

**Anforderungsspezifikation**  
für die  
**„Brandsicherheit bei Schienenfahrzeugen“**

## 1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis .....	2
2	Allgemeines .....	4
2.1	Ersteller .....	4
2.2	Anwendung .....	4
2.3	Prinzipielle Betrachtungen.....	4
2.4	Statistische Häufigkeit von Brandursachen .....	6
2.5	Normenwerke .....	6
2.6	Prüfzertifikate .....	7
2.7	Brandschutztechnische Gutachten.....	8
2.8	Vertragsdokumente .....	8
3	Philosophie der Brandsicherheit bei Schienenfahrzeugen .....	10
3.1	Generelles .....	10
3.2	Normenphilosophie .....	10
3.3	Entwicklung der Brandsicherheit .....	11
3.4	Stand der Technik .....	11
4	Brandsicherheitsrelevante Anforderungen .....	12
4.1	Anforderung an Materialien .....	12
4.1.1	Allgemeines.....	12
4.1.2	Brennbarkeit.....	12
4.1.3	Qualmbildung .....	13
4.1.4	Tropfenbildung .....	13
4.1.5	<b>Rauchgastoxizität.....</b>	13
4.1.6	Heizwert .....	13
4.1.7	Alterungsverhalten und Reinigung .....	13
4.2	Anforderungen an Bauteile und Baugruppen .....	14
4.2.1	Konstruktive Gestaltung .....	14
4.2.2	Einbaulage .....	15
4.2.3	Prüfmethoden.....	15
4.2.3.1	Sitze .....	15
4.2.3.2	Bauteile .....	16
4.3	Anforderung an Systeme.....	16
4.3.1	Technische Anforderungen .....	16

4.3.1.1	Elektroinstallationen und elektrische Ausrüstungen.....	16
4.3.1.2	Mechanische Lüftungsanlagen .....	17
4.3.1.3	Informationssysteme .....	19
4.3.1.4	Erste Löschhilfe .....	20
4.3.1.5	Selbstrettungskonzept und Fluchtwegsgestaltung .....	20
4.3.1.6	Lauffähigkeit der Fahrzeuge .....	21
4.3.1.7	Brand- und Rauchabschnittstrennung.....	22
4.3.1.8	Automatische Meldeeinrichtungen .....	22
4.3.1.9	Notbremssysteme .....	22
4.3.2	Organisatorische Anforderungen .....	23
4.3.2.1	Notfallinformationen für den Fahrgast.....	23
4.3.2.2	Definition von Notfallprozessen.....	23
4.3.2.3	Schulungsprogramme.....	23
5	Sicherheitskonzept .....	25
5.1	Allgemeines.....	25
5.2	Gliederungsentwurf eines Sicherheitskonzeptes.....	25
5.2.1	Befundaufnahme.....	25
5.2.2	Schutzzielvorgaben.....	25
5.2.3	Fehler-, Möglichkeits- und Einfluss- Analyse (FMEA) .....	26
5.2.4	Definition der Vermeidungs- und Folgenminderungsmaßnahmen .....	26
5.2.5	Maßnahmenumsetzung .....	26

## **2 Allgemeines**

### **2.1 Ersteller**

Dieses Dokument wurde in Kooperation zwischen dem TGM - Versuchsanstalt für Kunststoff- und Umwelttechnik in Wien 20 und dem Technischen Büro Ing. H. Hutter Consulting & Engineering in Baden erstellt und durch ÖBB Technische Services GmbH aktualisiert.

### **2.2 Anwendung**

Die nachfolgenden Ausführungen beschreiben die Anforderungen an die Brandsicherheit und Selbstrettungsmöglichkeiten eines Schienenfahrzeuges. Es handelt sich hierbei um so genannte Anforderungsspezifikationen die eine generelle Beschreibung der Erfordernisse an das Gesamtsystem Schienenfahrzeug und in Teilbereichen an das Gesamtsystem Zugsverband, darstellen. Auf Grund der Komplexität des gesamten Bereiches ist es erforderlich für jede einzelne Fahrzeugtype ein so genanntes „Sicherheitskonzept“ zu erstellen. Dieses „Sicherheitskonzept“ definiert in seinem Ergebnis alle erforderlichen Maßnahmen. Diese Maßnahmen sind in technische Spezifikationen umzusetzen und der Ausführung zuzuführen. Die Erarbeitung der technischen Spezifikationen ist daher erst nach Erstellung eines umfassenden Sicherheitskonzeptes möglich und sinnvoll.

### **2.3 Prinzipielle Betrachtungen**

Die Brandsicherheit in Schienenfahrzeugen ist im Wesentlichen durch zwei Themenbereiche bestimmt:

Verhinderungsmaßnahmen (Präventivmaßnahmen)

Folgenminderungsmaßnahmen (Schadensbegrenzungsmaßnahmen)

Der Bereich der Präventivmaßnahmen geht im Wesentlichen davon aus, dass es zu keiner Brandentstehung kommen kann. Für die Brandentstehung ist es erforderlich, dass prinzipiell drei Faktoren zusammentreffen. Es sind dies:

Brennbares Material

Zündquelle

Sauerstoff

Da man davon ausgehen kann, dass Sauerstoff in Form von Luft immer vorhanden ist, wird der Fokus auf die brennbaren Materialien und die Zündquellen gerichtet. Die Brennbarkeit bzw. die Brandeigenschaften von Materialien werden durch viele Kriterien gekennzeichnet. Die wichtigsten Kriterien sind:

#### **Brandlast:**

Die Brandlast eines Materials bzw. Bauteiles wird durch den Heizwert des Materials und die Masse des Bauteiles bestimmt und je geringer die Brandlast eines Bauteiles

ist, desto geringer ist die freisetzbare Energie im Brandfall, was auf die Temperaturerhöhung im Gesamtsystem Einfluss hat.

**Brennbarkeit:**

Je schwerer ein Material entzündbar ist, desto schwieriger ist die Brandentstehung. Je besser ein Material selbstverlöschend ist, desto geringer ist die Gefahr der Brandausbreitung. Je weniger ein Material im Brandfall qualmt, desto länger sind die verbleibenden Evakuierungszeiten und desto leichter sind Rettungswege zu finden. Je weniger ein Material beim Brennen abtropft, desto geringer ist die Gefahr darunterliegende Materialien und Bauteile zu entzünden.

**Energiefreisetzungsrage:**

Je weniger Energie in der Zeiteinheit beim Brand eines Materials freigesetzt wird, desto geringer ist die Möglichkeit andere Materialien dadurch zur Entzündung zu bringen. Je geringer die Brandausbreitungsgeschwindigkeit ist, desto eher kann ein Entstehungsbrand mit Mitteln der ersten Löschhilfe gelöscht werden.

**Toxizität der Verbrennungsprodukte:**

Bei der Verbrennung entstehen neben der Energiefreisetzung (Hitze durch Strahlung und Konvektion und optische Erscheinungen durch die Flamme) auch gasförmige und feste Verbrennungsrückstände. Die gasförmigen Verbrennungsrückstände sind gekennzeichnet durch hohe Kohlenmonoxyd- und Kohlendioxydanteile aber auch einer Reihe von anderen toxischen Verbrennungsprodukten auf Grund der verwendeten Materialien. Die festen Verbrennungsrückstände (Ruß, Asche, Schlacke und verkohlte Anteile) können ebenfalls in erheblichem Ausmaß toxische Bestandteile beinhalten.

Dieser oberflächliche Überblick zeigt bereits, dass die Verhinderungsmaßnahmen und die Folgenminderungsmaßnahmen immer gemeinsam zu betrachten sind, wobei aber die hierarchische Reihenfolge immer lauten muss:

- alle Maßnahmen zu ergreifen um den Ausbruch eines Brandes möglichst zu verhindern
- wenn eine Brandverhinderung nicht möglich ist, alle Maßnahmen zu ergreifen um die Folgeschäden speziell für Personen möglichst gering zu halten

Bei den Zündquellen ist prinzipiell zwischen Vandalismus und technischen Defekten (hauptsächlich im Bereich der elektrischen Anlagen) zu unterscheiden.

