

DIN EN 14165



ICS 49.140

**Raumfahrttechnik –
Überwachung des Rissfortschritts;
Deutsche Fassung EN 14165:2004**

Space engineering standards –
Fracture control;
German version EN 14165:2004

Ingénierie Spatiale –
Maîtrise de la rupture;
Version allemande EN 14165:2004

Gesamtumfang 37 Seiten

Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN

Nationales Vorwort

Die *European Cooperation for Space Standardization (ECSS)*, eine Einrichtung zur Erstellung eines kohärenten, einheitlichen Normenwerkes zur Anwendung in allen europäischen Raumfahrtprojekten, hat am 1996-11-13 vom *Europäischen Komitee für Normung (CEN)* das Mandat (M/237) erhalten, für den CEN-Subsector T02 „Aerospace“ Europäische Normen (EN) auszuarbeiten.

Aufgrund der zwischen ISO/TC 20/SC 14 „Raumfahrt“ und ECSS vereinbarten A-Liaison werden die Normungsprogramme dieser Partner abgestimmt und die Abstimmungsregeln gemäß Abschnitt 5.2 der Wiener Vereinbarung angewendet.

Die vorliegende Norm EN 14165:2003 wurde von CEN/CS T02 auf Basis der ECSS-E-30-01A erarbeitet und zum einstufigen Annahmeverfahren vorgelegt.

Deutsche Fassung

Raumfahrttechnik — Überwachung des Rissfortschritts

Space engineering standards — Fracture control

Ingénierie Spatiale — Maîtrise de la rupture

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 27. Februar 2004 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Abkürzungen	6
3.1 Begriffe.....	6
3.2 Abkürzungen	10
4 Allgemeine Anforderungen	11
5 Programm zur Überwachung des Rissfortschritts	12
5.1 Allgemeines	12
5.2 Zuständigkeit des Lieferanten	12
5.3 Ablaufplan	12
5.4 Reviews	13
5.4.1 Allgemeines	13
5.4.2 Sicherheitsreviews.....	14
6 Ermittlung und Beurteilung rissgefährdeter Bauteile (PCFIs)	15
6.1 Ermittlung von PCFIs.....	15
6.2 Beurteilung von PCFIs.....	15
6.2.1 Allgemeines	15
6.2.2 Bestimmung gefährdeter Stellen an einem PCFI.....	16
6.2.3 Schadenstolerantes Design	16
6.2.4 Klassifizierung.....	17
6.3 Konformität	17
6.3.1 Bauteile mit sicherer Lebensdauer (safe life)	17
6.3.2 Ausfallsichere Bauteile (fail safe).....	17
6.3.3 Einkapselte Teile	17
6.4 Anforderungen an die Dokumentation	17
6.4.1 Allgemeines	17
6.4.2 Dokumentation von Analyse und Test.....	20
7 Analyse der Bruchmechanik	21
7.1 Allgemeines	21
7.2 Analyse.....	21
7.2.1 Ermittlung der analytischen Lebensdauer	21
7.2.2 Berechnung der kritischen Rissgröße	23
8 Besondere Anforderungen	23
8.1 Unter Druck stehende Systeme	23
8.1.1 Allgemeines	23
8.1.2 Druckbehälter	23
8.1.3 Druckleitungen, Armaturen und Regler.....	26
8.1.4 Abgedichtete Behälter	26
8.2 Schweißverbindungen	26
8.3 Verbundwerkstoffe.....	27
8.4 Rotierende maschinelle Ausrüstung	27
8.5 Glas.....	27
8.6 Verbindungselemente.....	28
9 Allgemeine Anforderungen für die Materialauswahl	28

	Seite
10 Anforderungen an die Qualitätssicherung.....	29
10.1 Allgemeines	29
10.2 Fehler	29
10.3 Zerstörungsfreie Prüfung.....	29
10.3.1 Allgemeines	29
10.3.2 Prüfungskategorien und Anfangsrissgröße	29
10.4 Anforderungen an die Überprüfung.....	33
10.5 Rückverfolgbarkeit	34
10.5.1 Allgemeines	34
10.5.2 Anforderungen	34
11 Verkürztes Programm der Rissfortschrittsüberwachung.....	34
11.1 Allgemeines	34
11.2 Anforderungen	34

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14165:2004) wurde von CEN/CS erstellt.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2004, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2004 zurückgezogen werden.

