

DIN EN 3700

ICS 49.060

Entwurf

Einsprüche bis 2022-09-08
Ersatz für
E DIN EN 3700:1993-12

**Luft- und Raumfahrt –
Statische Umformer für Luftfahrzeuge –
Technische Lieferbedingungen;
Deutsche und Englische Fassung FprEN 3700:2022**

Aerospace series –
Static inverters for aircraft –
Technical specification;
German and English version FprEN 3700:2022

Série aérospatiale –
Convertisseurs statiques pour aéronefs –
Spécification technique;
Version allemande et anglaise FprEN 3700:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-07-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nl@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 63 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Das vorliegende Dokument (FprEN 3700:2022) wurde von ASD-STAN, Fachbereich Elektrotechnik, unter Mitwirkung deutscher Experten des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-04-01 AA „Elektrische Bordnetze“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieses Dokuments die Englische Fassung hinzugefügt.

Es wird darauf hingewiesen, dass auf Grund der Verfahrensweise zur Normenerstellung bei ASD-STAN dieser Norm-Entwurf E DIN EN 3700 ausschließlich der formellen Annahme der deutschen Sprachfassung von EN 3700 dienen kann. Im Rahmen dieser Umfrage sind daher ausschließlich redaktionelle Stellungnahmen zur deutschen Übersetzung möglich.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Luft- und Raumfahrt – Statische Umformer für Luftfahrzeuge – Technische Lieferbedingungen

Aerospace series – Static inverters for aircraft – Technical specification

Série aérospatiale – Convertisseurs statiques pour aéronefs – Spécification technique

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Technische Anforderungen	7
4.1 Leistungsfähigkeit	7
4.1.1 Funktionseigenschaften	7
4.1.2 Funktionsfähigkeit	11
4.1.3 Zuverlässigkeit	12
4.1.4 Beschleunigte Alterung	12
4.1.5 Instandhaltbarkeit	12
4.1.6 Lebensdauer	12
4.1.7 Lagerung	12
4.2 Produktdefinition	13
4.2.1 Betriebsstellung	13
4.2.2 Elektrische Anschlüsse	13
4.2.3 Kühlung	13
4.2.4 Allgemeine elektrische Anforderungen	13
4.3 Auslegung und Konstruktion	15
4.3.1 Allgemeine Anforderung	15
4.3.2 Einsatzfähigkeit	15
4.3.3 Teile, Werkstoffe, Verfahren	15
4.3.4 Korrosion von Metallteilen	15
4.3.5 Kennzeichnung	15
4.3.6 Einlaufen	16
5 Prüfungen und Prüfverfahren	16
5.1 Allgemeine Bedingungen	16
5.1.1 Anforderungen	16
5.1.2 Prüfbedingungen	16
5.1.3 Überprüfung der Leistungsfähigkeit	17
5.1.4 Annahmebedingungen	17
5.2 Mechanische Prüfungen	17
5.2.1 Allgemeine Untersuchungen	17
5.2.2 Prüfung der Anordnung der elektrischen Anschlüsse (siehe 4.2)	17
5.2.3 Mechanische Stöße	17
5.2.4 Schwingungen	18
5.2.5 Beschleunigung	19
5.3 Klimatische Prüfungen	19
5.3.1 Thermischer Schock und Betriebstemperaturen	19
5.3.2 Höhenlage	20
5.3.3 Luftfeuchte	20
5.3.4 Salzsprühnebel	20
5.3.5 Beständigkeit gegen Pilze	21
5.3.6 Sand und Staub	21
5.3.7 Verunreinigung	21
5.3.8 Explosionsfähige Atmosphäre	21
5.3.9 Schallemission	22
5.4 Elektrische Prüfungen	22
5.4.1 Elektrische Leistungsfähigkeit bei Labortemperatur	22
5.4.2 Elektromagnetische Verträglichkeit	26
5.4.3 Kompassicherheitsabstand	27

5.4.4	Blitzempfindlichkeit	27
5.4.5	Hochspannungsprüfungen und Isolationswiderstand	27
5.4.6	Masseverbindung	27
5.4.7	Ein- und ausgehende kurzdauernde Übergangsvorgänge	27
5.5	Einlaufen	28
6	Qualitätssicherung	28
6.1	Qualifikation	28
6.2	Annahmebedingungen und Qualitätskontrolle während der Fertigung	30
6.2.1	Annahmebedingungen	30
6.2.2	Qualitätskontrolle während der Fertigung	31

Tabellen

Tabelle 1	8
Tabelle 2	12
Tabelle 3	23
Tabelle 4 — Qualifikationsprüfungen	28
Tabelle 5 — Annahmeprüfungen	30
Tabelle 6 — Periodische Prüfungen	31

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (FprEN 3700:2022) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat dieses Dokument die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer von ASD-STAN erhalten, bevor es CEN vorgelegt wurde.