## 2.4 Statistische Häufigkeit von Brandursachen

Im Zuge des „Firestarr“ Projektes wurde eine Erhebung bei den europäischen Bahnverwaltungen zur Häufigkeit von Brandursachen in Reisezugwagen durchgeführt. Es hat sich dabei folgendes Bild ergeben:

**Häufigste Brandursache** ist die Entzündung von Sitzen durch Vandalismus oder Unachtsamkeit

**Zweithäufigste Brandursache** sind technische Defekte in elektrischen Anlagen (Übertemperaturen an Klemmstellen, Kurzschlüsse, Lichtbögen und dgl.) die in der unmittelbaren Nähe liegende brennbare Materialien (hauptsächlich Verkleidungsteile) entzünden.

**Dritthäufigste Brandursache** ist Vandalismus im Toilettenbereich

## 2.5 Normenwerke

Zum Thema Brandsicherheit bei Schienenfahrzeugen besteht eine Reihe von nationalen und internationalen Normenwerken. Bei den Normen sind Prinzipiell zwei Arten von Normen zu unterscheiden:

### Anforderungsnormen

### Prüfnormen

Die wesentlichen **Anforderungsnormen** sind:

- DIN 5510 (alle Teile, incl. DIN 5510-2)
- DIN EN 60695-1
- **ÖNORM CEN TS 45545 (Teil 2 und Teil 5)**
- ÖVE EN 1-3, ÖVE – 1
- UIC 564 – 2
- ISO/TR 13387 – 8

Die wesentlichen **Prüfnormen** sind:

- ÖNORM EN 13501 (Teil1 und 2)
- DIN 4102 (in allen Teilen)
- DIN 53438 (Teil 1-3)
  - E DIN 54837 (für die Brennbarkeit)
- DIN EN 50266 (Teil 2-4 und 2-5)
- DIN EN 60332-1-2

- DIN EN 60529
- DIN EN 61034
- DIN EN 50265
- DIN EN 50268
- DIN EN 50200
- DIN EN ISO 9239-1
- DIN EN ISO 5659-2
- DIN EN 1021 (Teil 1 und 2)
- DIN EN 69695-11-10
- DIN EN 5659-2
- DIN EN 50305

Die Anforderungsnormen (wie z.B. DIN 5510 oder prEN 45545 und dgl.) legen fest welche Bau- und Systemteile in einem Fahrzeug welchen brandschutztechnischen Mindestanforderungen zu entsprechen haben. In diesen Normenwerken ist im Normalfall die Referenz zur anzuwendenden Prüfmethode für den jeweiligen Einzelfall zu finden.

Die in den Anforderungsnormen zitierten Prüfnormen geben die Prüfanordnung und die Art und Weise der Prüfungen wieder. Die nach diesen Normen durchzuführenden Prüfungen ergeben die entsprechenden Ergebnisse für die Brennbarkeit, die Qualmbildung und die Tropfenbildung der verwendeten Materialien. Diese Ergebnisse können dann im Normalfall einer entsprechenden Einstufung der Anforderungsnormen zugeordnet werden.

## 2.6 Prüfzertifikate

Brandsicherheitstechnische Prüfzertifikate (**Brennbarkeitsprüfungen und Prüfung der Rauchgastoxizität der Verbrennungsprodukte von Materialien**) müssen zumindest für alle nachweispflichtigen Bauteile mit den entsprechenden Bauteilen bzw. Materialien mitgeliefert werden. Die Prüfzertifikate müssen von unabhängigen, akkreditierten Anstalten erstellt sein (die Akkreditierung ist durch Angabe der Akkreditierungsnummer am Prüfzertifikat nachzuweisen) und dürfen die normenkonforme Gültigkeitsdauer keinesfalls überschreiten. Die Prüfzertifikate müssen nicht nur die Beurteilung der Materialien nach den zitierten Normenwerken, sondern auch die Messergebnisse der physikalischen Prüfung enthalten.

Die Prüfzertifikate sind bereits bei der Ausschreibungsphase von Materialien, Bauteilen und Komponenten zu verlangen und die potenziellen Lieferanten sind auf die Aktualität der Zertifikate hinzuweisen. Es ist von den Lieferanten ebenfalls zu verlangen, dass ein allfälliger Wechsel an Rohstoffen, Produktionsmethoden oder dergleichen auch eine Neuzertifizierung der gelieferten Materialien bedeutet.

Die Prüfzertifikate sind der Nachweis, dass die geprüften Materialien bzw. Komponenten, die entsprechend spezifizierten Anforderungen erfüllen. Es ist daher in den Prüf-

zertifikaten der exakte Hinweis auf das zu prüfende Material anzugeben (z.B. Warennummer, Type, exakte unverwechselbare Bezeichnung, etc.)

## **2.7 Brandschutztechnische Gutachten**

Für die Erlangung einer Betriebsbewilligung durch die oberste Eisenbahnbehörde ist die Vorlage eines positiven brandschutztechnischen Gutachtens für das Gesamtfahrzeug erforderlich. Dieses brandschutztechnische Gutachten ist für alle Neufahrzeuge, aber auch für umgebaute Fahrzeuge in denen sich eine Grundrissänderung ergeben hat, zu erstellen. Für andere Umbaumaßnahmen (geringeren Umfangs) ist zumindest für die neu eingebauten Bauteile und Materialien, sowie die Veränderung des brandschutztechnischen Zustandes des Gesamtfahrzeuges eine so genannte brandschutztechnische Erklärung (light Version eines Gutachtens) abzugeben. Die brandschutztechnischen Gutachten bzw. Erklärungen sind von unabhängigen brandschutztechnischen Gutachtern zu erstellen.

Im Zuge der brandschutztechnischen Begutachtung, ist auf dem Materialsektor die Einhaltung der Mindestanforderungen entsprechend der Normenwerke zu überprüfen. Darüber hinaus ist auch eine Systemprüfung auf Einhaltung der Schutzziele durchzuführen.

Die Prinzipien für eine Gutachtenserstellung lauten: Alle Daten und Informationen sind auf:

Richtigkeit

Vollständigkeit

Nachvollziehbarkeit

zu überprüfen. Hierbei sind allerdings auch die entsprechenden Nachweise zu führen, d.h. die Vorlage von Zertifikaten, Konformitätsbescheinigungen, Prüfprotokollen und dergleichen ist unerlässlich. Diese Dokumente müssen eindeutig nachvollziehbar den jeweilig betrachteten Bauteilen und Komponenten bzw. Materialien zuordenbar sein.

Die Nachweiskette muss lückenlos geschlossen sein. Dies bedeutet im Wesentlichen, dass zumindest für nachweispflichtige Bauteile nur positiv geprüfte Materialien verwendet werden dürfen (Prüfzertifikat für das Material), dass der Hersteller nur diese Materialien verarbeitet hat (Konformitätsbescheinigung des Herstellers), dass der Lieferant nur diese aus geprüften Materialien gefertigten Bauteile geliefert hat (z.B. Vermerk auf den Lieferpapieren), dass nur diese Bauteile und Materialien aus dem Lager des Verwenders in ein Fahrzeug eingebaut wurden (Konformitätsbescheinigung des Anwenders) und dass die vollständige Dokumentation vorliegt.

## **2.8 Vertragsdokumente**

Um spätere Probleme zu vermeiden ist bereits in der Ausschreibungsphase die gesamte geforderte Dokumentation für den Fall der Lieferung zu spezifizieren (Prüfzeugnisse, Konformitätsbescheinigungen, Prüfprotokolle, etc.). Die entsprechenden Anforderungen sind interpretationsfrei klarzulegen, so dass die potenziellen Lieferanten allfällige daraus resultierende Konsequenzen bereits in der Preisgestaltung mit berücksichtigen können.

Es ist den Lieferanten ferner aufzutragen, dass aus Gründen der Nachvollziehbarkeit, entweder in Lieferscheinen oder Rechnungen, die zu prüfenden Materialien mit einer unverwechselbaren Bezeichnung aufzulisten sind und ebenfalls die Referenz zum zugehörigen Prüfzertifikat aufzunehmen ist (z.B. Zertifikatsnummer und Datum).

Bei der Lieferung der Materialien und Dokumente erscheint es sinnvoll die Lieferanten dazu zu verpflichten, dass zumindest zwei Positionen in den Lieferpapieren angegeben sind.

1. Materiallieferung
2. Dokumentenlieferung

Mit dieser Vorgehensweise kann sichergestellt werden, dass alle erforderlichen Dokumente auch zum richtigen Zeitpunkt beigebracht werden und es kann auch der Geldfluss über die vollständige Lieferung (Materialien und Dokumente) gesteuert werden.

