material- und Montagekosten mit 50.000,- CHF pro Triebzug abgeschätzt, während für die Durchführung der erforderlichen Tests ein Aufwand von 100.000,- CHF angenommen wird.

Das Aufwerten des Fahrzeuges in eine höhere Brandschutzklasse erfordert den Einbau von Trennwänden zwischen jedem Wagen und eine bessere Abschirmung des Maschinenraums zur Erhöhung der Notlauffähigkeitsdauer. Für den 3-teiligen FLIRT3 NSR ergibt sich ein Gesamtaufwand von 150.000,- CHF pro Triebzug.

Die Kosten für die Durchführung der Brückenbefahrbarkeitsuntersuchung sind von den Werten der aktuellen Projekte (EC250 und WESTbahn2) abgeleitet worden. Diese Werte sind jedoch mit Vorsicht zu betrachten, da der Prozess der Untersuchung sehr fahrzeugabhängig ist und der Umfang der Untersuchungen im Vorhinein nicht genau abgeschätzt werden kann.

Für den Einbau einer Sandstreuanlage beim FLIRT3 NSR werden Kosten von 50.000,- CHF pro Triebzug erwartet.

Die Hard- und Softwareanpassungen an der Bremse erfordern die erneute Durchführung der Bremsversuche. Der gesamte Aufwand wird in der Kostenbewertung entsprechend berücksichtigt. Die Kosten für den Nachweis zur Steilstreckentauglichkeit belaufen sich auf 50.000,- CHF.

Bezüglich der länderspezifischen Nachweise zu EMV, Störströme etc., wird ein einheitlicher Preis von 150.000,- CHF angenommen.

Die Aufwände für die restlichen Nachweise sind direkt den Tabellen der Kostenbewertung zu entnehmen.

Auch die externen Kosten für die Zulassung der Fahrzeuge (DeBo, NoBo, Gutachter etc.) und Aufwände für die Sicherheitsbeurteilung und –prüfung werden mit entsprechendem Aufwand in der Bewertung berücksichtigt.

In den folgenden Unterkapiteln wird für jede Fahrzeug/Länder-Kombination eine tabellarische Übersicht mit dem zu erwartenden Kostenaufwand gegeben.

7.3.2 Elektrischer Triebzug FLIRT3 NSR

Kostenbewertung für den Einsatz in der Schweiz:

Beschreibung	Einmalkosten in CHF	Serienkosten in CHF/Triebzug
Wagenkastenänderung bezüglich Einstiegshöhe inkl. Strukturneunachweis	1.100.000	
Nachweis Weichenfahrten	50.000	
Nachweis Prüfbereich 5 (R<250m)	350.000	
Neunachweis Fahrtechnik	400.000	
Neunachweis Drehgestell und Radsatz	500.000	
Mehrsystem (AC/DC-Wechselstromrichter)		500.000
Zusätzlicher Stromabnehmer inkl. Nachweis	100.000	50.000
Anpassungen Bremse inkl. Neunachweis	300.000	200.000
Nachweis Steilstreckentauglichkeit	50.000	
Nachweis Seitenwindstabilität	200.000	
ETCS nachrüsten	3.000.000	1.000.000
Anpassungen für Brandschutz bei GBT und LBS (Trennwände etc.)		150.000
Nachweis EMV, Störströme etc.	150.000	
Softwareintegration von Anpassungen	100.000	
Zulassung extern (DeBo, NoBo, Gutachter etc.)	700.000	
Sicherheitsbeurteilung und -prüfung	200.000	
SUMME	**7.200.000**	**1.900.000**

Tabelle 31: Kostenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in der Schweiz

Kostenbewertung für den Einsatz in Österreich:

Beschreibung	Einmalkosten in CHF	Serienkosten in CHF/Triebzug
Strukturneunachweis für Wagenkasten	900.000	
Fahrsicherheitsnachweis für kleine Radien u. gelaschtes Gleis	350.000	
Neunachweis Fahrtechnik	400.000	
Neunachweis Drehgestell und Radsatz	500.000	
Mehrsystem (AC/DC-Wechselstromrichter)		500.000
Zusätzlicher Stromabnehmer inkl. Nachweis	100.000	50.000
Anpassungen Bremse inkl. Neunachweis	300.000	200.000
Nachweis Steilstreckentauglichkeit	50.000	
Einbau Sandstreueinrichtung		50.000
ETCS nachrüsten	3.000.000	1.000.000
Nationales Zugbeeinflussungssystem (PZB) nachrüsten	300.000	100.000
Anpassungen für Brandschutz (Trennwände etc.)		150.000
Nachweis EMV, Störströme etc.	150.000	
Softwareintegration von Anpassungen	100.000	
Zulassung extern (DeBo, NoBo, Gutachter etc.)	700.000	
Sicherheitsbeurteilung und -prüfung	200.000	
Funktionale Sicherheitsgutachten	100.000	
SUMME	**7.150.000**	**2.050.000**

Tabelle 32: Kostenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in Österreich

Kostenbewertung für den Einsatz in Deutschland:

Beschreibung	Einmalkosten in CHF	Serienkosten in CHF/Triebzug
Strukturneunachweis für Wagenkasten	900.000	
Neunachweis Fahrtechnik	400.000	
Nachweis Torsionsschwingungen	500.000	
Neunachweis Drehgestell und Radsatz	500.000	
Mehrsystem (AC/DC-Wechselstromrichter)		500.000
Zusätzlicher Stromabnehmer inkl. Nachweis	100.000	50.000
Anpassungen Bremse inkl. Neunachweis	300.000	200.000
Nachweis Steilstreckentauglichkeit	50.000	
Einbau Sandstreueinrichtung		50.000
ETCS nachrüsten	3.000.000	1.000.000
Nationales Zugbeeinflussungssystem (PZB) nachrüsten	300.000	100.000
Nachweis Seitenwindstabilität	200.000	

Nachweis Brückenbefahrbarkeit	700.000[8]	
Nachweis EMV, Störströme etc.	150.000	
Softwareintegration von Anpassungen	100.000	
Zulassung extern (DeBo, NoBo, Gutachter etc.)	700.000	
Sicherheitsbeurteilung und -prüfung	200.000	
Funktionale Sicherheitsgutachten	100.000	
SUMME	**7.700.000**	**1.900.000**

Tabelle 33: Kostenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in Deutschland

Kostenbewertung für den Einsatz in Frankreich:

Beschreibung	**Einmalkosten in CHF**	**Serienkosten in CHF/Triebzug**
Strukturneunachweis für Wagenkasten	900.000	
Kompatibilitätsnachweis für JLDG	40.000	
Neunachweis Fahrtechnik	400.000	
Neunachweis Drehgestell und Radsatz	500.000	
Mehrsystem (AC/DC-Wechselstromrichter)		500.000
Zusätzlicher Stromabnehmer inkl. Nachweis	100.000	50.000
Anpassungen Bremse inkl. Nachweis	300.000	200.000
Nachweis Steilstreckentauglichkeit	50.000	
Einbau Sandstreueinrichtung		50.000
ETCS nachrüsten	3.000.000	1.000.000
Nationale Zugbeeinflussungssysteme (Crocodile, KVB) nachrüsten	600.000	200.000
Nachweis EMV, Störströme etc.	150.000	
Softwareintegration von Anpassungen	100.000	
Zulassung extern (DeBo, NoBo, Gutachter etc.)	800.000	
Sicherheitsbeurteilung und -prüfung	200.000	
SUMME	**7.140.000**	**2.000.000**

Tabelle 34: Kostenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in Frankreich

[8] Bei Berücksichtigung des „beabsichtigten“ Einsatzgebiets (Fahrplanmässig befahrene Strecken).