Dieses Dokument ist derzeit zur Formellen Abstimmung vorgelegt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Eigenschaften, Prüfverfahren und Qualifikationsbedingungen für statische Umformer fest, die in Luftfahrzeugen zum Umwandeln von elektrischer Energie von 28 V Gleichstrom in Wechselstrom 400 Hz verwendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 2000, *Luft- und Raumfahrt — Qualitätssicherung — EN-Erzeugnisse der Luft- und Raumfahrt — Anerkennung des Qualitätssicherungssystems der Hersteller*

EN 2282, *Luft- und Raumfahrt — Eigenschaften der elektrischen Stromversorgung von Luftfahrzeugen*

EN 2495, *Luft- und Raumfahrt — Temperaturkompensierte einpolige Schutzschalter — Nennströme bis 25 A — Produktnorm*

EN 2592, *Luft- und Raumfahrt — Temperaturkompensierte dreipolige Schutzschalter — Nennströme bis 25 A — Produktnorm*

EN 2997-001, *Luft- und Raumfahrt — Elektrische Rundsteckverbinder mit Schraubkupplung, feuerbeständig oder nicht feuerbeständig, Betriebstemperaturen –65 °C bis 175 °C konstant, 200 °C konstant, 260 °C Spitze — Teil 001: Technische Lieferbedingungen*

EN 3042, *Qualitätssicherung — EN-Erzeugnisse der Luft- und Raumfahrt — Qualifikationsverfahren*¹

EN 3371, *Luft- und Raumfahrt — Elektrische Masseverbindung — Technische Lieferbedingungen*

EN 3372-001, *Luft- und Raumfahrt — Elektrische Rundsteckverbinder, kontaktgeschützt, Bajonettkupplung, Betriebstemperatur –65 °C bis 175 °C oder 200 °C konstant — Teil 001: Technische Lieferbedingungen*

EN 3645-001, *Luft- und Raumfahrt — Elektrische Rundsteckverbinder, kontaktgeschützt, dreigängige Gewinde-Schnellkupplung, Betriebstemperatur 175 °C oder 200 °C konstant — Teil 001: Technische Lieferbedingungen*¹

ISO 2678, *Environmental tests for aircraft equipment — Insulation resistance and high voltage tests for aircraft electrical equipment*²

ISO 7137, *Aircraft — Environmental conditions and test procedures for airborne equipment*²

MIL-STD-461, *Electromagnetic emission and susceptibility requirements for the control of electromagnetic interference*³

MIL-STD-462, *Electromagnetic interference characteristics — Measurement of*³

1 Herausgegeben als ASD-STAN-Norm zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments durch den Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-STAN), <https://www.asd-stan.org/>.

2 Veröffentlicht von: ISO International Organization for Standardization <http://www.iso.ch/>.

3 Veröffentlicht von: DoD National (US) Mil. Department of Defense <https://www.defense.gov/>.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Last

als Einphasenlast gilt das Produkt aus dem Effektivwert des Leiterstroms und dem Effektivwert der Spannung, gemessen an den Anschlüssen des Umformers. Als Dreiphasenlast gilt das $\sqrt{3}$ -fache Produkt aus dem mittleren Effektivwert des Leiterstroms und dem mittleren Effektivwert der Leiterspannung, gemessen an den Anschlüssen des Umformers

3.2

Volllast

festgelegte maximale Dauerbelastbarkeit bei der jeweiligen Eingangsspannung und unter den Temperatur-/Höhenbedingungen, wie in den Technischen Lieferbedingungen des Geräts festgelegt

3.3

Nennleistung

durch die Fähigkeit seiner Dauerbelastbarkeit mit der festgelegten Volllast definiert. Die Nennleistung der Volllast gilt bei jedem beliebigen Leistungsfaktor zwischen 0,75 induktiv und 0,95 kapazitiv. Die Belastbarkeit des Umformers mit Leistungsfaktoren außerhalb dieser Grenzwerte kann Teil einer Vereinbarung zwischen Hersteller und Anwender sein

3.4

Wirkungsgrad

Ausgangs- und Eingangsleistung des Umformers gilt bei Volllast, Leistungsfaktor 1, in Meereshöhe und bei Nenn-Eingangsspannung

Bei der Berechnung des Wirkungsgrads müssen die Durchschnittswerte der Eingangsspannung und des Eingangsstroms und die Effektivwerte der Ausgangsspannung und des Ausgangsstroms verwendet werden.

Bei den Dreiphasen-Umformern müssen der Durchschnitt der drei Effektivwerte der Sternspannungen und die Summe der drei Effektivwerte der Leiterströme verwendet werden.

3.5

Stabilisierung

Prüfbedingungen gelten als stabilisiert, wenn die gemessene Änderung über eine Dauer von 10 min geringer ist als

- Spannung: 0,1 V;
- Frequenz: 0,5 Hz;
- Temperatur der kritischen Bauteile des Umformers: 1 °C

3.6

Nenn-Eingangsstrom

vom Umformer aufgenommener Strom, bei dem dieser, nach Stabilisierung auf seine maximale Betriebstemperatur und mit 24 V Gleichspannung versorgt, die Volllast mit einem Leistungsfaktor 1 liefert

3.7

Spannungsmodulation

Gesamtausgangsspannungsmodulation muss mithilfe eines geeichten Oszilloskops oder anderen geeigneten Hilfsmittels bestimmt werden

Die Modulation in % muss wie folgt errechnet werden:

$$\text{Modulation in \%} = \frac{E_{max.} - E_{min.}}{E_{max.} + E_{min.}} \times 100$$

