

DIN EN 15129

ICS 91.120.25

Siehe jedoch Beginn der
Gültigkeit**Erdbebenvorrichtungen;
Deutsche Fassung EN 15129:2009**Anti-seismic devices;
German version EN 15129:2009Dispositifs anti-sismiques;
Version allemande EN 15129:2009

Gesamtumfang 171 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Beginn der Gültigkeit

Diese DIN-EN-Norm ist voraussichtlich vom 2010-08-01 an anwendbar.

Die CE-Kennzeichnung von Bauprodukten nach dieser DIN-EN-Norm in Deutschland kann erst nach der Veröffentlichung der Fundstelle dieser DIN-EN-Norm im Bundesanzeiger von dem dort genannten Termin an erfolgen.

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 15129:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 340 „Erdbebenvorrichtungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNI (Italien) gehalten wird.

Von deutscher Seite hat der NABau-Arbeitsausschuss NA 005-57-02 AA „Lager im Bauwesen (DIN 4141) (SpA CEN/TC 167 Lager im Bauwesen)“ die Arbeiten begleitet.

Für die in diesem Dokument zitierten Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 34-1	siehe	DIN ISO 34-1
ISO 48	siehe	DIN ISO 48
ISO 815	siehe	DIN ISO 815
ISO 898 (alle Teile)	siehe	DIN ISO 898 (alle Teile)

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 34-1, *Elastomere oder thermoplastische Elastomere — Bestimmung des Weiterreißwiderstandes — Teil 1: Streifen-, winkel- und bogenförmige Probekörper*

DIN ISO 48, *Elastomere und thermoplastische Elastomere — Bestimmung der Härte (Härte zwischen 10 IRHD und 100 IRHD)*

DIN ISO 815, *Elastomere — Bestimmung des Druckverformungsrestes bei Umgebungs-, erhöhten oder niedrigen Temperaturen*

DIN ISO 898, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl*

Deutsche Fassung

Erdbebenvorrichtungen

Anti-seismic devices

Dispositifs anti-sismiques

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 19. September 2009 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 des CEN 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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, 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: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe, Formelzeichen und Abkürzungen	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Formelzeichen	13
3.3 Abkürzungen	15
3.4 Liste der Vorrichtungen	16
4 Allgemeine Bemessungsregeln	18
4.1 Leistungsanforderungen und Nachweise zu deren Erfüllung	18
4.2 Einwirkungen auf Vorrichtungen	20
4.3 Konzeptioneller Entwurf der Vorrichtungen	20
4.4 Grundlegende Eigenschaften	21
4.5 Arbeitsgesetze	23
4.6 Bewertung von Erdbebenvorrichtungen	24
5 Starre Verbindungsvorrichtungen (en: Rigid Connection Devices — RCD)	24
5.1 Ständige Verbindungsvorrichtungen (en: Permanent Connection Devices — PCD)	25
5.2 Festhaltungen mit Sollbruchstelle (en: Fuse Restraints — FR)	25
5.3 Temporäre (dynamische) Verbindungsvorrichtungen (TCD)	27
6 Verschiebungsabhängige Vorrichtungen (en: Displacement Dependent Devices — DDD)	32
6.1 Allgemeines	32
6.2 Leistungsanforderungen	33
6.3 Werkstoffe	35
6.4 Prüfungen	36
7 Geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen	40
7.1 Funktionelle Anforderungen	40
7.2 Werkstoffeigenschaften	41
7.3 Bemessungsanforderungen	42
7.4 Prüfungen	43
8 Isolatoren	48
8.1 Allgemeine Anforderungen	48
8.2 Elastomere Isolatoren	49
8.3 Pendelgleiter	78
8.4 Flachgleiter	95
9 Kombinationen von Vorrichtungen	95
9.1 Anforderungen	95
9.2 Werkstoffe	96
9.3 Bemessung	96
9.4 Prüfung	97
10 Beurteilung der Konformität	98
10.1 Allgemeines	98
10.2 Erstprüfung	98
10.3 Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)	103
11 Einbau	108
12 Inspektion während des Betriebes	108
12.1 Allgemeine Anforderungen	108
12.2 Regelmäßige Kontrolle	108
12.3 Hauptprüfung	108