7.3.3 Elektrischer Doppelstock-Triebzug KISS WESTbahn2

Kostenbewertung für den vollständigen Einsatz in der Schweiz:

Beschreibung	Einmalkosten in CHF	Serienkosten in CHF/Triebzug
GSM Antennen versetzen		50.000
Nachweis Prüfbereich 5 (R<250m)	350.000	
Stromabnehmerwippe tauschen		10.000
Werkstoffnachweis Brandschutz	150.000	
Zulassung extern (DeBo, NoBo, Gutachter etc.)	100.000	
SUMME	**500.000**	**60.000**

Tabelle 35: Kostenbewertung KISS WESTbahn2 für den vollständigen Einsatz in der Schweiz

Kostenbewertung für den vollständigen Einsatz in Deutschland:

Beschreibung	Einmalkosten in CHF	Serienkosten in CHF/Triebzug
Wagenkastenänderung inkl. Anpassen der Einstiegshöhe (EBV O2 → G2) und Strukturnachweis	1.100.000	
Nachweis Seitenwindstabilität	200.000	
Nachweis Brückenbefahrbarkeit	700.000	
SUMME	**2.000.000**	**0**

Tabelle 36: Kostenbewertung KISS WESTbahn2 für den vollständigen Einsatz in Deutschland

Kostenbewertung für den Einsatz in den Niederlanden:

Beschreibung	Einmalkosten in CHF	Serienkosten in CHF/Triebzug
Wagenkastenänderung inkl. Anpassung der Einstiegshöhe (EBV O2 → G2) und Strukturnachweis	1.100.000	
Neunachweis Fahrtechnik	400.000	
Neunachweis Drehgestell und Radsatz	500.000	
Mehrsystem (AC/DC-Wechselstromrichter)	500.000	500.000
Zusätzlicher Stromabnehmer inkl. Nachweis	100.000	50.000
Neunachweis Bremse	200.000	
Nationales Zugbeeinflussungssystem (ATB) nachrüsten	300.000	100.000
Nachweis EMV, Störströme etc.	150.000	
Zulassung extern (DeBo, NoBo, Gutachter etc.)	500.000	
SUMME	**3.750.000**	**650.000**

Tabelle 37: Kostenbewertung KISS WESTbahn2 für den Einsatz in den Niederlanden

7.3.4 Elektrischer Triebzug EC 250

Kostenbewertung für den Einsatz in den Niederlanden:

Beschreibung	Einmalkosten in CHF	Serienkosten in CHF/Triebzug
Anpassung Einsystem (DC-Spannungsrichter)	vernachlässigbar	
Zusätzlicher Stromabnehmer inkl. Nachweis	100.000	50.000
Nationales Zugbeeinflussungssystem (ATB) nachrüsten	300.000	100.000
Nachweis EMV, Störströme etc.	150.000	
Zulassung extern (DeBo, NoBo, Gutachter etc.)	400.000	
SUMME	**950.000**	**150.000**

Tabelle 38: Kostenbewertung EC250 für den Einsatz in den Niederlanden

Kostenbewertung für den Einsatz in Frankreich:

Beschreibung	Einmalkosten in CHF	Serienkosten in CHF/Triebzug
Anpassung Einsystem (DC-Spannungsrichter)	vernachlässigbar	
Zusätzlicher Stromabnehmer inkl. Nachweis	100.000	50.000
Nationale Zugbeeinflussungssysteme (Crocodile, KVB, TVM) nachrüsten	900.000	300.000
Nachweis EMV, Störströme etc.	150.000	
Zulassung extern (DeBo, NoBo, Gutachter etc.)	700.000	
SUMME	**1.850.000**	**350.000**

Tabelle 39: Kostenbewertung EC250 für den Einsatz in Frankreich

7.3.5 Zusammenfassung

In Tabelle 40 wird eine Übersicht für jede Fahrzeug/Länder-Kombination bezüglich der zu erwartenden Einmalkosten gegeben. Für die in der Detailuntersuchung nicht ausgeführten Kombinationen wird der Aufwand für die Entwicklung eines neuen Fahrzeugkonzepts angegeben (*rot markierte* Kombinationen).

	CH	AT	DE	NL	FR	GB
FLIRT3 NSR FFF	7.200.000 CHF	7.150.000 CHF	7.700.000 CHF		7.140.000 CHF	30.000.000 CHF
KISS WESTbahn2	500.000 CHF		2.000.000 CHF	3.750.000 CHF	50.000.000 CHF	55.000.000 CHF
EC250				950.000 CHF	1.850.000 CHF	45.000.000 CHF

Tabelle 40: Übersicht Ergebnis der Kostenbewertung – Einmalkosten

Die auffällig hohen Kosten für den Triebzug FLIRT3 NSR lassen sich vor allem auf den Einkauf von ETCS zurückführen. Auch die Durchführung der erneuten

Nachweise, welche aus den Masseänderungen resultieren, ist mit erheblichem Aufwand verbunden.

Die Zusammenfassung der Kostenbewertung für die Serienkosten ist in Tabelle 41 dargestellt. Dabei ist der Aufwand für den FLIRT3 NSR ebenfalls deutlich höher als für die beiden anderen untersuchten Triebzüge. Dies lässt sich einerseits wiederrum auf die Integration des ETCS zurückführen, andererseits aber auch auf die Material- und Montagekosten, welche für den Einbau der für ein Mehrspannungssystem erforderlichen Komponenten, anfallen.

	CH	AT	DE	NL	FR	GB
FLIRT3 NSR FFF	1.900.000 CHF	2.050.000 CHF	1.900.000 CHF		2.000.000 CHF	
KISS WESTbahn2	60.000 CHF		vernachlässigbar	650.000 CHF		
EC250				150.000 CHF	350.000 CHF	

Tabelle 41: Übersicht Ergebnis der Kostenbewertung - Serienkosten

8 Fazit und Ausblick

Die Arbeit enthält eine Zusammenfassung über die notwendigen technischen Änderungen für die ausgewählten Referenzfahrzeuge und die dadurch entstehenden Kosten sowie Fahrzeugmassenänderungen, wenn nationale technische Regeln und Netzzugangsbedingungen von anderen Ländern als ursprünglich vorgesehen eingehalten werden müssen.

Die Untersuchung weist ein eindeutiges Ergebnis auf. So ist der Aufwand für die erforderlichen Anpassungen der Referenzfahrzeuge WESTbahn2 und EC250, welche bereits einen Einsatz in mehreren europäischen Ländern vorsehen, für die restlichen Länder deutlich geringer als jene für den FLIRT3 NSR. Der FLIRT3 NSR ist vorwiegend nur an die niederländischen Anforderungen angepasst. Daher erfordert der grenzüberschreitende Verkehr wesentliche Anpassungen. Die notwendige Nachrüstung des ETCS ist dabei die größte Investition. Aber auch viele spezifische Anforderungen wie der Fahrtechniknachweis für kleine Radien in der Schweiz und Österreich oder der Nachweis zu den Torsionsschwingungen in Deutschland sind mit einem erheblichen Aufwand verbunden.

Bei Berücksichtigung der Vorgehensweise, welche bei der Entwicklung von Fahrzeugen angewendet wird, ist zu erkennen, dass die Fahrzeuge durch Basisausführungen mit Modularität und Gleichteilekonzepten für die flexible Anpassung an die Anforderungen neuer Marktgebiete ausgelegt sind. Dies ist vor allem bei der Fahrzeug-Familie FLIRT gut zu erkennen, da schon viele Aufträge in unterschiedlichen Ländern Europas gewonnen wurden und die Fahrzeuge für das jeweilige Einsatzland optimiert wurden.

Aber auch für die Länder, in denen bis jetzt nur wenig bis keine Erfahrungen gemacht wurden, ist Stadler bereit für die Weiterentwicklung der Basisfahrzeuge und Etablierung neuer Märkte. Als Beispiel ist hier der FLIRT East Anglia für den Einsatz im Großraum London, welcher aktuell in der Auftragsabwicklung umgesetzt wird, zu nennen.

Bezüglich der zukünftigen Vorgehensweise von Zulassungsverfahren soll die ERA im Rahmen des 4. Eisenbahnpaketes neben der Förderung der Interoperabilität und Harmonisierung technischer Normen für den Unionsmarkt neue

Zuständigkeiten bekommen. Es wird die alleinige Zuständigkeit für die Erteilung von Fahrzeuggenehmigungen und Sicherheitsbescheinigungen in der EU geplant. Dies soll vor allem zu einem erleichterten Zugang zum Markt für neue Betreiber und Fahrzeughersteller führen. Des Weiteren wird die Basisrichtlinie zur Interoperabilität 2008/57/EG [9] mit 16. Juni 2020 aufgehoben und durch eine überarbeitete Version (2016/797/EG) [86] ersetzt [87].