$E_{max.}$ und $E_{min.}$ sind die größten bzw. kleinsten Spitzenspannungen, gemessen bei gleicher Polarität über eine Dauer von 1 s

3.8

Unsymmetrie der Phasenspannung (Dreiphasen-Umformer)

100-Fache der maximalen Abweichung der Phasenspannung vom Durchschnitt der Dreiphasen-Spannungen, geteilt durch den Durchschnitt der Dreiphasen-Spannungen in %

3.9

Anlaufzeit

Zeitspanne vom ersten Anlegen der Eingangsgleichspannung (Regelung und/oder Einschaltung) in dem in EN 2282 für die normalen häufigen Zustände festgelegten Bereich bis zum Erreichen ausgeglichener Ausgangswechselspannungs- und Ausgangsfrequenzwerte

3.10

nichtlineare Belastung

elektrische Last gilt als nichtlinear, wenn der zugehörige Strom bei sinusförmiger Spannung nicht sinusförmig ist

3.11

Einlaufprüfung

dient zur Verbesserung der Produktzuverlässigkeit durch die Ermittlung von Fabrikationsfehlern und Frühaustritten

3.12

Technische Lieferbedingungen des Geräts

in diesen Lieferbedingungen, die üblicherweise von Luftfahrzeugherstellern ausgestellt werden, werden die Anforderungen für bestimmte Anwendungszwecke festgelegt

4 Technische Anforderungen

4.1 Leistungsfähigkeit

4.1.1 Funktionseigenschaften

Die bevorzugten Nennleistungen von statischen Umformern für normale Betriebsbedingungen sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1

Nennleistung	
VA	
Einphasig	Dreiphasig
100	100
150	250
250	500
500	750
750	1 000
1 000	1 500
2 000	2 000
	3 000

Durch diese Präferenzen wird die Herstellung oder Anwendung von statischen Umformern mit niedriger Leistung von 10 VA bis 100 VA, oder statischen Umformern mit mittlerer Leistung von 100 VA bis 750 VA sowie statischen Umformern mit hoher Leistung von über 750 VA, die in der vorstehend angegebenen Tabelle nicht aufgeführt sind, nicht verhindert.

4.1.1.1 Eingang

Der Umformer muss so ausgelegt sein, dass er innerhalb der in den Technischen Lieferbedingungen des Geräts festgelegten Spannungsgrenzwerte ohne Anzeichen von Instabilität bei einer Stromversorgung aus einem Bordnetz nach EN 2282 betrieben wird.

4.1.1.2 Impedanz der Stromquelle

Der Umformer muss bei einer Stromversorgung an seinen Anschlüssen über induktive Komponenten mit einer maximalen Impedanz bis 50 mW und 10 µH verfügen.

4.1.1.3 Einfluss auf das elektrische System

Der Einfluss auf das Stromversorgungssystem darf die in EN 2282, 4.2.4, festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten.

4.1.1.4 Verpolung am Eingang

Es müssen geeignete Maßnahmen zum Schutz des Umformers gegen die Auswirkungen einer unbeabsichtigten Polaritätsumkehr getroffen werden. Sobald die Polarität wieder normal ist, muss der Umformer wieder mit seinen normalen Eigenschaften funktionieren.

4.1.1.5 Einstellung

Der Umformer darf keine externe Spannungs- oder Frequenzregelung haben.

4.1.1.6 Anlaufzeit

Die Anlaufzeit des Umformers muss kürzer sein als 50 ms nach Stabilisierung bei allen Betriebstemperaturen und beliebiger, bis zum Höchstwert reichender Ausgangslast, wenn er aus dem Bordnetz nach 4.1.1.1 mit Strom versorgt wird.

Der maximale Eingangsstrom während der Anlaufzeit darf während der ersten 5 ms das 10-Fache des Eingangsstroms nach 4.1.1.1 nicht überschreiten.

4.1.1.7 Phasenfolge

Bei Dreiphasen-Umformern muss die Phasenfolge so sein, dass die Phasenspannungen ihre Höchstwerte in der Reihenfolge A, B, C (nach EN 2282, Bild 1) erreichen.

4.1.1.8 Phasenverschiebungswinkel

Bei Dreiphasen-Umformern muss die Verschiebung zwischen benachbarten Phasen innerhalb $(120 \pm 1,5)^\circ$ bei symmetrischer Belastung liegen.

4.1.1.9 Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad von Umformern mit mittlerer und hoher Leistung muss bei Volllast und einem Leistungsfaktor 1, in Meereshöhe und bei Nenn-Eingangsspannung über 75 % liegen (siehe 3.4).

Ein niedrigerer Wirkungsgrad kann bei Umformern unter 100 VA Nennleistung (Umformer mit niedriger Leistung) zugelassen werden.

4.1.1.10 Spannungskurvenform

Lineare Belastungen:

Der Scheitelfaktor der Spannung (Verhältnis des Scheitelwertes zum Effektivwert der gemessenen Sternspannung) von Leerlauf bis Volllast (sinusförmiger Ausgangsstromverlauf) bei beliebiger Eingangsspannung muss innerhalb $1,41 \pm 0,10$ liegen. Der Effektivwert des Oberschwingungsanteils muss kleiner als 4 % sein und keine Oberschwingung darf 3 % der Grundschiwingung überschreiten.

