

## Art. 266 - 2026

### Energievorschriften für Wettbewerbsfahrzeuge

Stand: 15.12.2025

#### A. Einleitung

Dieser Anhang definiert den allgemeinen Regulierungsrahmen, der für alle bei FIA-Wettbewerben verwendeten Energiequellen gilt, d. h. für flüssige Kraftstoffe, elektrische Energie und Wasserstoff (sowohl flüssig als auch gasförmig). Sein Ziel ist es, einheitliche Grundsätze festzulegen, welche die Sicherheit gewährleisten und den Übergang zu einer umweltfreundlicheren Mobilität fördern. In den folgenden Abschnitten werden spezifische Bestimmungen für die einzelnen Energiearten erläutert.

#### Vorbemerkungen und Begriffe

1. Der Inhalt dieses Anhangs (einschließlich der Aspekte Gesundheit und Sicherheit, Sport oder Technik) ist für sich allein genommen möglicherweise nicht geeignet oder angemessen für jede einzelne Motorsportveranstaltung (die alle der folgenden Aktivitäten beinhaltet: i) motorsportliche Wettbewerbe, Trainings, Tests, Besichtigungen und Demonstrationen, ii) alle damit verbundenen Unterhaltungs-, Marketing- oder kommerziellen Aktivitäten und iii) alle Konstruktions-, Kontroll-, Wartungs- oder sonstigen technischen Aktivitäten, und beginnt mit dem Zeitpunkt, zu dem die entsprechenden Orte, an denen diese Aktivitäten stattfinden, für alle Personen zugänglich gemacht werden, und endet, wenn der Zugang zu den entsprechenden Orten geschlossen wird oder die Aktivitäten enden, je nachdem, was später eintritt). Zur Vermeidung von Zweifeln sei darauf hingewiesen, dass die Einhaltung dieses Anhangs für sich allein keine Garantie für die Sicherheit einer bestimmten Motorsportveranstaltung oder der Teilnehmer an einer bestimmten Motorsportveranstaltung darstellt.
2. Es liegt in der vollen Verantwortung aller Nutzer dieses Anhangs sicherzustellen, dass sie alle relevanten Verpflichtungen oder Pflichten in Bezug auf Gesundheit und Sicherheit, Produktdesign, Konstruktion/Herstellung oder Verbraucherrecht verstehen und einhalten, denen sie unterliegen gemäß i) allen anwendbaren Anforderungen, Vorschriften und Sicherheitsstandards der nationalen Sportverbände („**ASN-Vorschriften**“), ii) Anforderungen, Vorschriften und Sicherheitsstandards der FIA („**FIA-Vorschriften**“) und/oder iii) allen relevanten transnationalen, nationalen und/oder lokalen Gesetzen, Verordnungen, Richtlinien und Dekrete, die von der Regierung, einer quasi-staatlichen Behörde oder einer Behörde, die die gleiche Autorität wie die Regierung in einem Land oder einem anderen Territorium hat, erlassen wurden, einschließlich aller anwendbaren lokalen, staatlichen und bundesstaatlichen Gesetze und aller Branchenpraktiken, Verfahrensregeln und/oder Verhaltenskodizes, die in die vorgenannten Gesetze aufgenommen wurden, sowie aller verbindlichen Gerichtsbeschlüsse, Dekrete und Entscheidungen und/oder Urteile einer zuständigen Behörde, die relevant sind („**Anwendbare Gesetze**“). Die FIA übernimmt keine Verantwortung in Bezug auf ein solches Verständnis oder eine solche Einhaltung, insbesondere auch nicht in Bezug auf die sichere, kompetente und effektive Herstellung und Verwendung der Fahrzeugstrukturen, -systeme und -komponenten, die in der alleinigen Verantwortung der jeweiligen Hersteller oder Benutzer bleiben.
3. Dieser Anhang enthält keine Empfehlungen oder Anleitungen in Bezug auf geltende Gesetze, und die FIA gibt keine Zusicherung oder Garantie, dass der Inhalt dieses Anhangs mit den für eine bestimmte Motorsportveranstaltung geltenden Gesetzen übereinstimmt. Dementsprechend liegt es in der vollen Verantwortung aller Nutzer dieses Anhangs, i) sich in geeigneter Weise beraten zu lassen und eigene Nachforschungen hinsichtlich der anwendbaren Gesetze und etwaiger besonderer lokaler Sicherheitsanforderungen oder anderer relevanter Erwägungen anzustellen, die für eine Motorsportveranstaltung gelten, und ii) diesen Anhang je nach den Umständen der jeweiligen Motorsportveranstaltung in geeigneter und sicherer Weise anzupassen und umzusetzen.
4. Bei Widersprüchen oder Zweifeln hinsichtlich eines Widerspruchs zwischen dem Inhalt dieses Anhangs und den anwendbaren Gesetzen haben die anwendbaren Gesetze stets Vorrang. Wenn es möglich ist, sowohl die anwendbaren Gesetze als auch diesen Anhang einzuhalten (vorbehaltlich

aller angemessenen Anpassungen gemäß Absatz 3), sollten sich die Nutzer dieses Anhangs bemühen, dies zu tun.

5. Die in Motorsportfahrzeugen, -ausrüstungen, -strukturen, -anlagen und -produkten eingesetzte Technologie unterliegt einem ständigen Wandel und einer ständigen Weiterentwicklung, und auch die guten und besten Praktiken entwickeln sich im Laufe der Zeit weiter. Daher wird dieser Anhang von Zeit zu Zeit überprüft und geändert.

#### **Haftungsbeschränkung & Entschädigung**

6. Die FIA lehnt jegliche Ansprüche, Haftung, Kosten, Ausgaben, Schäden, Verluste (einschließlich, aber nicht beschränkt auf direkte, indirekte, zufällige, besondere, Folgeschäden oder exemplarische Schäden oder Verluste, Sachschäden, Verletzung von Rechten an geistigem Eigentum, Vertragsbruch, Gewinnverlust, Verlust des Rufs oder des Firmenwerts, Verlust von Nutzung, Daten oder anderen immateriellen Verlusten, Verlust von Vereinbarungen oder Verträgen, Verlust von Geschäftsumsätzen sowie alle Zinsen, STRAFEN und Rechtskosten) und alle persönlichen oder geistigen Verletzungen (einschließlich Nervenschock, Krankheit, Invalidität und Tod sowie alle daraus resultierenden finanziellen Verluste), die einer Organisation oder Person (einschließlich der Nutzer dieses Anhangs und ihrer Niederlassungen, verbundenen Unternehmen, Lizenzgeber, Lizenznehmer, Vertreter, Co-Brander, Partner, Angestellten, Direktoren, Mitglieder, leitenden Angestellten, Berater, Vertreter, Nachfolger und Bevollmächtigten (zusammen die „Vertreter“)) entstehen, wie auch immer sie sich aus der Nutzung oder Umsetzung dieses Anhangs oder dem Vertrauen auf seinen Inhalt in Bezug auf eine bestimmte Motorsportveranstaltung durch die Nutzer dieses Anhangs oder ihre Vertreter ergeben.
7. Jegliche Nutzung oder Anwendung dieses Anhangs bzw. jegliches Vertrauen auf den Inhalt dieses Anhangs in Bezug auf eine bestimmte Motorsportveranstaltung durch den Nutzer dieses Anhangs oder seine Vertreter unterliegt (im größtmöglichen nach den anwendbaren Gesetzen zulässigen Umfang) der strikten Annahme der folgenden Bestimmungen durch den Nutzer dieses Anhangs und seine Vertreter:
  - a. Der Nutzer dieses Anhangs und seine Vertreter erklären sich damit einverstanden, auf jegliche Rechte und/oder Ansprüche zu verzichten, die FIA oder ihre Vertreter freizustellen, schadlos zu halten und nicht zu verklagen in Bezug auf jegliche Ansprüche, Haftungen, Kosten, Ausgaben, Schäden und Verluste (einschließlich der in Absatz 6 genannten); und
  - b. Der Nutzer dieses Anhangs und seine Vertreter verpflichten sich, die FIA und ihre Vertreter in Bezug auf alle Ansprüche, Haftungen, Kosten, Ausgaben, Schäden und Verluste (einschließlich der in Absatz 6 genannten) schadlos zu halten, und diese Haftungsfreistellung gilt unabhängig davon, ob die FIA fahrlässig oder schuldhaft gehandelt hat oder nicht;

Und dies für jeden Fall, der sich aus der Nutzung oder Anwendung dieses Anhangs oder dem Vertrauen auf den Inhalt dieses Anhangs in Bezug auf eine bestimmte Motorsportveranstaltung ergibt.

## B. Spezifische Anforderungen an den Kraftstoff – Verbrennung

Der Kraftstoff wird gemäß der Norm ASTM D3244 mit einer Konfidenzgrenze von 95 % akzeptiert oder abgelehnt.

Wenn der vor Ort für die Veranstaltung verfügbare Kraftstoff nicht den unten aufgeführten spezifischen Spezifikationen entspricht, muss der ASN des veranstaltenden Landes bei der FIA eine Ausnahmegenehmigung beantragen, um die Verwendung dieses Kraftstoffs zu ermöglichen.

### 1. Benzin

Der Kraftstoff muss den folgenden Spezifikationen entsprechen:

| Eigenschaft                                              | Einheiten         | Min.                | Max.                 | Testmethoden                                                                              |
|----------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| RON                                                      |                   | 95.0 <sup>(1)</sup> | 102.0 <sup>(1)</sup> | ISO 5164<br>ASTM D2699                                                                    |
| MON                                                      |                   | 85.0 <sup>(1)</sup> | 90.0 <sup>(1)</sup>  | ISO 5163<br>ASTM D2700                                                                    |
| Dichte<br>(bei 15°C)                                     | kg/m <sup>3</sup> | 720.0               | 785.0                | ISO 12185<br>ASTM D4052                                                                   |
| Sauerstoff                                               | % m/m             |                     | 3.7                  | EN ISO 22854 <sup>(2)</sup> / EN 13132 <sup>(2)</sup> /<br>Elementaranalyse<br>ASTM D5622 |
| Methanol                                                 | % v/v             |                     | 3.0                  | EN 1601, oder<br>EN 13132, oder<br>EN ISO 22854                                           |
| Stickstoff                                               | mg/kg             |                     | 500 <sup>(4)</sup>   | ASTM D4629<br>ASTM D5762                                                                  |
| Schwefel                                                 | mg/kg             |                     | 10                   | ISO 20846 <sup>(2)</sup><br>ASTM D5453                                                    |
| Blei                                                     | mg/l              |                     | 5                    | EN 237<br>ASTM D3237 oder<br>ICP-OES                                                      |
| Mangan                                                   | mg/l              |                     | 2.0                  | ASTM D3831 oder<br>(ICP-OES) EN 16136                                                     |
| Benzol                                                   | % v/v             |                     | 1.00                 | ISO 12177<br>ASTM D5580<br>ISO 22854 <sup>(2)</sup><br>ASTM D6839<br>EN 238               |
| Olefine                                                  | % v/v             |                     | 18.0                 | ISO 22854<br>ASTM D6839                                                                   |
| Aromaten                                                 | % v/v             |                     | 35.0                 | ISO 22854<br>ASTM D6839                                                                   |
| Gesamtmenge an Di-Olefinen<br>Styrol und Alkyl-Derivaten | % m/m             |                     | 1.0                  | GC-MS oder<br>HPLC                                                                        |
| Gesamtmenge an Styrol und<br>Alkyl-Derivaten             | % m/m             |                     | 1.0                  | GC-MS<br>mit GC-FID                                                                       |
| Oxidationsstabilität                                     | Minuten           | 360                 |                      | ISO 7536<br>ASTM D525                                                                     |
| DVPE                                                     | kPa               |                     | 80 <sup>(6)</sup>    | ISO 13016-1 <sup>(2)</sup><br>ASTM D4953<br>ASTM D5191 <sup>(2)</sup>                     |

| Destillationseigenschaften |       |      |      |                      |
|----------------------------|-------|------|------|----------------------|
| Bei E70°C                  | % v/v | 20.0 | 52.0 | ISO 3405/ ASTM D86   |
| Bei E100°C                 | % v/v | 46.0 | 72.0 | ISO 3405<br>ASTM D86 |
| Bei E150°C                 | % v/v | 75,0 |      | ISO 3405<br>ASTM D86 |
| Endsiedepunkt              | °C    |      | 210  | ISO 3405<br>ASTM D86 |
| Rückstand                  | % v/v |      | 2,0  | ISO 3405<br>ASTM D86 |

- (1) Für die Berechnung des Endergebnisses in Übereinstimmung mit EN 228: 2012 ist ein Korrekturfaktor von 0,2 für MON und RON abzuziehen.
- (2) Bevorzugte Methode
- (3) Es muss ein Stabilisierungsmittel zugesetzt werden.
- (4) Oktansteigernde Nitroverbindungen sind nicht zulässig.
- (5) Wenn ein Bewerber bei einem Wettbewerb notgedrungen einen lokalen Kraftstoff mit hohem Schwefelgehalt verwendet hat, gelten alle Proben, die bei einem späteren Wettbewerb aus dem Fahrzeug entnommen werden, als konform, wenn der Schwefelgehalt unter 50 mg/kg liegt.
- (6) Der maximale DVPE-Wert kann bei Winterwettbewerben auf 100 kPa ansteigen.

Die einzigen zulässigen Oxygenate sind paraffinische Monoalkohole und paraffinische Monoether (mit 5 oder mehr Kohlenstoffatomen pro Molekül) mit einem Endsiedepunkt unter 210 °C.

Die Zugabe eines derzeit im Handel erhältlichen Schmiermittels ist in Kraftstoffen für den Einsatz in Zweitaktmotoren zulässig

## 2. Diesel

### 2.1 Erdöldiesel

Der Kraftstoff muss Gasöl sein, das den folgenden Spezifikationen entspricht:

| Eigenschaft                                     | Einheiten         | Min.  | Max.                | Testmethoden                                                                                       |
|-------------------------------------------------|-------------------|-------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dichte<br>(à - at 15°C)                         | kg/m <sup>3</sup> | 820.0 | 845.0               | ISO 12185<br>ASTM D4052                                                                            |
| Cetanzahl <sup>(2)</sup>                        |                   |       | 60.0 <sup>(1)</sup> | ISO 5165<br>ASTM D613                                                                              |
| Abgeleitete Cetanzahl<br>(DCN) <sup>(2)</sup>   |                   |       | 60.0 <sup>(1)</sup> | EN 15195<br>ASTM D6890<br>EN16715                                                                  |
| Schwefel                                        | mg/kg             |       | 10                  | ISO 20846<br>ASTM D5453                                                                            |
| Polyzyklische aromatische<br>Kohlenwasserstoffe | % m/m             |       | 8.0                 | IP 548<br>ASTM D6591<br>(Kraftstoffe ohne FAME)<br>EN 12916<br>(Kraftstoffe mit oder ohne<br>FAME) |
| FAME                                            | % v/v             |       | 7.0                 | EN 14078<br>ASTM D7371                                                                             |
| Wassergehalt                                    | mg/kg             |       | 200                 | EN ISO 12937                                                                                       |
| Gesamtverunreinigung                            | mg/kg             |       | 24                  | EN12662                                                                                            |

|                                                |    |    |     |                                                       |
|------------------------------------------------|----|----|-----|-------------------------------------------------------|
| Temperaturgrenzwert der Filtrierbarkeit (CFPP) | °C |    | -5  | EN 116<br>ASTM D6371                                  |
| Flammpunkt                                     | °C | 55 |     | EN ISO 3679<br>EN ISO 2719 <sup>(4)</sup><br>ASTM D93 |
| Schmierfähigkeit                               | µm |    | 460 | ISO12156-1<br>ASTM D6079                              |

- (1) Nach Ermessen der FIA können die maximalen Cetanzahlen und abgeleiteten Cetanzahlen für internationale Wettbewerbe/Meisterschaften der FIA und/oder nach Ermessen des ASN des ausrichtenden Landes für nationale/lokale Wettbewerbe oder Meisterschaften auf 70,0 erhöht werden. Siehe auch Artikel B.2.2, B.2.3 und B.2.4 für Dieselmischungen.
- (2) Es muss entweder die Cetanzahl oder die abgeleitete Cetanzahl analysiert werden. Es ist nicht erforderlich, beide Analysen durchzuführen.
- (3) Wenn ein Bewerber bei einem Wettbewerb notgedrungen einen lokalen Kraftstoff mit hohem Schwefelgehalt verwendet hat, gelten alle Proben, die bei einem späteren Wettbewerb aus dem Fahrzeug entnommen werden, als konform, wenn der Schwefelgehalt unter 50 mg/kg liegt.
- (4) Bevorzugte Methode

## 2.2 Biodiesel (B100)

Biodiesel muss den folgenden Spezifikationen entsprechen:

| Eigenschaft                                    | Einheiten | Min.  | Max.              | Testmethoden                       |
|------------------------------------------------|-----------|-------|-------------------|------------------------------------|
| Estergehalt                                    | % m/m     | 96.5  |                   | EN 14103                           |
| Dichte (bei 15 °C)                             | kg/m³     | 860.0 | 900.0             | EN ISO 12185<br>ASTM D4052         |
| Cetanzahl                                      |           |       | 70.0              | EN ISO 5165<br>ASTM D613           |
| Abgeleitete Cetanzahl (DCN)                    |           |       | 70.0              | EN 15195<br>ASTM D6890<br>EN16715  |
| Schwefel                                       | mg/kg     |       | 10 <sup>(1)</sup> | EN ISO 20846<br>ASTM D5453         |
| Wassergehalte                                  | mg/kg     |       | 500               | EN ISO 12937                       |
| Gesamtverunreinigung                           | mg/kg     |       | 24                | EN12662 : 2008                     |
| Viskosität (bei 40 °C)                         | mm²/s     | 1.90  | 6.00              | EN ISO 3104<br>ASTM D445           |
| Temperaturgrenzwert der Filtrierbarkeit (CFPP) | °C        |       | -5                | EN 116<br>ASTM D6371               |
| Flammpunkt                                     | °C        | 93    |                   | EN ISO 3679<br>ASTM D93            |
| Oxidationsstabilität (bei 110 °C)              | Stunden   | 6     |                   | EN 15751 <sup>(2)</sup> / EN 14112 |
| Säurezahl / Wert                               | mg KOH/g  |       | 0.5               | ASTM D664<br>EN14104               |
| Linolensäure ME                                | % m/m     |       | 12                | EN 14103                           |
| Methanol                                       | % mm      |       | 0.20              | EN 14110                           |
| Freies Glycerin                                | % m/m     |       | 0.02              | EN 14105<br>ASTM D6584             |

|                                |       |  |   |                               |
|--------------------------------|-------|--|---|-------------------------------|
| Metalle der Gruppe I<br>(Na+K) | mg/kg |  | 5 | EN 14108 (Na)<br>EN 14109 (K) |
| Metalle der Gruppe II          | mg/kg |  | 5 | EN 14538                      |

- (1) Wenn ein Bewerber bei einem Wettbewerb notgedrungen einen lokalen Kraftstoff mit hohem Schwefelgehalt verwendet hat, gelten alle Proben, die bei einem späteren Wettbewerb aus dem Fahrzeug entnommen werden, als konform, wenn der Schwefelgehalt unter 50 mg/kg liegt.
- (2) Im Streitfall über die Oxidationsstabilität ist dieses Verfahren anzuwenden.