Anhang A (informativ) Erläuterung zu Abschnitt 1: Anwendungsbereich	110
Anhang B (informativ) Erläuterung zu Abschnitt 4: Allgemeine Regelungen	111
B.1 Nutzungsdauer einer Vorrichtung	111
B.2 Grundlegende Anforderungen	111
B.3 Zuverlässigkeitsunterscheidung	111
B.4 Erhöhte Zuverlässigkeit	111
B.5 Anforderungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)	112
B.6 Anforderungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS)	112
B.7 Tragwerksberechnung	112
B.8 Werkstoffeigenschaften	113
B.9 Rückzentrierungsvermögen	113
Anhang C (informativ) Erläuterungen zu Abschnitt 5: Starre Verbindungsvorrichtungen (Rigid connection devices — RCD)	115
C.1 Funktionelle Anforderungen	115
C.2 Werkstoffeigenschaften	116
C.3 Bemessungsanforderungen	116
C.4 Prüfungen	117
Anhang D (informativ) Erläuterungen zu Abschnitt 6: Verschiebungsabhängige Vorrichtungen (Displacement Dependent Devices — DDD)	121
D.1 Kategorien von nichtlinearen Vorrichtungen (NLD)	121
D.2 Beispiele linearer Vorrichtungen — Elastomere schub-gedehnte Vorrichtungen	123
D.3 Beispiele nichtlinearer Vorrichtungen	123
Anhang E (informativ) Erläuterungen zu Abschnitt 7: Geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen (Velocity Dependent Devices)	125
E.1 Funktionelle Anforderungen	125
E.2 Bemessungsanforderungen	127
E.3 Prüfungen	128
Anhang F (informativ) Erläuterungen zu Abschnitt 8: Isolatoren	133
F.1 Alterungsbedingungen für elastomere Isolatoren	133
F.2 Kristallisation bei niedriger Temperatur	133
F.3 Erläuterungen zu den Bemessungsgrundlagen	134
F.4 Bestimmung der Rückstell-Steifigkeit für Pendel- und Flachgleiter durch Prüfungen	137
Anhang G (normativ) Ausrüstung für kombinierten Druck und Schub	138
G.1 Allgemeine Anforderungen	138
G.2 Datenerfassung	138
G.3 Kombinierte Druck- und Schubeinrichtung	138
G.4 Krafteinleitungsplatten	139
G.5 Datenauswertung	140
Anhang H (informativ) Bemessung der Verbindungen für Vorrichtungen	141
H.1 Elastomere Isolatoren	141
H.2 Gleiter	141
Anhang I (informativ) Verfahren zur Berechnung der Druckverteilung auf kugelkalottenförmigen Oberflächen	143
I.1 Allgemeines	143
I.2 Modellannahmen	143
I.3 Auswirkungen vertikaler Lasten	143
I.4 Auswirkungen horizontaler Lasten	145
I.5 Kombinierte Lasten	145
Anhang J (informativ) λ-Faktoren für übliche Isolatorentypen	147
J.1 $\lambda_{\max}$ -Werte für Elastomerlager	147
J.2 $\lambda_{\max}$ -Werte für gleitende Isolatoreinheiten	148

Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den
 grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 150

ZA.1 Anwendungsbereich und maßgebende Eigenschaften.....150

ZA.2 Verfahren der Konformitätsbescheinigung von Erdbebenvorrichtungen 157

ZA.3 CE-Kennzeichnung und Etikettierung 161

Literaturhinweise 169

Vorwort

Dieses Dokument (EN 15129:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 340 „Erdbebenvorrichtungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2011 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EG-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EG-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm regelt die Bemessung von Vorrichtungen, die zur Milderung der Erdbeben-einwirkung in Tragwerke eingebaut werden. Sie legt funktionelle Anforderungen und allgemeine Bemessungs-grundsätze für den Erdbebenfall, Werkstoffeigenschaften, Anforderungen an Herstellung und Prüfung, Beurteilung der Konformität sowie Anforderungen an Einbau und Instandhaltung fest. Diese Europäische Norm regelt die Typen von Vorrichtungen und Kombinationen daraus wie sie in 3.4 definiert sind.

