

DIN EN 4888



ICS 49.095

Entwurf

Einsprüche bis 2023-10-25

Ersatz für

E DIN EN 4888:2023-01

**Luft- und Raumfahrt –
Fluggaststühle für die zivile Luftfahrt –
Zuverlässigkeitsprüfung;
Deutsche Fassung ASD-STAN prEN 4888:2023**

Aerospace series –
Commercial aircraft passenger seats –
Reliability testing;
German version ASD-STAN prEN 4888:2023

Série aérospatiale –
Sièges passagers d'aéronefs commerciaux –
Essais de fiabilité;
Version allemande ASD-STAN prEN 4888:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-08-25 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.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 56 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 (ASD-STAN prEN 4888:2023) wurde von ASD-STAN, Fachbereich Kabine, unter Mitwirkung deutscher Experten des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-09-02 AA „Sitze, Inflight-Entertainment“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Der Norm-Entwurf enthielt zur technischen Kommentierung einen Europäischen Norm-Entwurf (prEN) ausschließlich in Englischer Fassung aus der parallelen Umfrage von ASD-STAN und CEN.

Der vorliegende zweite Norm-Entwurf enthält nur die Deutsche Fassung der veröffentlichten ASD-STAN prEN. Es wird darauf hingewiesen, dass auf Grund der Verfahrensweise zur Normenerstellung bei ASD-STAN dieser zweite Norm-Entwurf ausschließlich der redaktionellen Prüfung der deutschen Sprachfassung dient.

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 wird die Norm beide Sprachfassungen enthalten.

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 – Fluggaststühle für die zivile Luftfahrt – Zuverlässigkeitsprüfung

Aerospace series – Commercial aircraft passenger seats – Reliability testing

Série aérospatiale – Sièges passagers d’aéronefs commerciaux – Essais de fiabilité

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Abkürzungen	8
5 Zuverlässigkeitsprüfung von Teilkomponenten von Fluggastsitzen	8
5.1 Versagensverhalten	8
5.2 Zuverlässigkeitsmerkmale und ihre Umrechnung	9
5.3 Aspekt Prüfzykluszeit gegenüber Flugdauer und -strecke	9
5.4 Ermittlung der Zuverlässigkeitsmerkmale	10
5.5 Degradation	13
6 Allgemeine Prüfbedingungen	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 ATD	14
6.3 Belastungseinrichtungen	15
6.3.1 Belastungseinrichtung für aufgebrachte Lasten	15
6.3.2 Belastungseinrichtung für Stoßbelastung	15
6.3.3 Belastungseinrichtung für Zeitschriftentaschen	16
6.3.4 Belastungseinrichtung für die Rückenlehne	16
6.3.5 Belastungseinrichtung für die Sitzschale	17
7 Zuverlässigkeitsprüfung der Rückenlehne	18
7.1 Prüfanforderungen	18
7.2 Prüfverfahren	20
7.2.1 Allgemeines	20
7.2.2 Prüfverfahren für Lastfall A	20
7.2.3 Allgemeine Anmerkung zum Prüfverfahren für die Lastfälle B bis H	21
7.2.4 Prüfverfahren für Lastfall B	21
7.2.5 Prüfverfahren für Lastfälle C und D	22
7.2.6 Prüfverfahren für Lastfall E	23
7.2.7 Prüfverfahren für Lastfall F	24
7.2.8 Prüfverfahren für Lastfall G	25
7.2.9 Prüfverfahren für Lastfall H	26
7.3 Versagenskriterien	27
8 Zuverlässigkeitsprüfungen der beweglichen Kopfstütze	28
8.1 Prüfanforderungen	28
8.2 Prüfverfahren	29
8.2.1 Prüfverfahren für Lastfall A	29
8.2.2 Prüfverfahren für Lastfall B	30
8.2.3 Prüfverfahren für Lastfall C	31
8.2.4 Prüfverfahren für Lastfälle D1 und D2	31
8.2.5 Prüfverfahren für Lastfall E	32
8.2.6 Prüfverfahren für Lastfall F	33
8.3 Versagenskriterien	34
9 Zuverlässigkeitsprüfung der Armstütze	34
9.1 Prüfanforderungen	34
9.2 Prüfverfahren	36
9.2.1 Prüfverfahren für Lastfall A	36
9.2.2 Prüfverfahren für Lastfall B	37
9.2.3 Prüfverfahren für Lastfall C	37
9.2.4 Prüfverfahren für Lastfall D	38