### 3 Philosophie der Brandsicherheit bei Schienenfahrzeugen

#### 3.1 Generelles

Die Philosophie der Brandsicherheit sollte prinzipiell die höchste Priorität auf die Vermeidung legen. Da aber eine absolute Vermeidung bei der Anwendung brennbarer Baustoffe auch unter Betrachtung der Vandalismustatbestände nicht vorstellbar ist, ist der Folgenminderung die zweithöchste Priorität bei der Brandsicherheit zuzuordnen.

Als Schutzziele für die Brandsicherheit ergeben sich in einer hierarchischen Reihung folgende Bereiche:

1. Personenschutz
2. Objektschutz (Sachschutz)
3. Umweltschutz

Das höchste Ziel der Brandsicherheit muss der Personenschutz für die Reisenden und die Bediensteten sein. Es sind aber auch die Bereiche Objektschutz und Umweltschutz auf Grund der teilweise extremen Kosten für die Schadensbehebung nicht außer acht zu lassen.

#### 3.2 Normenphilosophie

Die einschlägigen Normen und Regelwerke zum Thema Brandsicherheit bei Schienenfahrzeugen (DIN, EN, BS, NF, UNIFER, etc. und auch UIC) verfolgen ausschließlich das Schutzziel: **Personenschutz**. Die anderen Schutzziele werden in den Normen kaum behandelt und sind als untergeordnet betrachtet.

Die DIN 5510 definiert unter dem allgemeinen Schutzziel des Personenschutzes drei Teilschutzziele.

- a. Teilschutzziel 1: Verhinderung eines durch Brandstiftung im Fahrgastraum entstehenden Brandes
- b. Teilschutzziel 2: Verhinderung eines durch technische Defekte im Fahrgastraum entstehenden Brandes
- c. Teilschutzziel 3: Verzögerung und Begrenzung der Brandausbreitung für diejenigen Fälle in denen die Teilschutzziele 1 und 2 nicht erreicht werden.

Die Teilschutzziele 1 und 2 sind nicht als prioritäre Reihenfolge zu verstehen sondern sind gleichrangig zu behandeln. Prinzipiell sind alle Maßnahmen, egal ob technischer oder organisatorischer Natur, die die Erreichung der Teilschutzziele unterstützen als gleichwertig anzusehen. D.h. es kann eine technische Maßnahme auch durch eine gleichwertige organisatorische Maßnahme ersetzt werden, oder gegenseitige Unterstützung bieten. Als Beispiel sei hierzu das Thema Brandmeldeanlagen angeführt. Ist in einem Fahrzeug eine Brandmeldeanlage installiert so ist es Aufgabe dieser Maßnahme, einen ausgebrochenen Brand möglichst rasch zu detektieren und eine entsprechende Meldung für die Einleitung von Maßnahmen abzusetzen. Fällt eine derartige Brandmeldeanlage im normalen Zugbetrieb aus, so muss zur Erhaltung des Sicherheitsniveaus eine organisatorische Maßnahme Platz greifen. Dies kann z.B. die

permanente intensive Überwachung (für den Zeitraum des Ausfalls der techn. Einrichtung) des betroffenen Fahrzeugbereiches durch das Zugbegleitpersonal sein.

### **3.3 Entwicklung der Brandsicherheit**

Durch die vermehrte Anwendung von Kunststoffen und anderen brennbaren Materialien, hauptsächlich im Ausstattungsbereich aber auch bei technisch funktionellen Baugruppen, sowie den vermehrten Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln (Leselampen, PC-Steckdosen, Sprechverbindungen, Beschallungsanlagen, Händetrockner, Zusatzheizkörper, Halogenspots, etc.) ist insgesamt die potenzielle Gefahr einer Brandentstehung gestiegen.

Die Entwicklung einiger Normenwerke hin zu geringeren Anforderungen an die Brennbarkeit von Materialien (z.B. Fußböden, Teppiche, Möbelbezugsstoffe, etc.) lässt ebenfalls ein Absinken des Brandsicherheitsniveaus erkennen.

Inwieweit die Mindestanforderungen dieser Normen damit dem „Stand der Technik“ noch gerecht werden, ist im Einzelfall (Fahrzeugtype, Einsatzbedingungen, etc.) zu prüfen. Allenfalls sind die daraus resultierenden Anforderungen, höher anzusetzen als die Mindestanforderungen der Normen.

### **3.4 Stand der Technik**

Die oben erwähnte Entwicklung lässt eher ein Absinken des brandsicherheitstechnischen Niveaus bei Schienenfahrzeugen vermuten. Es ist daher als vordringliche Aufgabe zu sehen den „Stand der Technik der Brandsicherheit bei Schienenfahrzeugen“ zu definieren und entsprechende Maßnahmen zur Weiterentwicklung des brandsicherheitstechnischen Niveaus zu definieren.

Als Anhaltspunkt für eine derartige Aufgabe kann auch die Definition des Standes der Technik, wie sie in der Gewerbeordnung 1994 (BGBl. 194/1994 §71a (Ziffer1)) niedergeschrieben ist, helfen. Diese Definition lautet:

„Der Stand der Technik im Sinne dieses Bundesgesetzes ist der auf den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher technologischer Verfahren, Einrichtungen, Bau- oder Betriebsweisen, deren Funktionstüchtigkeit erprobt und erwiesen ist. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen, Bau- oder Betriebsweisen heranzuziehen und ist die Verhältnismäßigkeit zwischen dem Aufwand für die im jeweiligen gewerblichen Sektor erforderlichen technischen Maßnahmen und dem dadurch bewirkten Nutzen für die jeweils zu schützenden Interessen zu berücksichtigen.“

Eine freie Interpretation dieser Definition bedeutet, dass nicht nur die erprobten und technisch umgesetzten wissenschaftlichen Erkenntnisse im Hinblick auf die Brandsicherheit im Schienenfahrzeugbereich für die Betrachtung heranzuziehen sind, sondern auch vergleichbare Bereiche anderer Massenverkehrsmitteln wie z.B. Flugzeuge oder Busse und anderer Einrichtungen wie z.B. Objekte für größere Menschenansammlungen in die Betrachtung mit einzubeziehen sind.

## 4 Brandsicherheitsrelevante Anforderungen

### 4.1 Anforderung an Materialien

#### 4.1.1 Allgemeines

Die Erfüllung der Anforderungen an Materialien muss durch Prüfzertifikate einer unabhängigen, akkreditierten Prüfanstalt nachgewiesen werden. Die Zertifikate dürfen maximal 3 Jahre alt sein.

Die Vorlage von Prüfzertifikaten, wie oben beschrieben, ist für alle Bauteile bzw. Materialien aus denen nachweispflichtige Bauteile (entsprechend Tabelle 5 und Tabelle C.2 aus DIN 5510-2 in der jeweils aktuellen Fassung) bestehen, vorgeschrieben.

Die Anforderungen an elektrische Kabel und Leitungen sind gem. DIN 5510-2, Tabelle 6 und Tabelle C.3, nachzuweisen. Für Kabel und Leitungen, welche im Brandfall einen Isolationserhalt sicherstellen müssen, ist zusätzlich ein Zertifikat gem. EN 50200 über einen 30 min, mindestens jedoch 15 min Isolationserhalt vorgeschrieben.

Empfehlenswert ist allerdings nicht nur für die nachweispflichtigen Bauteile bzw. die Materialien aus denen diese Bauteile hergestellt werden, sondern auch für alle anderen Bauteile die aus brennbaren Materialien bestehen, Prüfzertifikate anzufordern.

Es empfiehlt sich ferner die Lieferanten bzw. potenziellen Lieferanten von Bauteilen und Materialien zur Bekanntgabe von Material- oder Technologieänderungen in ihren Produktionsprozessen zu verpflichten. D.h.: wenn im Zuge von Rahmenverträgen, die über längere Zeiträume laufen, Änderungen an den Materialien oder Produktionsmethoden vorgenommen werden, so können diese durchaus brandsicherheitsrelevante Folgen haben. Diese Folgen sind im Vorfeld abzuschätzen und entsprechend zu bewerten.