Bei Umformern in Sonderbordnetzen (siehe EN 2282, 7.1) muss der Effektivwert des Oberschwingungsanteils geringer als 2 % sein und keine Oberschwingung darf 1 % der Grundschiwingung überschreiten.

Nichtlineare Belastungen:

Der Oberschwingungs- und Fremdfrequenzanteil der Kurvenform darf 8 % der Grundschiwingung im normalen Eingangsspannungsbereich nicht überschreiten, wenn der Umformer eine nichtlineare Last von 50 % seiner Nennleistung abgibt.

4.1.1.11 Modulation der Ausgangsspannung

Bei einer Eingangsspannung und einer Impedanz der Stromquelle nach 4.1.1.2 darf die Ausgangsspannungsmodulation unter Leerlauf-, Halblast- und Volllastbedingungen bei einem induktiven Leistungsfaktor von 0,75 nicht größer als 0,5 % sein.

4.1.1.12 Modulation der Ausgangsfrequenz

Frequenzänderungen infolge einer Frequenzmodulation müssen in einem Zeitraum von 1 min innerhalb eines Bereichs von ± 2 Hz der mittleren Frequenz liegen.

Die Frequenzänderung infolge einer Frequenzmodulation darf 13 Hz/s nicht überschreiten.

4.1.1.13 Ausgangsspannung

Im Bereich von Leerlauf bis Volllast mit beliebigem Leistungsfaktor zwischen 0,75 induktiv und 0,95 kapazitiv muss der Umformer die Spannungen im ausgeglichenen Betriebszustand innerhalb der Grenzwerte von

— $(26 \pm 0,5)$ V eff oder

— $(115 \pm 2,3) \text{ V eff}$

halten, wenn er aus einem Gleichstrombordnetz nach 4.1.1.1 mit einer Eingangsspannung von 21 V versorgt wird.

Diese Grenzwerte dürfen nicht überschritten werden, wenn die Ausgangsspannung über dem gesamten Eingangsspannungsbereich bei Nennausgangsleistung gemessen wird.

4.1.1.14 Ausgangsfrequenz

Im Bereich von Leerlauf bis Volllast mit beliebigem Leistungsfaktor zwischen 0,75 induktiv und 0,95 kapazitiv muss der Umformer die Frequenzen im ausgeglichenen Betriebszustand innerhalb der Grenzwerte von $(400 \pm 4) \text{ Hz}$ halten, wenn er aus einem Gleichstrombordnetz nach 4.1.1.1 mit einer Eingangsspannung von 21 V versorgt wird.

4.1.1.15 Unsymmetrie der Phasenspannung (Dreiphasen-Umformer)

Unter den folgenden Lastbedingungen bei einem Leistungsfaktor 1 darf die Unsymmetrie der Phasenspannungen des Umformers 2 % und der Phasenwinkel $(120 \pm 4)^\circ$ nicht überschreiten, während die höchste Phasenspannung nicht größer als 125 V eff sein darf:

- keine Dreiphasenlast und eine Einphasenlast von 2/3 des Nennphasenstroms, nacheinander an jede Phase angeschlossen;
- eine Dreiphasenlast mit jeder Phasenlast von 1/3 des Nennphasenstroms und eine Einphasenlast von 2/3 des Nennphasenstroms, nacheinander an jede Phase angeschlossen;
- eine Dreiphasenlast mit jeder Phasenlast von 2/3 des Nennphasenstroms und eine Einphasenlast von 1/3 des Nennphasenstroms, nacheinander an jede Phase angeschlossen.

Die vorstehend angegebenen Lastbedingungen bei bestimmten Leistungsfaktoren dürfen in den Technischen Lieferbedingungen des Geräts festgelegt werden.

4.1.1.16 Überlast

Bei einer eingestellten Eingangsspannung von 21 V muss der Umformer 5 min mit 150 % der Nennlast, bei einer Ausgangsspannung von mindestens 106 V eff und einem Leistungsfaktor von 0,8 induktiv nach Stabilisierung bei der in den Technischen Lieferbedingungen für das Gerät festgelegten maximalen Betriebstemperatur betrieben werden können.

4.1.1.17 Kurzschlussvermögen

Bei einer eingestellten Eingangsspannung von 18 V muss der Umformer einen Kurzschlussstrom von mindestens 300 % des Nennstroms bei einem einphasigen Kurzschluss vernachlässigbarer Impedanz liefern, um es Schutzeinrichtungen zu ermöglichen, fehlerhafte Stromkreise abzuschalten oder diesen Strom 5 s lang zu führen, ohne dabei Schaden zu nehmen.

Umformer mit mittlerer und hoher Leistung müssen für Schutzschalter nach EN 2495 oder EN 2592 geeignet sein, die auf mindestens 70 % des Nenn-Ausgangsstroms des Umformers eingestellt sind. Diese Anforderung an das Kurzschlussvermögen schließt die Verwendung alternativer Schutzeinrichtungen nicht aus.