Im Hauptaugenmerk der europäischen Eisenbahnagentur ERA steht nach wie vor auch die stetige Reduzierung von nationalen technischen Regeln. Die genaue Vorgehensweise wird im Dokument „Plan for Rules cleaning-up“ [88] der ERA beschrieben. Ziel ist, lediglich Regeln zu offenen Punkten und Sonderfällen der TSI bzw. Spezifikationen zu den national installierten Zugbeeinflussungssystemen zu akzeptieren. Die einzelnen Mitgliedstaaten werden beim Eliminationsprozess von der Agentur unterstützt [88].

Um die in dieser Arbeit aufbereiteten länderspezifischen Anforderungen auch nachhaltig verwenden zu können, werden die Anforderungskataloge parallel in einem Format aufbereitet, welches in eine Datenbank (Katalogtool) eingelesen werden kann. Bei zukünftigen Projekten können zusätzliche Kataloge einfach zugewiesen und die Anforderungen dementsprechend ergänzt werden. Des Weiteren können die einzelnen Anforderungen auch direkt mit Dokumenten hinterlegt und somit der allgemeine Zulassungsprozess unterstützt werden.

Obwohl die Überprüfungen der Referenzfahrzeuge auf die britischen Anforderungen zu Beginn von großem Interesse waren, sind diese bei der Detailuntersuchung ausgeschlossen worden. Die nationalen technischen Regeln in Großbritannien enthalten, wie bereits in Kapitel 4.2 erwähnt, viele Anforderungen parallel zur TSI, welche erst mit der Behörde bzw. den prüfenden Stellen abzuklären sind. Daher kann festgehalten werden, dass in diesem Bereich noch Bedarf nach einer detaillierteren Untersuchung besteht, insbesondere wenn weiterhin Interesse am britischen Markt herrscht.

Literaturverzeichnis

[1] Stadler Rail Group, *Präsentation "Individualität im Schienenverkehr",* 2016.

[2] BAV, „Richtlinie Zulassung Eisenbahnfahrzeuge," 1. Januar 2016. [Online]. Available:

https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/verkehrstraeger/eisenbahn/zulassung-eisenbahnfahrzeuge.html. [Zugriff am 10. August 2016].

[3] M. Jacyna und J. Szkopinski, „A holistic approach for analysing the interoperability of a railway system," in *Sustainable Developement and Planning VII*, Bd. 193, Faculty of Transport, Warsaw University of Technology, Poland, WIT Press, 2015, pp. 399-409.

[4] Central Intelligence Agency, „The world factbook: Railways," [Online]. Available:

https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2121.html. [Zugriff am 10. Jänner 2017].

[5] Bahnstatistik, „Bahnstromsysteme für Vollbahnen in Europa," [Online]. Available:

http://www.bahnstatistik.de/Stromsysteme.htm. [Zugriff am 10. Jänner 2017].

[6] R. Fleischmann, „Zulassung von Schienenfahrzeugen," 9. Februar 2015. [Online]. Available:

https://www.schienenfzg.tu-berlin.de/fileadmin/fg62/Dokumente/Downloads/Zulassung_Bahntechnik_TU_Berlin_D_.pdf. [Zugriff am 10. August 2016].

[7] Precimation, „UIC Normen für Bahnen," [Online]. Available:

http://www.precimation.ch/de/uic. [Zugriff am 10. Jänner 2017].

[8] Lahounik, Gregor, „Eisenbahnliberalisierung: Sicherheit am Abstellgleis?," März 2003. [Online]. Available:

http://media.arbeiterkammer.at/wien/Verkehr_und_Infrastruktur_15.pdf. [Zugriff am 10. August 2016].

[9] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, *Richtlinie des Europäisches Parlament und Rates 2008/57/EG über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Gemeinschaft,* 17. Juni 2008, zuletzt geändert durch Richtlinie 2013/9/EU der Kommission am 11. März 2013.

[10] K. Kusz, „Urząd Transportu Kolejowego (UTK)," Office of Rail Transport, 17. September 2015. [Online]. Available:

http://utk.gov.pl/en/railway-vehicles-and/the-interoperability-an/6333,interoperability-and-consistency.html. [Zugriff am 10. August 2016].

[11] Rat der europäischen Union, *Richtlinie 96/48/EG des Rates vom 23. Juli 1996 über die Interoperabilität des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems,* 1996.

[12] Europöisches Parlament und Rat der europäischen Union, *Richtlinie 2001/16/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. März 2001 über die Interoperabilität des konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystems,* 2001.

[13] Kommission der europäischen Gemeinschaften, *2002/735/EG: Entscheidung der Kommission vom 30. Mai 2002 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems "Fahrzeuge" des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems gemäss Artikel 6 Absatz 1 der Richtlinie 96/48/EG,* 2002.

[14] Komission der europäischen Gemeinschaften, *2002/733/EG: Entscheidung der Kommission vom 30. Mai 2002 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems "Energie" des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems gemäß Artikel 6 Absatz 1 der Richtlinie 96/48/EG,* 2002.

[15] Kommission der europäischen Gemeinschaft, *2002/732/EG: Entscheidung der Kommission vom 30. Mai 2002 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems "Infrastruktur" des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems gemäß Artikel 6 Absatz 1 der Richtlinie 96/48/EG,* 2002.

[16] Kommission der europäischen Gemeinschaften, *2002/731/EG: Entscheidung der Kommission vom 30. Mai 2002 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems "Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung" des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems gemäß Artikel 6 Absat,* 2002.

[17] European Railway Agency, „Biennial report on the Progress with Railway Interoperabiltity in the European Union 2009," 12. März 2010. [Online]. Available:

http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/Interoperabilitybiennialreport.aspx. [Zugriff am 10. August 2016].

[18] Schweizerische Eidgenossenschaft, „Cross Acceptance," Bundesamt für Verkehr, [Online]. Available:

https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/themen/alphabetische-themenliste/cross-acceptance.html. [Zugriff am 10. August 2016].

[19] Schweizerische Eidgenossenschaft, „Memorandum of Understanding on the implementation of approval procedures for rolling stock and cross-acceptance of approval procedures of the competent supervisory authorities," 07. Juni 2007. [Online]. Available:

https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/themen/alphabetische-themenliste/cross-acceptance/internationale-vereinbarungen/vereinbarungen-cross-acceptance/zulassung-von-schienenfahrzeugen.html. [Zugriff am 10. Jänner 2017].

[20] A. Tinnefeld, „Zulassungskonzept EC250 (AL_2069122),“ Stadler Altenrhein AG, 2014.

[21] Schweizerische Eidgenossenschaft, „Technische Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI),“ Bundesamt für Verkehr, [Online]. Available:

https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/themen/alphabetische-themenliste/cross-acceptance/technische-spezifikationen-fuer-die-interoperabilitaet.html. [Zugriff am 10. August 2016].

[22] European Railway Agency, „TSI Application Guide,“ 28. April 2011. [Online]. Available:

http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/TSI-Application-Guide-general-part.aspx. [Zugriff am 10. August 2016].

[23] Europäische Kommission, *Verordnung (EU) Nr. 1302/2014 der Kommission vom 18. November 2014 über eine technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilystems "Fahrzeuge - Lokomotiven und Personenwagen" des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union,* 2014.

[24] Europäische Kommission, *Verordnung (EU) Nr. 1301/2014 der Kommission vom 18. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Energie“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union,* 2014.

[25] Europäische Kommission, *Verordnung (EU) 2016/912 der Kommission vom 9. Juni 2016 zur Berichtigung der Verordnung (EU) Nr. 1303/2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich der „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ im Eisenbahnsystem der Europäischen Unio,* 2016.

[26] Europäische Kommission, *Verordnung (EU) Nr. 1304/2014 der Kommission vom 26. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lärm“ sowie zur Änderung der Entscheidung 2008/232/EG und Aufhebung des Beschlusses 2011/229/EU,* 2014.

[27] Europäische Kommission, *Verordnung (EU) 2015/924 der Kommission vom 8. Juni 2015 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 321/2013 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Güterwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union,* 2015.

[28] Europäische Kommission, *Verordnung (EU) Nr. 1300/2014 der Kommission vom 18. November 2014 über die technischen Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich der Zugänglichkeit des Eisenbahnsystems der Union für Menschen mit Behinderungen und Menschen mit eingeschränkter M,* 2014.

[29] Europäische Kommission, *Verordnung (EU) Nr. 1299/2014 der Kommission vom 18. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Infrastruktur“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union,* 2014.

[30] Europäische Kommission, *Verordnung (EU) 2016/919 der Kommission vom 27. Mai 2016 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union,* 2016.