Die Nachvollziehbarkeit, Richtigkeit und Vollständigkeit von Informationen, die verwendete bzw. einzusetzenden Materialien und Bauteile betreffen, sind ein wesentliches Kriterium. Es ist daher unerlässlich, dass auf den Lieferscheinen und/oder Rechnungen, der Lieferanten zum jeweiligen gelieferten Material auch die Nummer und das Datum des dazugehörigen Zertifikates ausgewiesen sein muss. Die Lieferpapiere sollten prinzipiell aus zwei Positionen bestehen. D.h.: zum Einen das zuliefernde Material und getrennt davon die zu liefernde Dokumentation (erforderliche Prüfzertifikate, Technische Spezifikationen, etc.) so dass bei der Warenübernahme immer beide Positionen kontrolliert werden können und erst nach Vorliegen der erforderliche Dokumentation die Anweisung des Rechnungsbetrages freigegeben wird (Vergleiche Abschnitte 2.4 und 2.5)

#### 4.1.2 Brennbarkeit

Alle Materialien und Bauteile müssen die Anforderungen der Brennbarkeitsklasse gem. Tabelle 5 DIN 5510-2 für Fahrzeuge der Brandschutzstufe 2 gem. DIN 5510-1 erfüllen. Von dieser Regelung abweichende Anforderungen werden in der Ausschreibung gesondert angeführt!

#### 4.1.3 *Qualmbildung*

Alle Materialien und Bauteile müssen die Anforderungen der Rauchentwicklungs-klasse gem. Tabelle 5 **DIN 5510-2** für Fahrzeuge der Brandschutzstufe 2 gem. DIN 5510-1 erfüllen. Von dieser Regelung abweichende Anforderungen werden in der Ausschreibung gesondert angeführt!

#### 4.1.4 *Tropfenbildung*

Alle Materialien und Bauteile müssen die Anforderungen der Tropfbarkeitsklasse gem. Tabelle 5 **DIN 5510-2** für Fahrzeuge der Brandschutzstufe 2 gem. DIN 5510-1 erfüllen. Von dieser Regelung abweichende Anforderungen werden in der Ausschreibung gesondert angeführt!

#### 4.1.5 *Rauchgastoxizität*

Alle Materialien und Bauteile müssen die Anforderungen an die Rauchgastoxizität gem. Tabelle C.2 bzw. C.3 gem. **DIN 5510-2** für Fahrzeuge der Brandschutzstufe 2 gem. DIN 5510-1 erfüllen. Von dieser Regelung abweichende Anforderungen werden in der Ausschreibung gesondert angeführt!

#### 4.1.6 *Heizwert*

Alle Materialien die organische Verbindungen beinhalten (z.B. Kunststoffe, Naturfasern, Holz, Kleber, Dichtungsmaterialien, etc.) sind prinzipiell brennbar und setzen daher im Falle eines Brandes Energie frei. Das Maß der Energiefreisetzung hängt im Wesentlichen von der Verbrennungsgeschwindigkeit und dem Heizwert des Materials ab. Es ist daher unerlässlich, die Heizwerte der verwendeten Materialien von den Lieferanten einzufordern. Es ist bereits in der Ausschreibungsphase die Lieferung dieser Werte vorzuschreiben. Der Heizwert in Kombination mit der Brennbarkeit und der Masse eines Bauteils ist ein wesentliches Maß für eine Brandrisikoabschätzung und daher für die brandsicherheitstechnische Beurteilung eines Bauteiles unerlässlich.

#### 4.1.7 *Alterungsverhalten und Reinigung*

Entsprechend der durchschnittlichen Verwendungsdauer von Materialien sind auch Angaben zum Alterungsverhalten von den Lieferanten einzufordern. Diese Angaben sollten speziell im Hinblick auf die brandsicherheitsrelevanten Verhaltensweisen der verwendeten Materialien abgestellt sein.

Reinigungsmittel können das brandtechnische Verhalten von Materialien ebenfalls negativ beeinflussen. Es sind daher von den Lieferanten auch Angaben über zulässige Reinigungsmittel im Hinblick auf Brandsicherheit einzufordern. Prinzipiell kann hier gesagt werden, dass die Umstellung von Reinigungsmitteln, die organische Lösemittel beinhalten auf Reinigungsmittel auf wasserlöslicher Basis empfehlenswert erscheint.

## **4.2 Anforderungen an Bauteile und Baugruppen**

Die brandsicherheitstechnischen Mindestanforderungen an Bauteile und Bauteilgruppen entsprechend der Kriterien wie sie oben erwähnt sind (Brennbarkeit, Qualmbildung und Tropfenbildung) sind für die so genannten „nachweispflichtigen Bauteilen“ in der **DIN 5510-2** in Tabelle 5 aufgelistet. In dieser zitierten Tabelle finden sich entsprechend der Einstufung in die jeweilige Brandschutzstufe die Anforderungen die als Mindestanforderungen zu verstehen sind.

Für alle Bauteile aus brennbaren Materialien die in der oben zitierten Tabelle nicht als nachweispflichtige Bauteile geführt werden, empfiehlt sich allerdings in Analogie zu diesen dort definierten Anforderungen, die gleichen Anforderungen als Betreiber- oder Herstellerspezifikation an die potenziellen Lieferanten weiter zu geben.

### *4.2.1 Konstruktive Gestaltung*

Brandsicherheitstechnische Betrachtungen sind bereits bei der Planung, der Konstruktion und dem Design von Bauteilen und Systemen zwingend zu berücksichtigen. Sämtliche Detailanforderungen als Mindestanforderungen aus den Normenwerken sind im „Modell für die Bewertung der Brandsicherheit von Schienenfahrzeugen“ zusammengestellt und dort nachzulesen. Es ist allerdings darauf zu verweisen, dass es sich bei dieser Zusammenstellung ausschließlich um die Mindestanforderungen an Materialien, Bauteile und Systeme handelt.

Bei der konstruktiven Gestaltung von Bauteilen sollten aus brandsicherheitstechnischer Sicht folgende Prinzipien beachtet werden:

- Bei alternativen Werkstoffen jene mit geringeren Heizwerten und schlechterer Brennbarkeit verwenden
- Scharfe Ecken und Kanten vermeiden (Beachtung des Brandverhaltens bei Kantenbeflammung)
- Geringst mögliche Brandangriffsfläche schaffen
- Masse der brennbaren Bauteile so gering wie irgend möglich halten (Vorsicht! Bei einigen Materialien verbessert sich die Brennbarkeit bei geringeren werdenden Wandstärken. Es handelt sich hier also um einen gegenläufigen Effekt, der je nach Situation beim Einzelteil unbedingt zu berücksichtigen ist)
- potenzielle Zündquellen so weit wie irgend möglich minimieren und dort wo sie eingebaut sind möglichst gut von brennbarer Umgebung abschirmen (z.B.. unbrennbare, geschlossene Umhausungen)
- Brandübergangsbrücken vermeiden (Verhinderung der Brandausbreitung durch konstruktive Maßnahmen)
- Bauteilbefestigungen müssen im Brandfall ihre Funktion über eine gewisse Zeit behalten, so dass durch das allfällige Versagen einer Befestigung das Brandereignis nicht positiv unterstützt wird.

- Mindestabstände zwischen brennbaren Bauteilen und potenziellen Zündquellen (z.B. Klemmstellen elektrischer Leitungen, Wärmeerzeugung von Beleuchtungskörpern, Heizgeräte, etc.) einhalten
- Durchführungen von elektrischen Leitungen so gestalten, dass keine Scheuerstellen und damit Isolationsmaterialverletzungen entstehen können
- Durchführungen von Lüftungskanälen die erhöhte Temperatur aufweisen können, thermisch gegenüber brennbaren Bauteilen isolieren
- Vermeidung von Wärmestaus (Wärmeabgabe von z.B. Beleuchtungskörpern) in Bereichen in denen brennbare Materialien eingebaut sind

#### 4.2.2 Einbaulage

Die Einbaulage eines Bauteiles ist aus brandsicherheitstechnischer Sicht für eine Risikoabschätzung ein relevanter Parameter, der die einzelnen Anforderungen wie Brennbarkeit, Qualmbildung und Tropfenbildung in unterschiedlichem Licht erscheinen lässt. Prinzipiell ist zu sagen, dass z. B. die Tropfenbildung für senkrecht montierte Bauteile oder Überkopfbauteile wesentlich gravierender zu betrachten ist, als z.B. für Fußbodenbeläge. Durch das möglicherweise brennende Abtropfen von Materialien können darunter liegende brennbare Bauteile entzündet werden, oder auch die Fluchtmöglichkeit für Personen beeinträchtigt werden.

Bezüglich der Qualmbildung sollte unabhängig von der Einbaulage das Material ausgewählt werden, dass die geringste Qualmbildung aufweist.