Es können Vorkehrungen getroffen werden, um diesen Kurzschlussstrom während der Zeitspanne von 5 s auf praktische Sollwerte über 300 % des Nennstroms zu begrenzen. Die Strombegrenzungen müssen aus Halbleiterschaltungen bestehen und dürfen den Ausgangskreis nicht öffnen. Nach Beseitigung des Kurzschlusses muss der Umformer automatisch in den normalen Zustand zurückkehren, ohne dass dadurch die Zuverlässigkeit oder anschließende Leistungsfähigkeit beeinträchtigt wird.

4.1.1.18 Spannungen bei Übergangsvorgängen

Ausgangsspannungen bei Übergangsvorgängen infolge von Aufschalten und Abschalten von 100 % Nennlast oder stufenweisen Änderungen der Eingangsspannung zwischen 21 V und 28 V müssen innerhalb der Grenzwerte von 84 V eff und 140 V eff (bzw. 19 V eff und 32 V eff) bleiben. Ausgangsspannungen bei Übergangsvorgängen infolge von Aufschalten und Abschalten von 150 % Nennlast müssen innerhalb der Grenzwerte von 64 V eff und 160 V eff (bzw. 15 V eff und 36 V eff) bleiben. Alle Spannungen bei Übergangsvorgängen müssen innerhalb von 0,1 s innerhalb 10 % ihres ausgeglichenen Zustands zurückkehren und bleiben.

Während der Anlaufzeit darf die Ausgangsspannung 140 V eff (bzw. 32 V eff) nicht überschreiten.

Bei Kurzschlussbeseitigung darf die Ausgangsspannung 180 V eff (bzw. 41 V eff) nicht überschreiten.

4.1.1.19 Verringerte Eingangsspannung

Der Umformer muss 1 min mit 80 % der Nenn-Ausgangsleistung bei einem Leistungsfaktor von 0,8 induktiv belastbar sein und dabei die Ausgangsspannungen über 24 V eff (26 V) bzw. 106 V eff (115 V) halten, wenn er aus einem Gleichstrombordnetz nach 4.1.1.1 mit 16 V Eingangsspannung versorgt wird.

Die Eignung des Umformers für den einwandfreien Betrieb während der Triebwerkstartphase bei Versorgung aus einer Starterbatterie darf in den Technischen Lieferbedingungen des Geräts festgelegt werden.

4.1.2 Funktionsfähigkeit

4.1.2.1 Umgebungsbedingungen

Der Umformer muss elektrische Energie in Luftfahrzeugen unter jeder der folgenden Bedingungen oder natürlichen Kombination der Bedingungen liefern:

- Luftdrücke von 1 013 hPa bis zum in den Technischen Lieferbedingungen des Geräts festgelegten Luftdruck in maximaler Höhenlage;
- hohe Umgebungstemperatur-, Höhenbedingungen, wie in den Technischen Lieferbedingungen des Geräts festgelegt, konstant niedrige Temperatur bei -55 °C in Meereshöhe;
- relative Luftfeuchte bis 100 %, einschließlich der Bedingungen, unter denen sich Kondensation auf dem Gerät bildet;
- Einwirkung von Salzwasseratmosphäre, Schwingungen, wie sie im Betrieb auftreten;
- Beschleunigung bis zum maximal erreichbaren Lastfaktor des Luftfahrzeugs;
- Stoßkräfte von $30g_n$;
- Schimmelwachstum, wie es in tropischem Klima auftritt;
- Sand- und Staubteilchen, wie sie in Wüstenregionen anfallen, explosiver Dampf im Inneren oder in der äußeren Umgebung des Geräts;
- Schmier-, Betriebs-, Kühl-, Reinigungs- und Enteisungsmittel, wie sie für Luftfahrzeuge verwendet werden.

4.1.2.2 Schallemission

Der Umformer darf bei Betrieb nach den in 4.1 festgelegten Anforderungen keinen Schalleistungspegel erreichen, der außerhalb der Werte der nachfolgend angegebenen Tabelle 2 liegt.

Tabelle 2

Oktavband Mittenfrequenzen	Schalleistung	
	dB	
	Konvektionsgekühlter Umformer	Gebläsegekühlter Umformer
500	55	70
1 000	53	73
2 000	50	74
4 000	48	75
8 000	48	69
16 000	49	60

4.1.3 Zuverlässigkeit

Der Umformer muss mindestens einen mittleren Zeitabstand zwischen zwei Ausfällen (MTBF, en: Mean Time Between Failure) von rechnerisch 10 000 h haben. Der Nachweis dieses Konstruktionszielwertes kann Teil der Vereinbarung zwischen Hersteller und Anwender sein und in das Qualifikationsprogramm aufgenommen werden.

4.1.4 Beschleunigte Alterung

Der Umformer muss zufriedenstellend funktionieren, nachdem er einem Aussetzbetrieb von 500 h von jeweils 15 min Einschalt- und 5 s Ausschalt-dauer einer Umgebungstemperatur ausgesetzt wurde, die sich ständig zwischen Mindestwert und Höchstwert ändert. Der Umformer muss diese Anforderung bei einer Belastung von 80 % der Nenn-Ausgangsleistung mit einem Leistungsfaktor von 0,8 induktiv erfüllen.