ANMERKUNG Zusätzliche Informationen, den Anwendungsbereich dieser Norm betreffend, werden in Anhang A gegeben.

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 1090-2, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken*

EN 1337, (alle Teile), *Lager im Bauwesen*

EN 1990:2002, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1998 (alle Teile), *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

EN 10025 (alle Teile), *Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen*

EN 10083 (alle Teile), *Vergütungsstähle*

EN 10088 (alle Teile), *Nichtrostende Stähle*

EN 10204:2004, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN ISO 4287, *Geometrische Produktspezifikationen (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren — Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit (ISO 4287:1997)*

EN ISO 4526, *Metallische Überzüge — Galvanische Nickelüberzüge für technische Zwecke (ISO 4526:2004)*

EN ISO 6158, *Metallische Überzüge — Galvanische Chromüberzüge für technische Zwecke (ISO 6158:2004)*

ISO 34 (alle Teile), *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Bestimmung des Weiterreißwiderstandes*

ISO 37, *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of tensile stress-strain properties*

ISO 48, *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD)*

ISO 188, *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Accelerated ageing and heat resistance tests*

ISO 815, (alle Teile) *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of compression set*

ISO 898, (alle Teile) *Mechanical properties of fasteners*

ISO 1083, *Spheroidal graphite cast iron — Classification*

ISO 3755, *Cast carbon steels for general engineering purposes*

ISO 4664 (alle Teile), *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of dynamic properties*

3 Begriffe, Formelzeichen und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG In dieser Europäischen Norm sind Druckkräfte, -spannungen und -dehnungen positiv definiert.

3.1.1

Aktivierungsgeschwindigkeit

Geschwindigkeit, bei der eine Stoß-Übertragungs-Einheit (en: Shock Transmission Unit — STU) mit ihrer Bemessungskraft reagiert

3.1.2

axiale Kraft N_{ed} , die unter der Einwirkung des Bemessungserdbebens auf eine Vorrichtung wirkt

Der größte Wert während der Einwirkung wird als $N_{Ed,max}$ bezeichnet und der kleinste Wert als $N_{Ed,min}$. Der kleinste Wert der Einwirkung, die auf eine Vorrichtung einwirkt, darf eine Zugeinwirkung sein.

3.1.3

Kernelement

Bestandteil einer linearen Vorrichtung (en: Linear Device — LD) oder einer nichtlinearen Vorrichtung (en: Non Linear Device — NLD), auf dem der Mechanismus, der das Verhalten der Vorrichtung bestimmt, gründet

ANMERKUNG Die Kernelemente einer linearen oder einer nichtlinearen Vorrichtung sind diejenigen Bauteile der Vorrichtung, die diese mit Flexibilität, Energiedissipations- oder Rückzentrierungsvermögen oder anderen mechanischen Eigenschaften ausstatten, die die Anforderungen an eine lineare oder eine nichtlineare Vorrichtung erfüllen. Beispiele für Kernelemente sind Stahlplatten oder -stäbe, Drähte oder Stäbe aus Formgedächtnislegierung oder Elastomerelemente.

3.1.4

Bemessungsverschiebung d_{bd} (einer Vorrichtung)

Gesamtverschiebung (auf Grund sowohl von Translation als auch Rotation um die vertikale Achse des Isolationssystems), der eine Vorrichtung unterzogen wird, wenn das Tragwerk allein dem Bemessungserdbeben nach EN 1998-1 ausgesetzt wird

3.1.5

Bemessungsverschiebung eines Isolationssystems in einer Hauptrichtung d_{cd}

horizontale Verschiebung im effektiven Steifigkeitszentrum, die unter alleiniger Einwirkung des Bemessungserdbebens entsteht

3.1.6

(größte) Verschiebung einer Vorrichtung in einer Hauptrichtung d_{Ed}

für eine Vorrichtung in einer Brücke ist d_{Ed} gleich d_{max} , der größten horizontalen Gesamtverschiebung an der Einbauposition der Vorrichtung einschließlich aller Einwirkungen und der Anwendung des Zuverlässigkeitsfaktors nach EN 1998-2:2005, 7.6.2 (2)P auf d_{bd}

Für Vorrichtungen in anderen Bauwerken ist d_{Ed} gleich $\gamma_x d_{bd}$, der um den Zuverlässigkeitsfaktor erhöhten Bemessungsverschiebung.