Bezüglich der Brennbarkeit sind die Mindestanforderungen in der Tabelle 5 der E DIN 5510-2 definiert und entsprechend der Einbaulage unterschiedlich. Die Norm schreibt an sich nur Mindestanforderungen vor und in einigen Fahrzeugbereichen (z.B. in den Seitengängen oder in den Mittelgängen, die als Hauptfluchtwege im Fall der Fälle zur Verfügung stehen müssen) sollten entsprechend höhere Anforderungen an die verwendeten Materialien gestellt werden.

Im Bereich von Elektroschaltschränken und Verteilerkästen müssen prinzipiell unbrennbare Umhausungen Anwendung finden. In Bereichen nicht vermeidbarer Funken (z.B. Heizschütz) sind unbrennbare Funkenkammern bzw. andere Absicherungen die eine Entzündung von Materialien verhindern, unerlässlich.

#### 4.2.3 Prüfmethoden

##### 4.2.3.1 Sitze

Die brandsicherheitsrelevante Prüfung der kompletten Sitze erfolgt nach **DIN 5510 Teil 2** (Papierkissenprüfung) wobei festzuhalten ist, dass in Abänderung bzw. Ergänzung zur oben erwähnten Norm, höhere Anforderungen verlangt werden. Zusätzlich zu den Anforderungen der oben zitierten Norm dürfen keine brennenden Teile abfallen und die Flammen müssen nach der 10 min erloschen sein (nicht erst nach der 15 min wie es die **DIN 5510-2** fordert).

Die brandsicherheitsrelevante Prüfung der Sitze in geschlossenen Personalräumen (z.B. Führerstände) erfolgt gem. DIN EN 1021-1 und 1021-2.

#### 4.2.3.2 Bauteile

Prinzipiell fordert die **DIN 5510-2** den Brandsicherheitsnachweis für Bauteile bzw. Bauteilgruppen. Das bedeutet, dass die Prüfungen an Bauteilen (die möglicherweise aus mehreren zusammengesetzten Materialien bestehen) durchzuführen sind. Die Praxis zeigt allerdings, dass Bauteilprüfungen kaum durchgeführt werden und daher auch kaum brandsicherheitstechnisch relevante Aussagen dafür vorliegen. Es ist allerdings unerlässlich für Neuanschaffungen, speziell im Bereich von Bauteilen aus zusammengesetzten Materialien Gesamtprüfungen zu fordern. Wenn diese Prüfungen bzw. die daraus resultierenden Ergebnisse nicht vorgelegt werden können, so sind sämtliche im Bauteil oder in der Bauteilgruppe verwendeten Materialien zu prüfen (Anforderungen siehe Kapitel 4.1)

Die Anforderungen an Bauteile die in der **DIN 5510-2** dargestellt sind, werden auf Grund von unterschiedlichen Prüfmethode nachgewiesen. Die Prüfmethode sind in der Norm zitiert und beziehen sich größtenteils auf DIN-Prüfvorschriften.

### 4.3 Anforderung an Systeme

Bei den Systemanforderungen sind prinzipiell zwei Bereiche auseinander zu halten. Zum einen bestehen Anforderungen an die Systeme für den normalen Betriebszustand, d.h. wie bereits in den Vorkapiteln erwähnt, die Verwendung der entsprechenden Materialien, die konstruktive Gestaltung zur Verhinderung von Bränden bzw. Brandweiterleitungen und dergleichen. D.h. das ist der Bereich der Präventivmaßnahmen.

Zum zweiten bestehen Anforderungen an Sicherheitssysteme, d.h. Systeme die im Fall eines bereits eingetretenen Ereignisses entweder schädigende Einflüsse auf Personen verhindern oder die Selbstrettung ermöglichen.

In der Folge wird hier hauptsächlich auf die Sicherheitssysteme und deren Funktionserhalt im Brandfall eingegangen.

#### 4.3.1 Technische Anforderungen

##### 4.3.1.1 Elektroinstallationen und elektrische Ausrüstungen

Für die Ausführung der Elektroinstallationen und der elektrischen Ausrüstungen bestehen eine Reihe von Vorschriften die zum Teil auch Gesetzescharakter haben (z.B. ÖVE Vorschriften die im Elektrotechnikgesetz bzw. in der Elektrotechnikverordnung für verbindlich erklärt wurden). Die Normanforderungen für Elektroinstallationen sind als Mindestanforderungen in den vorzitierten Normenwerken vorhanden und im „Brandsicherheitsmodell“ systematisch zusammengestellt.

Generell muss festgestellt werden, dass die Elektroinstallationen und elektrischen Ausrüstungen im Bereich der technischen Zündquellen das höchste Gefährdungspotenzial darstellen. Es ist daher entsprechende Sorgfalt in diesem Bereich unbedingt angebracht.

Entsprechend der funktionellen Erfordernisse für die einzelnen Bereiche der Elektroinstallationen ist bereits in der Konzeption bzw. im Design dieser Installationen entspre-

chende Sorgfalt gefragt. Einerseits müssen sämtliche verwendeten Materialien (wie z.B. Kabelisolierungen, Schalter, Schütze, Befestigungselemente, Installationsrohre und Schläuche, Klemmen, Klemmverbindungen, Einbaurahmen, Abdeckungen usw.) den brandsicherheitstechnischen Anforderungen der entsprechenden Normenwerke mindestens entsprechen. Darüber hinaus sind aber auch entsprechend der Funktionalitäten für einen allfälligen Brandfall Überlegungen anzustellen, welche besonderen Eigenschaften erforderlich sind um einen erforderlichen Funktionserhalt im Brandfall über eine gewisse Zeit sicher zu stellen. Die Zeit für die Sicherstellung der Funktionalität hängt von dem Bereich, in dem die Systemteile eingesetzt werden, ab. Es ist aber im Wesentlichen davon auszugehen, dass die minimale Zeit für einen Funktionserhalt zwischen 15 und 30min liegt (für die Aufrechterhaltung einer Notbeleuchtung ist mit Sicherheit dieser Zeitraum zu gering und als Minimum 60min anzusetzen).

Brandsicherheitstechnische Betrachtungen sind für alle Bereiche anzustellen. In der Konzeption der Anlagen sind die entsprechenden Sicherungssysteme (gegen Überspannung, Überstrom, Berührungsschutz, etc.), die richtige Dimensionierung der Leitungsquerschnitte (auch für den Fall von trägen Absicherungen dürfen auftretende Kurzschlussleistungen keine unzulässigen Leitungserwärmungen hervorrufen), die richtige Dimensionierung von Klemmverbindungen, der Einsatz der richtigen Klemmtechnik, die Auswahl der richtigen Schalt- und Steuerelemente, die Einbauorte und die Schutzverrohrungen, Montage- und Trägersysteme, sowie die Ausführung der Schaltschränke (prinzipiell geschlossen, prinzipiell unbrennbare Materialien, Einhaltung von Mindestabständen) und die Zugänglichkeit unbedingt zu beachten.

Im Bereich der Ausführung der Elektroinstallationen ist es unbedingt erforderlich, nach Fertigstellung eine Komplettprüfung der Anlage (des gesamten Fahrzeuges) im Hinblick auf Funktionalität der Sicherheitssysteme, auf sach-, fach- und spezifikationsgerechte sowie ordnungsgemäße Ausführung und allenfalls Messungen von Abschaltströmen, Übergangswiderständen und dergleichen durchzuführen. Diese Prüfung ist in einem so genannten „Elektrosicherheitsprotokoll“ zu dokumentieren und die Ergebnisse von den verantwortlichen Prüfern zu bestätigen. Eine derartige Prüfung ist in einem Zeitraum von längstens drei Jahren, für Güterwagen und Bahndienstwagen gilt ein Zeitraum von längstens 6 Jahren, periodisch zu wiederholen.

Da die Elektroinstallationen das höchste Gefährdungspotenzial im Bereich der technischen Zündquellen darstellen, scheint auch eine kontrollierte und periodisch wiederholte Reinigung sämtlicher Installationen (Schaltschränke, Klemmleisten, Klemmverbindungen, etc.) erforderlich. Im Zuge dieser periodischen Reinigung ist auch zumindest eine Sichtkontrolle der nach wie vor ordnungsgemäßen Ausführung durchzuführen. Allenfalls sind Auffälligkeiten entsprechend zu behandeln und zu dokumentieren.