4.1.5 Instandhaltbarkeit

Als Konstruktionsziel muss der Umformer so ausgelegt sein, dass er nur dann ausgetauscht werden muss, wenn sein Zustand oder seine Leistungsfähigkeit bei einer in-situ-Prüfung, Inspektion oder im Betrieb unter ein festgelegtes Betriebsniveau fällt. Falls diese Anforderung vom Umformer aus Sicherheits- oder Kostengründen nicht erfüllt werden kann, muss der Hersteller seine Empfehlungen und eine Begründung für den Zeitabstand der Grundüberholungen (TBC) liefern.

ANMERKUNG Die Anforderungen an Selbstprüfeinrichtungen (BITE) können Teil einer Vereinbarung zwischen Hersteller und Anwender sein.

4.1.6 Lebensdauer

Der Umformer muss für eine Lebensdauer von mindestens 20 000 Betriebsstunden (die 15 000 Flugstunden umfassen) oder einen Zeitraum von mindestens 15 Jahren ausgelegt sein.

Die Lebensdauerergrenze ist erreicht, wenn das Ausmaß der erforderlichen Überholung als unwirtschaftlich angesehen wird.

4.1.7 Lagerung

Der Umformer muss mindestens 10 Jahre unter den in den Technischen Lieferbedingungen des Geräts festgelegten Umgebungsbedingungen lagerfähig sein, ohne dass irgendein Verfahren zur Wiederherstellung des Betriebszustands der Einheit erforderlich ist.

Zur Erfüllung dieser Anforderung muss der Hersteller dem Anwender Folgendes zur Verfügung stellen:

- Kenndaten des Lagerraumes;
- Konservierungsverfahren;
- Art der Verpackung und Lagerungsverfahren.

4.2 Produktdefinition

4.2.1 Betriebsstellung

Der Umformer muss in jeder Lage funktionsfähig sein, soweit keine bestimmte Betriebsstellung aufgrund eines bestimmten Kühlverfahrens oder einer bestimmten Wärmetauscherkonstruktion erforderlich sein sollte.

In diesem Fall muss der Hersteller diese Einschränkung der Betriebsstellung des Umformers durch Nachweis der Vorteile in Bezug auf Masse und Leistungsfähigkeit des Kühlverfahrens nachweisen.

4.2.2 Elektrische Anschlüsse

Die Eingangs- und Ausgangsanschlüsse des Umformers müssen möglichst über Steckverbinder nach Produktnormen hergestellt werden, die von EN 2997-001, EN 3372-001, EN 3645-001 oder EN 3646-001 abgeleitet sind.

Gegebenenfalls können die Gleichstromeingangsanschlüsse mit Bolzenklemmen hergestellt werden. In diesem Fall müssen durch besondere Vorkehrungen falsche Anschlüsse der Eingangsleitungen vermieden werden.

4.2.3 Kühlung

Als Konstruktionsziel muss der Umformer durch natürliche Konvektion, Leitung oder Strahlung selbstgekühlt werden. Bei Umformern mit hoher Leistung dürfen eingebaute Gebläse oder jegliche sonstigen Kühlverfahren angewendet werden. Durch den Ausfall des eingebauten Gebläses verursachte Leistungsminderungen oder andere nachteilige Auswirkungen sind in den Technischen Lieferbedingungen des Geräts festgelegt.

4.2.4 Allgemeine elektrische Anforderungen

4.2.4.1 Hochspannungsprüfungen und Isolationswiderstand

4.2.4.1.1 Spannungsfestigkeit

Die elektrischen Bauteile des Umformers, mit Ausnahme von kritischen Bauteilen wie Transistoren und Kondensatoren, müssen einem Potential von 1 500 V eff, bei technischer Frequenz, die 1 min zwischen den zusammengeschlossenen Anschlüssen und dem Umformergehäuse angelegt wird, standhalten.

4.2.4.1.2 Isolationswiderstand

Der Isolationswiderstand des Umformers darf nicht unter 10 MW liegen, wenn er zwischen

- allen untereinander isolierten Anschlüssen und
 - allen untereinander isolierten, zusammengeschlossenen Anschlüssen und dem Umformergehäuse
- gemessen wird.

Die normale Prüfspannung muss 500 V Gleichstrom betragen. Falls kritische Bauteile wie Transistoren und Kondensatoren von der Prüfung des Isolationswiderstands betroffen sind, darf die Prüfspannung auf 30 V Gleichstrom verringert werden.

4.2.4.2 Masseverbindung

Der Umformer muss so konstruiert sein, dass alle äußeren Metallteile, die nicht mit der elektrischen Funktion des Geräts zusammenhängen, an Masse gelegt werden, mit einem maximalen Widerstand von 25 mW zwischen zwei beliebigen Teilen während der gesamten Lebensdauer des Geräts.

Der Massewiderstand zwischen dem Umformergehäuse und der Struktur, an der es befestigt ist, darf 5 mW nicht überschreiten, wie nach EN 3371 gefordert.

Wenn keine externe Masseverbindung hergestellt werden kann, muss eine Leitung vorgesehen werden, die im Inneren am Umformergehäuse an Masse gelegt und über einen Stift des Steckverbinders herausgeführt wird. In diesem Fall darf der Massewiderstand 5 mW überschreiten. Der genaue Grenzwert ist in den Technischen Lieferbedingungen des Geräts festgelegt.