Die Norm beruht auf einer früheren Version¹⁾, die von der ECSS-Arbeitsgruppe „Software Engineering“ erstellt, vom Technischen Ausschuss der ECSS geprüft und vom ECSS-Lenkungsgremium verabschiedet wurde. ECSS ist ein Gremium, in dem die Europäische Raumfahrtagentur ESA, nationale Raumfahrtagenturen sowie europäische Industrieverbände mit dem Ziel zusammenarbeiten, einheitliche Normen zu erstellen und zu pflegen.

Diese Norm gehört zu einer Reihe von ECSS-Normen, die sich auf das Management, die Technik (Engineering) und die Produktsicherung bei Projekten und Anwendungen der Raumfahrt beziehen.

Diese Norm legt Anforderungen in Form von Zielen fest, die zu erreichen sind, und nicht in Bezug auf die Organisation und Durchführung der erforderlichen Arbeiten. Dies ermöglicht es, bewährte Organisationsstrukturen und -verfahren beizubehalten und erlaubt gleichzeitig deren Weiterentwicklung, ohne dass die Normen überarbeitet werden müssen.

Diese Europäische Norm legt Anforderungen an die Überwachung des Rissfortschritts fest, die im Rahmen von Raumfahrtprogrammen zu beachten sind.

Bei der Erarbeitung dieser Norm wurde die Normenreihe ISO 9000 berücksichtigt.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1) ECSS-E-30-01A

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Anforderungen an die Überwachung des Rissfortschritts bei Raumfahrtssystemen fest.

Werden die Anforderungen dieser Norm erfüllt, so bedeutet dies gleichzeitig Erfüllung der für NASA-STs und ISS gültigen Anforderungen, die im NASA-Dokument NSTS 1700.7 (einschließlich ISS-Ergänzung) festgelegt sind. Da diese Norm und das NASA-Dokument NSTS 1700.7 (einschließlich ISS-Ergänzung) der Genehmigung durch unterschiedliche unabhängige Stellen unterliegen und im Hinblick auf mögliche Änderungen der Dokumente in der Zukunft, wird dem Anwender empfohlen, sich über den jeweils gültigen Stand zu informieren.

ANMERKUNG Die in dieser Norm verwendeten Begriffe beruhen auf der ECSS-Terminologie und werden in Abschnitt 3 definiert. In einigen Fällen unterscheidet sich die NASA-Terminologie von der ECSS-Terminologie. STS-spezifische Anforderungen und die zugehörige Terminologie werden entsprechend gekennzeichnet.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 13291:2003, *Raumfahrtproduktsicherung — Allgemeine Anforderungen — Teil 2: Qualitätssicherung*

EN 13291-3:2003, *Raumfahrtproduktsicherung — Allgemeine Anforderungen — Teil 3: Material, mechanische Teile und Prozesse*

EN 13701:2001, *Raumfahrtsysteme — Glossar*

EN 14097, *Luft- und Raumfahrt — Raumfahrtproduktsicherung — Nichtkonformitätskontrollsystem*

EN 14101, *Luft- und Raumfahrt — Kriterien für die Werkstoffwahl zur Vermeidung von Spannungsrisskorrosion*

EN ISO 14620-1, *Space systems — Safety requirements — Part 1: System safety (ISO 14620-1:2002)*

NAS-410, *Nondestructive testing personnel qualification and certification*

MIL-STD-1522A, *Standard general requirements for safe design and operation of pressurized missile and space systems*

MIL-I-6870, *Inspection program requirements, nondestructive, for aircraft and missile materials and parts*

MSFC-STD-1249, *Standard NDE guidelines and requirements for fracture control programs*

NSTS/ISS 13830, *Implementation Procedure for NSTS Payload System Safety Requirements*

NSTS 1700.7, *Safety Policy and Requirements for Payloads Using the Space Transportation System (STS)*

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in EN 13701:2001, EN 13291-3:2003 angegebenen und die folgenden Begriffe.