Für sämtliche im Fahrzeug verwendeten elektrische Geräte sind mindestens CE Kennzeichnungen erforderlich und die Einbauorte derart zu wählen, dass es zu keiner unzulässigen Erwärmungen der, möglicherweise brennbaren, Umgebung kommen kann (z.B. Händetrockner, Beleuchtungskörper, Lichtspots, Zusatzheizungen, etc.)

#### 4.3.1.2 Mechanische Lüftungsanlagen

Im Falle eines Brandausbruches in einem Fahrzeug sind mechanische Lüftungsanlagen prinzipiell geeignet, zum Einen den entstehenden Brandrauch im Fahrzeug we-

sentlich rascher zu verteilen und zum Anderen dem Feuer unter Umständen durch Zufuhr frischer Luft, neue Nahrung zu geben.

Prinzipiell sind daher zwei Grundsätze zu beachten:

1. Im Falle eines Brandausbruches ist die forcierte Luftzufuhr zum Brandherd unmittelbar zu unterbinden und
2. die Begünstigung der Verrauchung des Fahrzeuges durch eine mechanische Lüftungsanlage ist ebenfalls unmittelbar zu unterbinden.

Die bestehenden Fahrzeugkonzeptionen besitzen im Regelfall im Luftkreislauf nur einen Ventilator und können sowohl im reinen Frischluftbetrieb als auch im Mischluftbetrieb betrieben werden. Im Normalfall wird die Abluft über Abluftöffnungen aus dem Fahrzeug verdrängt. Derartige Systeme sind Im Fall eines Brandausbruches unbedingt und sofort abzuschalten.

Im Brandfall kommt der forcierten Ableitung von Rauch und Wärme besondere Bedeutung zu. D.h. wenn Fahrzeuge mit einem getrennten Zu- und Abluftsystem (zwei Ventilatoren) ausgestattet sind, so ist die Zuluft einbringung schlagartig zu unterbinden und die Abluft (100% Fortluft ins Freie) möglichst zu forcieren. Dadurch können Rauchgase und Energie ins Freie abgeleitet werden und das Schadensereignis gemindert werden. Dieser Effekt kann auch durch die Verwendung von so genannten „Rauch- und Wärmeabzugsanlagen“, wie sie in der Gebäudetechnik Anwendung finden, erreicht werden. Derartige selbsttätige Brandrauchjalousien im Dachbereich, könnten auch als „Eindringöffnungen“ für Fremdrettungsmaßnahmen Verwendung finden.

Bei der Steuerung der Lüftungsanlagen ist allerdings nicht nur auf das Einzelfahrzeug, sondern auf den gesamten Zugverband zu achten. So ist es unbedingt erforderlich, dass aus einem brennenden Fahrzeug möglicherweise austretende Rauchgase im Tunnelbetrieb nicht durch ein folgendes Fahrzeug und dessen Lüftungsanlage, angesaugt werden.

Bei den mechanischen Lüftungsanlagen, die auch Heiz- oder Kühlzwecken dienen, ist auf die Wärmedämmung der Lüftungskanäle zu achten. Es dürfen an den Kanalaußenseiten keine unzulässigen Temperaturerhöhungen auftreten.

Es ist ferner darauf zu achten, dass die Lüftungskanäle prinzipiell aus unbrennbaren Materialien hergestellt werden und entsprechend mit Reinigungsöffnungen versehen werden, so dass eine leichte Innenreinigung (ohne einer Komplettzerlegung des Fahrzeuges) der Lüftungskanäle periodisch durchgeführt werden kann. Diese periodischen Reinigungen sollten jährlich, aber mindestens zweijährlich durchgeführt und dokumentiert werden.

Es ist auch darauf zu achten, dass Luftansaugöffnungen in denen entsprechende Luftfilter (im Normalfall Kunststoffgewebe) eingebaut sind, derart geschützt werden, dass nicht durch Einbringen einer externen Zündquelle (z.B. glimmender Zigarettenrest) ein Brand entstehen kann.

Werden Lüftungskanäle durch entsprechende Brandabschnittstrennungen (Fahrzeuggrenzwände) geführt, so ist darauf zu achten, dass über diese Öffnungen keine Brandausbreitung in den Nachbarbrandabschnitt möglich ist, d.h. es sind entweder entsprechende Materialien der Lüftungskanäle vorzusehen (nicht nur unbrennbare Materialien sondern auch brandbeständige Materialien) oder allenfalls auch so genannte Brandschutzklappen einzubauen.

Sämtliche Sicherheitselemente und Sicherheitsschaltungen (gegen Überhitzung und dergleichen) sind im Zuge der elektrotechnischen Prüfung mit zu prüfen und die Funktionalität der Sicherungselemente zu bestätigen.

#### 4.3.1.3 Informationssysteme

Die Funktionalität der Informationssysteme im Brandfall ist über eine entsprechende Zeit (von Systemteil zu Systemteil unterschiedlich) sicher zu stellen.

Unter Informationssystemen im Fahrzeug sind z.B. die Beschallungsanlage, die NBÜ Verkabelung, die Informationsdurchleitung für den Wendezugbetrieb, die Informationsweiterleitung von Notrufsäulen und dergleichen zu verstehen. D.h. alle Systeme die zur Folgenminderung von Brandereignissen erforderlich sind, müssen über entsprechende Zeiträume zur Verfügung stehen. Das bedeutet, dass die Ausführung dieser Systeme in Verwendung der Materialien, der Konzeptionen und der Montagearten sowie der Reinigung und Instandhaltung bzw. der Überprüfung entsprechend höhere Anforderungen zu erfüllen haben. In der Folge sind beispielhaft einige Vorschläge für entsprechende Mindestfunktionszeiten aufgelistet, wobei hier allerdings festzuhalten ist, dass die Zeiten auf Grund der Einsatzbedingungen der Fahrzeuge und der anderen Rahmenbedingungen unbedingt für jedes Fahrzeug bzw. für jede Fahrzeugserie speziell und separat zu definieren sind:

- Notbeleuchtung mind. 60min
- Informationsdurchleitung für den Wendezugbetrieb mind. 30min
- Beschallungsanlagen mind. 30min
- Signalweiterleitung der NBÜ Anlage mind. 15 min
- Brandmelde- und Signalisierungsanlagen mind. 15min

Wenn in Fahrzeugen Fahrgastinformationssysteme installiert werden, so sind diese auf die Sinnhaftigkeit im Hinblick auf die Übermittlung von sicherheitsrelevanten Informationen, zu prüfen. Werden diese Systeme für sicherheitsrelevante Belange benutzt, müssen sie ebenfalls obigen Anforderungen entsprechen.

Die Funktionalitäten der Informationssysteme sind ebenfalls periodisch zu überprüfen, sofern sie als sicherheitsrelevant eingestuft werden müssen. Die Überprüfungszeiträume dieser Systeme können durchaus kürzer sein als die Überprüfung der gesamten Elektroinstallation und sind daher im Zuge eines Wartungsprogrammes festzulegen.

#### 4.3.1.4 Erste Löschhilfe

Für die erste Löschhilfe müssen sämtliche Fahrzeuge mit Handfeuerlöschern ausgerüstet sein. Entsprechende Richtlinien des Bundesfeuerwehrverbandes sprechen von der Erfordernis von mind. 8 Löscheinheiten pro angefangener 200m<sup>2</sup> von Räumlichkeiten in denen größere Personenansammlungen vorkommen können. Das bedeutet, z.B. für einen Reisezugwagen oder einen Triebwagen, dass pro Fahrzeug 8 Löscheinheiten zur Verfügung stehen sollten.

Die Verwendung des jeweiligen Löschmittels ist vom Einsatzbereich des Handfeuerlöschers abhängig. Für Bereiche in denen sich Personen aufhalten dürfen keine Pulverlöscher Einsatz finden. Als Löschmittel eignen sich hier am Besten Schaumlöschmittel, die aber geprüfter Weise für elektrische Anlagen bis 1000Volt geeignet sein müssen.

Ein 9 Liter (S9) Schaumlöcher verfügt über eine „Kapazität“ von 3 Löscheinheiten. Das bedeutet, dass an jedem Ende eines Fahrzeuges mindestens je einer dieser Löscher unterzubringen ist und entsprechend der Kennzeichnungsverordnung auch der Aufstellungsort des Löschers deutlich sichtbar zu machen ist.