9.2.5	Prüfverfahren für Lastfall E	39
9.2.6	Prüfverfahren für Lastfall F	39
9.2.7	Prüfverfahren für Lastfall G	40
9.2.8	Prüfverfahren für Lastfall H	41
9.2.9	Prüfverfahren für Lastfall I	41
9.2.10	Prüfverfahren für Lastfall J	42
9.3	Versagenskriterien	43
10	Zuverlässigkeitsprüfung des Tisches	44
10.1	Prüfanforderungen	44
10.2	Prüfverfahren	45
10.2.1	Allgemeines	45
10.2.2	Prüfverfahren für Lastfall C	47
10.2.3	Prüfverfahren für Lastfall D	48
10.3	Versagenskriterien	49
11	Zuverlässigkeitsprüfung der Zeitschriftentasche	50
11.1	Prüfanforderungen	50
11.2	Prüfverfahren	50
11.2.1	Prüfverfahren für Lastfall A	50
11.2.2	Prüfverfahren für Lastfall B	51
11.3	Versagenskriterien	52
Anhang A (informativ)	Zufällige Versagensverhaltensrate	53
Literaturhinweise		54

Bilder

Bild 1	— Maße der Körperteile einer ATD	15
Bild 2	— Belastungseinrichtung für aufgebrachte Lasten	15
Bild 3	— Belastungseinrichtung für Stoßbelastung	16
Bild 4	— Belastungseinrichtung für Zeitschriftentaschen	16
Bild 5	— Belastungseinrichtung für die Rückenlehne	17
Bild 6	— Belastungseinrichtung für die Sitzschale	18
Bild 7	— Maße und LAP auf dem Test-Dummy (ATD)	20
Bild 8	— Lastfall A für die Rückenlehne	21
Bild 9	— Lastfall B für die Rückenlehne	22
Bild 10	— Lastfall C und D für die Rückenlehne	23
Bild 11	— Lastfall E für die Rückenlehne	24
Bild 12	— Lastfall F für die Rückenlehne	25
Bild 13	— Lastfall G für die Rückenlehne	26
Bild 14	— Lastfall H für die Rückenlehne	27
Bild 15	— Lastfall A für die Kopfstütze	30
Bild 16	— Lastfall B für die Kopfstütze	30
Bild 17	— Lastfall C für die Kopfstütze	31
Bild 18	— Lastfall D2 für die Kopfstütze	32
Bild 19	— Lastfall D1 für die Kopfstütze	32
Bild 20	— Lastfall E für die Kopfstütze	33
Bild 21	— Beispiel für Lastfall F für die Kopfstütze am unteren Rand der Kopfstütze	34
Bild 22	— Lastfall A für die Armstütze	36
Bild 23	— Lastfall B für die Armstütze	37
Bild 24	— Lastfall C für die Armstütze	38
Bild 25	— Lastfall D für die Armstütze	38
Bild 26	— Lastfall E für die Armstütze	39
Bild 27	— Lastfall F für die Armstütze	40
Bild 28	— Lastfall G für die Armstütze	40
Bild 29	— Lastfall H für die Armstütze	41
Bild 30	— Lastfall I für die Armstütze	42

Bild 31 — Lastfall J für die Armstütze	43
Bild 32 — Lastfall A1 und B1 für einflügeligen Tabletttisch in der Rückenlehne	45
Bild 33 — Lastfall A2 und B2 für zweifach klappbaren Tabletttisch in der Rückenlehne	46
Bild 34 — Lastfall A1 und B1 für einflügeligen Tabletttisch in der Armstütze	46
Bild 35 — Lastfall A2 und B2 für zweifach klappbaren Tabletttisch	47
Bild 36 — Lastfall C für einflügeligen Tabletttisch in der Rückenlehne	47
Bild 37 — Lastfall C für zweifach klappbaren Tabletttisch in der Rückenlehne	48
Bild 38 — Lastfall D für den Tabletttisch in der Armstütze	48
Bild 39 — Lastfall A für die Zeitschriftentasche	51
Bild 40 — Lastfall B für die Zeitschriftentasche	51