Wenn Biodiesel mit einem Erdöldiesel gemischt wird, können die folgenden Parameter in Übereinstimmung mit den folgenden Formeln variieren, wobei B der Prozentsatz (Volumen) des Biodiesels in der Mischung ist:

| Parameter                                                            | Formel                                                 | Testmethode            |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------|
| Cetan und DCN (Max.)                                                 | $60.0 + (0.10 \times B)$                               | Wie vorstehend (B.2.2) |
| FAME Gehalt (Min % v/v)                                              | $0.95 \times B^{(1)}$                                  | EN 14078/ ASTM D7371   |
| Dichte Min. (kg/m <sup>3</sup> )<br>Dichte Max. (kg/m <sup>3</sup> ) | $820.0 + (0.40 \times B)$<br>$845.0 + (0.55 \times B)$ | Wie vorstehend (B.2.2) |
| Wassergehalt (Max. mg/kg)                                            | $200 + (3.0 \times B)^{(1)}$                           | Wie vorstehend (B.2.2) |
| Flammpunkt (Min. °C)                                                 | $55^{(1)}$                                             | Wie vorstehend (B.2.2) |
| Oxidationsstabilität (Min. Stunden)                                  | $6^{(1)}$                                              | EN 15751               |

- (1) Dies gilt auch für Mischungen aus Biodiesel und paraffinischem Diesel.

Vor der Verwendung von Dieselmischungen muss der Bewerber die FIA oder den ASN des veranstaltenden Landes über die Anteile der verschiedenen Beimischungskomponenten informieren. Liegen diese Informationen nicht vor, wird der prozentuale Anteil (v/v) des Biodiesels als prozentualer Anteil (v/v) des FAME-Gehalts (gemäß EN 14078/ASTM D7371) angenommen.

## 2.3 Paraffinischer Diesel (einschließlich HVO)

Paraffinischer Diesel muss den folgenden Spezifikationen entsprechen:

| Eigenschaft                      | Einheiten         | Min.  | Max.                | Testmethoden                      |
|----------------------------------|-------------------|-------|---------------------|-----------------------------------|
| Dichte (bei 15 °C)               | kg/m <sup>3</sup> | 765.0 | 800.0               | EN ISO 12185<br>ASTM D4052        |
| Cetanzahl                        |                   |       | 80.0 <sup>(1)</sup> | EN ISO 5165<br>ASTM D613          |
| Abgeleitete Cetanzahl<br>(DCN)   |                   |       | 80.0 <sup>(1)</sup> | EN 15195<br>ASTM D6890<br>EN16715 |
| FAME Gehalt                      | % v/v             |       | 7.0                 | EN 14078                          |
| Schwefel                         | mg/kg             |       | 5 <sup>(2)</sup>    | EN ISO 20846<br>ASTM D5453        |
| Gesamtgehalt an<br>Aromaastoffen | % m/m             |       | 1.1                 | EN 12916                          |
| Gesamtverunreinigung             | mg/kg             |       | 24                  | EN12662                           |

|                                                |                    |      |      |                                                   |
|------------------------------------------------|--------------------|------|------|---------------------------------------------------|
| Viskosität (bei 40 °C)                         | mm <sup>2</sup> /s | 2.00 | 4.50 | EN ISO 3104<br>ASTM D445                          |
| Temperaturgrenzwert der Filtrierbarkeit (CFPP) | °C                 |      | -5   | EN 116<br>ASTM D6371                              |
| Flammpunkt                                     | °C                 | 55   |      | EN ISO 3679<br>EN 2719 <sup>(3)</sup><br>ASTM D93 |
| Oxidationsstabilität                           | Stunden            | 20   |      | EN 15751                                          |
| Schmierfähigkeit – 60 °C                       | µm                 |      | 460  | EN ISO12156-1<br>ASTM D6079                       |
| <b>Destillationseigenschaften</b>              |                    |      |      |                                                   |
| Verdampft bei 250 °C                           | % v/v              |      | 65   | EN ISO 3405                                       |
| Verdampft bei 350 °C                           | %v/v               | 85   |      | EN ISO 3405                                       |
| 95 % v/v zurückgewonnen                        | °C                 |      | 360  | EN ISO 3405                                       |

- (1) Nach Ermessen der FIA kann der maximale Cetanwert auf 90,0 erhöht werden, sofern der Kraftstoff mindestens 50 % AS-HVO oder AS-Diesel enthält.
- (2) Wenn ein Bewerber bei einem Wettbewerb notgedrungen einen lokalen Kraftstoff mit hohem Schwefelgehalt verwendet hat, gelten alle Proben, die bei einem späteren Wettbewerb aus dem Fahrzeug entnommen werden, als konform, wenn der Schwefelgehalt unter 50 mg/kg liegt.
- (3) Bevorzugte Methode.

Wenn ein paraffinischer Diesel mit einem Erdöldiesel oder Biodiesel gemischt wird, können die folgenden Parameter in Übereinstimmung mit den folgenden Formeln variieren, wobei P der Prozentsatz (Volumen) des paraffinischen Diesels in der Mischung ist:

| Parameter                                                            | Formel                                                 | Testmethoden           |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------|
| Cetanzahl und DCN (max.) – Erdöldiesel                               | $60 + (0.2 \times P)$                                  | Wie vorstehend (B.2.3) |
| Cetanzahl und DCN (max.) – Biodiesel                                 | $70 + (0.1 \times P)$                                  | Wie vorstehend (B.2.3) |
| Gesamtgehalt an Aromaten (max. % m/m)                                | $8.0 - (0.069 \times P)$                               | Wie vorstehend (B.2.3) |
| Dichte min. (kg/m <sup>3</sup> )<br>Dichte max. (kg/m <sup>3</sup> ) | $820.0 + (0.40 \times B)$<br>$845.0 + (0.55 \times B)$ | Wie vorstehend (B.2.3) |
| Oxidationsstabilität – nur Biodieselmischungen (min. Stunden)        | 6                                                      | EN 15751               |

Vor der Verwendung von Dieselkraftstoffgemischen muss der Bewerber die FIA oder den ASN des veranstaltenden Landes über die Anteile der verschiedenen Beimischungskomponenten informieren. Liegen diese Informationen nicht vor, wird der prozentuale Anteil (v/v) des Biodiesels als prozentualer Anteil (v/v) des FAME-Gehalts (gemäß EN 14078/ASTM D7371) angenommen.

## 2.4 Ternäre Dieselmischungen

Ternäre Gemische aus Erdöl-, Bio- und Paraffindiesel müssen den Spezifikationen für Erdöldiesel in Artikel B.2.1 entsprechen. Die folgenden Parameter können jedoch in Übereinstimmung mit den folgenden Formeln variieren, wobei D den prozentualen Anteil (Volumen) von Erdöldiesel, B den prozentualen Anteil (Volumen) von Biodiesel und P den prozentualen Anteil (Volumen) von Paraffindiesel im Gemisch angibt:

| Parameter                                                 | Formel                 | Testmethoden           |
|-----------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Cetanzahl und DCN (Max.)                                  | $(60D+70B+80P)/100$    | Wie vorstehend (B.2.2) |
| Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (Max. % m/m) | $(8.0D+0.0B+1.1P)/100$ | EN 12916               |
| FAME Gehalt (Min % v/v)                                   | $0.95 \times B$        | EN 14078<br>ASTM D7371 |
| Wassergehalt (Max. mg/kg)                                 | $(200D+500B+200P)/100$ | Wie vorstehend (B.2.2) |
| Flammpunkt (Min. °C)                                      | 55                     | Wie vorstehend (B.2.2) |
| Oxidationsstabilität (Min. Stunden)                       | 6                      | EN 15751               |

Bei einer ternären Mischung ist jede Dichte zwischen 765,0 kg/m<sup>3</sup> und 900,0 kg/m<sup>3</sup> zulässig.

Vor der Verwendung von Dieselmischkraftstoffgemischen muss der Bewerber die FIA oder den ASN des veranstaltenden Landes über die Anteile der verschiedenen Beimischkomponenten informieren. Liegen diese Informationen nicht vor, wird der prozentuale Anteil (v/v) des Biodiesels als prozentualer Anteil (v/v) des FAME-Gehalts (gemäß EN 14078/ASTM D7371) angenommen und der verbleibende Anteil als Erdöldiesel betrachtet.

### 3. Weiterentwickelte nachhaltige Kraftstoffe (AS)

#### 3.1. Definition

Ein weiterentwickelter nachhaltiger Kraftstoff (AS) gemäß dieser Spezifikation umfasst AS-Komponenten, die ausschließlich aus zertifizierten Verbindungen und Raffinerieströmen sowie Kraftstoffadditiven bestehen.

Für die Zwecke dieser Bestimmungen ist die gemeinsame Verarbeitung dieser zertifizierten Verbindungen oder Raffinerieströme zulässig.

**Gemeinsame Verarbeitung** ist das Verfahren zur Verarbeitung von Rohstoffen, die aus nachhaltigen und nicht nachhaltigen Quellen stammen. Die Quantifizierung erfolgt durch Massenbilanzierung<sup>(1)</sup> des Anteils nachhaltiger Einsatzstoffe und Berechnung des Anteils nachhaltiger Materialien auf einer äquivalenten Basis für ein oder mehrere Produkte. Die Überprüfung der Methodik erfolgt durch eine anerkannte freiwillige Nachhaltigkeitszertifizierung (z. B. ISCC) der Produktionsstätte für die Komponenten. Der Betreiber der Produktionsanlage kann dann seinen Kunden Nachhaltigkeitsdokumente (z. B. PoS) ausstellen, in denen der Anteil des Endprodukts angegeben ist, der als „weiterentwickelt nachhaltig“ (AS) eingestuft ist.

Eine AS-Komponente ist eine Komponente, die nachweislich aus einem erneuerbaren Rohstoff nicht biologischen Ursprungs (z. B. einem RFNBO), kommunalen Abfällen oder Nicht-Lebensmittel-Biomasse gewonnen wurde.

Die AS-Komponenten müssen im Vergleich zu fossilem Benzin eine Treibhausgasemissionsersparnis (GHG) erzielen, die mindestens derjenigen entspricht, die für den Verkehrssektor in der EU-Richtlinie über erneuerbare Energien RED (2,3,4) festgelegt ist, die am 1. Januar des Jahres vor der jeweiligen Meisterschaft in Kraft war.

Zu dieser Biomasse gehören unter anderem lignozellulosehaltige Biomasse (einschließlich nachhaltiger forstwirtschaftlicher Biomasse), Algen, landwirtschaftliche Rückstände oder Abfälle sowie bestimmte Nicht-Lebensmittel-Energiepflanzen, die auf für die Lebensmittelproduktion ungeeigneten Randflächen angebaut werden.

RFNBOs gelten als erneuerbar, wenn sie vollständig unter Verwendung neuer Kapazitäten zur Erzeugung von erneuerbarem Strom hergestellt werden. Vorkommerzielle Anlagen, die RFNBOs

produzieren, müssen nicht unbedingt Strom aus neuen Kapazitäten zur Erzeugung von erneuerbarem Strom verwenden. Sie können Zertifikate für erneuerbare Energien und/oder Herkunftsnachweise für kohlenstoffarmen Wasserstoff verwenden, um ihre Treibhausgasemissionen zu reduzieren.

Biokomponenten aus Nahrungspflanzen können nur dann als weiterentwickelte nachhaltige Komponente angesehen werden, wenn sie ihren Zweck als Nahrungsmittel bereits erfüllt haben (z. B. Altpflanzenöl, da es bereits verwendet wurde und nicht mehr für den menschlichen Verzehr geeignet ist).

Darüber hinaus darf die Biomasse, aus der die weiterentwickelte nachhaltige Komponente hergestellt wurde, nicht aus Gebieten mit hoher biologischer Vielfalt stammen, wie z. B. unberührten Primärwäldern oder Waldgebieten, für den Naturschutz ausgewiesenen Gebieten oder Grasland mit hoher biologischer Vielfalt, die sich im Januar 2008 oder danach in diesem Zustand befanden.

Darüber hinaus darf die Biomasse nicht aus Gebieten mit hohem Kohlenstoffgehalt wie Feuchtgebieten und Mooren stammen.

Bei der Berechnung der Treibhausgas-Einsparungen werden alle Netto-Kohlenstoffemissionen aus Landnutzungsänderungen, der Energieverbrauch bei der Ernte und dem Transport der Biomasse sowie die Herstellung und Verarbeitung der weiterentwickelten nachhaltigen Komponente berücksichtigt.

Bei allen Verfahren, in denen nachhaltige Energie verwendet wird, muss diese über den lokalen Bedarf hinausgehen. Vorkommerzielle Anlagen, die AS-Kraftstoff oder AS-Kraftstoffkomponenten herstellen, können Zertifikate für erneuerbare Energien und/oder Herkunftsnachweise für kohlenstoffarmen Wasserstoff verwenden, um ihre Treibhausgasemissionen zu reduzieren.

Eine **vorkommerzielle Anlage** ist eine Anlage mit einer maximalen Gesamtproduktionskapazität aller AS-Produkte von 40.000 m<sup>3</sup> pro Jahr und einer Mindestproduktionskapazität von 5 m<sup>3</sup> pro Jahr.

Sofern verfügbar, werden die Einsparungen an Treibhausgasemissionen aus der aktuellen EU-Richtlinie über erneuerbare Energien (RED) oder anderen gleichwertigen, international anerkannten Quellen entnommen.

- (1) <sup>14</sup>C-Tests gemäß ASTM D6866 können ebenfalls erforderlich sein (z. B. als Nachweis für die angegebene Konzentration der Biokomponente im Kraftstoff).
- (2) Artikel 29 Absatz 10 Buchstabe c der Richtlinie (EU) 2018/2001 für Biokraftstoffe und Artikel 25 Absatz 2 für RFNBO
- (3) Bei Kraftstoffen, in denen die AS-Komponenten weniger als 100 % des Kraftstoffs ausmachen können, gilt die Anforderung zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen nur für den Teil des Kraftstoffs, der AS-Komponenten enthält.
- (4) Sind mehrere AS-Komponenten im Kraftstoff enthalten, ist es zulässig, AS-Komponenten mit individuellen Treibhausgasemissionsreduktionen unter den in (1) oben festgelegten Mindestwerten einzubeziehen, sofern die Gesamt-Treibhausgasemissionsreduktion der AS-Komponenten den geforderten Mindestwert erfüllt.

### **3.2. AS Benzin**

Im Sinne dieses Artikels ist AS-Benzin ein Benzin, das den Bestimmungen des Artikels B.3.1 entspricht. Jedes AS-Benzin, das Ethanol enthält oder aus Ethanol hergestellt wird und das gemäß den gesetzlichen Bestimmungen ein Nicht-AS-Denaturierungsmittel enthält, darf den Kohlenstoffanteil des Nicht-AS-Stoffes in der endgültigen Benzinmischung enthalten.

Jedes Benzin mit einem Mindestanteil von 50 % (v/v) AS-Komponenten gemäß Artikel B.3.1 muss den Spezifikationen in Artikel B.1 entsprechen, mit folgenden Ausnahmen:

| Eigenschaft                       | Einheiten | Min. | Max.    | Testmethoden                                                              |
|-----------------------------------|-----------|------|---------|---------------------------------------------------------------------------|
| Sauerstoff                        | % m/m     |      | 7.5     | EN ISO 22854<br>EN 13132 <sup>(2)</sup><br>Elementaranalyse<br>ASTM D5622 |
| Olefine                           | % v/v     |      | Bericht | ISO 22854<br>ASTM D6839                                                   |
| Aromaten                          | % v/v     |      | 40.0    | ISO 22854/ ASTM D6839                                                     |
| Methanol <sup>(1)</sup>           | % v/v     |      | 3.0     | EN 1601<br>EN 13132<br>EN ISO 22854                                       |
| <b>Destillationseigenschaften</b> |           |      |         |                                                                           |
| A E120 °C                         | % v/v     | 73.0 |         | ISO 3405<br>ASTM D86                                                      |
| A E135 °C                         | % v/v     | 77.0 |         | ISO 3405<br>ASTM D86                                                      |
| A E150 °C                         | %v/v      | 83.0 |         | ISO 3405<br>ASTM D86                                                      |
| Endsiedepunkt                     | °C        |      | 210     | ISO 3405<br>ASTM D86                                                      |

(1) Es muss ein Stabilisierungsmittel zugesetzt werden.