Bei der Auswahl der Löschmittel ist unbedingt auch auf die klimatischen Rahmenbedingungen des Fahrzeuges Rücksicht zu nehmen (z.B. abgestellte Fahrzeuge die in Wintermonaten nicht beheizt werden; hier ist Sorge zu tragen, dass es zu keinen Frosterscheinungen bei den Löschmitteln kommen kann).

Im Bereich von Küchen bei Speisewagen, empfiehlt sich entweder ein Fettbrand-schaumlöschmittel zu verwenden oder allenfalls auch auf Kohlendioxidlöscher auszuweichen. Auf Grund der universelleren Einsetzbarkeit, aber auch der leichteren Bedienbarkeit ist den Fettbrandschaumlöschern der Vorzug einzuräumen.

Für allfällige Brandereignisse außerhalb des Fahrgastbereiches (z.B. im Untergestell eines Reisezugwagens) eignen sich im Wesentlichen nur Pulverlöscher. Es ist daher empfehlenswert auch einen Pulverlöscher in jedem Fahrzeug (6kg Handfeuerlöscher, entspricht 6 Löscheinheiten) mitzuführen, der aber derart aufbewahrt wird, dass er von den Passagieren nicht verwendet werden kann, sondern nur von einem Zugbegleiter aus seinem Aufbewahrungsort entnommen werden kann. Der Umgang mit Feuerlöschern ist durch regelmäßige Schulung und durch Übungen des Personals sicher zu stellen (Abschnitt 4.3.2.3).

In besonderen Fällen kann auch der Einsatz von selbsttätigen Löscheinrichtungen (z.B. Sprinkleranlage) erforderlich werden. Derartige Anlagen werden z.B. in U - Bahnfahrzeugen bereits eingesetzt. Es ist diese Thematik aber derart umfangreich, dass sie im Einzelfall gesondert zu behandeln ist.

#### 4.3.1.5 Selbstrettungskonzept und Fluchweggestaltung

Die verbindliche Erstellung von Selbstrettungskonzepten sollte für jeden Fahrzeugtyp festgelegt sein. Ein Selbstrettungskonzept hat entsprechend der wahrscheinlichen Unfallszenarien sicher zu stellen, dass das Fahrzeug so gestaltet und ausgestattet ist, dass die Selbstrettung der Passagiere möglich ist. Hierbei sind alle Rahmenbedingungen (Streckeneinsatz, Frequenz, Zugbegleiter und dergleichen) in die Betrachtung mit einzubeziehen.

Die generelle und die spezielle Information der Passagiere, die Lage und Größe von Notausstiegen, deren Kennzeichnung, deren Bedienbarkeit, die Information zur Bedienung dieser Notausstiege, aber auch die Möglichkeit des Eindringens von Hilfsmannschaften von Außen (Einstiegsmöglichkeiten für Hilfsmannschaften müssen deutlich gekennzeichnet sein) sind zu definieren und die Systeme entsprechend der Rahmenbedingungen zu konzipieren.

Die Breite und Lage bzw. Länge von Fluchtwegen ist fest zu legen, allfällige Markierungen von Fluchtwegen mit nachleuchtenden (auch bei Komplettausfall der Beleuchtung noch deutlich erkennbare bzw. bei vollständiger Verrauchung eines Fahrzeuges noch deutlich erkennbar) Passagierleiteinrichtungen ist vorzusehen. Sämtliche Bedienelemente, die sicherheitsrelevant sind (z.B. Notentriegelungen von Türen, Notrufsäulen, Druckknopfmelder für Brandmeldeanlagen, Notbremszugkästen und dergleichen) sind mit nachleuchtender Markierungsfarbe zu kennzeichnen und/oder durch akustische Einrichtungen zu unterstützen.

Für die Fahrgastinformation bezüglich der vorhandenen Sicherheitseinrichtungen sollten prinzipiell Piktogramme und Informationen in grafischer Art zur Verfügung stehen (speziell bei Fahrzeugen die international eingesetzt sind, sind Beschriftungen auf Grund der Mehrsprachigkeit problematisch) und möglichst durch Hinweise in den Informationsschriften für Fahrgäste (Abschnitt 4.3.2.1) ergänzt werden.

Allenfalls sind zusätzliche Noteinrichtungen wie Nothämmer, Fenstersägen oder dergleichen bei entsprechenden Erfordernissen in den Fahrzeugen an gut sichtbarer Stelle anzubringen und entsprechend dem vorher Erwähnten zu markieren.

Prinzipiell sind sämtliche erforderlichen Kennzeichnungen nach der gültigen Gesetzeslage (Kennzeichnungsverordnung) auszuführen.

#### 4.3.1.6 Lauffähigkeit der Fahrzeuge

Die derzeit geltenden Mindestanforderungen aus den Normen fordern eine 15minütige Lauffähigkeit eines Fahrzeuges im Vollbrandfall. Das bedeutet, dass die statische Tragfähigkeit des Wagenkastens, des Unterbodens und die Funktion des Laufwerkes über mind. 15min im Vollbrandfall erhalten bleiben müssen. Als Vollbrandfall kann man ein Brandgeschehen annehmen, dass mindestens den gesamten Wagenquerschnitt betrifft.

Die Entwicklung in der Normung geht allerdings in die Richtung, dass die Lauffähigkeit der Fahrzeuge mit mindestens 80km/h über 15min erhalten sein muss und bei einer Geschwindigkeit von 40km/h mind. 30min Lauffähigkeit gegeben sein muss.

Bei zweigeschossigen Fahrzeugen sind betreffend der statischen Anforderungen auch die Konstruktionen zwischen den beiden Geschoßen so auszulegen, dass sie diesen Anforderungen entsprechen.

Zum Thema Lauffähigkeit gehört aber auch der Antrieb eines Fahrzeuges (egal ob Einzelfahrzeug oder Zugverband, die Traktion muss über mindestens 15min gegeben sein) und die Verhinderung einer Selbstbremsung (z.B. bei Druckverlust im Bremssystem durch von Brandeinflüssen zerstörte Bremsschläuche). Dieser Punkt erfordert besondere Aufmerksamkeit, da bei eingefallener Federspeicherbremse auch kein Weiter-

rollen mehr möglich ist (selbst bei ausgefallener Traktion ist zumindest auf Gefällestrecken noch ein Weiterrollen möglich).

#### 4.3.1.7 Brand- und Rauchabschnittstrennung

Prinzipiell sollte ein Fahrzeug immer in mindestens zwei Brandabschnitte getrennt sein. Die Trennung dieser Brandabschnitte erfolgt durch Trennwände, die normal zur Fahrzeuglängsachse angebracht sind. Die Anforderungen an diese Trennwände sind die Verhinderung einer Brand- und Rauchausbreitung über eine bestimmte Zeit. Die Brandbeständigkeit derartiger Trennwände sollte auf mindestens 30min ausgelegt werden. D.h. diese Trennwände sollten 30min lang der Ausbreitung von Feuer und Rauch widerstehen und dürfen auf der brandabgewandten Seite eine maximale Oberflächentemperatur von 140°C nicht überschreiten (zur Verhinderung von zu hoher Strahlungsenergieabgabe).

Prinzipiell sind auch der Wagenboden und auch die Zwischendecke bei mehrgeschossigen Fahrzeugen als Brandabschnittstrennung zu betrachten.

Sämtliche Durchleitungen durch derartige Brandwände sind entsprechend brandsicherheitstechnisch abzuschotten bzw. größere erforderliche Öffnungen (z.B. Lüftungskanäle) durch entsprechend selbsttätig wirksame Sicherungselemente (z.B. Brandschutzklappen) abzutrennen.

#### 4.3.1.8 Automatische Meldeeinrichtungen

Für Fahrzeugbereiche in denen eingeschränkte menschliche Wahrnehmungsfähigkeit gegeben ist (z.B. unbesetzte Triebköpfe, abgeschlossene Maschinenräume, Schlaf- und Liegewagenabteile, unbenützte Diensträume, abgeschlossene Gepäckbereiche, WC Anlagen, Telefonzellen und dergleichen) sind Brandmeldeanlagen in Form von Rauch-, Flammen- oder Temperaturmeldern einzusetzen. Für permanent durch Personen besetzte Fahrzeugbereiche kann die Brandmeldefunktion auch über die bestehende Notbremse, allfällige Notrufsäulen oder Druckknopfmeldeanlagen erfolgen. Die jeweiligen Erfordernisse sind aber auch hier im Einzelfall zu erheben.