4.2.4.3 Schutz der Eingänge/Ausgänge

Der Kurzschluss jeglicher Umformereingänge oder -ausgänge mit Masse darf nicht zu einer Beschädigung des Umformers oder zu einem unsicheren Betriebszustand führen. Die Verdrahtung und die Bauteile im Umformer dürfen nicht mit Schutzschaltern, Sicherungen oder ähnlichen Einrichtungen geschützt werden.

Eine einzige Störung im Inneren des Umformers darf keine Spannungen oder Frequenzen erzeugen, die außerhalb der in EN 2282 (Tabelle 2 und Tabelle 3) festgelegten Grenzwerte für den anormalen Betriebszustand liegen. Wenn das durch eine Überspannungsschutzschaltung erreicht wird, muss eine Prüfmöglichkeit vorgesehen werden.

4.2.4.4 Elektromagnetische Störungen (EMI)

Der Umformer muss so ausgelegt sein, dass er bei Prüfung nach MIL-STD-462 mindestens die folgenden Anforderungen und Grenzwerte für elektromagnetische Störaussendung und Störfestigkeit nach MIL-STD-461 erfüllt. Soweit praktisch durchführbar, können auch die Prüfungen entsprechend dem gleichwertigen Verfahren nach ISO 7137 angewendet werden:

- Störaussendung, leitungsgeführt: CE03;
- Störfestigkeit, leitungsgeführt: CS02;
- Störaussendung, gestrahlt: RE02;
- Störfestigkeit, gestrahlt: RS03.

Zusätzliche oder strengere Anforderungen und Prüfungen dürfen Teil einer Vereinbarung zwischen dem Hersteller und dem Anwender sein.

4.2.4.5 Blitzempfindlichkeit

Der Umformer muss entsprechend den Festlegungen der Technischen Lieferbedingungen des Geräts gegenüber induzierten Blitzeinwirkungen unempfindlich sein.

4.2.4.6 Nuklear-elektromagnetischer Impuls (NEMP)

Der nuklear-elektromagnetische Impuls darf in den Technischen Lieferbedingungen des Geräts festgelegt werden.

4.2.4.7 Kompassicherheitsabstand

Der Umformer muss so ausgelegt sein, dass im Betrieb das maximale äußere Magnetfeld keine Ablenkung von mehr als 1° auf einem Kompass in einem Abstand zwischen 0,3 m und 1 m (Umformer mit niedriger und mittlerer Leistung) oder zwischen 1 m und 3 m (Umformer mit hoher Leistung) hervorruft.

4.2.4.8 Ein- und ausgehende kurzdauernde Übergangsvorgänge

Der Umformer darf nicht beschädigt werden, wenn am Umformereingang sowohl bei Plus- als auch Minuspolarung kurzdauernde Spannungsübergangsvorgänge nach EN 2282 angelegt werden.

Die Ausgangsspannungen bei Übergangsvorgängen, die in diesem Zustand durch den Umformer erzeugt werden, dürfen die in 4.1.1.18 festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten.

Die kurzdauernden Spannungsübergangsvorgänge, die bei Normalbetrieb oder beim Ein- und Ausschalten vom Umformer erzeugt werden, müssen so begrenzt sein, dass ihre an den Anschlüssen des Umformers gemessenen Spitzenwerte die in EN 2282 festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten.

4.3 Auslegung und Konstruktion

4.3.1 Allgemeine Anforderung

Der Umformer muss nach diesem Dokument und den zugehörigen Technischen Lieferbedingungen des Geräts ausgelegt und konstruiert werden.

4.3.2 Einsatzfähigkeit

Der Umformer muss so ausgelegt und konstruiert werden, dass sich während des Betriebs keine Teile lösen, und er gegen Beanspruchungen, Stöße, Schwingungen und sonstige Einflüsse widerstandsfähig ist, wie sie während Transport, Lagerung, Einbau und Betrieb auftreten.

4.3.3 Teile, Werkstoffe, Verfahren

Alle Metallflächen müssen behandelt werden, damit sie gegen Korrosion geschützt sind. Die Schutzbehandlungen müssen derart sein, dass eine niedrige Impedanz für Hochfrequenzströme erhalten wird.

Ungleichartige Metalle wie Messing, Kupfer oder Stahl dürfen nicht in direktem Kontakt mit Aluminium oder deren Legierungen angewendet werden.

Verwendete nichtmetallische Werkstoffe müssen ungiftig, pilzbeständig und flammwidrig sein und dürfen die Verbrennung nicht unterstützen.

4.3.4 Korrosion von Metallteilen

Metallteile müssen korrosionsbeständig oder ordnungsgemäß bearbeitet sein, um Korrosion zu widerstehen.

4.3.5 Kennzeichnung

Die Identifizierung und Kennzeichnung des Umformers muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- Eingangsstrom und -spannung;
- Ausgangsspannung;
- Frequenz;
- Phasenkonfiguration;
- Leistung;
- Leistungsfaktor;
- Hersteller;

- Herstellungsdatum;
- Serien-Nummer;
- Baumuster-Nummer;
- Anschlussbeschreibung.