(2) Bevorzugte Methode

Wie bei allen Kraftstoffen ist es wichtig, dass jedem AS-Benzin ein Material-Sicherheitsdatenblatt (MSDS) beiliegt.

### 3.3. AS Diesel

Ein AS-Diesel ist ein Dieselmotorkraftstoff, welcher der Definition von AS-Kraftstoff in Artikel B.3.1 und den Spezifikationen in Artikel B.2 entspricht.

### 3.4. Kraftstoff mit hohem Ethanolgehalt

Für die Zwecke dieses Artikels darf Kraftstoff mit hohem Ethanolgehalt nur AS-Komponenten gemäß der Definition in Artikel B.3.1 enthalten und muss den folgenden Spezifikationen entsprechen:

| Eigenschaft                                                                             | Einheiten                            | Min. | Max.    | Testmethoden                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|---------|------------------------------------------------------|
| Ethanol + Höherer Gehalt an gesättigten (C <sub>3</sub> -C <sub>5</sub> ) Monoalkoholen | %v/v                                 | 50   | 85      | ASTM D5599/ EN1601                                   |
| Höherer Gehalt an gesättigten C <sub>3</sub> -C <sub>5</sub> ) Monoalkoholen            | %v/v                                 |      | 6.0     | ASTM D5599/ EN1601                                   |
| Methanol                                                                                | %v/v                                 |      | 1.0     | ASTM D5599/ EN1601                                   |
| Ether (5 oder mehr Kohlenstoffatome)                                                    | %v/v des nicht-alkoholischen Anteils |      | 22.0    | ASTM D5599/ EN1601                                   |
| RON                                                                                     |                                      |      | Bericht | ISO 5164 <sup>(1)</sup><br>ASTM D2699 <sup>(1)</sup> |

| MON                                            |                   | Bericht |       | ISO 5163 <sup>(1)</sup><br>ASTM D2700 <sup>(1)</sup>                              |
|------------------------------------------------|-------------------|---------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Dichte (bei 15°C)                              | kg/m <sup>3</sup> | 725.0   | 794.0 | EN ISO 12185/ ASTM D4052                                                          |
| DVPE                                           | kPa               | 35      | 80(2) | EN 13016-1/ ASTM D5191                                                            |
| Endsiedepunkt                                  | °C                |         | 210   | ISO 3405/ ASTM D86                                                                |
| Kupfergehalt                                   | mg/kg             |         | 0.10  | EN 15837                                                                          |
| Phosphorgehalt                                 | mg/l              |         | 0.15  | EN 15487/ EN 15837/ ASTM D3231                                                    |
| Schwefel                                       | mg/kg             |         | 10.0  | ASTM D5453/ ASTM D7039<br>EN 16997 <sup>(3)</sup><br>EN 15485/ EN 15486/ EN 15837 |
| Sulfatgehalt                                   | mg/kg             |         | 4.0   | EN 15492                                                                          |
| Oxidationsstabilität                           | (min.)            | 360     |       | ISO 7536/ ASTM D525                                                               |
| Vorhandene Gummi (mit Lösungsmittel gewaschen) | mg/100ml          |         | 5     | ASTM D381/ EN ISO 6246                                                            |
| Gesamtsäuregehalt (als Essigsäure)             | %m/m              |         | 0.005 | EN 15491/ ASTM D7795                                                              |
| Anorganisches Chlorid                          | mg/kg             |         | 1.2   | ASTM D7319/ ASTM D7328<br>EN 15492                                                |
| Wasser                                         | %m/m              |         | 1.00  | ASTM E1064/ EN 15489                                                              |

- (1) Für die Berechnung des Endergebnisses in Übereinstimmung mit EN 228: 2012 ist ein Korrekturfaktor von 0,2 für MON und RON abzuziehen. Für die Kalibrierung müssen primäre hochoktanige Referenzkraftstoffe verwendet werden.
- (2) Bei Winterwettbewerben kann der maximale DVPE auf 100 kPa ansteigen.
- (3) Bevorzugte Methode

## 4. Alternative Kraftstoffe

Die Verwendung jedes anderen Kraftstoffs unterliegt der Genehmigung durch die FIA oder durch den ASN des ausrichtenden Landes nach Eingang eines schriftlichen Antrags.

### 4.1. Wasserstoffkraftstoff

#### Typ 1 = gasförmiger Wasserstoff

- Verwendung in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor: Reinheit  $\geq 95$  %.
- Anwendung in Fahrzeugen mit PEM-Brennstoffzellen: gereinigt auf einen Mindestmolenbruch gemäß „ISO 14687:2019 Wasserstoffkraftstoffqualität – Produktspezifikation“ Reinheit  $\geq 99,99$  %, bezeichnet als Wasserstoff 4.0 (auch für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor zulässig).

#### Typ 2 = Flüssigwasserstoff

- Anwendung in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor: Reinheit  $\geq 95$  %.
- Anwendung in Fahrzeugen mit PEM-Brennstoffzellen: gereinigt auf einen Mindestmolenbruch gemäß „ISO 14687:2019 Wasserstoffkraftstoffqualität – Produktspezifikation“ Reinheit  $\geq 99,99$  %, bezeichnet als Wasserstoff 4.0 (auch für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor zulässig).

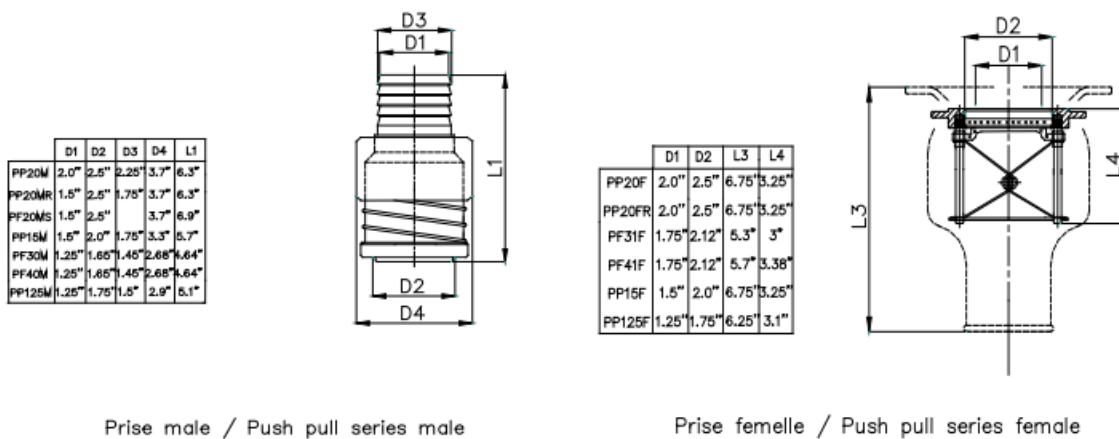
## 5. Oxidationsmittel

Als Oxidationsmittel darf nur Luft mit dem Kraftstoff gemischt werden.

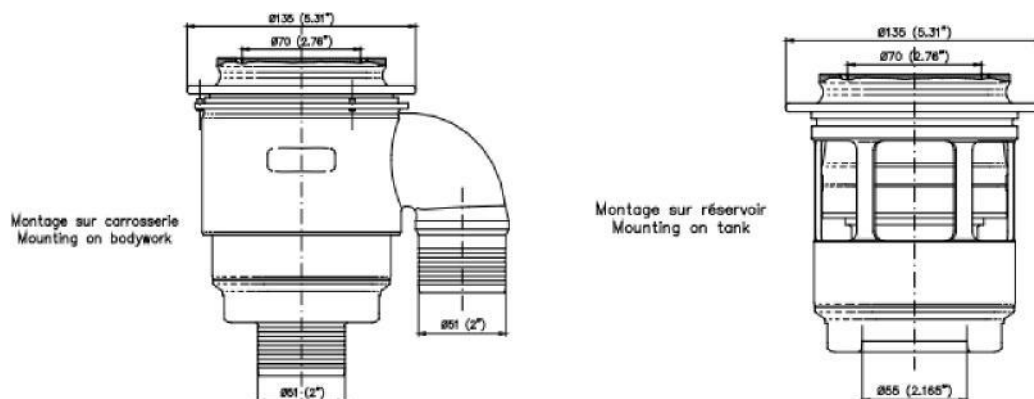
## 6. Betankungsverfahren

### Standardisierte Kupplung:

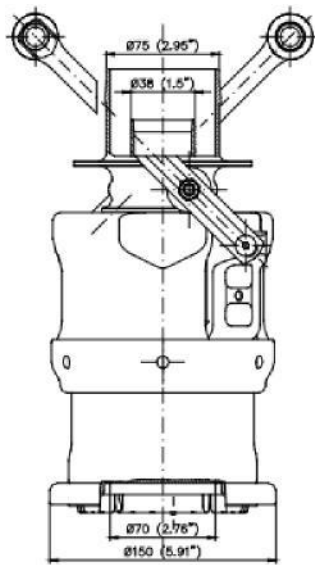
Bei einem zentralisierten und von der Rennstrecke bereitgestellten System oder einem von den Bewerbern bereitgestellten System muss der Betankungsschlauch mit einer auslaufsicheren Kupplung versehen sein, die auf die am Fahrzeug angebrachte standardisierte Einfüllöffnung passt (in Übereinstimmung mit Zeichnung 266-1; der Innendurchmesser D darf 50 mm nicht überschreiten). Alle Fahrzeuge müssen mit einem dieser Zeichnung entsprechenden Tankstutzen ausgestattet sein. Diese auslaufsichere Halterung muss dem Totmannprinzip entsprechen und darf daher in geöffneter Position keine Haltevorrichtung (Feder, Bajonettverschluss usw.) aufweisen. Die Entlüftungsöffnungen müssen mit Rückschlag- und Absperrventilen ausgestattet sein, die das gleiche Verschlussystem wie der Standard-Einfüllstutzen und den gleichen Durchmesser haben. Während des Betankens müssen die Auslässe der Entlüftungsöffnungen mit der entsprechenden Kupplung entweder an den Hauptvorratsbehälter oder an einen transparenten tragbaren Behälter mit einem Fassungsvermögen von mindestens 20 Litern angeschlossen sein, der mit einem Verschlussystem ausgestattet ist, das ihn vollständig dicht macht.



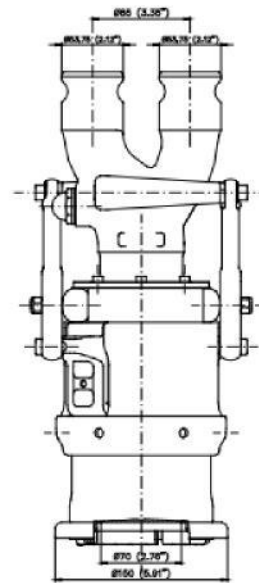
### 266-1 (Version A)



## Buchse



Coaxial



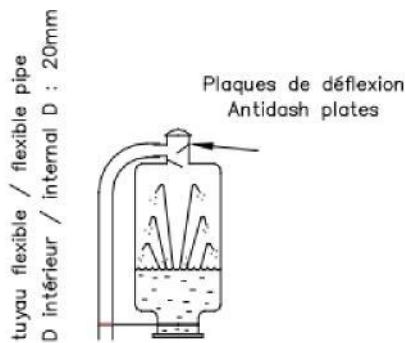
Parallèle / Parallel

## Stecker

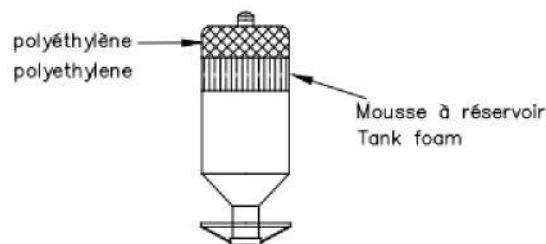
### 266-1 (Version B)

Die Entlüftungsauffangbehälter müssen zu Beginn des Betankungsvorgangs leer sein. In Fällen, in denen die Rennstrecken den Bewerbern kein zentrales System zur Verfügung stellen können, muss die Betankung gemäß dem oben beschriebenen Verfahren erfolgen. Die Höhe des Reservetanks darf in keinem Fall mehr als 3 Meter über der Höhe der Strecke liegen, auf der die Betankung durchgeführt wird. Dies gilt für die gesamte Dauer des Wettbewerbs.

Die Überlaufbehälter müssen einer der Zeichnungen 266-2 oder 266-3 entsprechen.



266-2



266-3

Der Reservetank und alle Metallteile des Betankungssystems von der Kupplung über den Durchflussmesser bis hin zum Tank und dessen Gestell müssen elektrisch mit der Erde verbunden sein.

### **Die Anwendung der folgenden Punkte wird empfohlen:**

Jede Box muss mit zwei Erdungsanschlüssen vom Typ Flugzeug ausgestattet sein.

Das Betankungssystem (einschließlich Turm, Tank, Schlauch, Zapfpistole, Ventile und Entlüftungsflasche) muss während der gesamten Dauer des Wettbewerbs an einen der oben genannten Erdungsanschlüsse angeschlossen sein.

Das Fahrzeug muss, zumindest vorübergehend, an den anderen Erdungsanschluss angeschlossen werden, sobald es in der Box zum Stehen kommt.

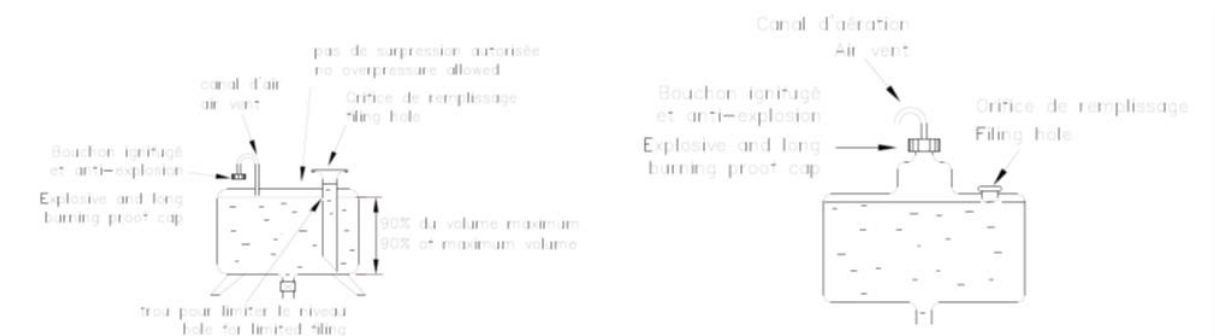
Es darf kein Kraftstoffschlauch (zum Befüllen oder Entlüften) angeschlossen werden, solange die Bedingungen 2 und 3 nicht erfüllt sind.

Alle Mitglieder der Boxencrew, die mit Kraftstoff umgehen, müssen antistatische Schutzkleidung tragen.

**Der Betankungstank kann einer der folgenden sein:**

Modelle aus Gummi vom Typ FT3-1999, FT3.5-1999 oder FT5-1999, gefertigt von einem zugelassenen Hersteller, oder

Tanks, die einer der Zeichnungen 266-4 oder 266-5 entsprechen.



266-4

266-5

Anwendung:

Für Tourenwagen (Gruppe A) gelten die Allgemeinen Vorschriften für FIA-Meisterschaften

## **7. Tankbelüftung**

Es ist zulässig, einen Tank mit einer Belüftung auszustatten, die durch das Fahrzeugdach austritt.

## **8. Einbau des Tanks FT3-1999, FT3.5-1999 oder FT5-1999**

Der Tank FT3-1999, FT3.5-1999 oder FT5-1999 kann entweder an der ursprünglichen Position des Tanks oder im Gepäckraum angebracht werden.

Es muss eine Öffnung vorhanden sein, um Kraftstoff, der möglicherweise in den Tankraum gelangt ist, abzulassen.

Die Position und die Abmessungen der Einfüllöffnung sowie der Kappe dürfen geändert werden, sofern die neue Anordnung nicht über die Karosserie hinausragt und gewährleistet ist, dass kein Kraftstoff in einen der Innenräume des Fahrzeugs austreten kann.

Befindet sich die Einfüllöffnung im Fahrzeuginneren, muss sie durch eine flüssigkeitsdichte Schutzvorrichtung vom Fahrgastraum getrennt sein

## **C. SPEZIFISCHE ANFORDERUNGEN AN ELEKTRISCH ANGETRIEBENE FAHRZEUGE**

### **1. Allgemeine elektrische Sicherheit**

- a. Es muss sichergestellt sein, dass ein einzelner Ausfall des elektrischen oder hybridelektrischen Systems keinen lebensgefährlichen Stromschlag verursachen kann und dass die verwendeten Komponenten unter keinen Umständen oder Bedingungen (Regen usw.), weder im Normalbetrieb noch in unvorhersehbaren Fällen von Fehlfunktionen, Verletzungen verursachen können.
- b. Die zum Schutz von Personen oder Gegenständen verwendeten Komponenten müssen ihren Zweck zuverlässig und über einen angemessenen Zeitraum erfüllen.
- c. Im System der Spannungsklasse B (Anhang J – Artikel 251.3.1.10) dürfen keine freiliegenden stromführenden Teile vorhanden sein.
- d. Der Schutz gegen direkten Kontakt muss durch eine oder beide der folgenden Maßnahmen gewährleistet sein (aus ISO/DIS 6469-3.2:2010):
  - Grundisolierung der stromführenden Teile (2.15).
  - Barrieren/Gehäuse, die den Zugang zu den stromführenden Teilen verhindern. Die Barrieren/Gehäuse können elektrisch leitfähig oder nicht leitfähig sein.
- e. Wenn die Spannung des Stromkreises zur Spannungsklasse B (2.9) gehört, müssen auf oder in der Nähe der Schutzabdeckungen aller elektrischen Geräte, die mit Hochspannung betrieben werden können, Symbole mit der Warnung „Hochspannung“ (siehe Abbildung 1) angebracht werden. In Übereinstimmung mit ISO 7010 muss der Hintergrund des Symbols gelb und der Rand sowie der Pfeil schwarz sein. Jede Seite des Dreiecks sollte mindestens 12 cm lang sein, kann jedoch verkleinert werden, um auf kleine Bauteile zu passen.