[31] Europäische Kommission, *Verordnung (EU) 2015/995 der Kommission vom 8. Juni 2015 zur Änderung des Beschlusses 2012/757/EU über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen,* 2015.

[32] Europäische Kommission, *Verordnung (EU) Nr. 1305/2014 der Kommission vom 11. Dezember 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität zum Teilsystem „Telematikanwendungen für den Güterverkehr“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union und zur Aufhebung der,* 2014.

[33] Europäische Kommission, *Verordnung (EU) Nr. 454/2011 der Kommission vom 5. Mai 2011 über die Technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem „Telematikanwendungen für den Personenverkehr" des transeuropäischen Eisenbahnsystems,* 2011.

[34] Eisenbahn-Bundesamt, „TSI Übersichtstabelle," 1. Juli 2016. [Online]. Available:

http://www.eba.bund.de/DE/SubNavi/Recht/GesetzeRegelwerk/TSI/tsi_node.html. [Zugriff am 10. August 2016].

[35] Schweizerische Eidgenossenschaft, „Notifizierte Nationale Technische Vorschriften (NNTV)," Bundesamt für Verkehr, [Online]. Available:

https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/rechtliches/rechtsgrundlagen-vorschriften/nntv.html. [Zugriff am 10. August 2016].

[36] European Railway Agency, „National Rules," 1. August 2016. [Online]. Available:

http://www.era.europa.eu/Core-Activities/Interoperability/Pages/National-rules.aspx. [Zugriff am 10. August 2016].

[37] Office of Rail and Road, „European railway safety legislation," [Online]. Available:

http://orr.gov.uk/what-and-how-we-regulate/health-and-safety/regulation-and-certification/european-railway-safety-legislation. [Zugriff am 10. August 2016].

[38] Europäische Union, *Durchführungsverordnung (EU) Nr. 402/2013 der Kommission vom 30. April 2013 über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 352/2009,* 2013.

[39] ProRail, „Network Statement 2017,“ [Online]. Available:

http://www.prorail.nl/vervoerders/network-statement. [Zugriff am 10. August 2016].

[40] ÖBB Infrastruktur, „Schienennetz-Nutzungsbedingungen,“ [Online]. Available:

http://www.oebb.at/infrastruktur/de/_p_3_0_fuer_Kunden_Partner/3_2_Schienennutzung/3_2_2_SNNB/index.jsp. [Zugriff am 10. August 2016].

[41] BAV, „Notifizierte Nationale Technische Vorschriften (NNTV), Subsystem LOC & PAS,“ 2. August 2016. [Online]. Available:

https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/rechtliches/rechtsgrundlagen-vorschriften/nntv.html. [Zugriff am 20. November 2016].

[42] SBB, „Network Statement 2017,“ [Online]. Available:

http://www.sbb.ch/sbb-konzern/sbb-als-geschaeftspartnerin/angebote-fuer-evus/onestopshop/grundlagen-netzzugang.html. [Zugriff am 20. November 2016].

[43] BLS, „Network Statement 2017,“ [Online]. Available:

https://www.bls.ch/de/unternehmen/leistungen-fuer-dritte/leistungen-fuer-evu#trassen. [Zugriff am 20. November 2016].

[44] SOB, „Network Statement 2017,“ [Online]. Available:

http://www.trasse.ch/doc/de_Network_Statement_SOB_2017_160930.pdf. [Zugriff am 20. November 2016].

[45] SBB, „Gotthard-Basistunnel (GBT): Technische Bedingungen der Strecke und Anforderungen an der Rollmaterial,“ 5. Oktober 2015. [Online]. Available:

http://www.sbb.ch/sbb-konzern/sbb-als-geschaeftspartnerin/angebote-fuer-evus/onestopshop/strecken-bahnanlagen.html. [Zugriff am 20. November 2016].

[46] BLS, „Lötschberg-Basisstrecke (LBS): Technische Bedingungen der Strecke und Anforderungen an das Rollmaterial,“ 13. Juni 2016. [Online]. Available:

https://www.bls.ch/de/unternehmen/leistungen-fuer-dritte/leistungen-fuer-evu#trassen. [Zugriff am 20. November 2016].

[47] European Railway Agency, „National Reference Document for Austria, Version 1.1,“ 30. Oktober 2013. [Online]. Available:

https://rdd.era.europa.eu/RDD/. [Zugriff am 20. November 2016].

[48] ÖBB Infrastruktur, „Anforderungskatalog an Triebfahrzeuge für die ÖBB-Infrastruktur AG Netzzustimmungsprüfung,“ 3. Dezember 2015. [Online]. Available:

http://www.oebb.at/infrastruktur/de/_p_3_0_fuer_Kunden_Partner/3_2_Schienennutzung/3_2_6_Fahrzeugtechnik_Zulassung/02_DMS_Dateien/_Dok_Zulassungsstelle_Fahrzeugtechnik.jsp?nodeId=19965535. [Zugriff am 20. Novmeber 2016].

[49] EBA, „NNTR-Gesamtliste zur TSI LOC&PAS (1302/2014/EU),“ 1. März 2016. [Online]. Available:

http://www.eba.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Fahrzeuge/Inbetriebnahme/VV_IBG/NNTV_NNTR_TSI_1302/01_NNTV_NNTR_TSI_LOC_PAS_pdf.html?nn=1182240. [Zugriff am 20. November 2016].

[50] DB Netz, „Schienennetz-Benutzungsbedingungen 2017 inkl. Anhang Technischer Netzzugang für Fahrzeuge (RiL 810),“ [Online]. Available:

http://fahrweg.dbnetze.com/fahrweg-de/nutzungsbedingungen/snb/. [Zugriff am 20. November 2016].

[51] ILT, „Regeling indeienstelstelling spoorvoetuigen (RIS),“ 18. September 2015. [Online]. Available:

http://wetten.overheid.nl/BWBR0031350/2015-09-23. [Zugriff am 20. November 2016].

[52] EPSF, „Nationale Regelungen - Empfehlungen für die Planung von Schienenfahrzeugen bei offenen Punkten, Sonderfällen, Signalgebung der Klasse B und Kompatibilität zur Infrastruktur X001,“ 20. Juni 2016. [Online]. Available:

http://www.securite-ferroviaire.fr/espace-reglementation. [Zugriff am 20. November 2016].

[53] SNCF-Rèseau, „Network Statement 2017,“ [Online]. Available:

http://www.sncf-reseau.fr/en/national-rail-network-statement. [Zugriff am 20. November 2016].

[54] ORR, „Railway Group Standards containing National Technical Rules, Subsystem LOC&PAS,“ April 2016. [Online]. Available:

https://www.gov.uk/government/publications/rail-interoperability-current-notified-national-technical-rules. [Zugriff am 20. November 2016].

[55] NetworkRail, „Network Statement 2017,“ [Online]. Available:

http://www.networkrail.co.uk/aspx/3645.aspx. [Zugriff am 20. November 2016].

[56] Kommission der europäische Gemeinschaften, *Entscheidung der Kommission vom 30. November 2009 über das Referenzdokument gemäß Artikel 27 Absatz 4 der Richtlinie 2008/57/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Gemeinschaft,* 2009.

[57] Europäische Kommission, *Durchführungsbeschluss (EU) 2015/2299 der Kommission vom 17. November 2015 zur Änderung der Entscheidung 2009/965/EG in Bezug auf eine aktualisierte Liste der Parameter für die Einstufung der nationalen Vorschriften,* 2015.

[58] Deutsches Institut für Normung, *DIN EN 15380-1, Bahnanwendungen - Kennzeichnungssystematik für Schienenfahrzeuge - Teil 1: Grundlagen,* 2006.

[59] Deutsches Institut für Normung, *DIN EN 15380-2, Bahnanwendungen- Kennzeichnungssystematik für Schienenfahrzeuge - Teil 2: Produktgruppen,* 2006.

[60] Deutsches Institut für Normung, *DIN EN 15380-4, Bahnanwendungen - Kennzeichnungssystematik für Schienenfahrzeuge - Teil 4: Funktionsgruppen,* 2013.

[61] Independent, „How double-decker trains would improve Britain's railways," Simon Calder, 17. April 2015. [Online]. Available:

http://www.independent.co.uk/travel/news-and-advice/how-double-decker-trains-would-improve-britains-railways-10184527.html. [Zugriff am 20. November 2016].