3.1.1

aggressive Umgebung

jede Kombination von einer Temperatur und flüssigen oder gasförmigen Stoffen, die das statische Risswachstum oder das Risswachstum durch Ermüdung gegenüber dem „normalen“ Verhalten bei Umgebungstemperatur im Labor verändern

3.1.2

zulässige Belastung

Belastung, die in einem Material die zulässige Spannung hervorruft

3.1.3

zulässige Spannung

größte bei einer bestimmten Einsatzumgebung in einem Material akzeptierte Spannung zur Verhinderung von Bruch, Zerstörung, ungünstiger Verformung oder unzulässigem Risswachstum

3.1.4

analytische Lebensdauer

analytisch ermittelte Lebensdauer, wie durch Analyse des Risswachstums oder Ermüdungsanalyse

3.1.5

Berstdruck

Druck, bei dem ein unter Druck stehendes System bricht oder zerstört wird

3.1.6

extreme Gefährdung

mögliche Risikosituation, die zum Tod, zu lebensgefährlichen Verletzungen oder dauerhafter Behinderung, zu Berufskrankheiten, zum Verlust eines Teils eines angekoppelten bemannten Flugsystems, zum Verlust von Startplatzeinrichtungen oder zu langfristigen die Umwelt schädigenden Einflüssen führen kann.

ANMERKUNG Für Nutzlasten von NASA-STS oder ISS gilt folgende Definition: „Risikosituation, die zur Verletzung von Personen, zum Verlust eines NASA-Orbiters, von Bodeneinrichtungen oder STS-Einrichtungen führen kann (siehe NSTS 1700.7, Absatz 302)“.

3.1.7

Einkapselung

Technik, die beim Ausfall eines Bauteils die Ausbreitung der Auswirkungen eines Fehlers über die Behältergrenzen hinaus verhindert

3.1.8

Riss oder rissartiger Fehler

Fehler in Form eines Risses, wie er beispielsweise bei der Herstellung des Materials, der Fertigung oder Prüfung eines Bauteils verursacht wurde oder sich während der Nutzung des Teils entwickelt hat

ANMERKUNG Der Begriff „Riss“ schließt hier Spalten, Einschlüsse, Poren und ähnliche Fehler ein.

3.1.9

Risslängenverhältnis

bei einem Anriss das Verhältnis der Risstiefe (a) zur halben Risslänge (c), d. h. a/c

3.1.10**Geschwindigkeit des Risswachstums** (da/dN , dc/dN , da/dt oder dc/dt)

Geschwindigkeit der Änderung der Risttiefe a oder -länge c als Funktion der Lastwechselzahl N oder der Zeit t

3.1.11**Verzögerung des Risswachstums**

Verringerung der Geschwindigkeit des Risswachstums aufgrund vorübergehender Überlastung des gerissenen Bauteils

3.1.12**kritische Gefährdung**

Risikosituation mit folgenden Ergebnissen:

- vorübergehende Behinderung oder vorübergehende Arbeitsunfähigkeit, jedoch keine lebensgefährliche Verletzung von Personen;
- Verlust oder starke Beschädigung des Flugsystems, von dessen Hauptbestandteilen oder von Bodeneinrichtungen;
- Verlust oder starke Beschädigung von öffentlichem oder privatem Eigentum oder kurzzeitige umweltschädliche Einflüsse.

3.1.13**kritischer Spannungsintensitätsfaktor (Bruchzähigkeit)**

Wert des Spannungsintensitätsfaktors an der Spitze eines Risses, bei dem ein ungleichmäßiges Fortschreiten eines Risses festzustellen ist

ANMERKUNG Dieser Wert wird auch als Bruchzähigkeit bezeichnet. Der Kennwert K_{Ic} ist die Bruchzähigkeit bei ebener Beanspruchung und eine dem Material eigene Eigenschaft. Bei anderen Spannungszuständen wird sie mit K_I bezeichnet. Bei einer Analyse der Bruchmechanik wird ein unmittelbar bevorstehender Ausfall angenommen, wenn der angesetzte Spannungsintensitätsfaktor seinen kritischen Wert, d. h. die Bruchzähigkeit, erreicht oder überschreitet.

3.1.14**Wechselbeanspruchung**

veränderliche Beanspruchung (oder veränderlicher Druck), die (der) durch die relative Größe von Belastung und Entlastung einer Struktur gekennzeichnet ist

ANMERKUNG Beispiele dafür sind Belastungen aufgrund des Einschwingverhaltens, schwingungsakustische Erregung, Vibrieren und schwingende oder sich hin- und herbewegende mechanische Teile.