**Zeichnung 1**

Kennzeichnung von Komponenten und Schaltungen der Spannungsklasse B

- f. Alle Elektro- und Hybrid-Elektrofahrzeuge müssen hinsichtlich der Normung und Kontrolle elektrischer Anlagen den Anforderungen der nationalen Behörden des Landes entsprechen, in dem das Fahrzeug an Rennen teilnimmt. Die elektrische Sicherheit für Elektro- und Hybrid-Elektro-Rennfahrzeuge muss mindestens den höchsten Standards für Straßenfahrzeuge entsprechen.

### **2. Schutz von Kabel, Leitungen, Steckverbindungen, Schaltern und elektrischer Ausrüstung**

- a. Elektrische Kabel und elektrische Ausrüstung müssen vor mechanischen Beschädigungen (Steine, Korrosion, mechanisches Versagen usw.) sowie vor Brand- und Stromschlaggefahr geschützt werden.
- b. Die Komponenten und Verkabelungen der Spannungsklasse B müssen den geltenden Vorschriften der Norm IEC 60664 hinsichtlich Luft- und Kriechstrecken (Anhang J – Artikel 251.3.1.13) und fester Isolierung entsprechen oder die Anforderungen an die Spannungsfestigkeit gemäß der Spannungsfestigkeitsprüfung nach ISO/DIS 6469-3.2:2010 erfüllen.
- c. Ein Stecker darf physisch nur in die richtige Steckdose aller erreichbaren Steckdosen eingesteckt werden können.

### **3. Schutz vor Staub und Wasser**

Alle Teile der elektrischen Ausrüstung müssen mit einer Schutzart (IP-Klasse) geschützt sein (siehe z. B. ISO 20653), die für die jeweilige Fahrzeugklasse in Anhang J angegeben ist. Es muss jedoch mindestens die Schutzart IP 55 (vollständig staubdicht und gegen fließendes Wasser geschützt) verwendet werden.

### **4. Wiederaufladbares Energiespeichersystem (RESS)**

#### **4.1. Konstruktion und Einbau**

- a. Jede in Anhang J, Artikel 251, aufgeführte Gruppe der Kategorie I oder II, die einen elektrischen Antriebsstrang verwendet, muss individuell im jeweiligen Anhang J das maximale Gewicht und/oder den maximalen Energiegehalt des RESS angeben.
- b. Das RESS sollte innerhalb der Überlebenszelle des Fahrzeugs untergebracht werden. Wenn das RESS nicht in der Überlebenszelle untergebracht ist, müssen der Standort und die Befestigung von der FIA genehmigt werden.
- c. Der Fahrzeughersteller muss auf irgendeine Weise nachweisen, dass das im Fahrzeug installierte RESS so konstruiert ist, dass selbst bei einem Unfall:
  - die mechanische und elektrische Sicherheit des RESS gewährleistet ist; und
  - sich weder das RESS noch die Befestigungsvorrichtung selbst oder deren Verankerungspunkte lösen können.
- d. Alle erforderlichen Zulassungstests (siehe Anhang 1) müssen von einem „von der FIA anerkannten Testzentrum für Crashtests und statische Tests“ (Technische Liste Nr. 4) in Anwesenheit eines technischen Delegierten der FIA durchgeführt werden.

Für jeden Tag, an dem ein technischer Delegierter der FIA (physisch oder aus der Ferne) anwesend ist, wird dem Hersteller eine Gebühr in Rechnung gestellt, die jährlich von der FIA festgelegt wird. Nach Eingang des Berichts des technischen Delegierten bestätigt die FIA dem Hersteller schriftlich, dass das System erfolgreich getestet wurde. Der Hersteller stellt alle zusätzlichen Informationen und Unterlagen zur Verfügung, die die FIA für die Erstellung der Zulassung für erforderlich hält. Jede Änderung eines zuvor von der FIA zugelassenen Systems muss vom Fahrzeughersteller der technischen Abteilung der FIA vorgelegt werden. Letztere behält sich das Recht vor, neue Tests zu verlangen, um die Zulassung der Änderung vorzunehmen.
- e. Das/die RESS-Fach(e) muss/müssen so konstruiert sein, dass bei einer Verformung des RESS-Fachs oder eines Bauteils Kurzschlüsse an den leitenden Teilen verhindert werden und jegliches Risiko des Eindringens schädlicher Flüssigkeiten in den Fahrgastraum ausgeschlossen ist. Dieses Fach muss das RESS vollständig umschließen, mit Ausnahme der nach außen führenden Belüftungsöffnungen, und es muss aus einem feuerfesten (M1 ; A2s1d1 Euroklasse), robusten und RESS-flüssigkeitsdichten Material bestehen.
- f. Alle RESS-Fächer müssen die Entstehung einer entzündbaren Gas-/Luft- oder Staub-/Luftkonzentration im Inneren des Fachs/der Fächer verhindern. Es muss ein Entlüftungssystem vorhanden sein, um die Gasmenge abzuführen, die von 3 Zellen in 10 Sekunden während eines thermischen Durchgehens freigesetzt werden kann (Angaben des Zelllieferanten). Das Gas muss am Heck des Fahrzeugs abgeleitet werden.
- g. Das RESS muss durch mindestens zwei unabhängige Systeme (z. B. Relais, Zünder, Kontaktgeber, einen manuell betätigten Serviceschalter usw.) vom Stromkreis isoliert werden können. Es muss mindestens ein manuell betätigtes System und ein automatisches System (Steuerung durch BMS, ECU usw.) vorhanden sein.
- h. Das RESS muss zwei unabhängige Systeme zur Verhinderung von Überstrom enthalten.
- i. Alle zugänglichen leitenden Teile des RESS und der Verkabelung müssen doppelt isoliert sein.
- j. Auf jedem zum Stromkreis gehörenden Fach müssen die Symbole „Hochspannung“ angebracht sein (siehe Artikel C.1e).
- k. Die Kabelisolierung muss eine Betriebstemperatur von mindestens -20 °C bis 150 °C haben.

#### **4.2. Lichtweite und Kriechweg**

Dieser Unterabschnitt aus ISO 6469-1:2009 befasst sich mit der zusätzlichen Gefahr durch Leckstrom zwischen den Anschlussklemmen eines RESS, einschließlich aller daran befestigten leitfähigen Armaturen und leitfähigen Teile (Anhang J – Artikel 251.3.1.17), aufgrund des Risikos des Austritts von

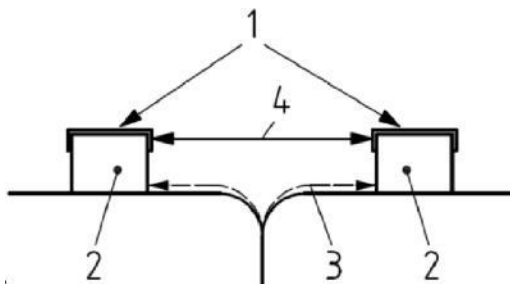
Elektrolyt oder dielektrischem Medium durch Leakage unter normalen Betriebsbedingungen (siehe Abbildung 2).

Dieser Unterabschnitt gilt nicht für maximale Betriebsspannungen (Anhang J – Artikel 251.3.1.9) des Stromkreises (Anhang J – Artikel 251.3.1.14) unter 60 V DC.

Wenn kein Elektrolyt austreten kann, muss die RESS gemäß IEC 60664-1 konstruiert sein. Der Verschmutzungsgrad muss für den Anwendungsbereich geeignet sein.

Wenn ein Austreten von Elektrolyt möglich ist, wird empfohlen, dass der Kriechweg (2.12) wie folgt bemessen wird (siehe Abbildung 2):

- a. Bei einem Kriechweg zwischen zwei RESS-Anschlussklemmen:  
 $d > 0,25 U + 5$ , wobei:  
d der an der geprüften RESS gemessene Kriechweg ist, in Millimetern (mm);  
U die maximale Betriebsspannung zwischen den beiden RESS-Anschlussklemmen in Volt (V) ist.
- b. Im Falle eines Kriechwegs zwischen stromführenden Teilen (Anhang J – Artikel 251.3.1.16) und der Masse des elektrischen Chassis (Anhang J – Artikel 251.3.1.15):  
 $d > 0,125 U + 5$ , wobei:  
d der Kriechweg zwischen dem stromführenden Teil und dem elektrischen Chassis in Millimetern (mm) ist; U die maximale Betriebsspannung zwischen den beiden RESS-Anschlussklemmen in Volt (V) ist. Der Abstand (Anhang J – Artikel 251.3.1.12) zwischen leitenden Oberflächen muss mindestens 2,5 mm betragen.



Zeichnung 2

#### **Kriechweg und Lichtweite**

1. Leitfähige Oberfläche
2. Steckverbinderanschluss (RESS-Pack oder RESS)
3. Kriechweg
4. Lichtweite

### **4.3. Einbau von Batterien und Ultra-(Super-)Kondensatoren**

Zellen und Kondensatoren müssen ordnungsgemäß eingebaut werden, damit sie einem Crashtest ohne größere mechanische Verformungen standhalten, die zu einem Ausfall der Zellen führen könnten.

### **4.4. Besondere Bestimmungen für Batterien**

Batteriezellen müssen gemäß den UN-Transportstandards zertifiziert sein, um die Mindestanforderungen an Brandschutz und Toxizität zu erfüllen.

#### **4.4.1. Angabe der Zellchemie**

Jede Art von Zellchemie ist zulässig, sofern die FIA die Zellchemie als sicher einstuft.

- a. Die grundlegenden chemischen Eigenschaften und Sicherheitsanforderungen der Batterie müssen der FIA drei Monate vor dem ersten Wettbewerb, bei dem sie eingesetzt werden soll, mitgeteilt werden, sofern ihre chemischen Eigenschaften nicht in der folgenden Liste aufgeführt sind:

- Blei-Säure
- Zink-Brom
- Nickel-Metallhydrid
- Lithium (Lithium-Ionen und Lithium-Polymer)
- b. Es sind keine Änderungen an einer Batteriezelle selbst oder an einem homologierten Modul oder Pack zulässig.
- c. Bei Blei-Säure-Batterien sind nur ventilgeregelte Typen (Gel-Typen) zulässig.
- d. Lithium-Batterien müssen mit einem Batteriemanagementsystem ausgestattet sein. Die besonderen Bestimmungen sind in Artikel C.4.4.2 festgelegt.
- e. Der Bewerber muss Dokumente des Zellen- und Packungsherstellers (Modulherstellers) vorlegen, in denen sicherheitsrelevante Daten angegeben sind.
- f. Der Zelllieferant muss die Sicherheitshinweise für die spezifische Zellchemie bereitstellen.
- g. Die Sicherheit der Zelle in Kombination mit einem Batteriemanagementsystem (Artikel C.4.4.2) ist erforderlich, wenn die Zelle eine UN-Zertifizierung für den Lufttransport benötigt.
- h. Der Bewerber muss einen Notfallplan vorlegen, in dem beschrieben wird, wie im Falle einer Überhitzung (Brand) und eines Unfalls mit dem Batteriepack umzugehen ist.

#### **4.4.2. Batteriemanagementsystem**

- a. Das Batteriemanagementsystem (BMS) ist ein wichtiges Sicherheitssystem und somit Teil des Batteriepacks. Es muss jederzeit mit den Zellen und dem Batteriepack verbunden sein, außer beim Transport oder wenn es in den Ruhezustand versetzt wird.
- b. Das BMS muss im Allgemeinen für die Batteriechemie geeignet sein, wie vom Zellhersteller empfohlen.
- c. Bei Zellen, die zu thermischem Durchgehen neigen, ist es strengstens verboten, die Zellen (Module) entgegen den vom Zellhersteller festgelegten Spezifikationen zu betreiben.
- d. Im Batteriemanagementsystem muss eine Temperaturregelung vorgesehen sein, um thermisches Durchgehen bei Überlastung oder Batterieausfall zu verhindern.
- e. Eine Wärmeentwicklung unter Erstaussfallbedingungen, die eine Gefahr für Personen darstellen könnte, muss durch geeignete Maßnahmen verhindert werden, z. B. durch Überwachung von Strom, Spannung oder Temperatur.
- f. Das BMS ist ein Sicherheitssystem; es muss interne Fehler erkennen und eine Leistungsreduzierung von/zu der Batterie auslösen oder die Batterie abschalten, wenn das BMS den Batteriebetrieb als unsicher erachtet.
- g. Die Montage der Batteriezellen in einem Batteriepack muss von einem Hersteller mit der entsprechenden Technologie durchgeführt werden. Die Spezifikation des Batteriepacks, der Module und Zellen sowie ein Dokument des genannten Herstellers, das die Sicherheit des hergestellten Batteriepacks bescheinigt, müssen vorab von dem ASN überprüft und genehmigt werden.

#### **4.5. Besondere Bestimmungen für Ultra-(Super-)Kondensatoren**

- a. Der Bewerber muss Unterlagen über den Kondensatortyp vorlegen.
- b. Es sind keine Änderungen am Kondensator selbst oder an einem homologierten Modul oder Pack zulässig.
- c. Der Bewerber muss sicherheitsrelevante Unterlagen des Herstellers des Kondensators und des Packs (Moduls) vorlegen.
- d. Der Bewerber muss einen Notfallplan vorlegen, in dem beschrieben wird, wie im Falle einer Überhitzung (Brand) oder eines Unfalls mit dem Pack umzugehen ist.

#### **4.6 Besondere Bestimmungen für Schwungradsysteme**

- a. Es obliegt dem Bewerber, mit beliebigen Mitteln nachzuweisen, dass das Schwungradsystem einfach robust genug ist, um einem Systemausfall standzuhalten, z. B. einem Rotorausfall bei voller Schwungradgeschwindigkeit.
- b. Die Sicherheit des Fahrers (und Beifahrers) muss vom Bewerber unter allen Fahrzeugbedingungen gewährleistet sein, auch bei einem Unfall.
- c. Der Bewerber muss sicherheitsrelevante Dokumente des Schwungradherstellers vorlegen.

## **5. Leistungselektronik**

Die Leistungselektronik (Umrichter, Chopper) muss mit den erforderlichen Vorrichtungen zur Erkennung schwerwiegender Fehler, z. B. Kurzschlüsse, Über-/Unterspannung, ausgestattet sein und über einen Mechanismus verfügen, der das elektrische Antriebssystem abschaltet, wenn ein schwerwiegender Fehler erkannt wird.

## **6. Elektromotoren**

Es müssen Vorkehrungen oder Vorrichtungen vorgesehen werden, um die bestmögliche Fahrzeugstabilität zu gewährleisten, falls ein einzelnes Rad aufgrund einer Fehlfunktion des elektrischen Antriebsstrangs oder des Elektromotors blockiert.

- Ein einzelner Motor treibt die Antriebsachse mit einem Differential auf herkömmliche Weise an (dies ist eine bewährte und äußerst zuverlässige Lösung).
- Der Motor ist über eine Kupplung (Scherstift) und ein Planetengetriebe mit einem einzelnen angetriebenen Rad verbunden.
- Bei einem einzelnen blockierten Rad kann ein automatisches System das gegenüberliegende Rad der Achse blockieren.

### **6.1. Kapazitive Kopplung**

- a. Kapazitive Kopplungen zwischen einem Potential der Spannungsstufe B (Anhang J – Artikel 251.3.1.10) und einem elektrischen Chassis (Anhang J – Artikel 251.3.1.15) resultieren in der Regel aus Y-Kondensatoren, die aus EMV-Gründen verwendet werden, oder aus parasitären kapazitiven Kopplungen.