#### 4.3.1.9 Notbremssysteme

Für den Brandfall im Tunnel darf die Betätigung der Notbremse durch einen Passagier nicht zu einem unmittelbaren Halt des Fahrzeuges führen. Es ist daher die Verwendung von Notbremsüberbrückungssystemen erforderlich. Damit eine Notbremsung durch ein Brandereignis nicht automatisch ausgelöst wird (z.B. Abschmelzen von pneumatischen Kunststoffnotbremsleitungen) sind entsprechende Konzeptionen der Systeme erforderlich, d.h. es sind in den Bereichen der Pneumatikverrohrungen unbrennbare Materialien zu verwenden und in den Bereichen der elektrischen Verdrahtung von Notbremsüberbrückungssystemen entsprechend beständige Kabelmaterialien zu verwenden.

Bei der Konzeption der Notbremsüberbrückungssysteme kann allerdings die Unterbrechung der elektrischen Leitung durch ein Brandereignis auch positiv sein, wenn das System drahtbruchsicher installiert ist und mit Unterbrechung der Leitung automatisch

ein Signal an den Lokführer abgesetzt wird. Es muss aber bei der Installation unbedingt verhindert werden, dass es zu einer Spannungsüberlagerung bei Kabelbeschädigungen kommt und damit die Notbremsüberbrückungsmeldung unwirksam wird.

Es handelt sich hier um ein sehr spezielles System das unterschiedlichste Erfordernisse zu erfüllen hat und es ist daher bei der Konzeption und der Ausführung dieser Systeme die höchste Sorgfalt anzuwenden und sind allfällige Szenarien unterschiedlicher Natur durchzuspielen, so dass für die Anwendungen mit höchster Wahrscheinlichkeit alle Erfordernisse abgedeckt werden können.

#### 4.3.2 Organisatorische Anforderungen

##### 4.3.2.1 Notfallinformationen für den Fahrgast

Die Notfallinformationen für die Passagiere sollten in möglichst knapper Form, möglichst auf grafischer Basis und selbsterklärend zur Verfügung stehen.

Der Umfang derartiger Informationen ist auf das Gesamtsystem abzustimmen. Das bedeutet, dass alle sicherheitsrelevanten Elemente im Fahrzeug, die dem Fahrgast für den Fall der Fälle zur Verfügung stehen, auch entsprechend kommuniziert und signalisiert werden müssen. Ein Gesamtsystem ist mit Sicherheit nur so gut, wie die Information im Sinne einer Kommunikation an die Betroffenen.

Im Zuge der Erstellung eines Selbstrettungskonzeptes sind auch hier alle Erfordernisse zu definieren und in entsprechende Informationsmaterialien und –systeme umzusetzen.

##### 4.3.2.2 Definition von Notfallprozessen

Es sind Abläufe zu definieren, nach denen sich Zugbegleiter bzw. Triebfahrzeugführer bei einer entsprechenden Meldung eines Notfalls zu verhalten haben. Diese Abläufe bzw. Prozesse ergeben sich im Wesentlichen aus den Selbstrettungskonzepten und sind im Sinne von Dienstanweisungen und Schulungen dem Begleitpersonal der Fahrzeuge zu vermitteln.

##### 4.3.2.3 Schulungsprogramme

Die Brandsicherheit von Schienenfahrzeugen zieht sich über alle Bereiche, beginnend bei der Konzeption über das Design, die Konstruktion, die Fertigung, den Betrieb, die Instandhaltung und Wartung, die Reinigung und Reparatur der Fahrzeuge. Es sind entsprechend der vordefinierten Anforderungen für jeden einzelnen Bereich auch die daraus resultierenden Schulungserfordernisse zu erfassen und allenfalls entsprechende Schulungsprogramme aufzustellen.

Über diese Schulungsprogramme sind betroffene Mitarbeiter der jeweiligen Bereiche derart über die Thematik zu informieren, so dass Sie allen Erfordernissen der Brandsicherheit in Schienenfahrzeugen gerecht werden können und bei ihren Tätigkeiten die relevanten Anforderungen umsetzen können.

Beispielhaft seien hier einige Bereiche genannt:

- *Design und konstruktive Gestaltung*  
Konzeption der Fahrzeugsysteme unter Beachtung der sicherheitsrelevanten Aspekte, Verwendung zulässiger Materialien, konstruktive Gestaltung, systematische Behandlung des Themas Brandsicherheit
  
- *Fertigung*  
Verwendung ausschließlich zulässiger Materialien, Durchführung erforderlicher Prüfungen, fach- und sachgerechte Installationen, Einhaltung der Vorgaben aus der Konstruktion, Überprüfung der Ergebnisse und Dokumentation, Sicherheitsprüfungen und Prüfprotokolle
  
- *Betrieb der Fahrzeuge*  
Information und Schulung des Begleitpersonals, routinemäßige Checks der Sicherheitseinrichtungen, Feuerlöschübungen und dergleichen
  
- *Wartung und Reinigung*  
Periodische Überprüfung technischer Systeme und Erstellung von Prüfprotokollen bzw. Dokumentationen, Reinigungspläne auch für exponiertere Bereiche (technische Anlagen wie z.B. Elektroinstallationen und Lüftungsanlagen)

## 5 Sicherheitskonzept

### 5.1 Allgemeines

All die vorerwähnten Anforderungen erfordern ein systematisches Vorgehen im Sinne der Erfassung, der Analyse, der Beurteilung und der Ableitung von Maßnahmen. Es ist daher unerlässlich, für jeden Fahrzeugtyp abgestimmt auf seine Einsatzbedingungen ein eigenes Sicherheitskonzept zu erarbeiten. Dieses Sicherheitskonzept muss die Bereiche Brandsicherheit, Selbstrettungsmöglichkeiten und fahrzeugbezogene Fremdrettungsmöglichkeiten behandeln. Diese Themen müssen immer im Einklang und in Abstimmung mit den Einsatzbedingungen und den Schutzzielvorgaben für die Fahrzeuge stehen.

### 5.2 Gliederungsentwurf eines Sicherheitskonzeptes

#### 5.2.1 Befundaufnahme

*Beschreibung des Fahrzeuges, des Zugverbands und des Betriebskonzeptes*

- Fahrzeugkonstruktion
- Grundrissanordnung
- Technische Systeme
- Anordnung und Spannungsebenen der elektrischen Ausrüstung und Aggregate
- Konstruktionswerkstoffe und Betriebsstoffe
- Gesamtbrandlast und Brandlastverteilung
- Einordnung des Entwicklungszustandes im Vergleich zum „Stand der Technik“
- Einsatzbedingungen
- Instandhaltungs-, Wartungs- und Reinigungskonzepte
- Besondere Betriebsbedingungen (z.B. Störfallbetrieb)
- Besondere Einsatzbedingungen

#### 5.2.2 Schutzzielvorgaben

*(siehe auch Kapitel 3)*

- Personenschutz
- Objektschutz / Sachschutz
- Umweltschutz

### 5.2.3 Fehler-, Möglichkeits- und Einfluss- Analyse (FMEA)

- Fehlermöglichkeiten (technischer Natur, menschlicher Natur)
- Entwicklung und Bewertung möglicher Brandszenarien
- Risikoanalyse im Hinblick auf mögliche Brandszenarien (Zündquellen, Zündursachen, Analyse der Fahrzeugsystemtechnik, Analyse der Werkstoffe, Analyse der Betriebsführung, der Instandhaltung, der Reinigung und der Wartung)
- Festlegung und Beurteilung der Gefährdungspotenziale

### 5.2.4 Definition der Vermeidungs- und Folgenminderungsmaßnahmen

- Maßnahmen zur Brandvermeidung (systemtechnischer Brandschutz, werkstofftechnischer Brandschutz, organisatorischer Brandschutz)
- Maßnahmen zur Vermeidung der Brandausbreitung und Ausbreitung der Brandnebenprodukte (Abschottungen, Brandabschnittsbildungen)
- Maßnahmen zur Ersten Löschhilfe
- Einrichtungen zur automatischen Brandmeldung und Brandbekämpfung
- Informationseinrichtungen und Systeme
- Selbstrettungskonzept
- Notfallprozesse
- Fremdrettungsmöglichkeiten

### 5.2.5 Maßnahmenumsetzung

- Nachweisführung zur Erfüllung der Anforderungen
- Mögliche betriebliche Erfordernisse (Wartung, Reinigung, Instandhaltung)
- Mögliche Einsatzbeschränkungen