[62] Rail Technology Magazine, „Alstom pitches double-decker trains for HS2," 24. Mai 2016. [Online]. Available:

http://www.railtechnologymagazine.com/Rail-News/alstom-pitches-double-decker-trains-for-hs2. [Zugriff am 20. November 2016].

[63] Minirex AG, „Doppelstöckig in Grossbritannien?," *Schweizer Eisenbahn-Revue 11/2016,* p. 574, November 2016.

[64] Andreas Vogler Studio, „Aeroliner 3000," 2016. [Online]. Available:

http://www.andreasvogler.com/portfolio/aeroliner3000/. [Zugriff am 20. November 2016].

[65] M. Passeri, „Produktkatalog FLIRT3 (Dokumentnr. 127396)," Stadler Altenrhein AG, 2015.

[66] L. Eberle, „Zulassungskonzept FLIRT3 NL (AL_2091328)," Stadler Altenrhein AG, 2015.

[67] V. Schmidt, „Allgemeine Technische Spezifikation L-4336 & L-4337 Flirt Fast Forward (BU_2335673)," Stadler Bussnang AG, 2015.

[68] W. Franke, „Präsentation "KISS Westbahn 2 Serie"," Stadler Altenrhein AG, Altenrhein, 2016.

[69] K. Erlacher, „Zulassungskonzept Westbahn 2 (AL_2186950)," Stadler Altenrhein AG, 2016.

[70] A. Starlinger, „Präsentation "Das Zulassungskonzept für den EC250/Giruno Hochgeschwindigkeitszug"," Graz, 2016.

[71] Stadler Rail Group, *Medienmitteilung "Grösster Auftrag in Grossbritannien für Stadler: Stadler unterzeichnet Vertrag für 58 FLIRT mit Abellio East Anglia und Rock Rail",* Bussnang, 2016.

[72] SBB, *SBB Regelwerk Interimistischer Leitfaden: Strecken mit Radien R< 250m (Prüfbereich 5),* 2014.

[73] SBB Systemführerschaft ETCS CH, „Voraussetzungen für den Einsatz von Fahrzeugen auf ETCS-Strecken Version V2.4,“ 20. Juli 2016. [Online]. Available:

https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/themen/alphabetische-themenliste/zugbeeinflussung/etcs/voraussetzungen.html. [Zugriff am 10. Jänner 2017].

[74] SBB, *Regelwerk SBB: Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Gleisfreimeldesystem - Achszähler,* 2013.

[75] ÖBB Infrastruktur, „Technische Richtlinie TR 940: Kompatibilität mit den Anfordeungen des ÖBB Netzes - Zusammenwirken Stromabnehmer ÖBB Oberleitungssysteme, Ausgabe - 10/2012,“ 30. November 2012. [Online]. Available:
http://www.oebb.at/infrastruktur/de/_p_3_0_fuer_Kunden_Partner/3_2_Schienennutzung/3_2_6_Fahrzeugtechnik_Zulassung/02_DMS_Dateien/_Dok_Zulassungsstelle_Fahrzeugtechnik.jsp?nodeId=19965535. [Zugriff am 10. Jänner 2017].

[76] ÖBB Infrastuktur, „Technische Richtlinie TR-S 10: Bedingungen für Nachweis und Sicherstellung der Rückwirkungsfreiheit von Fahrzeugen in das Netz der ÖBB-Infrastruktur AG - Ausgabe 01/2013,“ 1. Februar 2013. [Online]. Available:

http://www.oebb.at/infrastruktur/de/_p_3_0_fuer_Kunden_Partner/3_2_Schienennutzung/3_2_6_Fahrzeugtechnik_Zulassung/02_DMS_Dateien/_Dok_Zulassungsstelle_Fahrzeugtechnik.jsp?nodeId=19965535. [Zugriff am 10. Jänner 2017].

[77] DIN, *DIN-Taschenbuch 491/2: Schienenfahrzeuge 2 - Bahnanwendungen, Radsätze und Drehgestelle,* Beuth Verlag.

[78] EBA, „Ergänzungsregelung Nr. B011 zum "Sanden" - Versoin 1.0,“ 10. Feburar 2016. [Online]. Available:

https://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/FahrzeugeBetrieb/Fahrzeuge/Fahrzeugtechnik/Bremsen/bremsen_node.html?gtp=490234_list%253D2. [Zugriff am 10. Jänner 2017].

[79] EBA, „Ergänzungsregelung Nr. B007 zur "Kraftschlussausnutzung" - Version 3.0,“ 10. Februar 2016. [Online]. Available:

https://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/FahrzeugeBetrieb/Fahrzeuge/Fahrzeugtechnik/Bremsen/bremsen_node.html?gtp=490234_list%253D2. [Zugriff am 10. Jänner 2017].

[80] EBA, „Ergänzungsregelung Nr. B013 zu "Zusatzbremsen" - Version 1.0,“ 6. September 2011. [Online]. Available:

https://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/FahrzeugeBetrieb/Fahrzeuge/Fahrzeugtechnik/Bremsen/bremsen_node.html?gtp=490234_list%253D2. [Zugriff am 10. Jänner 2017].

[81] EBA, *Ergänzungsregelung Nr. B017 zur bremstechnischen Ausrüstung von Fahrzeugen zum Betrieb auf Steilstrecken - Version 1.0,* 2013.

[82] SNCF, *Materialzulassungsspezifikation SAM S 901 Sandstreuvorrichtung,* 2004.

[83] EPSF, *Sicherheitsanforderungen hinsichtlich der Auslegung der Bremssysteme SAM F015,* 2007.

[84] SNCF, *Spezifikation zur Zulassung des Materials SAM S 003: Kompatibilität zwischen Signalsystemen und Schienenfahrzeugen,* 2003.

[85] SNCF, *Materialzulassungsspezifikation SAM S 992 Brandschutz,* 2003.

[86] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, *Richtlinie (EU) 2016/797 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Mai 2016 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union,* 2016.

[87] Europäischer Rat, „Viertes Eisenbahnpaket - Technische Vorschläge," 22. Dezember 2015. [Online]. Available:

http://www.consilium.europa.eu/de/policies/4th-railway-package/technical-proposals/. [Zugriff am 1. Dezember 2016].

[88] European Railway Agency, „Plan for Rules cleaning-up," 23. März 2016. [Online]. Available:

http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/rules-cleaning-up-plan.aspx. [Zugriff am 1. Dezember 2016].

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Marktsegmente der Stadler Rail Group [1] 2
Abbildung 2: Spurweite für Eisenbahnfahrzeuge [4] 5
Abbildung 3: Spannungssysteme für Eisenbahnfahrzeuge in Europa [5] 5
Abbildung 4: Zugsicherungssysteme für Eisenbahnfahrzeuge in Europa [6] 6
Abbildung 5: Allgemeiner Zulassungsprozess von Eisenbahnfahrzeugen [20] 10
Abbildung 6: Risikomanagementverfahren nach CSM [38] 15
Abbildung 7: Phasen der Untersuchung 17
Abbildung 8: Bewertungsmethode Detailuntersuchung 25
Abbildung 9: Oberdeck des Aeroliner 3000 (doppelstöckiger Hochgeschwindigkeitszug für Großbritannien) [64] 37
Abbildung 10: FLIRT3 NSR [66] 38
Abbildung 11: KISS WESTbahn2 [68] 40
Abbildung 12: EC250 [70] 42
Abbildung 13: Einsatzstrecken EC250 [70] 42
Abbildung 14: FLIRT East Anglia [71] 45
Abbildung 15: PRM-Konzept EC250 [20] 59
Abbildung 16: Konzept Wagenkastenänderung bei unterschiedlichen Einstiegshöhen [65] 65
Abbildung 17: Konzept modularer Dachraum Endwagen (Basisausführung FLIRT3) [65] 66
Abbildung 18: Konzept modularer Dachraum Mittelwagen (Basisausführung FLIRT3) [65] 67
Abbildung 19: Konzept modularer Maschinenraum (Basisausführung FLIRT3) [65] 68
Abbildung 20: Konzept zur Integration von Zugbeeinflussungssystemen [65] 68
Abbildung 21: Typenskizze FLIRT3 NSR FFF (3-teilig) [66] 105
Abbildung 22: Typenskizze KISS WESTbahn2 (4-teilig) [69] 106
Abbildung 23: Typenskizze EC250 [20] 107
Abbildung 24: Auszug von bewertetem Anforderungskatalog (NNTR Deutschland) 108