ISO/DIS 6469-3.2:2010 legt fest:

- Für Gleichstrom-Körperströme, die durch Entladung solcher kapazitiver Kopplungen beim Berühren von Gleichstrom-Hochspannung verursacht werden, muss die Energie der Gesamtkapazität zwischen einem unter Spannung stehenden Teil der Spannungsstufe B (Anhang J – Artikel 251.3.1.16) und dem elektrischen Chassis (Anhang J – Artikel 251.3.1.15) bei ihrer maximalen Betriebsspannung (Anhang J – Artikel 251.3.1.9)  $< 0,2$  Joule betragen. Die Gesamtkapazität sollte auf der Grundlage der Auslegungswerte der zugehörigen Teile und Komponenten berechnet werden.
  - Bei Wechselstrom-Körperströmen, die durch solche kapazitiven Kopplungen beim Berühren von Wechselstrom-Hochspannung verursacht werden, darf der Wechselstrom-Körperstrom 5 mA nicht überschreiten, gemessen in Übereinstimmung mit IEC 60950-1.
- b. Jeder Motor, der von einem Umrichter (Chopper, Leistungselektronik) angetrieben wird, weist eine kapazitive Kopplung zu seinem Gehäuse usw. auf, deren Ausmaß von seiner Konstruktion abhängt. Da dies eine Energieverschwendung darstellt, wird stets versucht, diese Kopplung zu minimieren, sie kann jedoch nicht vollständig beseitigt werden.
- c. Kapazitive Kopplung, die durch verteilte Kapazitäten CC (siehe Zeichnung 3) verursacht wird, führt zu einem Wechselstromfluss  $i_{ac}$  zwischen dem Stromkreis und einem elektrischen Gehäuse, einschließlich der Karosserie. Daher muss eine nicht-galvanische Verbindung mit einem Verbindungskondensator  $C_B$  zwischen dem Stromkreis und der Chassismasse hergestellt werden, um die maximale Wechselspannung  $U_{ac}$  zwischen der Stromkreis-Masse und dem Chassis auf einen sicheren Spannungswert von weniger als 30 V AC rms zu begrenzen. Der Verbindungskondensator  $C_B$  und die konzentrierten Kopplungskapazitäten  $C_c$  stellen einen Wechselspannungs-Teiler für die Wechselrichter-Ausgangsspannung  $U_{INV}$  dar. Daher berechnet sich die Wechselstrom-Trennbarrierenspannung  $U_{ac}$  wie folgt:

$$U_{ac} = U_{INF} \frac{C_c}{C_B + C_c}$$

Die obige Berechnung liefert eine Schätzung der Isolationsbarrierenspannung  $U_{ac}$ , da der Wechselstrom  $i_{ac}$  bei weitem nicht sinusförmig ist. Daher muss durch Messungen nachgewiesen werden, dass die Spannung  $U_{ac}$  durch den Verbindungskondensator  $C_B$  (siehe Zeichnung 3,

Zeichnung 4 und Zeichnung 5, optional:  $C_B = C_{B1} + C_{B2}$ , siehe Zeichnung 6) auf einen sicheren Spannungswert von weniger als 30 V AC rms reduziert wird.

Ein Beispiel für eine grobe Schätzung des Mindestwerts des Verbindungskondensators  $C_B$  min: Wir nehmen an:  $U_{INV} = 500$  V AC, die verteilten Kopplungskapazitäten summieren sich zu  $C_C = 3$  nF und die maximal zulässige Isolationsbarrierespannung  $U_{ac} = 30$  V rms.

Daher berechnet sich der Mindestwert des Verbindungskondensators  $C_B$  min wie folgt:

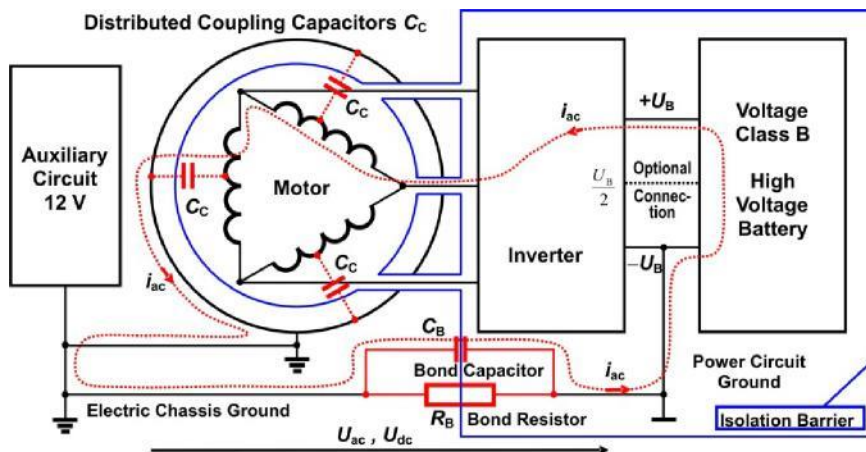
$$C_{B \min} = C_C \left( \frac{U_{INV}}{U_{ac \max}} - 1 \right) = 3 \text{ nF} \left( \frac{500 \text{ V}}{30 \text{ V}} - 1 \right) = 47 \text{ nF}$$

- d. Der Verbindungswiderstand  $R_B$  (siehe Zeichnung 3, Zeichnung 4 und Zeichnung 5, optional:

$$R_B = \frac{R_{B1} \cdot R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

siehe Zeichnung 6) begrenzt die Gleichspannung  $U_{dc}$  über der Trennbarriere zwischen dem Stromkreis und der Chassismasse. Der Wert des Verbindungswiderstands sollte mindestens 500  $\Omega$ /V betragen, bezogen auf die maximale Betriebsspannung  $+U_B$  des Systems der Spannungsklasse B (Laden). Das Messverfahren zur Überprüfung des Wertes der Verbindungswiderstände  $R_{B1}$  und  $R_{B2}$  ist in der ECE-Vereinbarung ECE-R 100/01 (WP.29/2010/52), Nov./Dez. 2010, Anhang 4 „Messverfahren für den Isolationswiderstand“ und in der Norm ISO 6469-1:2009(E), Artikel 6.1 „Isolationswiderstand des RESS“ beschrieben.

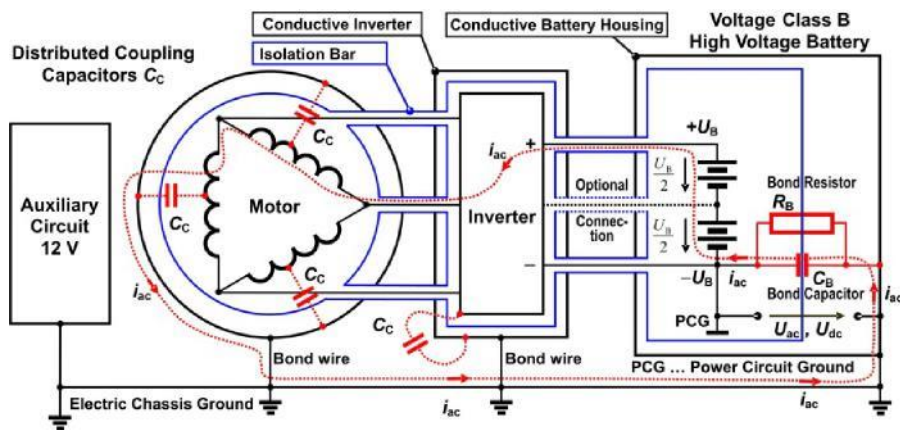
- e. Der Hersteller kann eine eigene technische Lösung vorschlagen, die von der FIA genehmigt werden muss.



Zeichnung 3

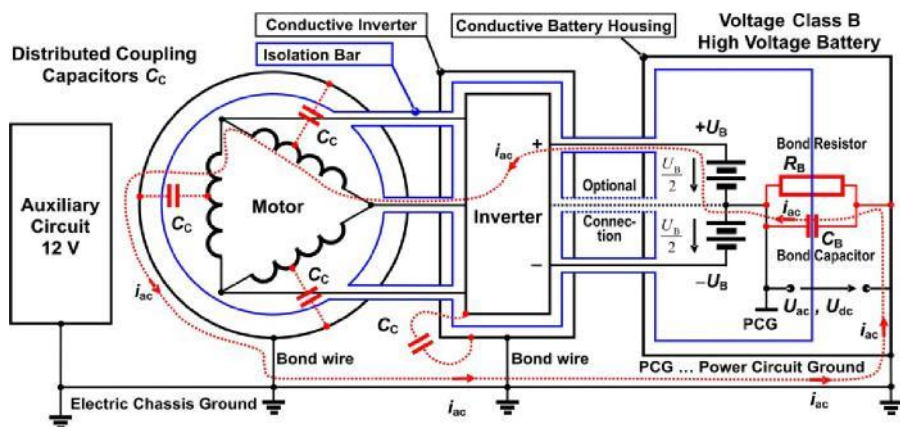
Nichtleitendes Wechselrichtergehäuse und Batteriefach.

Aufgrund der verteilten Kapazitäten zwischen Statorwicklungen, Rotor und Gehäuse führt die kapazitive Kopplung zu einem Wechselstromfluss  $i_{ac}$  über die Trennbarriere zwischen dem Stromkreis und dem elektrischen Chassis. Ein Verbindungskondensator  $C_B$  mit ausreichender Größe reduziert die Spannung  $U_{ac}$  auf ein sicheres Spannungsniveau. Die Nennspannung des Verbindungskondensators muss mindestens für die maximale Ausgangsspannung des Wechselrichters ausgelegt sein.



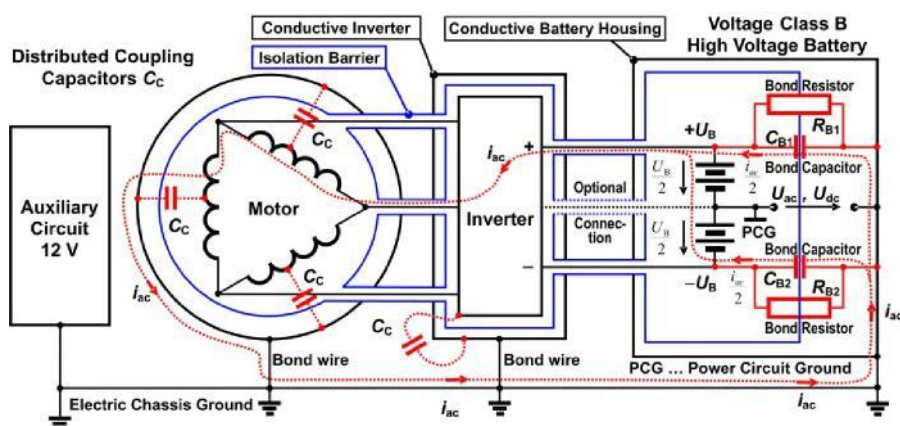
Zeichnung 4

Das leitfähige Wechselrichtergehäuse und das Batteriefach sind mit der elektrischen Chassismasse verbunden. Der Verbindungswiderstand  $R_B$  und der Kondensator  $C_B$  sind von der elektrischen Chassismasse mit der Stromkreis-Masse verbunden, die in diesem Fall der Batterie-Minuspol  $-U_B$  ist.



Zeichnung 5

Das leitfähige Wechselrichtergehäuse und das Batteriefach sind mit der elektrischen Chassismasse verbunden. Der Verbindungswiderstand  $R_B$  und der Kondensator  $C_B$  sind von der elektrischen Chassismasse mit der Stromkreis-Masse verbunden, die in diesem Fall 50 % der Batteriespannung  $+U_B$  beträgt.



Zeichnung 6

Das leitfähige Wechselrichtergehäuse und das Batteriefach sind mit der elektrischen Chassismasse verbunden. Die Verbindungswiderstände  $R_{B1}$  und  $R_{B2}$  sowie die Verbindungskondensatoren  $C_{B1}$  und  $C_{B2}$  sind von der elektrischen Chassismasse mit den Batterieklemmen  $+U_B$  und  $-U_B$  verbunden, was zu einer Stromkreismasse bei 50 % der Batteriespannung  $+U_B$  führt.

## **7. Schutz vor elektrischem Schlag**

- a. In keinem Teil der elektrischen Ausrüstung darf die Spannung die Grenzwerte der Spannungsklasse B (2,9) überschreiten.
- b. ISO/DIS 6469-3.2:2010 legt fest: Als allgemeine Regel gilt, dass freiliegende leitfähige Teile von elektrischen Geräten der Spannungsklasse B, einschließlich freiliegender leitfähiger Barrieren/Gehäuse, gemäß den folgenden Anforderungen mit dem elektrischen Chassis verbunden werden müssen, um einen Potentialausgleich zu gewährleisten:
  - Alle Komponenten, die den Strompfad für den Potentialausgleich bilden (Leiter, Verbindungen), müssen dem maximalen Strom in einer einzelnen Ausfallsituation standhalten.
  - Der Widerstand des Potentialausgleichspfads zwischen zwei beliebigen freiliegenden leitenden Teilen des Stromkreises der Spannungsklasse B, die von einer Person gleichzeitig berührt werden können, darf 0,1  $\Omega$  nicht überschreiten.
- c. Kein Teil des Chassis oder der Karosserie darf als Stromrückleitung verwendet werden, außer für Fehlerströme.
- d. Zwischen der Stromkreiserdung und dem Fahrgestell (Karosserie) des Fahrzeugs sind nicht mehr als 60 V Gleichstrom bzw. 30 V Wechselstrom zulässig.
- e. Ein elektronisches Überwachungssystem muss kontinuierlich den Spannungspegel zwischen der Chassis-Masse (= Hilfsstrom-Masse) und der Stromkreis-Masse überprüfen. Wenn das Überwachungssystem eine Gleich- oder Wechselspannung mit einem Spannungspegel von mehr als 60 V DC oder 30 V AC bei einer Frequenz unter 300 kHz feststellt, muss die Überwachungsschaltung (innerhalb von weniger als 50 ms) reagieren und die für die jeweilige Fahrzeugklasse festgelegten Maßnahmen auslösen.

## **8. Potentialausgleich**

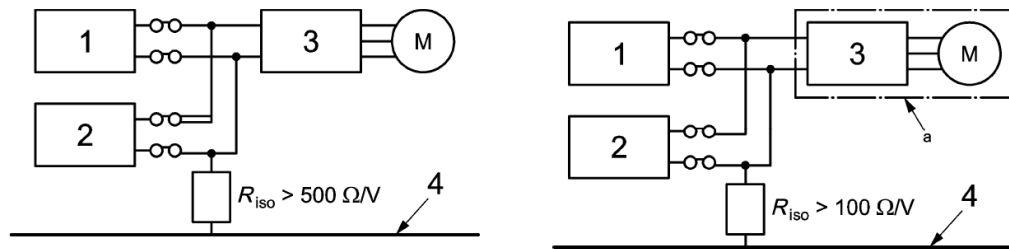
- a. Um den Fehlermodus zu mindern, bei dem eine hohe Spannung auf das Niederspannungssystem des Fahrzeugs gekoppelt wird, ist es zwingend erforderlich, dass alle wichtigen leitfähigen Teile des Fahrzeugs mit Drähten oder leitfähigen Teilen geeigneter Abmessungen potentialausgeglichen mit dem Fahrzeugchassis verbunden sind.
- b. Eine Potentialausgleichsverbindung ist für alle Komponenten erforderlich, an denen ein Draht, Kabel oder Kabelbaum angeschlossen ist oder in deren unmittelbarer Nähe verläuft und die aufgrund einer einzelnen Isolationsstörung Strom leiten können und darüber hinaus vom Fahrer während der Fahrt, von Mechanikern während eines Boxenstopps oder von Streckenposten und medizinischem Personal während Rettungsmaßnahmen berührt werden können.
- c. Alle Komponenten, die eine Potentialausgleichsverbindung erfordern, werden mit einem Widerstand an den Hauptmassepunkt (Anhang J – Artikel 251.3.1.15.1) angeschlossen, um eine gefährliche Berührungsspannung (30 V AC) bei einem AC-Kopplungsfehler mit einer bestimmten parasitären Kapazität zu verhindern.
- d. Der Haupterdungspunkt (2.14.1) muss für jede Fahrzeugklasse, die einen elektrischen Antriebsstrang verwendet, in dem jeweiligen Anhang J Artikel individuell festgelegt werden.

## **9. Anforderungen an den Isolationswiderstand**

ISO/DIS 6469-3.2:2010 besagt: Wenn die gewählten Schutzmaßnahmen einen Mindestisolationswiderstand erfordern, muss dieser mindestens 100  $\Omega/V$  für Gleichstromkreise und mindestens 500  $\Omega/V$  für Wechselstromkreise betragen. Als Referenzwert gilt die maximale Betriebsspannung (Anhang J – Artikel 251.3.1.9).

HINWEIS:

Eine Gefahr durch elektrischen Schlag besteht, wenn elektrische Ströme, abhängig von ihrer Stärke und Dauer, durch den menschlichen Körper fließen. Schädliche Auswirkungen können vermieden werden, wenn der Strom innerhalb der Zone DC-2 in Zeichnung 22 für Gleichstrom bzw. der Zone AC-2 in Zeichnung 20 für Wechselstrom gemäß IEC/TS 60479-1, 2005 liegt. Der Bezug zwischen schädlichen Körperströmen und anderen Wellenformen und Frequenzen ist in IEC/TS 60479-2 beschrieben. Die Anforderungen an den Isolationswiderstand von 100 0/V für Gleichstrom oder 500 0/V für Wechselstrom lassen Körperströme von 10 mA bzw. 2 mA zu.



Zeichnung 7

- 1 Brennstoffzellensystem
- 2 Antriebsbatterie
- 3 Wechselrichter
- 4 Elektrisches Fahrwerk des Fahrzeugs
- A Wechselstromkreis

Isolationswiderstandsanforderungen für Systeme der Spannungsklasse B mit leitend verbundenen Wechselstrom- und Gleichstromkreisen.

HINWEIS:

Die Zeichnung basiert auf einem Brennstoffzellen-Hybrid-Elektrofahrzeug (FCHEV) als Beispiel.

Um die oben genannte Anforderung für den gesamten Stromkreis zu erfüllen, ist je nach Anzahl der Komponenten und der Struktur des Stromkreises, zu dem sie gehören, ein höherer Isolationswiderstand für jede Komponente erforderlich. Wenn elektrische Stromkreise der Gleich- und Wechselspannungs-kategorie B leitend verbunden sind (siehe Zeichnung 7), muss eine der beiden folgenden Optionen erfüllt sein:

- Option 1: Mindestens die Anforderung von 500 0/V für den kombinierten Stromkreis erfüllen; oder
- Option 2: Mindestens die Anforderungen von 100 0/V für den gesamten leitungsmäßig verbundenen Stromkreis erfüllen, wenn mindestens eine der in Artikel C.9.1 definierten zusätzlichen Schutzmaßnahmen auf den Wechselstromkreis angewendet wird.