Tabellen

Tabelle 1 — Daten für Kurz- und Mittelstrecken	10
Tabelle 2 — Typische Weibull-Formparameter	11
Tabelle 3 — Prüfergebnisse des Beispiels	12
Tabelle 4 — Gewichtsverteilung für einen Hybrid-III-Standard-Crashtest-Dummy und die ATD mit 90 kg	14
Tabelle 5 — Zuverlässigkeitsprüfung der Rückenlehne und Kinematik	19
Tabelle 6 — Darstellung des Lastfalls für die Rückenlehne und Kinematik	19
Tabelle 7 — Zuverlässigkeitsprüfung der Kopfstütze	28
Tabelle 8 — Darstellung des Lastfalls für die Kopfstütze	29
Tabelle 9 — Zuverlässigkeitsprüfung der Armstütze	35
Tabelle 10 — Darstellung des Lastfalls für die Armstütze	36
Tabelle 11 — Zuverlässigkeitsprüfung des Tabletttisches in der Rückenlehne und der Kinematik	44
Tabelle 12 — Darstellung des Lastfalls für die Rückenlehne und Kinematik	44
Tabelle 13 — Zuverlässigkeitsprüfung der Zeitschriftentasche	50
Tabelle 14 — Darstellung des Lastfalls für die Zeitschriftentasche	50

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Technischen Koordinator für den Fachbereich Kabine des Verbands der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-STAN) überprüft.

Nach Umfragen und Abstimmungen in Übereinstimmung mit den im „Prozesshandbuch für Normung“ von ASD-STAN definierten Regeln, hat dieses Dokument die Genehmigung zur Veröffentlichung erhalten.

Einleitung

Ein gut organisiertes Zuverlässigkeitsmanagement ist für Hersteller sehr wichtig, um die vom Kunden gestellten Anforderungen an die Zuverlässigkeit zu erfüllen und die Marktposition dauerhaft zu halten. Die Vorhersage des Versagensverhaltens eines Produkts im Einsatz sollte so früh wie möglich getroffen werden. Ein optimierter Zuverlässigkeitsmanagementprozess umfasst qualitative und quantitative Zuverlässigkeitsverfahren, die auf Berechnungen der Materialermüdung, Prüfdaten, der Zustandsüberwachung, Felddaten zum Versagen und Garantiekostenanalysen beruhen, welche in einem geschlossenen Versagensanalysesystem zusammengeführt werden müssen, um alle gewonnenen Erkenntnisse in den in der Produktentwicklung eingesetzten Analysetools berücksichtigen zu können.

Kunden erwarten aus zeitlichen und finanziellen Gründen ein bezahlbares Produkt, das gleichzeitig eine hohe Qualität und Zuverlässigkeit aufweist.

Die Bestimmung der Zuverlässigkeit von Produkten ist ein wesentlicher Schritt im Entwicklungs- und Herstellungsprozess von Produkten. Die Zuverlässigkeit dieser technischen Produkte beschreibt die Eigenschaft, innerhalb einer festgelegten Zeit nicht zu versagen und die Versagensrate bis zum Ende des Einsatzes unter bestimmten Betriebs- und Umgebungsbedingungen auf einer annehmbaren Rate zu halten.

Die Zuverlässigkeit und ihre Merkmale werden mithilfe des Vertrauensniveaus (en: confidence level) und des Vertrauensbereiches (en: confidence range) beschrieben. Ein wichtiger Beitrag ist die Analyse von Informationen zur Nutzungsdauer, die aus entsprechenden Prüfungen oder Berichten von Kunden erhalten werden.

Die Zuverlässigkeitsprüfung umfasst die Festlegung, Durchführung und Analyse von Prüfverfahren, die die Nutzung von Sitzen in Flugzeugen widerspiegeln sollen.

Die zweitgrößte Aufgabe im Rahmen der Zuverlässigkeitsprüfung ist die Analyse von Felddaten, die von Fluggesellschaften in Form von Feedback bereitgestellt werden. Die Daten werden auf der Grundlage kürzlich durchgeführter Prüfungen ausgewertet und es werden Prognosen für zukünftige Sitzmodelle erstellt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Mindestanforderungen der Zuverlässigkeitsprüfung für Teilkomponenten von Fluggastsitzen für die zivile Luftfahrt fest. Es werden Prüfverfahren einschließlich der durch das Verhalten der Fluggäste entstehenden Lastfälle im Betrieb für Teilkomponenten von Sitzen festgelegt. Lasten, die durch missbräuchliche Nutzung entstehen, werden nicht berücksichtigt. Dieses Dokument ist auf die Teilkomponenten eines Sitzes wie Rückenlehne, Kopfstütze, Armstütze, Tisch, Zeitschriftentasche und Bedienelemente (und weitere) anwendbar.

Dieses Dokument ist nicht auf Gurte, Inflight-Entertainment, Sitzbezüge und Polster anwendbar.