Das Bedruckungsverfahren muss derart sein, dass die Angaben während der gesamten Lebensdauer des Geräts lesbar bleiben.

4.3.6 Einlaufen

Jeder Umformer muss einer Einlaufprüfung nach 5.5 unterzogen werden, um Probleme hinsichtlich der Ausführung und der Qualität von Bauteilen zu erkennen und zu beseitigen.

5 Prüfungen und Prüfverfahren

5.1 Allgemeine Bedingungen

5.1.1 Anforderungen

Das nachstehend beschriebene Prüfverfahren muss für alle Umformer gleich sein, die Gegenstand dieses Dokuments sind. Die Anfangs- und Annahmebedingungen der Prüfungen müssen die gleichen sein, um das einheitliche Verhalten der austauschbaren Umformerbaumuster sicherzustellen.

Wenn es für bestimmte Typen besondere Bedingungen gibt, können Sonderprüfungen in den Technischen Lieferbedingungen des Geräts enthalten sein.

Die Art und Reihenfolge der durchzuführenden Prüfungen sind die für die Qualifikation geforderten, wie in Tabelle 4 angegeben. Die Probenahme (Anzahl und Verteilung) der zu prüfenden Umformer ist in Tabelle 6 festgelegt.

5.1.2 Prüfbedingungen

5.1.2.1 Normale Bedingungen

Die physikalischen Bedingungen für die Prüfungen sind die des Prüfraums (ausgenommen bei Sonderprüfungen), d. h.:

- Umgebungstemperatur $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- Luftdruck 840 hPa bis 1 070 hPa;
- relative Luftfeuchte $(50 \pm 30) \%$.

5.1.2.2 Einbau

Die zu prüfenden Umformer müssen nach 4.2 dieser Lieferbedingungen eingebaut und nach 4.2.3 gekühlt werden.

5.1.2.3 Anschlüsse

Die Umformer werden mit dem geeigneten Steckverbinder in einwandfreiem Zustand elektrisch angeschlossen.

Die Eingangs- und Ausgangsspannungen werden an den Umformeranschlüssen gemessen.

Die Hersteller müssen ein Prüfschaltbild liefern.

5.1.2.4 Prüfeinrichtung

Die Prüfeinrichtung, einschließlich Nebenwiderstände, muss eine Genauigkeit von mindestens Klasse 0,5, überprüft nach nationalen Verfahren, aufweisen.

5.1.3 Überprüfung der Leistungsfähigkeit

Wenn während oder nach einer Sonderprüfung eine Überprüfung der Leistungsfähigkeit des Umformers gefordert wird, müssen Prüfungen nach 5.4.1.1 durchgeführt werden.

5.1.4 Annahmebedingungen

Nach jeder Prüfung muss die Übereinstimmung mit den Mindestanforderungen durch die jeweiligen Annahmebedingungen festgelegt werden, die am Ende jedes Abschnitts beschrieben sind.

5.2 Mechanische Prüfungen

5.2.1 Allgemeine Untersuchungen

5.2.1.1 Sichtprüfung

Die Lage und der Inhalt des Kennzeichnungsschildes werden auf Übereinstimmung mit den Anweisungen der Technischen Lieferbedingungen des Geräts überprüft.

Die Kennzeichnung wird auf Übereinstimmung mit Abschnitt 7 dieses Dokuments überprüft, durch die Blätter der Technischen Lieferbedingungen für das Gerät hinsichtlich Kategorie, Baumuster oder Typ und durch alle Veränderungen (Änderungen) ergänzt;

Es wird sichergestellt, dass Aussehen, Oberflächenbeschaffenheit, Gehäusefarbe und die Anschlussicherungsvorrichtung den Bauunterlagen entsprechen.

Es wird überprüft, ob die Umformer den in Abschnitt 4 genannten und den in den Technischen Lieferbedingungen des Geräts angegebenen Eigenschaften und der Art des Steckverbinders entsprechen.

Es wird überprüft, ob die sich auf dem Gehäuse befindlichen Kennzeichnungen (Umformer hoher Leistung) der Plus- und Minus-Anschlüsse in ordnungsgemäßer Lage befinden.

5.2.1.2 Prüfung der Maße und Masse

Es wird überprüft, ob die Maße des Umformers und die Lage der Zubehöerteile (Befestigungslaschen, Lüftungslöcher, Deckelbefestigungsteile, Steckverbinder) den Angaben der Technischen Lieferbedingungen des Geräts entsprechen und innerhalb der angegebenen Grenzabmaße liegen.

Es wird überprüft, ob die Masse den in den Technischen Lieferbedingungen des Geräts festgelegten Höchstwert nicht überschreitet.

5.2.2 Prüfung der Anordnung der elektrischen Anschlüsse (siehe 4.2)

Dieses Dokument beschäftigt sich nicht mit der Qualifikation der Umformer-Steckverbinder. Ihre ordnungsgemäße Anwendung an zu qualifizierenden Umformern wird durch das zufriedenstellende Verhalten des Umformers während der Umwelt- und elektrischen Prüfungen nachgewiesen.

5.2.3 Mechanische Stöße

Der Umformer muss mit seinen Montageanschlüssen auf der Stoßprüfmaschine eingespannt werden.