### 9.1. Zusätzliche Schutzmaßnahmen für den Wechselstromkreis

Eine oder eine Kombination der folgenden Maßnahmen muss zusätzlich zu oder anstelle der in (Artikel C.1) beschriebenen grundlegenden Schutzmaßnahmen angewendet werden, um Schutz vor einzelnen Ausfällen zu bieten und die Ausfälle zu beheben, für die sie vorgesehen sind (aus ISO/DIS 6469-3.2:2010):

- Hinzufügen einer oder mehrerer Isolationsschichten, Barrieren und/oder Gehäuse.
- Doppelte oder verstärkte Isolierung anstelle der Grundisolierung.
- Starre Barrieren/Gehäuse mit ausreichender mechanischer Robustheit und Haltbarkeit über die gesamte Lebensdauer des Fahrzeugs.

HINWEIS:

Zu den starren Barrieren/Gehäusen gehören (unter anderem) Leistungssteuerungsgehäuse, Motorgehäuse, Steckergehäuse und -abdeckungen usw. Sie können als Einzelmaßnahme anstelle von Basisbarrieren/Gehäusen verwendet werden, um sowohl die grundlegenden Anforderungen von Ausfällen als auch die Anforderungen an den Schutz vor Einzelausfällen zu erfüllen.

## **10. Isolationsüberwachung zwischen Fahrgestell und Stromkreis**

- a. Es muss ein Isolationsüberwachungssystem verwendet werden, um den Zustand der Isolationsbarriere zwischen dem System der Spannungsstufe B (Anhang J – Artikel 251.3.1.10) und dem Fahrgestell zu überwachen.
- b. Das Überwachungssystem muss den Gleichstrom-Isolationswiderstand  $R_{iso}$  zwischen den leitenden Teilen des Fahrgestells (Karosserie) und dem gesamten leitend verbundenen Stromkreis der Spannungsstufe B messen. Der Mindestisolationswiderstand  $R_{iso}$  ist in Artikel C.9 angegeben.  
Die Reaktion des Systems bei Feststellung eines Isolationsfehlers wird für jede Fahrzeugklasse in Anhang J des ISG individuell festgelegt und muss den Bestimmungen von ISO/DIS 6469-3.2:2010 entsprechen.  
Ein Gerät zum Schutz von Personen vor elektrischen Gleichstromschlägen ist beispielsweise das Bender A-ISOMETER iso-F1.
- c. Das in ISO 6469-1:2009 angegebene Messverfahren muss zur Überprüfung und Kalibrierung des borgelegenen Isolationsüberwachungssystems verwendet werden. Es müssen zwei separate Isolationswiderstandswerte überprüft werden:
  - der Isolationswiderstand  $R_{iso}$  des gesamten leitend verbundenen Systems der Spannungsstufe B bezogen auf das elektrische Chassis;
  - der Isolationswiderstand  $R_{iso}$  des RESS, wenn es vom Stromkreis getrennt ist.

## **11. Stromkreis**

In Fällen, in denen die Spannung des Stromkreises (Anhang J – Artikel 251.3.1.14) zur Spannungsstufe B (Anhang J – Artikel 251.3.1.10) gehört, muss dieser Stromkreis durch geeignete Isolatoren elektrisch vom Fahrgestell (Karosserie) und vom Hilfsstromkreis getrennt sein.

## **12. Strombus**

Die maximale Spannung am Strombus darf zu keinem Zeitpunkt 1000 V überschreiten.

Die Spannung an den zum Strombus gehörenden Kondensatoren muss innerhalb von 2 Sekunden nach Trennung aller Energiequellen (Generator, RESS und Ladeinheit) vom Strombus unter 60 Volt fallen.

## **13. Verkabelung des Stromkreises**

- a. Alle Kabel und Drähte, die elektrische Leistungskomponenten (z. B. Motor, Generator, Wechselrichter und RESS) mit einer Strombelastbarkeit von mehr als 30 mA verbinden, müssen über einen zusätzlichen integrierten Messdraht oder eine koaxiale leitfähige Abschirmung verfügen, die vom Stromkreis isoliert ist. Der Messdraht ermöglicht die Erkennung von Isolationsfehlern oder gebrochenen Stromkabeln. Bei einem Isolationsfehler oder einem gebrochenen Stromkabel muss ein elektronisches Überwachungssystem den Isolationsfehler erkennen. Die Reaktion des Systems bei Erkennung eines Isolationsfehlers wird für jede in Anhang J aufgeführte Fahrzeugklasse individuell festgelegt.
- b. Der Sensordraht oder die Abschirmung des Stromkreises muss mit der Fahrgestellmasse verbunden sein. In diesem Fall dient das Isolationsüberwachungssystem (Artikel C.10) als Auslösevorrichtung für einen Isolationsfehler.
- c. Die Außenummantelung von Kabeln und Kabelbäumen für Stromkreise der Spannungsstufe B (Anhang J – Artikel 251.3.1.10), die sich nicht in Gehäusen oder hinter Barrieren befinden, muss orange gekennzeichnet sein.

### ANMERKUNG 1:

Steckverbinder der Spannungsstufe B können anhand der Kabelbäume identifiziert werden, an denen der Steckverbinder befestigt ist.

### ANMERKUNG 2:

Spezifikationen für die Farbe Orange sind z. B. in ISO/DIS 14572:2010, in den USA (8.75R5.75/12.5) und in Japan (8.8R5.8/12.5) gemäß dem Munsell-Farbsystem angegeben.

- d. Stromkreisdrähte, die Belastungen ausgesetzt sind (z. B. mechanische, thermische, Vibrationen usw.), müssen in geeigneten Kabelführungen, Gehäusen und isolierten Leitungen gesichert werden.

## **14. Stromkreisverbinder, führende Kontakte, automatische Trennung usw.**

- a. Stromkreisverbinder dürfen weder am Stecker noch an der Buchse stromführende Kontakte aufweisen, es sei denn, sie sind korrekt miteinander verbunden. Ein automatisches System muss erkennen, wenn eine Stromkreisverbindung getrennt wird, beispielsweise durch kürzere Alarmkontakte innerhalb derselben Verbindung, und die Hochspannung sowohl vom Stecker als auch von der Buchse unterbrechen/entfernen. Wenn der Steckverbinder beim Trennen unter Spannung stand, muss die Hochspannung sofort abgeschaltet und die Restspannung an den Kontakten von Stecker und Buchse innerhalb von 2 Sekunden auf ein sicheres Niveau entladen werden, sofern in der Fahrzeugklasse nichts anderes angegeben ist. Es ist nicht zulässig, dass stromführende Anschlüsse nur durch eine abnehmbare Steckverbinderkappe geschützt sind.
- b. Umwelttechnische Abdichtung des Steckverbinders gemäß IP 67 im gesteckten Zustand.
- c. Umwelttechnische Abdichtung des Steckverbinders gemäß IP 66 von der Kontaktfläche bis zur Kabelbaugruppe im getrennten Zustand.
- d. Die Mindestdielektrizitätsfestigkeit des Steckverbinders beträgt 1,5 kV bei 98 % relativer Luftfeuchtigkeit (RH) (für Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit).
- e. Die Mindestdielektrizitätsfestigkeit des Steckverbinders beträgt 5 kV bei 40 % RH.
- f. Wenn vollständig ummantelte „berührungssichere“ Kontakte sowohl an Stift- als auch an Buchsen-, Stecker- und Steckdosenverbindern erforderlich sind, muss dies in der Fahrzeugklasse angegeben werden.
- g. Mindestnennstrom des Steckverbinders, der für den durchschnittlichen Wirkstrom geeignet ist, NICHT für den maximal zu erwartenden Strom im Betrieb. Z. B. während eines Phasenkurzschlusses.
- h. Steckverbindergehäuse, das hohen Vibrationen standhält.
- i. Der Steckverbinder muss für Betriebstemperaturen von -20 °C bis +150 °C oder mehr ausgelegt sein, um den Anforderungen des Lufttransports und des Bahnverkehrs gerecht zu werden.
- j. Es muss ein Mechanismus zur Zugentlastung und Abdichtung der Kabelbaugruppe vorhanden sein.
- k. Im Falle eines Unfalls muss eine „snatch free“-Trennung gewährleistet sein, ohne dass das Gehäuse des Steckverbinders beschädigt wird, wodurch Hochspannung an Stecker oder Buchse freigesetzt werden könnte. Der Steckverbinder muss sich lösen, bevor das Kabel beschädigt wird.  
Ausnahme: Komponenten innerhalb der Sicherheitszelle (Anhang J – Artikel 251.3.1.29), die über Kabel des Stromkreises (Anhang J – Artikel 251.3.1.14) verbunden sind, müssen nicht über eine "snatch-free"-Trennung verfügen.

## **15. Isolationsfestigkeit von Kabeln**

- a. Alle unter Spannung stehenden Teile müssen gegen unbeabsichtigte Berührung geschützt sein. Isoliermaterialien ohne ausreichende mechanische Festigkeit, z. B. Lackbeschichtungen, Emaile, Oxide, Faserbeschichtungen (imprägniert oder nicht) oder Isolierbänder, sind nicht zulässig.
- b. Jedes elektrische Kabel muss für den jeweiligen Stromkreis ausgelegt und ausreichend isoliert sein.
- c. Alle elektrischen Kabel müssen entsprechend der Kapazität der einzelnen Leiter vor Überstromfehlern geschützt sein.
- d. Alle Teile der elektrischen Ausrüstung, einschließlich Drähte und Kabel, müssen zwischen allen stromführenden Komponenten und der Karosserie einen Mindestisolationswiderstand aufweisen.
  - Bei Geräten der Spannungsklasse B muss der Isolationswiderstand zum Chassis mindestens 500  $\Omega/V$  betragen (ISO/DIS 6469-3.2:2010).
  - Die Messung des Isolationswiderstands muss mit einer Gleichspannung von mindestens 100 Volt durchgeführt werden. Es müssen Tests durchgeführt werden, um den Isolationswiderstand des Fahrzeugs unter nassen Bedingungen zu validieren und zu quantifizieren.

## **16. Fahrer-Hauptschalter**

Alle Rennfahrzeuge müssen mit einem Fahrer-Hauptschalter (DMS) ausgestattet sein.

- Der DMS muss vom Fahrer in Fahrposition mit angelegtem Sicherheitsgurt und dem Lenkrad in seiner Position bedient werden können.
- Der DMS muss vom Hauptstromkreisunterbrecher getrennt sein.
- Wenn der DMS auf aktiv geschaltet ist, muss das Fahrzeug langsam vorwärts rollen, ohne dass das Gaspedal betätigt wird, wie bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor und Automatikgetriebe, wenn

der Schalthebel aus der Neutralstellung (N) oder Parkstellung (P) in die Fahrstellung (D) gebracht wird. Andernfalls kann das Fahrzeug unbeaufsichtigt im „Aktivmodus“ (DMS eingeschaltet) stehen bleiben und eine versehentliche Betätigung des Gaspedals würde zu einer Bewegung des Fahrzeugs führen.

## 17. Hauptstromkreisunterbrecher

- a. Alle Fahrzeuge müssen mit einem Hauptstromkreisunterbrecher (Anhang J – Artikel 251.3.1.14.3) mit ausreichender Kapazität ausgestattet sein. Es ist jedoch darauf zu achten, dass durch den Einbau des Stromkreisunterbrechers der Hauptstromkreis nicht in der Nähe des Fahrers verläuft.
- b. Wenn der Hauptstromunterbrecher durch einen Not-Aus-Schalter (C.18) oder durch das optionale System zur Erkennung eines Unfalls ausgelöst wird, MUSS er sofort:
  - die +Ue- und -Ue-Pole jedes Batteriepacks des RESS vom Rest des Stromkreises (RESS zu den Lasten wie der Leistungselektronik und dem Elektromotor) trennen,
  - die Drehmomententwicklung aller Elektromotoren deaktivieren,
  - die aktiven Entladekreise innerhalb des Stromkreises aktivieren,
  - die Hilfsbatterie vom Hilfskreis trennen (Hilfsbatterie und möglicherweise die Lichtmaschine von den Verbrauchern wie Beleuchtung, Hupe, Zündung, elektrische Steuerungen usw.) und
  - den Verbrennungsmotor in einem Hybridfahrzeug sofort abschalten.
- c. Die Position und Kennzeichnung des Hauptstromkreisunterbrechers muss in der Fahrzeugklasse angegeben werden.
- d. Wenn in einer Fahrzeugklasse ein automatisches System zur Erkennung eines Unfalls angegeben ist, muss dieses automatisch den Hauptstromkreisunterbrecher auslösen.
- e. Jede Vorrichtung des Hauptstromkreisunterbrechers, die zur Trennung der +Ue- und -Ue-Pole jedes Batteriepacks verwendet wird, muss Teil dieses Batteriepacks sein.
- f. Die Elektroneinheiten (ECU, BMS, ...), die den Hauptstromkreisunterbrecher steuern, müssen nach dem Auslösen des Hauptstromkreisunterbrechers mindestens 15 Minuten lang betriebsbereit bleiben.

## 18. Not-Aus-Schalter

- a. Ein Not-Aus-Schalter (Anhang J – Artikel 251.3.1.14.4) muss für den Fahrer und Beifahrer leicht zu bedienen sein, wenn sie normal im Fahrzeug sitzen, die Sicherheitsgurte angelegt sind und das Lenkrad in Position ist.
- b. Bei geschlossenen Fahrzeugen muss mindestens ein Not-Aus-Schalter von außerhalb des Fahrzeugs bedienbar sein.
- c. Die Not-Aus-Schalter dürfen NICHT als Fahrer-Hauptschalter verwendet werden.
- d. Wenn für die Fahrzeugklasse vorgeschrieben, kann ein Not-Aus-Schalter auch die Feuerlöscher betätigen.

Tabelle 1: Betätigung (= Kontaktöffnung = Stromunterbrechung = Aus) des Hauptstromkreisunterbrechers (GCB, C.17 und Anhang J – Artikel 251.3.1.14.3) durch die Not-Aus-Schalter (ESS, C.18 und Anhang J – Artikel 251.3.1.14.4) und durch den Fahrer-Hauptschalter (DMS, C.16 und Anhang J – Artikel 251.3.1.20)

|     | ESS betätigt | ESS gelöst |
|-----|--------------|------------|
| DMS | GCB aus      | GCB ein    |
| DMS | GCB aus      | GCB aus    |

Tabelle 2: Freigabe (= aktiv = eingeschaltet = ein) der aktiven Entladungskreise (C.14 und C.17.b) innerhalb des Stromkreises (C.14 und Anhang J – Artikel 251.3.1.14) durch die Not-Aus-Schalter (ESS, C.18 und Anhang J – Artikel 251.3.1.14.4) und durch den Fahrer-Hauptschalter (DMS, C.16 und Anhang J – Artikel 251.3.1.20)

|         | ESS betätigt         | ESS gelöst               |
|---------|----------------------|--------------------------|
| DMS ein | Entladungssystem ein | Entladungssystem aus     |
| DMS     | Entladungssystem     | Entladungssystem aus (*) |

(\*) Die aktiven Entladeschaltungen müssen deaktiviert (ausgeschaltet) sein, um eine Überlastung des Systems zu verhindern, solange das Fahrzeug noch in Bewegung ist und Rückgewinnungsenergie aus den Antriebsmotoren verfügbar ist.

## 19. Überstromauslösung (Sicherungen)

- Das RESS muss mit einer Sicherung oder einer gleichwertigen Vorrichtung ausgestattet sein, um Situationen zu bewältigen, in denen es zu einem Kurzschluss innerhalb der Batterie oder des Super-(Ultra-)Kondensatorgehäuses kommt. Jede solche Sicherung muss getestet und in einem realistischen Lastfall auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft werden.
- Sicherungen und Stromkreisunterbrecher (rücksetzbare elektromechanische Sicherungen) sind zulässige Überstromauslöser. Besonders schnelle elektronische Sicherungen und schnelle Sicherungen sind geeignete Typen.
- Eine Strombegrenzungsvorrichtung wie eine Sicherung muss im RESS-Gehäuse und an einer geeigneten Stelle in jedem Stromkreis angebracht werden.
- Überstromauslöser dürfen unter keinen Umständen den Hauptstromkreisunterbrecher (Not-Aus-Schalter) ersetzen.

## 20. Ladeeinheiten (außerhalb des Fahrzeugs)

- Die galvanisch getrennte Ladeinheit (Ladegerät) für Elektro- oder Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeuge (Anhang J – Artikel 251.3.1.6.2) muss alle Sicherheitsvorschriften erfüllen, die in den geltenden Vorschriften des Landes, in dem der jeweilige Wettbewerb stattfindet, festgelegt sind.
- Das Ladegerät muss das Erdpotenzial des Netzes mit der Fahrzeugmasse verbinden (Anhang J – Artikel 251.3.1.15).
- Das Ladegerät muss über eine oder mehrere Sicherungen zum Schutz des/der Ladekabel(s) verfügen.
- Der Stecker an einem Ende des Ladekabels muss sich lösen, bevor das Kabel beschädigt wird. (Beispielsweise durch Verwendung eines nicht verriegelbaren Steckers).
- Die Bewegung des Fahrzeugs muss automatisch verhindert werden, solange es an das Stromnetz angeschlossen ist.
- Die Stecker des Gleichstrom-Ladekabels müssen polarisiert und so angeordnet sein, dass ein Anschluss mit falscher Polarität unmöglich ist.
- Der Hauptschalter des Ladegeräts muss ALLE stromführenden Versorgungsleiter trennen.
- Das Antriebssystem des Fahrzeugs muss vor Beginn des Ladevorgangs auf Erdungsfehler überprüft werden.
- Das Antriebssystem des Fahrzeugs darf während des Ladevorgangs der Batterie nicht unter Spannung stehen.
- Der Ladevorgang muss immer unter der Aufsicht der Gebäudeleittechnik (GLT) erfolgen (Anhang J – Artikel 251.3.1.7.).