Umwelteinflüsse wie Temperatur, Strahlung, Gase und Flüssigkeiten können die Zuverlässigkeit von Fluggastsitzen und deren Teilkomponenten über ihre gesamte Lebensdauer zusätzlich verändern, werden aber in diesem Dokument nicht berücksichtigt.

Prüfungen des abrasiven Verschleißes und der Oberflächenbeständigkeit sind in EN 4860, EN 4864 und EN 4876 festgelegt.

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 1728:2012, *Möbel — Sitzmöbel — Prüfverfahren zur Bestimmung der Festigkeit und Dauerhaltbarkeit*

SAE J826, *Devices for Use in Defining and Measuring Vehicle Seating Accommodation*¹

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

Zuverlässigkeit

Wahrscheinlichkeit, dass ein Produkt während einer festgelegten Dauer unter bestimmten Betriebs- und Umweltbedingungen nicht versagt

1 Veröffentlicht durch: SAE International (US) Society of Automotive Engineers, <https://www.sae.org/>.

4 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen.

A/C	Flugzeug (en: aircraft)
ATD	anthropomorphe Prüfeinrichtung (en: anthropomorphic testing device)
CTR	Mitte (en: centre)
DWD	nach unten gerichtet (en: downward)
FOLD-EXT	Klappmechanismus vorhanden (en: fold extant)
FC	Flugzyklus (en: flight cycle)
FH	Flugstunde (en: flight hour)
FWD	nach vorne gerichtet (en: forward)
LAP	Lastangriffspunkt (en: load attack point)
LH	links (en: left hand)
LR	Langstreckenflug (en: long range flight)
MTBF	mittlere Dauer zwischen zwei Versagensfällen (en: mean time between failure)
MTBUR	mittlere Dauer zwischen unerwarteten/unplanmäßigen Reparaturen/Ausbauten (en: mean time between unexpected/unscheduled repair/removal)
MTTF	mittlere Dauer bis zum Versagen (en: mean time to failure)
RH	rechts (en: right hand)
RWD	nach hinten gerichtet (en: rearward)
SR	Kurzstreckenflug (en: short range flight)
SWD	zur Seite gerichtet (en: sideward)
TTL	Taxi – Start – Landung (en: taxi – take off – landing)
UWD	nach oben gerichtet (en: upward)

5 Zuverlässigkeitsprüfung von Teilkomponenten von Fluggastsitzen

5.1 Versagensverhalten

Das Versagensverhalten eines Produkts wird durch die Zuverlässigkeit erfasst und stellt zusätzlich zu den Funktionseigenschaften ein wesentliches Kriterium bei der Produktbewertung dar.

„Dekorativ“ ist als kosmetische Ergänzung der Funktionalität der Trägermaterialien zu verstehen.

In den Prüfungen auftretende Mängel werden in drei verschiedene Kategorien eingeordnet:

- geringfügig: Mängel oder kosmetische Fehlstellen, die keine oder nur geringe Auswirkungen auf die Funktionalität des Sitzes oder einer Komponente haben und die im Bedarfsfall repariert oder leicht ausgetauscht werden können; abhängig von ihrem Vorkommen werden diese Mängel in der MTBF-Auswertung berücksichtigt; die Prüfung wird fortgesetzt;
- erheblich: Mängel, die direkte Auswirkungen auf die Funktionalität des Sitzes oder einer Komponente haben; diese Mängel werden in der MTBF-Auswertung berücksichtigt; die Prüfung muss beendet werden;
- sicherheitsrelevant: Mängel, die direkte Auswirkungen auf die Sicherheit eines Insassen haben; diese Mängel werden in der MTBF-Auswertung berücksichtigt. Die Prüfung muss beendet werden und es muss eine Sicherheitsbewertung durchgeführt werden.

5.2 Zuverlässigkeitsmerkmale und ihre Umrechnung

Die folgenden Zuverlässigkeitsmerkmale werden aus Sicht des Kunden üblicherweise zugrunde gelegt:

- a) bei nicht reparierbaren Einheiten: mittlere Dauer bis zum Versagen (MTTF);
- b) bei reparierbaren Einheiten: mittlere Dauer zwischen zwei Versagensfällen (MTBF);
- c) mittlere Dauer zwischen unerwarteten/unplanmäßigen Reparaturen/Ausbauten (MTBUR).