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Prüfpunkte Memorandum of Understanding zur Cross Acceptance [19] 9
Tabelle 2: Aktuell gültige TSI (Stand: 1. Juli 2016) [34] 12
Tabelle 3: Struktur Anforderungskatalog - Fahrdynamik in Deutschland 20
Tabelle 4: Klassierung nach ERA [9] 22
Tabelle 5: Übersicht über die HPG nach EN 15380-2 Klassierung (produktbezogen) [59] 23
Tabelle 6: Übersicht der Funktionen der Ebene 1 nach EN 15380-4 Klassierung (funktionsbezogen) [60] 24
Tabelle 7: Struktur Anforderungskatalog mit Bewertung 25
Tabelle 8: Zusammenfassung der nationalen Anforderungen - Teil 1 30
Tabelle 9: Zusammenfassung der nationalen Anforderungen - Teil 2 31
Tabelle 10: Zusammenfassung der nationalen Anforderungen - Teil 3 32
Tabelle 11: Zusammenfassung der nationalen Anforderungen - Teil 4 33
Tabelle 12: Zusammenfassung der nationalen Anforderungen – Teil 5 34
Tabelle 13: Zusammenfassung der nationalen Anforderungen - Teil 6 35
Tabelle 14: Technische Parameter FLIRT3 NSR [66] und [67]..... 39
Tabelle 15: Technische Parameter WESTbahn2 [68] und [69]..... 41
Tabelle 16: Technische Parameter EC250 [20]und [70] 43
Tabelle 17: Ergebnis der Voruntersuchung: Anforderung Fahrzeugprofil 44
Tabelle 18: Zusammenfassung der Untersuchungen 63
Tabelle 19: Baugruppen modularer Dachraum Endwagen (Basisausführung FLIRT3) [65] 65
Tabelle 20: Baugruppen modularer Dachraum Mittelwagen (Basisausführung FLIRT3) [65] 66
Tabelle 21: Massenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in der Schweiz 69
Tabelle 22: Massenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in Österreich 70
Tabelle 23: Massenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in Deutschland..... 70
Tabelle 24: Massenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in Frankreich..... 70
Tabelle 25: Massenbewertung KISS WESTbahn2 für den vollständigen Einsatz in der Schweiz 71
Tabelle 26: Massenbewertung KISS WESTbahn2 für den vollständigen Einsatz in Deutschland..... 71

Tabelle 27: Massenbewertung KISS WESTbahn2 für den Einsatz in den Niederlanden 71
Tabelle 28: Massenbewertung EC250 für den Einsatz in den Niederlanden 71
Tabelle 29: Massenbewertung EC250 für den Einsatz in Frankreich 72
Tabelle 30: Übersicht Ergebnis der Massenbewertung 72
Tabelle 31: Kostenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in der Schweiz 75
Tabelle 32: Kostenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in Österreich 76
Tabelle 33: Kostenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in Deutschland 77
Tabelle 34: Kostenbewertung FLIRT3 NSR für den Einsatz in Frankreich 77
Tabelle 35: Kostenbewertung KISS WESTbahn2 für den vollständigen Einsatz in der Schweiz 78
Tabelle 36: Kostenbewertung KISS WESTbahn2 für den vollständigen Einsatz in Deutschland 78
Tabelle 37: Kostenbewertung KISS WESTbahn2 für den Einsatz in den Niederlanden 78
Tabelle 38: Kostenbewertung EC250 für den Einsatz in den Niederlanden 79
Tabelle 39: Kostenbewertung EC250 für den Einsatz in Frankreich 79
Tabelle 40: Übersicht Ergebnis der Kostenbewertung – Einmalkosten 79
Tabelle 41: Übersicht Ergebnis der Kostenbewertung - Serienkosten 80

Abkürzungsverzeichnis

AB-EBV	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (Schweiz)
AC	Alternating Current (Wechselstrom)
AG	Aktiengesellschaft
AsBo	Assessment Body
AT	Austria (Österreich)
ATB-EG	Automatische treinbeïnvloeding-Eerste Generatie (Automatische Zugbeeinflussung-Erste Generation)
AWS	Automatic Warning System
BAV	Bundesamt für Verkehr (Schweiz)
BLS	Berner Alpenbahngesellschaft Bern-Lötschberg-Simplon
Bzw.	Beziehungsweise
CA	Cross Acceptance
CH	Confoederatio Helvetica (Schweizerische Eidgenossenschaft)
CSM	Common Safety Methods
CSR	Cab Secure Radio
DB	Deutsche Bahn
DC	Direct Current (Gleichstrom)
DeBo	Desginated Body (Bestimmte Stellen)
DE	Deutschland
DIN	Deutsche Industrie Norm
DMU	Diesel Multiple Unit
EBA	Eisenbahn-Bundesamt (Deutschland)
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
EMU	Electric Multiple Unit
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
ERTMS	European Rail Traffic Management System (Europäisches Eisenbahnverkehrsleitsystem)
Etc.	Et cetera

ETCS	European Train Control System (Europäisches Zugsteuerungssystem)
EG	Europäische Gemeinschaft
EN	Europäische Norm
EU	Europäische Union
EPSF	Établissement public de sécurité ferroviaire (französische Eisenbahn-Sicherheitsbehörde)
ERA	European Railway Agency (Europäische Eisenbahnagentur)
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
FFF	Flirt Fast Forward
FLIRT	Flinker Leichter Innovativer Regional-Triebzug
FOK	Fußbodenoberkante
FR	Frankreich
GB	Großbritannien
GBT	Gotthard-Basistunnel
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Rail(way)
HPG	Hauptproduktgruppen
Infra	Infrastruktur
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport (niederländische Eisenbahn-Sicherheitsbehörde)
INDUSI	Induktive Zugbeeinflussung
IRL	International Requirement List
IT	Italien
IVRS	Interim Voice Radio System
KISS	Komfortabler Innovativer Spurtstarker S -Bahn-Zug
KVB	Contrôle de vitesse par balises
LBS	Lötschberg-Basisstrecke
LZB	Linienförmige Zugbeeinflussung
MoU	Memorandum of Understanding
NSA	National Safety Authorities (Nationale Sicherheitsbehörde)

NNTR	Notified national technical rules (Notifizierte Nationale Technische Regeln)
NNTV	Notifizierte Nationale Technische Vorschriften
NL	Niederlande
NoBo	Notified Body (Benannte Stellen)
Nr.	Nummer
NRN	National Radio Network
NTR	National Technische Regeln
NSR	Nederlandse Spoorwegen Reizingers
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
ODEG	Ostdeutsche Eisenbahn GmbH
ORR	Office of Rail and Road
PAK	Projekt-Anforderungskatalog
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SNB	Schienennetz-Benutzungsbedingungen
SOB	Schweizerische Südostbahn
SOK	Schienenoberkante
TE	Technische Einheit
TEN	Trans European Network for Transport (Transeuropäisches Verkehrsnetz)
TPWS	Train Protection Warning System
TSI	Technical Specification for Interoperability (Technische Spezifikation für Interoperabilität)
TSI CCS	Technical Specification for Interoperability relating to the „control-command and signalling“ subsystem of the rail system in the European Union (Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystemes „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union)
TSI ENE	Technical Specification for Interoperability relating to the energy subsystem of the rail system in the European Union (Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Energie“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union)
TSI INF	Technical Specification for Interoperability relating to the infrastructure subsystem of the rail system in the European Union

(Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Infrastruktur“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union)

TSI LOC&PAS Technical Specification for Interoperability relating to the rolling stock subsystem „Locomotives and Passenger rolling stock“ of the rail system in the European Union (Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge - Lokomotiven und Reisezüge“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union)

TSI NOI Technical Specification for Interoperability relating to the subsystem „rolling stock – noise“ of the rail system in the European Union (Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge - Lärm“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union)

TSI OPE Technical Specification for Interoperability relating to the subsystem „operation and traffic management“ of the rail system in the European Union (Technische Spezifikation für die Interoperabilität zum Teilsystem „Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union)

TSI PRM Technical Specification for Interoperability relating to „persons with reduced mobility“ (Technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich „eingeschränkt mobiler Personen“)

TSI SRT Technical Specification for Interoperability relating to „safety in railway tunnels“ (Technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich „Sicherheit in Eisenbahntunneln“)