3.1.15**Schadenstoleranz**

Maß für die Eigenschaft einer Struktur, bei der der während des Einsatzes erwartete allgemeine Qualitätsverlust oder der Umfang und die Verteilung örtlicher Fehler nicht zu einem Qualitätsverlust bis unter die festgelegte Leistungsgrenze führt

3.1.16**Fail safe (Ausfallsicherheit) (einer Struktur)**

Kategorie der Schadenstoleranz, für die die Struktur mit einer ausreichenden Redundanz bemessen und damit sichergestellt wird, dass der Ausfall eines Bauteils nicht den vollständigen Ausfall der gesamten Struktur nach sich zieht

3.1.17**Ausfall (einer Struktur)**

Bruch, Zerstörung, Fressen, übermäßiger Verschleiß oder jedes sonstige Ereignis, das zur Folge hat, dass eine Struktur Grenzwerten für Belastung, Druck und Umgebungsklima nicht standhält

3.1.18

Verbindungselement

Element zur Verbindung von Bauteilen und Übertragung von Lasten zwischen ihnen über einen Verbinder (siehe 3.1.23)

3.1.19

Ermüdung

Gesamtheit der durch Wechselbeanspruchung in bestimmter Umgebung verursachten irreversiblen Schäden an Material und Strukturen

ANMERKUNG Ermüdung kann Risse auslösen und erweitern, die dann die Festigkeit von Material und Struktur herabsetzen.

3.1.20

Bauteil mit durch Riss begrenzter Lebensdauer

Bauteil, das zur Erfüllung der Anforderungen an die sichere Lebensdauer (siehe 3.1.37) oder die Ausfallsicherheit (siehe 3.1.16) eine regelmäßige Überprüfung erfordert

3.1.21

Bruchzähigkeit

siehe 3.1.13

3.1.22

Anfangsrißgröße

größter durch zerstörungsfreie Prüfung ermittelter Riss, der für eine bruchmechanische Bewertung angenommen wird

3.1.23

Verbinder

Element zur Verbindung von Bauteilen und Übertragung von Lasten zwischen diesen

3.1.24

K_{Ic}

Bruchzähigkeit bei ebener Beanspruchung (siehe kritischer Spannungsintensitätsfaktor)

3.1.25

K_{Isc}

Schwellenwert der Spannungsintensität bei Spannungsrissskorrosion, d. h. Größtwert des Spannungsintensitätsfaktors für ein bestimmtes Material, bei dem in einer bestimmten Umgebung bei Dauerlast kein durch die Umgebung hervorgerufenen Risswachstum auftritt

3.1.26

K_{th}

Schwellenwert der Spannungsintensität bei dynamischer Belastung, d. h. Bereich der Spannungsintensität, unterhalb dessen bei Wechselbeanspruchung kein Risswachstum auftritt

3.1.27

Undichtheit vor dem Bersten

Begriff der Bruchmechanik, mit dem zum Ausdruck gebracht wird, dass beim größten Bemessungsdruck (siehe 3.1.31) ein Anfangsfehler durch die Wandung eines unter Druck stehenden Systems wächst und vor dem Bersten (extremer Ausfall) eine Undichtheit verursacht

3.1.28

Grenzbelastung oder Grenzspannung

größte Belastung oder Spannung, die in der vorgesehenen Einsatzumgebung auf eine Struktur einwirkt

3.1.29**Lastfall**

Bedingung, Ereignis, Umgebung oder Missionsphase, der die Nutzlast ausgesetzt wird und die (das) deren Beanspruchung bewirkt

3.1.30**Belastungsspektrum (-verlauf)**

Darstellung der gesamten statischen und dynamischen Beanspruchung, die für ein Bauteil während seiner Einsatzdauer erwartet werden

3.1.31**Größter Bemessungsdruck**

größtmöglicher durch Überdruck, den größten Regeldruck, die Höchsttemperatur oder Druckschwankungen hervorgerufener Druck in einem System

ANMERKUNG Für den größten Bemessungsdruck gelten Sicherheitsfaktoren.

3.1.32**Nutzlast**

jede(s) von einem Träger beförderte Einrichtung oder Material, die (das) nicht Teil des Trägers selbst ist

ANMERKUNG Zu Nutzlasten zählen Einheiten wie selbstfliegende automatische Raumfahrzeuge, unabhängige Versuchseinrichtungen und Messgeräte.