Diese Werte werden üblicherweise in Flugstunden (FH) angegeben und müssen für die Prüfungen in das Lastkollektiv umgerechnet werden. In der Annahme, dass ein Lastkollektiv der Nutzung der Komponente während eines Flugzyklus (FC) entspricht, muss ermittelt werden, wie viele Flugzyklen ein Flugzeug während einer bestimmten MTBF in Flugstunden absolviert.

Diese ergeben sich aus der Multiplikation des Erfordernisses an Flugstunden mit dem Verhältnis der Flugzyklen zu den Flugstunden:

$$MTBF_{\text{Load collective}} = MTBF_{\text{FH}} \cdot \frac{FC_{\text{day}}}{FH_{\text{day}}} \quad (1)$$

Dabei ist

$MTBF_{\text{Load collective}}$	das Lastkollektiv der mittleren Dauer bis zum Versagen;
$MTBF_{\text{FH}}$	die mittlere Dauer bis zum Versagen je Flugstunde (h);
FC_{day}	der Flugzyklus je Tag;
FH_{day}	die Flugstunde je Tag (h).

Die aus den Prüfungen ermittelten MTBF-Werte werden in Flugstunden umgerechnet, indem die Gleichung nach $MTBF_{\text{FH}}$ umgestellt wird:

$$MTBF_{\text{FH}} = MTBF_{\text{Load collective}} \cdot \frac{FH_{\text{day}}}{FC_{\text{day}}} \quad (2)$$

Dabei ist

$MTBF_{\text{FH}}$	die mittlere Dauer bis zum Versagen je Flugstunde (h);
$MTBF_{\text{Load collective}}$	das Lastkollektiv der mittleren Dauer bis zum Versagen;
FC_{day}	der Flugzyklus je Tag;
FH_{day}	die Flugstunde je Tag (h).

Die Parameter für Versagen und Degradation sind für jedes einzelne Prüfkriterium festgelegt.

5.3 Aspekt Prüfzykluszeit gegenüber Flugdauer und -strecke

Um Szenarien festlegen zu können, die die tägliche Nutzung der Teilkomponenten von Fluggastsitzen darstellen, müssen verschiedene Typen von Verkehrsflugzeugen betrachtet werden. Schmalrumpfflugzeuge, die hauptsächlich für Kurz- und Mittelstreckenflüge eingesetzt werden, sowie Großraumflugzeuge für Mittel-, Lang- und Ultralangstreckenflüge. Da das Verhältnis von Flugstunden zu Flugzyklen bei diesen beiden Kategorien von Verkehrsflugzeugen unterschiedlich ist, müssen verschiedene Belastungsszenarien

berücksichtigt werden, die während eines Fluges auftreten (z. B. Wiederholung eines festgelegten Lastfalls je Flug).

Die in Tabelle 1 enthaltenen Mindestwerte für den Einsatz eines Flugzeugs müssen für die Umwandlung der MTBF-Werte von Lastkollektiven zu Flugstunden und umgekehrt nach 5.2 verwendet werden. Eine Abweichung von diesen Werten muss anhand von statistischen Daten begründet werden.

Tabelle 1 — Daten für Kurz- und Mittelstrecken

Art der Flugreise	Wert
Kurzstrecke	
Durchschnittliche Flugdauer	1,5 h
Durchschnittliche tägliche Nutzung	8,5 h
Durchschnittliche Flugzyklen je Tag	5,8
Langstrecke	
Durchschnittliche Flugdauer	8,0 h
Durchschnittliche tägliche Nutzung	13,0 h
Durchschnittliche Flugzyklen je Tag	1,6

5.4 Ermittlung der Zuverlässigkeitsmerkmale

Die systematische Versagensverhaltensrate, d. h. die Versagensrate, muss nach Gleichung (3) berechnet werden:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{T} \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^{\beta-1} \quad (3)$$

Dabei ist

- $\lambda(t)$ die Versagensrate (je Lastkollektiv);
- T die charakteristische Lebensdauer (Anzahl von Lastkollektiven);
- t die Laufzeit (Anzahl von Lastkollektiven);
- β der Weibull-Formparameter.

Die MTTF kann nach Gleichung (4) berechnet werden.

$$\text{MTTF} = T \cdot \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \quad (4)$$

Dabei ist

- MTTF die mittlere Dauer bis zum Versagen (Anzahl von Lastkollektiven);
- T die charakteristische Lebensdauer (Anzahl von Lastkollektiven);
- t die Laufzeit (Anzahl von Lastkollektiven);
- β der Weibull-Formparameter;
- Γ die Gammafunktion.