## 21. Hilfsbatterie

- Die Hilfsbatterie darf niemals zum Aufladen der Antriebsbatterie verwendet werden. Während der gesamten Dauer des Wettbewerbs muss die Batterie, die den Hilfsstromkreis versorgt, eine Spannung von weniger als 60 V haben.
- Wenn ein von der Antriebsbatterie gespeister Gleichstromwandler (Anhang J – Artikel 251.3.1.7.3) als Ersatz für die Zusatzbatterie verwendet wird, muss jederzeit eine ausreichende Energiereserve in der Antriebsbatterie vorhanden sein, wenn für die Fahrzeugklasse ein Beleuchtungssystem erforderlich ist (um nationale und/oder internationale Normen oder Anforderungen zu erfüllen).

## 22. Sicherheitsanzeigen

- a. Sicherheitsanzeigen warnen, wenn sich das Fahrzeug in einem gefährlichen Zustand befindet, und sind für alle Fahrzeugklassen vorgeschrieben.
- b. Die Farbe, die Anordnung, die Funktion und die Anschlussanforderungen sind in der Fahrzeugklasse festgelegt und müssen die folgenden Anforderungen erfüllen, sofern kein anderes System eingesetzt wird.
- c. Diese Anzeigelampen müssen mit einer hochzuverlässigen Vorrichtung ausgestattet sein, z. B. LED, Semaphor oder ähnliches, und die Farbe muss rot sein und so angebracht sein, dass sie nicht mit Regen- oder Bremslichtern verwechselt werden kann.
- d. Sie müssen für die zu erwartenden Lichtverhältnisse geeignet sein, z. B. müssen sie bei direkter Sonneneinstrahlung sichtbar sein.
- e. Die Anzeigen müssen den Fahrer und das Personal warnen, dass der Stromkreis aktiviert ist und sich das Fahrzeug unerwartet bewegen könnte. Sie müssen für den Fahrer in normaler Sitzposition mit montiertem Lenkrad sichtbar sein und auch für das Personal, das von außen am Fahrzeug arbeitet.
- f. Wenn es die Fahrzeugklasse erfordert, muss eine Vorrichtung vorhanden sein, die ein versehentliches Losfahren des Fahrzeugs verhindert, wenn der Fahrer nicht auf dem Sitz sitzt.
- g. Die Anzeigen müssen signalisieren, wenn im Stromkreis eine Spannung von mehr als 60 V Gleichstrom (oder eine Spannung, die zum Bewegen des Fahrzeugs ausreicht, je nachdem, welcher Wert niedriger ist) anliegt.

### Fahrbereitschaftsanzeige

Um anzuzeigen, dass das Fahrzeug bei Betätigung des Gaspedals losfahren kann, müssen eine weiße Leuchte (vorne) und eine orangefarbene Leuchte (hinten) aufleuchten und die Vorderseite bzw. die Rückseite des Fahrzeugs parallel zur Mittellinie des Fahrzeugs beleuchten.

|                                               |                                                                                                                |                                                                                 | Regenlicht   |              | Fahrbereitschafts-anzeige |              |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|---------------------------|--------------|
| Nach<br>Priorität<br>angeordnet<br>(1. höher) | Beschreibung                                                                                                   | Bedingung                                                                       | Ein<br>Dauer | Aus<br>Dauer | Ein<br>Dauer              | Aus<br>Dauer |
| 1                                             | Hochspannung AUS                                                                                               | Spannung des Strombusses < 60V                                                  | Aus          |              | Aus                       |              |
| 2                                             | RESS-Aufladung                                                                                                 | An externes Ladegerät angeschlossen und Spannung des Strombusses > 60 V         | 50 ms        | 2000 ms      | 50 ms                     | 2000 ms      |
| 3                                             | Fahrzeug im Regenerationsmodus oder am Ende des Rennens                                                        | Regenerative Batterieleistung > 15 kW oder Stromabschaltung am Ende des Rennens | 250 ms       | 250 ms       | 250 ms                    | 250 ms       |
| 4                                             | „Fahrzeug mit Energie versorgt“ mit eingelegtem Gang (oder virtuellem Gang). Bedeutet „Auto bereit zum Fahren“ | Spannung des Strombusses > 60 V und Gang eingelegt                              | Immer Ein    |              | Immer Ein                 |              |
| 5                                             | Hochspannung EIN. Bedeutet „Auto mit Energie versorgt“                                                         | Spannung des Strombusses > 60V                                                  | 1000 ms      | 1000 ms      | 1000 ms                   |              |

- h. Die Anzeige muss ausfallsicher sein und mindestens zwei unabhängige Stromkreise verwenden, die so verlegt sind, dass eine gleichzeitige Beschädigung beider Stromkreise im Falle eines Unfalls unwahrscheinlich ist.
- i. Die Anzeigen müssen:
  - über unabhängige, isolierte Stromversorgungen (DC-DC-Wandler) gespeist werden, die direkt über den Strombus betrieben werden, oder über unabhängige Stromversorgungen (wiederaufladbare Batterien) verfügen.

- nach dem Auslösen des Hauptschalters mindestens 15 Minuten lang mit Strom versorgt bleiben.
- j. Wenn es für die Fahrzeugklasse vorgeschrieben ist, müssen zusätzliche Anzeigen bei einem Isolationsfehler aufleuchten. Dazu müssen die Anzeigen auch nach dem Ausschalten des Stromkreises funktionieren, was eine unabhängige Stromversorgung für die Anzeigen und ein festgelegtes Verfahren zum Abschalten des Fahrzeugs erfordert.  
 Die Anzeigen müssen von jedem Punkt rund um das Fahrzeug sichtbar sein. Der Hersteller kann mehrere Geräte installieren, um dies zu gewährleisten.

| Status der Anzeige | RESS-Status                  |
|--------------------|------------------------------|
| GRÜN               | SICHER                       |
| ROT blinkend       | GEFAHR<br>(Defekt im System) |

## 23. Feuerlöscher

- a. Feuerlöscher müssen gemäß der jeweiligen Klasse den Anforderungen in Anhang J entsprechen.
- b. Eingebaute Systeme  
 Es sind nur Systeme zugelassen, deren Löschmittel nachweislich keine leitfähige Atmosphäre erzeugt und die den folgenden Anforderungen entsprechen:
  - Novec 1230
  - FX G-TEC FE36
  - FK 5-1-12
  - Monnex
- c. Um die verschiedenen Arten von brennbaren Komponenten zu bewältigen, kann es notwendig sein, mehr als einen Typ von Feuerlöscher zu verwenden.  
 Es müssen außerdem zwei von außen zugängliche Griffe vorhanden sein, die mit einem Haken aus der Ferne betätigt werden können.  
 Darüber hinaus muss eine Auslösevorrichtung von außen mit den Haupt-Stromkreisunterbrechern kombiniert werden.  
Handfeuerlöscher:  
 Sie müssen den Bestimmungen des Artikels 252.7.3 entsprechen und können entweder ABC-Pulverlöscher sein oder ein Löschmittel enthalten, das nachweislich keine leitfähige Atmosphäre erzeugt und den folgenden Anforderungen entspricht:
  - Novec 1230
  - FX G-TEC FE36
  - FK 5-1-12
  - Monnex

## 24. Notfallmaßnahmen zur Entsorgung/Behandlung elektrischer/chemischer Materialien bei Kollisionen/Bränden

Es können Bestimmungen aus dem Dokument „Brandschutz und Notfallmaßnahmen für Elektro- und Hybridfahrzeuge“ herangezogen werden.

## **D. Spezielle Anforderungen für Wasserstofffahrzeuge**

### **1. Allgemeine Sicherheit**

Sofern in den vorliegenden Vorschriften nicht anders angegeben oder von der FIA verlangt, müssen das Wasserstoff-Druckspeichersystem und bestimmte Komponenten gemäß der UNECE-Regelung R134 Teil I bzw. II zertifiziert sein.

Die Komponenten des Kraftstoffsystems müssen den Anforderungen der internationalen Norm ISO 12619 entsprechen.

Der FIA muss eine Gefahrenanalyse in Bezug auf Wasserstoff eingereicht werden. Diese Analyse kann eine FMEA (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse), FMECA (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse mit Kritikalitätsanalyse), FTA (Fehlerbaumanalyse) oder eine andere geeignete Methode verwenden und muss potenzielle einzelne Hardware- und Softwarefehler oder -zustände ermitteln, die eine Gefahr für Personen im oder in der Nähe des Fahrzeugs darstellen könnten.

Die in den vorliegenden Vorschriften genannten Anforderungen müssen für alle Umgebungs- und Betriebsbedingungen erfüllt sein, für die das Fahrzeug gemäß den Angaben des Fahrzeugherstellers ausgelegt ist.

Die Komponenten des Wasserstoffkraftstoffsystems müssen so angeordnet, installiert und geschützt sein, dass unter normalen Betriebsbedingungen gemäß den Angaben des Fahrzeugherstellers keine Schäden durch Fahrzeugvibrationen verursacht werden können. Die FIA behält sich das Recht vor, weitere Anforderungen hinzuzufügen, wenn dies als notwendig erachtet wird.

### **2. Zulässige Fahrzeuge**

Die vorliegenden Bestimmungen gelten für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge, die mit Brennstoffzellen oder Verbrennungsmotoren ausgestattet sind.

### **3. Wasserstoff-Druckspeichersystem**

Das Wasserstoff-Druckspeichersystem muss gemäß der UNECE-Regelung R134 Teil I zertifiziert sein. Zusätzliche Anforderungen in diesem Dokument gelten in Bezug auf die besonderen Einsatzbedingungen.

#### **3.1. Maximaler Nennbetriebsdruck (NWP)**

Der Nennbetriebsdruck (NWP) darf 70 MPa nicht überschreiten.

#### **3.2. Menge an komprimiertem gasförmigem Wasserstoff (CGH<sub>2</sub>)**

Die Masse des komprimierten Wasserstoffs pro Druckbehälter darf 8 kg nicht überschreiten.

#### **3.3. Bestimmung des Betriebstemperaturbereichs**

Die zu erwartende Betriebstemperatur in Bezug auf die Einsatzbedingungen und das Betankungsprotokoll muss festgelegt werden. Die maximale Betriebstemperatur darf +85 °C nicht überschreiten. Liegt die festgelegte Mindesttemperatur unter -40 °C, müssen die folgenden Prüfungen gemäß UNECE-Regelung R134 unter Berücksichtigung der zu erwartenden Temperaturextreme wiederholt werden:

- 5.2.6 Druckzyklus bei extremen Temperaturen
- 5.3 Überprüfung der zu erwartenden Leistung auf der Straße ( pneumatische Folgeprüfungen)
  - 5.3.1 Druckprüfung
  - 5.3.2 Zyklische Gasdruckprüfung bei Umgebungstemperatur und extremen Temperaturen (pneumatisch)
  - 5.3.3 Leckage und Permeationsprüfung für statischen Gasdruck bei extremen Temperaturen (pneumatisch)
  - 5.3.4 Prüfung des verbleibenden Drucks
  - 5.3.5 Prüfung des verbleibenden Berstdrucks (hydraulisch)

6.1 (c) (Anhang 4, Absatz 1.3)

6.2 (c) (Anhang 4, Absatz 2.3)

Ein Bericht mit den detaillierten Ergebnissen muss der FIA zur Validierung vorgelegt werden.

### **3.4. Konstruktion und Einbau**

Der Fahrzeughersteller muss nachweisen, dass der Druckbehälter und die zugehörigen Hochdruck-Wasserstoffkomponenten (NWP größer als 3,0 MPa), die in Übereinstimmung mit den Einbauvorschriften in diesen Bestimmungen in das Fahrzeug eingebaut sind, so konstruiert sind, dass unter normalen Bedingungen und bei extremen Bedingungen (z. B. Unfall oder Brand) die mechanische Unversehrtheit des Druckbehälters und der zugehörigen Ausrüstung gewährleistet ist und sich weder der Druckbehälter noch der Befestigungsmechanismus selbst noch einer der Verankerungspunkte oder andere Komponenten lösen oder beschädigt werden können.

Komprimierte Wasserstoffspeichersysteme müssen in einem Gehäuse (Struktur gemäß Definition in Art. D.5) eingebaut sein.

## **4. Erkennungssysteme**

Im Druckbehälter müssen Temperatursensoren installiert sein, um zu verhindern, dass während des Betankungsvorgangs die Höchsttemperatur überschritten wird und dass die Temperatur während des Gebrauchs unter die zulässige Mindesttemperatur fällt.

Zusätzlich müssen Drucksensoren im Druckbehälter oder direkt hinter dem Absperrventil angebracht werden, um Informationen über abnormale Druckabfälle zu liefern, die auf mögliche Leckagen an den Druckbehälterzubehörfteilen (Rückschlagventil, TPRD und andere Armaturen) hinweisen, sowie um das Betankungsprotokoll mit einem Kommunikationssystem umzusetzen.

Wasserstoffgas-Leckdetektoren müssen installiert werden und jedes Leck erkennen, das zu einer gefährlichen Wasserstoffkonzentration gemäß der folgenden Tabelle führen könnte:

| Zone                                            | Grenzwert in Volumenprozent |            |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|------------|
|                                                 | Warnung                     | Abschalten |
| Fahrgastraum Umgebung                           | 0.3 %                       | 0.4 %      |
| Behälter für Wasserstoff-Druckspeichersystem(e) | 0.75 %                      | 1 %        |
| Brennstoffzelle / Verbrennungsmotor             | 0.75 %                      | 1 %        |
| Abgasleitung der Brennstoffzelle                | 3 %                         | 4 %        |

Sie müssen in Übereinstimmung mit der Verordnung R134, Anhang 5, Absatz 3, unter Berücksichtigung der oben definierten Warn- und Abschaltgrenzwerte geprüft werden.

## **5. Behälter für Wasserstoff-Druckspeichersystem(e)**

Jedes Wasserstoff-Druckspeichersystem muss in einem Behälter untergebracht sein. Mehrere Wasserstoff-Druckspeichersysteme können in demselben Behälter untergebracht sein.

Die Struktur des Behälters muss je nach Fahrzeugkategorie ein integraler Bestandteil der Überlebenszelle oder des Überrollkäfigs/Gitterrohrrahmens sein. Bei einer Überlebenszelle müssen der Behälter und die Überlebenszelle eine durchgehende Struktur bilden, die im gleichen Formverfahren hergestellt wurde. Eine verschraubte Zugangsklappe an der Unterseite ist auf Antrag bei der FIA mit allen technischen Details möglich.

Der oder die Behälter hat/haben mehrere Funktionen:

- Kontrollierte Überwachung und Belüftung von Wasserstofflecks
- Zusätzlicher Schutz des Wasserstoff-Druckspeichersystems bei äußeren Einwirkungen, insbesondere auf die Ventilsysteme, oder bei Brand
- Schutz des Fahrers und der Personen in der Umgebung bei einer Wasserstoffexplosion infolge eines Lecks im Behälter
- Minderung der Risiken für die Umgebung des Fahrgastraums

### **5.1. Feuerfestigkeit**

Alle Seiten des/der Behälter(s) müssen aus einem feuerfesten Material (gemäß der Norm UL94 V0) bestehen.

### **5.2. Abdichtung**

Der/die Behälter muss/müssen abgedichtet sein und den/die Druckbehälter mit Ausnahme der Belüftungsöffnungen umschließen.

Die Gasdichtheit sollte mit einer geeigneten Methode überprüft werden, beispielsweise mit den in EN 60068-2-17 (Methode Qm) beschriebenen Spurengasverfahren oder einem anderen gleichwertigen Verfahren. Die Leckrate sollte 1 Pa.cm<sup>3</sup>/s nicht überschreiten.

### **5.3. Belüftung**

Der/die Behälter muss/müssen mit einem Belüftungssystem und Öffnungen nach außen ausgestattet sein, um die Bildung einer entzündlichen Wasserstoffkonzentration sowohl während der Fahrt als auch im Stand (in der Garage, auf der Strecke usw.) zu verhindern.

Die Belüftung muss so ausgelegt sein, dass die Wasserstoffkonzentration in der Luft innerhalb des Behälters zu keinem Zeitpunkt mehr als 1 Volumenprozent beträgt, wenn ein Leck im CHSS-System mit einem konstanten Volumenstrom von 118 NL/min berücksichtigt wird.

### **5.4. Gasexplosionsentlüftungsschutzsystem**

Der/die Behälter kann/können optional mit einem Gasexplosionsentlüftungsschutzsystem ausgestattet werden, um den Überdruck im Falle eines Ausfalls der Belüftung oder einer hohen Leckrate sicher nach außen abzuleiten.

In diesem Fall muss/müssen der/die Behälter so ausgelegt sein, dass er/sie dem Überdruck standhält/standhalten, bis sich das Gasexplosionsentlüftungsschutzsystem öffnet.

## **6. Geräte in explosionsgefährdeten Bereichen**

Elektrisch leitfähige Gehäuse von Komponenten in möglichen brennbaren Bereichen sollten mit dem elektrischen Chassis verbunden sein, um eine unbeabsichtigte Entzündung von Wasserstoffentladungen zu verhindern.

Elektrische Geräte müssen so konstruiert und gebaut sein, dass selbst bei häufig auftretenden Störungen (einschließlich Stößen und Vibrationen) oder zu erwartenden Fehlfunktionen keine Zündquellen entstehen können.

Geräteteile müssen so konstruiert und gebaut sein, dass ihre angegebenen Oberflächentemperaturen selbst bei Risiken, die sich aus vom Hersteller vorhergesehenen außergewöhnlichen Situationen ergeben, nicht überschritten werden und dass sie keine Quelle für elektrostatische Entladungen sein können, die Wasserstoffgemische mit Luft entzünden könnten.