TSI TAP/TAF Technical Specification for Interoperability relating to the subsystem „telematics applications for passenger and freight services“ of the rail system in the European Union (Technische Spezifikation für die Interoperabilität zum Teilsystem „Telematikanwendungen für den Personen und Güterverkehr“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union)

TSI WAG Technical Specification for Interoperability relating to the subsystem „rolling stock - freight wagons“ of the rail system in the European Union (Technische Spezifikation für die Interoperabilität zum Teilsystem „Fahrzeuge - Güterwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union)

TVM Transmission Voie-Machine

RiL Richtlinie

RGS Rail Group Standards

UIC Union Internationale des Chemins de Fer (Internationaler Eisenbahnverband)

z.B. zum Beispiel

Anhang

Anhang A: Typenskizze FLIRT3 NSR FFF (3-teilig)

Anhang B: Typenskizze KISS WESTbahn2 (4-teilig)

Anhang C: Typenskizze EC250

Anhang D: Auszug von bewertetem Anforderungskatalog (NNTR Deutschland)

Anhang A

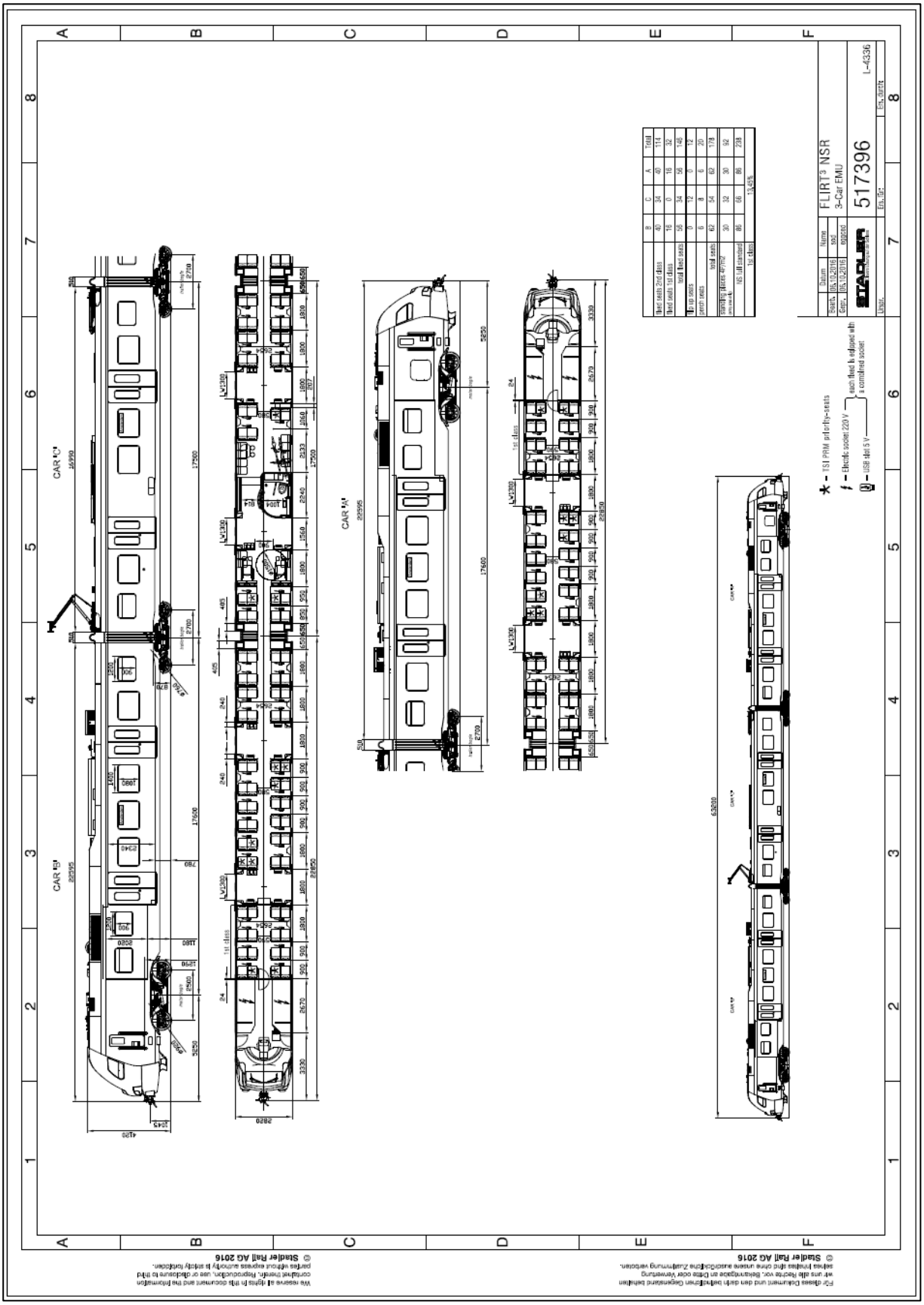


Abbildung 21: Typenskizze FLIRT3 NSR FFF (3-teilig) [66]

Anhang B

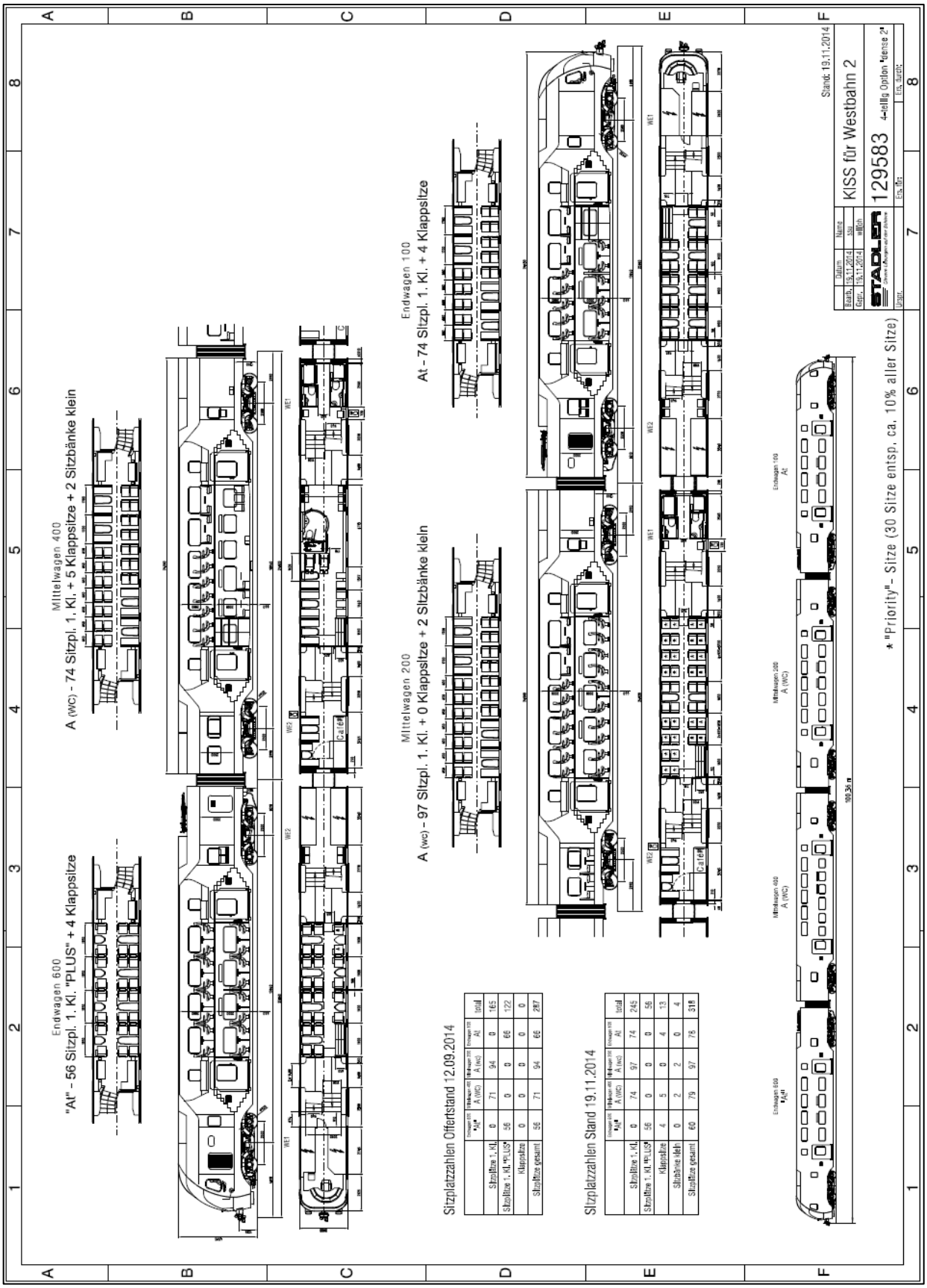


Abbildung 22: Typenskizze KISS WESTbahn2 (4-teilig) [69]