Wenn die charakteristische Lebensdauer T unbekannt ist, kann sie nach Gleichung (5) berechnet werden.

$$T = \left(\sum_{i=1}^n \frac{t_i^\beta}{x} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (5)$$

Dabei ist

T die charakteristische Lebensdauer (Anzahl von Lastkollektiven);

t_i die Laufzeit einer jeden Prüfung (Anzahl von Lastkollektiven);

β der Weibull-Formparameter;

x die Anzahl der festgestellten Versagensfälle;

n die Anzahl der Proben.

Die MTTF kann nach Gleichung (6) berechnet werden.

$$\text{MTTF} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{t_i^\beta}{x} \right)^{\frac{1}{\beta}} \cdot \Gamma \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right) \quad (6)$$

Dabei ist

MTTF die mittlere Dauer bis zum Versagen (Anzahl von Lastkollektiven);

t_i die Laufzeit für Probe i (Anzahl von Lastkollektiven);

β der Weibull-Formparameter;

x die Anzahl der festgestellten Versagensfälle;

n die Anzahl der Proben;

Γ die Gammafunktion.

Es müssen die in Tabelle 2 für verschiedene Werkstoffe angegebenen typischen Weibull-Formparameter verwendet werden.

Tabelle 2 — Typische Weibull-Formparameter

Werkstoff	Weibull-Formparameter β
Aluminiumlegierungen (2024/3.1355), (7075/3.4365)	4,0
Titaniumlegierungen (Ti6Al4V/3.7164)	3,0
Stahl ($R_m \leq 1\,655$ MPa)	3,0
Stahl ($R_m > 1\,655$ MPa)	2,2

Für andere Werkstoffe sollte eine Schätzung der Formparameter mit feststehenden Werten verglichen werden, und falls keine anderen bestätigten Daten vorhanden sind, sollten konservative Werte unter Verwendung eines Weibull-Formparameters von $\beta \geq 2,2$ gewählt werden.

Das Verfahren in 5.4 spiegelt ein nicht-zufälliges Versagensverhalten wider und ist daher genauer als das in Anhang A gezeigte vereinfachte Verfahren.

BEISPIEL 1 Fünf Aluminium-Armstützen ($\beta = 4$) eines Langstreckensitzes wurden mit den in Abschnitt 8 festgelegten Belastungen bis zum Auftreten eines Versagens geprüft. Die Ergebnisse dieser fünf Prüfungen sind in Tabelle 3 wiedergegeben.

Tabelle 3 — Prüfergebnisse des Beispiels

Wiederholung	Laufzeit (Lastkollektive)	Feststellungen
1	5 961	Armstützenkonstruktion gebrochen
2	2 761	
3	3 301	
4	4 536	
5	3 305	

$$\text{MTTF} = \left(\frac{5\,961^4 + 2\,761^4 + 3\,301^4 + 4\,536^4 + 3\,305^4}{5} \right)^{\frac{1}{4}} \times \Gamma\left(\frac{1}{4} + 1\right)$$
$$= 4\,462 \times 0,906\,4 = 4\,044 \text{ Lastkollektive}$$

Nach 5.2 entsprechen 4 044 Lastkollektive an einem Langstreckensitz einer MTTF von 32 350 Flugstunden.

Es kann passieren, dass nach einer bestimmten Zeit kein Versagen mehr festgestellt wird und die Prüfung beendet wird. In diesem Fall kann das obige Verfahren nicht für die Auswertung verwendet werden.

Wenn kein Versagen festgestellt wird, können mit den nachstehenden Gleichungen nur statistische Mindestwerte ermittelt werden:

$$\text{MTTF}_{\min} = T_{\min} \cdot \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \quad (7)$$

Dabei ist

$\text{MTTF}_{\min}$ die mittlere Mindestdauer bis zum Versagen (Anzahl von Lastkollektiven);

T die charakteristische Lebensdauer (Anzahl von Lastkollektiven);

β der Weibull-Formparameter;

Γ die Gammafunktion.

Es gilt

$$T_{\min} = \left(\frac{2 * \sum_{i=1}^n t_i^{\beta}}{X^2_{2(x+1); 1-\frac{\alpha}{2}}} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (8)$$

Dabei ist

$T_{\min}$ die charakteristische Mindest-Lebensdauer (Anzahl von Lastkollektiven);

- t_i die Laufzeit einer jeden Prüfung (Anzahl von Lastkollektiven);
- β der Weibull-Formparameter;
- x die Anzahl der festgestellten Versagensfälle;
- X^2 die Chi-Quadrat-Verteilung;
- α das statistische Signifikanzniveau (1 % bis 99 %).