Geräte müssen so konstruiert sein, dass das Öffnen von Geräteteilen, die Zündquellen sein könnten, nur unter nicht aktiven Bedingungen oder über geeignete Verriegelungssysteme möglich ist. Das Öffnen solcher Teile darf im Rennbetrieb weder unter dem Einfluss von Vibrationen/Beschleunigungen noch bei Unfällen erfolgen.

Geräte, die gemäß der IEC 60079-Reihe mit EPL Gb für Gruppe IIC konstruiert und geprüft wurden, erfüllen diese Anforderung.

## **7. Brennstoffzellensystem**

Das Brennstoffzellensystem muss so ausgelegt sein, dass das Risiko typischer Gefahrensituationen im Zusammenhang mit der Brennstoffzellentechnologie minimiert wird (siehe z. B. Anhang A der IEC 62282-2-100) und anhand dieser Gefahrensituationen mit geeigneten anerkannten Prüfprotokollen getestet werden (IEC 62282-2-100, obwohl nicht auf Fahrzeuge anwendbar, kann als Referenz verwendet werden, oder GB/T 23645-2009 Prüfverfahren für Brennstoffzellen-Antriebssysteme für Personenkraftwagen).

Das Brennstoffzellensystem muss so ausgelegt sein, dass es spezifischen Rennbedingungen (Beschleunigung, Vibration) standhält.

## **8. Anforderungen an die Materialien**

Die für den Bau des komprimierten Wasserstoff-Druckspeichersystems verwendeten Materialien müssen den Anforderungen und den damit verbundenen Tests gemäß der internationalen Norm ISO 19881 entsprechen.

Bei der Auswahl eines geeigneten Materials für alle Komponenten, die im Normalbetrieb mit Wasserstoff in Kontakt kommen, sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Verträglichkeit mit Wasserstoff (d. h. Versprödung usw.).
- Verträglichkeit mit der Betriebsumgebung.
- Korrosionsbeständigkeit.

Möglichkeit der Einwirkung extremer Temperaturen, Normen wie ISO 11114-4, ISO/TR 15916 und EN 10229 enthalten nützliche Spezifikationen für die Auswahl von Materialien in Kombination mit den in der Normenreihe ISO 12619 definierten Prüfverfahren.

## **9. Ventile**

Das Wasserstoffkraftstoffsystem muss mit den folgenden Ventilen ausgestattet sein, wie unten in diesem Dokument beschrieben.

Ventile und Systemkomponenten müssen ordnungsgemäß und in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Norm ISO 21266-1:2018 montiert sein. Sie müssen vor möglichen Schäden geschützt sein, die durch den normalen Betrieb des Fahrzeugs, einschließlich der üblichen Wartungs-/Reparaturarbeiten während der Rennen, und durch Unfälle entstehen können. Technische Ausfälle, menschliches Versagen und externe Ursachen müssen bei der sicheren Position dieser Komponenten berücksichtigt werden.

Die Fahrzeughersteller müssen Unterlagen über die Montage der Ventile und ihrer Anschlüsse im Fahrzeug bereitstellen und genaue Wartungsrichtlinien festlegen, um Wasserstofflecks während des normalen Betriebs oder im Falle eines Unfalls zu vermeiden.

### **9.1. Automatische Absperrventile**

Automatische Absperrventile müssen gemäß der UNECE-Regelung R134 Teil II zertifiziert sein.

Automatische Absperrventile müssen ausfallsicher sein und den Durchfluss aus dem Wasserstoff-Druckspeichersystem zum Brennstoffzellensystem oder Verbrennungsmotor verhindern und direkt am oder im Druckbehälter angebracht sein. Alle Absperrventile müssen bei einem der folgenden Ereignisse schließen:

- Wasserstoffleckageerkennung durch Messung einer Wasserstoffkonzentration im Bereich des Fahrgastraums, die über den in Art. D.4 des vorliegenden Dokuments festgelegten Grenzwerten liegt.
- Erkennung eines Wasserstofflecks durch einen ungewöhnlichen Druckabfall.
- Fehlfunktion des Brennstoffzellensystems oder des Verbrennungsmotors aufgrund einer Wasserstoffkonzentration um die Abgasleitung herum, die über den in Art. D.4 des vorliegenden Dokuments festgelegten Grenzwerten liegt.
- Aufprall des Fahrzeugs in beliebiger Richtung über den festgelegten Beschleunigungsgrenzwerten (über integrierte Beschleunigungsmesser).
- Aktivierung der Notabschaltung.

## **9.2. Rückschlagventile**

Rückschlagventile müssen gemäß UNECE-Regelung R134 Teil II zertifiziert sein.

Rückschlagventile müssen entlang der Betankungsleitung angebracht sein und verhindern, dass nach dem Abkoppeln der Zapfsäule Druck aus dem/den Druckbehälter(n) in die Einfüllöffnung zurückströmt. Zur Erhöhung der Zuverlässigkeit müssen mindestens zwei Rückschlagventile in Reihe installiert werden, eines im Wasserstoff-Druckspeichersystem (an den Druckbehältern) und das andere an den Tankstutzen (gemäß R134). Beide Rückschlagventile müssen unabhängig von der Position des automatischen Absperrventils eine wirksame Barriere gegen den Rückfluss in die Tankleitung bilden.

## **9.3. Überströmventil**

Die Hochdruckleitung muss innerhalb und optional außerhalb jedes Druckbehälters mit einem Überströmventil oder einem funktional gleichwertigen System ausgestattet sein, um die Gasleckage im Falle eines abnormalen Durchflusses zu kontrollieren (siehe Anhang A – ISO 21266-1).

## **9.4. Manuelles(s) Zylinderventil(e)**

Jedes Wasserstoff-Druckspeichersystem muss mit einem manuellen Ventil ausgestattet sein, das fest mit dem System verbunden oder in den Zylinderkopf integriert ist. Es muss in der Lage sein, den Inhalt des Druckbehälters vom automatischen Ventil zu trennen.

# **10. Wasserstoffableitungssysteme**

## **10.1. Thermisch aktivierte Druckentlastungsvorrichtung (TPRD)**

Das Wasserstoff-Druckspeichersystem muss mit [1] TPRD pro Druckbehälter ausgestattet sein. TPRD(s) müssen gemäß UNECE-Regelung R134 Teil II zertifiziert sein.

Die TPRD(s) müssen vor Schmutz und Wassereintritt geschützt sein und so weit wie möglich von Zündquellen im Fahrzeug entfernt angebracht werden.

Jedes größere Leck, das durch das versehentliche Öffnen der TPRD entsteht, muss durch den im Druckbehälter oder in der Hochdruckleitung gemessenen Druckabfall erkannt werden.

Der Auslass der Entlüftungsleitung(en) für die Wasserstoffgasableitung aus der/den TPRD(s) des Speichersystems muss durch einen Deckel geschützt sein.

Der Entlüftungsauslass des/der TPRD(s) muss so angeordnet/ausgerichtet sein, dass die Folgen (thermische Wirkungsreichweite) im Falle einer Aktivierung begrenzt werden und ein sicheres Aussteigen des Fahrers sowie eine sichere Intervention möglich sind. Die Konstruktion und Ausrichtung des/der Entlüftungsauslässe(s) hängt von der jeweiligen Fahrzeugklasse ab.

## **10.2. Überdruckventil (PRV) Ferngesteuertes Entlüftungssystem**

Wird in der nächsten Überarbeitung dieses Entwurfs ergänzt.

## **10.3. Überdruckschutz für Mittel- und Niederdrucksysteme**

Das Wasserstoffsystem hinter einem Druckregler muss gegen Überdruck aufgrund eines möglichen Ausfalls des Druckreglers geschützt sein. Der Einstelldruck der Überdruckschutzvorrichtung muss niedriger oder gleich dem maximal zulässigen Betriebsdruck für den entsprechenden Abschnitt des Wasserstoffsystems sein.

# **11. Flüssigwasserstoff-Speichersysteme**

Siehe Anhang 2.

## **12. Kryokomprimierte Wasserstoffspeichersysteme**

Wird in der nächsten Überarbeitung des vorliegenden Entwurfs der Bestimmungen ergänzt.

## **13. Spezifische Bestimmungen für das Betanken**

Die Betankungsanschlussvorrichtungen müssen der internationalen Norm ISO 17268 entsprechen.

### **13.1. Betankungsanschluss(e)**

Der/die Betankungsanschluss(e) darf/dürfen nicht innerhalb der äußeren energieabsorbierenden Elemente des Fahrzeugs (z. B. Stoßfänger) angebracht und nicht an Positionen eingebaut werden, an denen sich Wasserstoffgas ansammeln könnte und die Belüftung nicht ausreichend ist. Der/die Betankungsanschluss(e) muss/müssen vor Staub und Wasser geschützt sein. Sie muss/müssen sauber gehalten werden, um die nachgeordneten Komponenten (d. h. das Rückschlagventil) zu schützen, und sie muss/müssen frei von Wasser sein, um Vereisungen beim Betanken bei -40 °C zu vermeiden.

Die Betankungsleitung muss mit einem Filter ausgestattet sein, um das Eindringen von Partikeln in das Wasserstoffspeichersystem zu verhindern und die nachgeordneten Ventile und den Druckregler zu schützen.

Der/die Betankungsanschluss(e) muss/müssen einer Belastung von mindestens 1000 N in jeder Richtung standhalten können, ohne dass ihre Gasdichtheit beeinträchtigt wird (z. B. im Falle eines Bruchs des Betankungsschlauchs).

### **13.2. Betankungsprotokoll**

Die Betankungsstation muss den Anforderungen der Norm ISO 19880-1 und den örtlichen Vorschriften entsprechen. Sie muss von den örtlichen Behörden genehmigt sein, soweit zutreffend.

Die Station und das Fahrzeug müssen die Anforderungen des Betankungsprotokolls a) oder b) erfüllen, wie unten beschrieben:

#### **a. Standardprotokoll:**

Die Station muss die Protokolle mit der in SAE J2601 für leichte Nutzfahrzeuge oder SAE J2601-2 für schwere Nutzfahrzeuge definierten Kommunikation verwenden. Es ist zu beachten, dass die genauen Anforderungen innerhalb von SAE J2601 mit einer maximalen Gesamtvolumenkapazität des Druckwasserstoffspeichersystems verbunden sind. Das Fahrzeug muss mit einer Datenübertragungsschnittstelle gemäß SAE J2799 ausgestattet sein, um mit der Tankstelle zu kommunizieren. Die Temperatur und der Druck im Inneren des/der Druckbehälter(s) müssen während des Tankvorgangs an die Tankstelle übermittelt werden, ebenso wie etwaige Störungen am Fahrzeug.

#### **b. Maßgeschneidertes Protokoll, in diesem Fall:**

- Verwenden Sie ein Protokoll mit Zwei-Wege-Kommunikation, das speziell für ein spezifisches Fahrzeug entwickelt wurde.
- Das Protokoll muss sowohl vom Fahrzeughersteller als auch von einem von der FIA zugelassenen unabhängigen Gremium genehmigt werden.
- Das Betanken eines Fahrzeugs, das nicht für dieses spezifische Protokoll zugelassen ist, muss durch geeignete technische Maßnahmen verhindert werden (Beispiele finden Sie in ISO 19880-1).
- Der Fahrzeughersteller und der Hersteller der Betankungsstation müssen nachweisen, dass das neue Protokoll zu keinen Schäden am Tank führt, die zu einer unmittelbaren oder verzögerten Gefahrensituation führen könnten. Wenn die Druckanstiegsrate diejenige überschreitet, die im Gasdruckzyklustest (R134 4.1) angewendet wurde, muss der Gasdruckzyklustest mit der neuen Druckanstiegsrate durchgeführt werden. Es gelten die gleichen Erfolgskriterien wie bei R134.
- Der Hersteller der Tankstelle muss nachweisen, dass die Betankungsstation gemäß den Anforderungen der ISO 19880-1 zertifiziert wurde.
- Sowohl der Fahrzeughersteller als auch der Hersteller der Betankungsstation müssen nachweisen, dass die Kommunikationsschnittstelle und das Kommunikationsprotokoll ebenfalls von einem unabhängigen Gremium zertifiziert wurden.

Falls der Tankvorgang durch die Station unterbrochen wird, darf das Betanken erst wieder möglich sein, wenn eine entsprechende Checkliste ausgefüllt wurde. Das Fahrzeug sollte mit einem System ausgestattet sein, das ein Starten verhindert, solange die Zapfpistole an das Fahrzeug angeschlossen ist.

Es ist verboten, innerhalb eines vordefinierten Umkreises um die Zapfsäule eine Zündquelle zu haben. Der vordefinierte Umkreis muss den geltenden Vorschriften und den Vorgaben des Herstellers der Zapfsäule entsprechen.

Es sollten Maßnahmen gegen elektrostatische Entladungen des Fahrzeugs an der Betankungsstation getroffen werden. Insbesondere:

Vor Beginn des Betankungs- (oder Entleerungs-)vorgangs müssen der Fahrzeugstecker und die Betankungs- (oder Entleerungs-)Ausrüstung elektrisch geerdet sein.

Alle metallischen Teile der Betankungsanlage, von der Kupplung bis zum Hauptvorratsbehälter und dessen Gestell, müssen ebenfalls elektrisch geerdet sein.

## **14. Qualifikationsprüfungen**

Das System für komprimierten gasförmigen Wasserstoff und seine Komponenten müssen sowohl einzeln als auch nach dem Einbau in das Fahrzeug spezifischen Prüfbedingungen unterzogen werden, die in einem separaten Dokument mit den Testanforderungen für CGH2-Fahrzeuge festgelegt sind.

### **14.1. Vibrationsprüfung**

Die Komponenten des Wasserstoffsystems müssen einer Vibrationsprüfung unterzogen werden, die für die typischen Vibrationspegel während des Rennens repräsentativ ist. Sofern in den Sicherheitstestanforderungen für die jeweilige Fahrzeugkategorie nicht anders angegeben, muss das Vibrationsprüfverfahren gemäß der Normenreihe ISO 12619 und ISO 19882, soweit anwendbar, durchgeführt werden.

Die Widerstandsfähigkeit von TPRD(s) muss auf der Grundlage der spezifischen Vibrationen geprüft werden, die typischerweise unter Rennbedingungen und bei schweren Unfällen (ohne Brand) auftreten.

### **14.2. Brandprüfung**

Die Brandprüfung muss an dem Wasserstoff-Druckspeichersystem gemäß der Verordnung R134, Anhang 3 und den folgenden Erläuterungen durchgeführt werden: Absatz 5.1, Methode 2 (von der FIA zu genehmigender Bereich mit lokal begrenzter Brandbelastung im ungünstigsten Fall) und Absatz 5.2. Für beide Prüfungen müssen der FIA die folgenden Ergebnisse gemeldet werden:

die verstrichene Zeit vom Ausbruch des Feuers bis zum Beginn der Entlüftung durch die TPRD(s);  
der maximale Druck und die Zeit der Entlüftung bis zum Erreichen eines Drucks von weniger als 1 MPa.

## **15. Operative Verfahren**

Es müssen operative Verfahren für normale und Notfallbedingungen festgelegt und von der FIA entsprechend überprüft werden.

## **16. Spülung**

Es sollten Vorkehrungen innerhalb und außerhalb des Fahrzeugs getroffen werden, um den in den Niederdruck-LP-Leitungen (unter 0,45 MPa) und Mitteldruck-MP-Leitungen (bis zu 3,0 MPa) enthaltenen Wasserstoff sicher abzuspielen.

## **17. Sicherheitsanzeigen**

Sicherheitsanzeigen warnen, wenn sich das Fahrzeug in einem gefährlichen Zustand befindet, und sind für alle Fahrzeugklassen vorgeschrieben. Datenübertragungen mit optischen und akustischen Signalen sollten Redundanz haben, um eine einzelne Fehlerstelle des Detektionssystems zu vermeiden.

Diese Anzeigen müssen:

- Für den Fahrer sichtbar sein, wenn er sich in der vorgesehenen Sitzposition befindet, das Lenkrad angebracht und der Sicherheitsgurt angelegt ist.
- Für das Personal, das das Fahrzeug von außen umgibt/birgt, sichtbar sein.
- Ein hochzuverlässiges Gerät, z. B. eine LED oder ähnliches, verwenden und so angebracht sein, dass sie nicht mit Regen- oder Bremslichtern verwechselt werden können. Sie müssen für die zu erwartenden Lichtverhältnisse geeignet sein, d. h. sie müssen sowohl bei Tageslicht als auch bei Nacht sichtbar sein.
- Sie müssen ausgelöst werden, wenn die in Art. D.4 definierten Konzentrationswerte erreicht sind oder eine Fehlfunktion des Detektionssystems vorliegt und sich das Zündschloss in der Position „Ein“ („Run“) befindet oder das Antriebssystem aktiviert ist. Sie müssen nach dem Auslösen des Hauptstromkreisunterbrechers mindestens 15 Minuten lang eingeschaltet bleiben.

Jedes größere Leck, das durch das versehentliche Öffnen des TPRD entsteht, muss durch den im Druckbehälter oder an der Hochdruckleitung gemessenen Druckabfall erkannt werden, und es muss eine Warnung an den Fahrer gesendet werden.

Bei Überschreitung des erwarteten Temperaturbereichs (Art. D.3.3) muss eine Warnung an den Fahrer gesendet werden.

Die Anzeige muss störungssicher sein und mindestens zwei unabhängige Stromkreise verwenden, die so verlegt sind, dass es unwahrscheinlich ist, dass beide bei einem Unfall beschädigt werden.

## **18. Kennzeichnung**

Wird in der nächsten Überarbeitung des vorliegenden Entwurfs der Bestimmungen ergänzt.

### **ANLAGE 1**

auf Anfrage von der FIA erhältlich

### **ANLAGE 2**

auf Anfrage von der FIA erhältlich