3.1.33**Nachweistest**

Test einer Flugzelle mit einer Prüflast oder einem Prüfdruck zum Nachweis einer den Anforderungen entsprechenden Verarbeitung und Materialgüte oder zur Ermittlung der Anfangsrisssgrößen in der Struktur

3.1.34**R**

Verhältnis der kleinsten zur größten mechanischen Spannung

3.1.35**Eigenspannung**

in der Struktur vorhandene Spannung infolge der Verarbeitung des Materials, der Herstellung oder früherer Belastung

3.1.36**rotierende maschinelle Ausrüstung**

rotierende mechanische Bauteile mit einer kinetischen Energie von mindestens 19 300 J

ANMERKUNG Dieser Wert wird aus der Gleichung $0,5 I \omega^2$ ermittelt. Dabei ist I das Trägheitsmoment (kg/m^2) und ω die Winkelgeschwindigkeit (rad/s).

3.1.37**Safe life (sichere Lebensdauer)**

Kategorie bei der Überwachung des Rissfortschritts, die beinhaltet, dass der größte unerkannte Riss in einem Bauteil nicht zu einem Ausfall führen darf, wenn das Teil einer Wechsel- oder Dauerbelastung in der während der Einsatzdauer vorliegenden Umgebung ausgesetzt wird

3.1.38**Einsatzdauer**

Zeitraum, der mit der Überprüfung eines Bauteils nach der Herstellung beginnt und mit dem Ende seiner festgelegten Lebensdauer endet

3.1.39**Statische Belastung (Spannung)**

Belastung (Spannung) konstanter Größe und Richtung in Bezug auf die Struktur

3.1.40

Spannungsrissskorrosion

Entstehung oder Fortschreiten eines Risses infolge des gleichzeitigen Einwirkens von Dauerspannungen, Materialeigenschaften und einer aggressiven Umgebung

3.1.41

Spannungsintensitätsfaktor (*K*)

in der Bruchmechanik verwendete Rechengröße als Maß der Intensität des Spannungsfeldes an der Spitze eines idealen Risses für eine bestimmte Rissgröße, einwirkende Spannung und Bauteilgeometrie (siehe 3.1.13)

3.1.42

Wärmebelastung (-spannung)

Belastung (oder Spannung) in der Struktur, die sich aus Temperaturunterschieden zwischen den Bauteilen, Baugruppen, Teilbaugruppen oder Baueinheiten und deren unterschiedlicher Wärmeausdehnung ergibt

3.1.43

Bruchfestigkeit

Festigkeit bei der größten Belastung oder Spannung, der eine Struktur ohne Risse oder ein nicht mit Fehlern behaftetes Material ohne Brechen oder Zerstörung standhalten kann

3.1.44

veränderliches Amplitudenspektrum

Belastungsspektrum oder -verlauf, dessen Amplitude sich zeitlich ändert

3.1.45

Streckgrenze

Festigkeit bei der größten Belastung oder Spannung, der eine Struktur ohne Risse oder ein nicht mit Fehlern behaftetes Material ohne dauerhafte Verformungen standhalten kann

3.2 Abkürzungen

In dieser Europäischen Norm gelten folgende Abkürzungen:

Abkürzung		Bedeutung
AR	(Acceptance Review)	Abnahmereview
ASME	(American Society of Mechanical Engineers)	American Society of Mechanical Engineers
CDR	(Critical Design Review)	Kritisches Designreview
DOT	(United States Department of Transportation)	US-Verkehrsministerium
DRD	(Document Requirements Definition)	Definition der Anforderungen an Dokumente
EFCB	(ESA Fracture Control Board)	Kommission für die Überwachung des Rissfortschritts bei der ESA
ESA	(European Space Agency)	Europäische Raumfahrtagentur
FCI	(Fracture Critical Item)	Rissgefährdetes Bauteil
FCIL	(Fracture Critical Item List)	Liste rissgefährdeter Bauteile
FLLI	(Fracture Limited Life Item)	Bauteil mit durch Riss begrenzter Lebensdauer
FLLIL	(Fracture Limited Life Items List)	Liste der Bauteile mit durch Riss begrenzter Lebensdauer
GSE	(Ground Support Equipment)	Bodendienstgeräte
ISS	(International Space Station)	Internationale Raumstation