BEISPIEL 2 Die Armstütze aus dem obigen Beispiel wurde verbessert und noch einmal geprüft. Jede Prüfung wurde nach 6 000 Lastkollektiven, das heißt 48 000 Flugstunden, das heißt 10 Jahren, ohne jegliches Versagen beendet.

$$\text{MTTF}_{\min} = \left(\frac{2 \times (6\,000^4 + 6\,000^4 + 6\,000^4 + 6\,000^4)}{X^2_{2(0+1); 1 - \frac{0,5}{2}}} \right)^{\frac{1}{4}} \times \Gamma\left(\frac{1}{4} + 1\right)$$

= 8 913 Lastkollektive

Nach 5.2 entsprechen 8 913 Lastkollektive an einem Langstreckensitz einer $\text{MTTF}_{\min}$ von 71 300 Flugstunden.

5.5 Degradation

Dieses Dokument deckt nur die mechanische Abnutzung und den Verschleiß an neuen Bauteilen ab. Die Degradation aufgrund von Umwelteinflüssen, z. B. die chemische Alterung von Kunststoffbauteilen, liegt außerhalb des Anwendungsbereiches dieses Dokuments, welches nur auf neue Bauteile anzuwenden ist.

6 Allgemeine Prüfbedingungen

6.1 Allgemeines

Alle Teilkomponenten des Sitzes sollten zusammen mit dem dazugehörigen Sitz geprüft werden. Alle Teilkomponenten des Sitzes, die für die jeweiligen Lastpfade nicht relevant sind, müssen nicht angebracht werden.

Für die Prüfung muss der Sitz über Sitzschienen oder mit gleichwertigen Befestigungselementen auf dem Prüfstand befestigt werden.

Sofern nicht anders festgelegt, muss der Sitz mindestens 24 h unmittelbar vor der Prüfung bei Innenraum-Umgebungsbedingungen gelagert werden.

Die Prüfung muss bei Innenraum-Umgebungsbedingungen mit einer Temperatur von $23\,^{\circ}\text{C} \pm 10\,^{\circ}\text{C}$ und sollte mit einer relativen Feuchte von $50\,\% \pm 20\,\%$ durchgeführt werden.

Die aufgebrachte Last muss für mindestens 0,5 s aufrechterhalten werden.

Nach der ersten Kalibrierung der Prüfeinrichtung muss diese in einem funktionsfähigen Zustand gehalten werden, um dauerhaft entsprechende Prüfergebnisse erzielen zu können.

Für die Prüfungen mit der in 6.2 beschriebenen ATD und den Belastungseinrichtungen nach 6.3 müssen die folgenden Grenzwerte verwendet werden:

- a) Kräfte: $\pm 1\,\%$ der Nennkraft für 100 N und darüber; $\pm 5\,\%$ der Nennkraft unterhalb 100 N;
- b) Geschwindigkeiten: 0 % bis 5 % der Nenngeschwindigkeit;

- c) Massen: ± 1 % der Nennmasse;
- d) Maße: ± 3 mm der Nennmaße;
- e) Winkel: $\pm 2^\circ$ des Nennwinkels.

Die Geschwindigkeit für die Zyklusprüfung darf nicht mehr als 3 600 Zyklen je Stunde betragen.

6.2 ATD

Für die folgende Prüfung in diesem Dokument muss eine ATD nach SAE J826 verwendet werden.

Die ATD muss den menschlichen Körper repräsentieren. Aus diesem Grund müssen Maße und Gewicht der verschiedenen Körperteile entsprechend sein.

In Tabelle 4 ist die Gewichtsverteilung für einen Hybrid-III-Standard-Crashtest-Dummy und die ATD mit 90 kg angegeben, die für die Prüfung zu verwenden ist. Die Werte für die Prüfeinrichtung mit 90 kg sind zwischen den Werten 77,7 kg (50. Perzentil) und 101,2 kg (95. Perzentil) interpoliert.