Anhang C

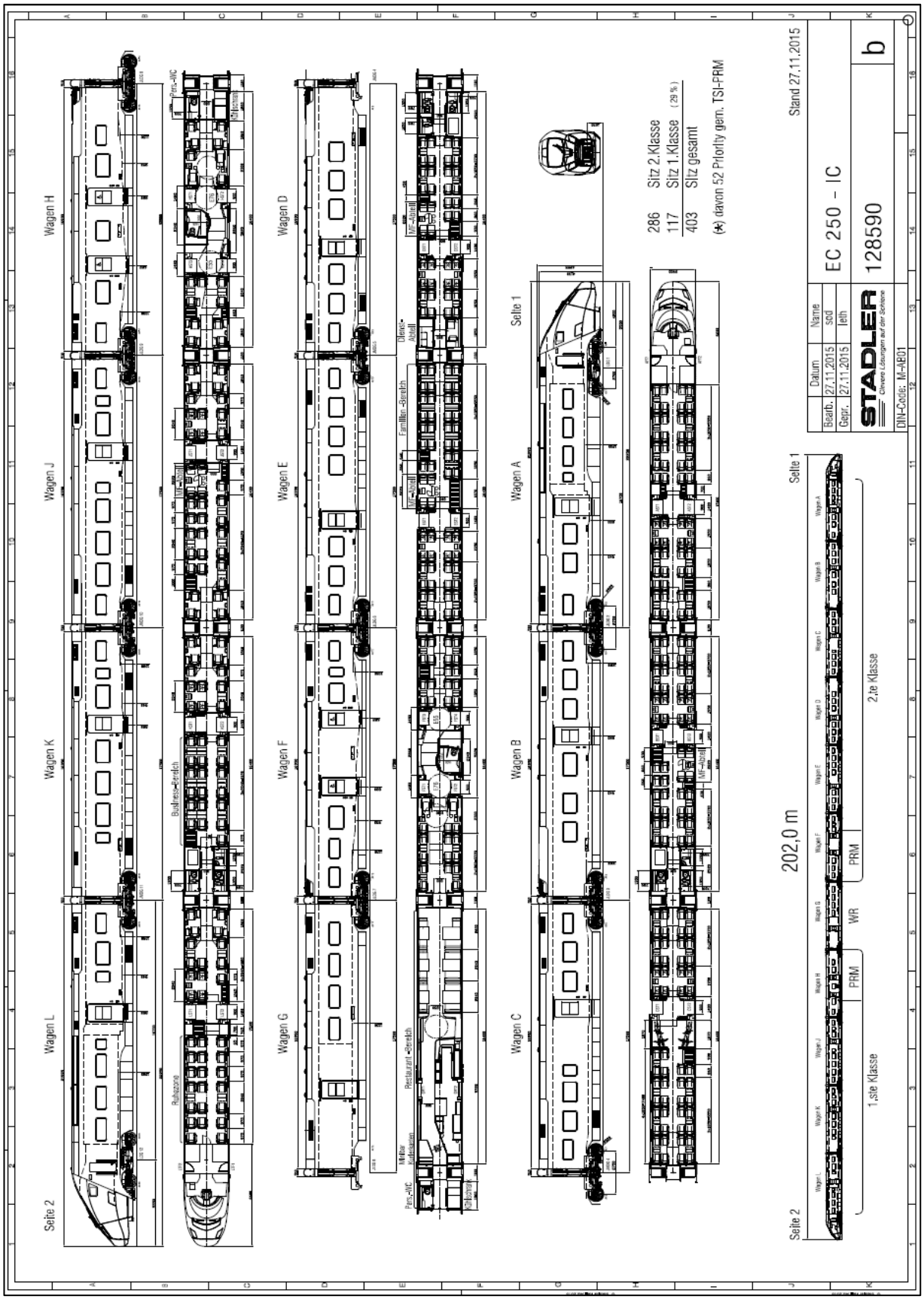


Abbildung 23: Typenskizze EC250 [20]

Anhang D

Pun	Thema	Anforderung	Verweis auf Regelwerk	Relevanz	15380	ERA	Bemerkungen/Erläuterungen	Status KISS (WB2)	Kommentar KISS	Status EC250	Kommentar EC25	Status FLIRT3	Kommentar FLIRT3
1.1	Fahrsicherheit und -dynamik	Fahrfähigkeit: Sicherheit gegen Entgleisen im führungslosen Bereich von Weichen Anwendung nur für Raddurchmesser < 760 mm (Neu- oder Betriebsgrenzmaß)	UIC 510-2	relevant	EA	3.2.1	Versuch kann mit Rädern im Neuzustand (Rad-Ø > 760 mm) durchgeführt werden, wenn der Anlaufwinkel gemessen wird. Nachweis der Bedingung Hy = 0,25 x 2 Q0 kann auch durch gesonderte Auswertung (Bögen mit R = 450 m) der Messergebnisse der fahrtechnischen Versuche mit MRS erfolgen.	erfüllt		erfüllt		machbar mit mittlerem Aufwand	Raddurchmesser MDG: 920/690mm JLDG: 760/690mm
1.2	Fahrsicherheit und -dynamik	Instabilität: Die fahrtechnischen Versuche sind in Normal- und Ausfallzustand auf Strecken mit realen, mittleren äquivalenten Konizitäten durchzuführen. Dabei ist der Nachweis für die repräsentativen Werte für das deutsche Streckennetz zu führen: Altbaustreckennetz (120 ? V ? 160 km/h): tan ?e =< 0,8; Ausbaustreckennetz (160 < V <= 230 km/h): tan gamma_e =< 0,5; Neubaustreckennetz (V > 230 km/h): tan gamma_e =< 0,3	DIN EN 14363 DIN EN 13715 (Radprofil) DIN EN 15302 (Äqu. Konizität)	relevant	EA	3.2.1	Mittlere äquivalente Konizität wurde ermittelt auf Basis der DIN EN 15302 mit Abzeichnung realer Schienenkopfprofile und realer Spurweiten (Mittelwert über 100 m-Abschnitte) in Paarung mit einem theoretischem Radprofil DIN EN 13715 S1002 mit Spurmaß SR = 1.425 mm.	erfüllt		erfüllt		erfüllt	Parameter-vergleich mit FLIRT ENR erlässt Streckenversuche Parametervgl zeigt Werte immer unter 0,8
1.3	Fahrsicherheit und -dynamik	Neigetechnik (Regelbetrieb mit höheren Geschwindigkeiten in Gleisbögen, üf > 150 mm): Kompatibilität mit Neigetechnik-Strecken (max. Radsatzlast, Einhaltung der spezifischen Grenzwerte der Einsatzstrecke i. V. m. dem tatsächlich gefahrenen Überhöhungsfehlbetrag, etc.) und Einsatz einer kontinuierlichen Geschwindigkeitsüberwachung (Geschwindigkeitsüberwachung Neigetechnik - GNT)	EBO § 40 Abs. 7 DIN EN 14363 Anhang G BMV-Entscheidung	relevant	AD	3.2.1		nicht fahrzeug-relevant		nicht fahrzeug-relevant		nicht fahrzeug-relevant	
5.2	Radsatz (Achsen und Räder)	Pressverband Radsitz - Maximales Torsionsmoment für Treibradsätze: Die für die Pressverbandsberechnung erforderliche Eingangsgröße: "maximales Torsionsmoment" ist mittels der Vorgaben der Spezifikation zu bestimmen.	Spezifikation 'Messung und Auswertung von Radsatz-Torsionsschwingungen' gem. DIN Taschenbuch 491/1	relevant	EC	3.3.2	Christian Bärnthaler, Josef Hubinka	erfüllt		erfüllt		machbar mit grossem Aufwand	Prüfaufwand: 500'000CHF

Abbildung 24: Auszug von bewertetem Anforderungskatalog (NNTR Deutschland)