Tabelle 4 — Gewichtsverteilung für einen Hybrid-III-Standard-Crashtest-Dummy und die ATD mit 90 kg

Körperabschnitte	50. Perzentil kg	ATD mit 90 kg kg	95. Perzentil kg
Kopf	4,54	4,75	4,94
Hals	1,54	1,61	1,68
Oberkörper	17,19	19,85	22,27
Unterkörper	23,04	26,84	30,3
Oberarm, links oder rechts	2	2,42	2,81
Hände, links oder rechts	0,57	0,57	0,57
Unterarme, links oder rechts	1,7	1,89	2,06
Oberschenkel, links oder rechts	5,99	7,15	8,21
Unterschenkel, links oder rechts	4,29	5,05	5,75
Füße, links oder rechts	1,16	1,39	1,59
Summe	77,7	90,00	101,2

Wenn einige Körperabschnitte nicht vorhanden sind (z. B. Arme, Hand, Fuß) oder nicht einzeln vorliegen (z. B. Ober- und Unterkörper), müssen die Gewichte zu den Körperteilen hinzuaddiert werden, mit den die fehlenden Teile normalerweise verbunden werden, oder zwei Teile müssen in einem Körperteil kombiniert werden.

BEISPIEL Die ATD nach SAE J826 besteht nur aus einem Oberkörper, einem Unterkörper, Ober- und Unterschenkeln und Füßen. Das heißt, zunächst muss das jeweilige Gewicht des Ober- und Unterkörpers im oberen Körperteil kombiniert werden, anschließend muss das Gewicht des Kopfes, des Halses, der Arme und Hände zum Gewicht des kombinierten Ober- und Unterkörpers hinzuaddiert werden.

Das Gewicht muss gleichmäßig auf alle Körperteile verteilt werden.

Die Maße der einzelnen Körperteile sind in Bild 1 angegeben.

Maße in mm

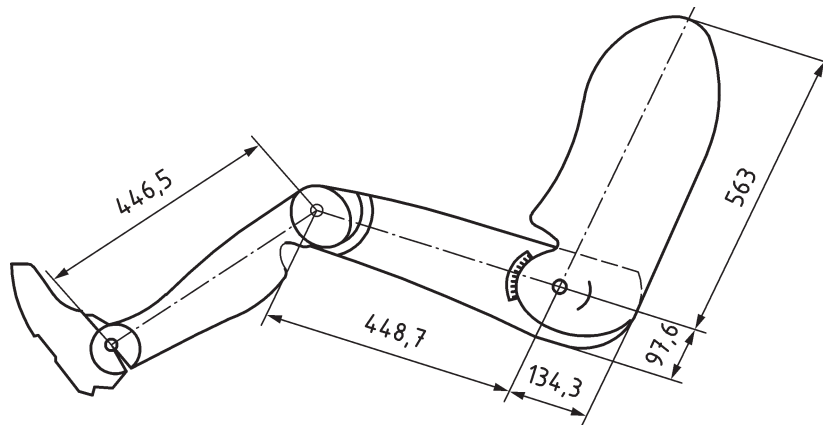


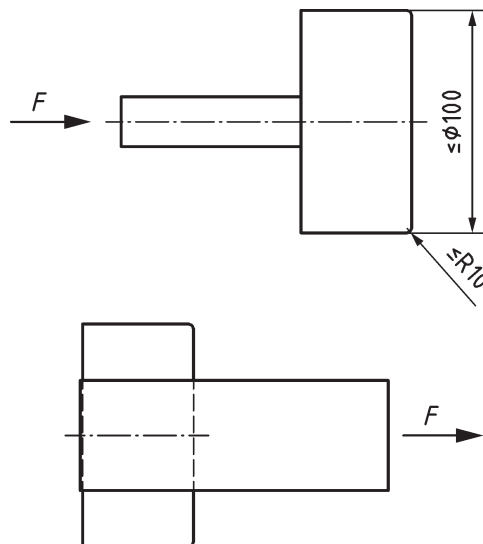
Bild 1 — Maße der Körperteile einer ATD

6.3 Belastungseinrichtungen

6.3.1 Belastungseinrichtung für aufgebrachte Lasten

Wenn möglich, sollte eine Belastungseinrichtung nach Bild 2 für die Prüfung in diesem Dokument verwendet werden. Die Belastungseinrichtung sollte aus einem runden starren Polster mit einem maximalen Durchmesser von 100 mm (Kantenradius 10 mm) bestehen. Sie kann in einigen Fällen zusammen mit einem Gurt verwendet werden.

Maße in mm



Legende

F Kraft

Bild 2 — Belastungseinrichtung für aufgebrachte Lasten

6.3.2 Belastungseinrichtung für Stoßbelastung

Wie in Bild 3 festgelegt, ist eine 9 kg schwere starre Vorrichtung aus Metall oder Kunststoff mit gleicher Gewichtsverteilung und einem maximalen Radius von 20 mm an jeder Kante zu verwenden.