3.1.7

Bemessungskraft V_{bd} (einer Vorrichtung)

Kraft (oder Moment), zugehörig zu d_{bd}

3.1.8

Vorrichtungen

Bauteile, die zur Änderung der Erdbebenantwort eines Tragwerks durch Isolation, durch Energiedissipation oder durch Erzeugung ständiger oder temporärer Festhaltungen beitragen. Die betrachteten Vorrichtungen sind in den verschiedenen Abschnitten dieser Europäischen Norm beschrieben.

3.1.9

Duktilitätsanforderung (einer Vorrichtung)

die Verformungs-Duktilitätsanforderung bezieht sich auf den theoretischen bilinearen Zyklus und ist als d_{bd}/d_1 definiert (siehe 3.1.4 und 3.1.44)

ANMERKUNG Die Duktilitätsanforderung ist ein nützlicher Parameter, um die Plastizitätsanforderung einer Vorrichtung zur Energiedissipation (en: Energy Dissipating Device — EDD) auf Basis der Werkstoffhysterese einzuordnen (siehe 3.1.17).

3.1.10

effektive Dämpfung (einer Vorrichtung) ξ_{effb}

Wert der effektiven viskosen Dämpfung, der zu der durch die Vorrichtung dissipierten Energie während der zyklischen Antwort bei der gesamten Bemessungsverschiebung gehört:

$$\xi_{\text{effb}} = W(d_{bd}) / (2\pi V_{\text{Ebd}} d_{bd}) \quad (1)$$

Dabei ist

$W(d_{bd})$ die tatsächlich von einer Vorrichtung während des dritten Lastzyklus mit der maximalen Verschiebung d_{bd} dissipierte Energie

ANMERKUNG ξ_{effb} wird zur einfachen Charakterisierung des Verhaltens einer jeglichen Vorrichtung eingeführt. Es kann nicht in den analytischen Berechnungen der Tragwerksantwort benutzt werden, es sei denn, diese kann als lineare Berechnung ausgeführt werden und alle Vorrichtungen haben die gleiche Dämpfung und Steifigkeit in der betrachteten Richtung. Falls verschiedene Vorrichtungen benutzt werden, ist die gesamte effektive Dämpfung des Isolationssystems zu verwenden.

3.1.11

effektive Periode T_{eff}

im Falle der Erdbebenisolation verschiebt sich die Periode eines Systems mit einem Freiheitsgrad in der betrachteten Richtung, dabei hat das System die Masse des Überbaus und die Steifigkeit ist gleich der effektiven Steifigkeit des Isolationssystems

3.1.12

effektive Steifigkeit einer Vorrichtung in einer Hauptrichtung K_{effb}

Verhältnis zwischen dem Wert der gesamten durch die Vorrichtung übertragenen Horizontalkraft und dem Anteil der gesamten Bemessungsverschiebung in derselben Richtung, dividiert durch den Absolutwert der gesamten Bemessungsverschiebung (Sekantensteifigkeit)

$$K_{\text{effb}} = V_{\text{Ebd}} / d_{bd} \quad (2)$$

ANMERKUNG K_{effb} wird zur einfachen Charakterisierung des Verhaltens einer Vorrichtung eingeführt. Es kann nicht in den analytischen Berechnungen der Tragwerksantwort benutzt werden, es sei denn, diese kann als lineare Berechnung ausgeführt werden und alle Vorrichtungen haben die gleiche Dämpfung und Steifigkeit in der betrachteten Richtung. Falls verschiedene Vorrichtungen benutzt werden, ist die gesamte effektive Dämpfung des Isolationssystems zu verwenden werden.

3.1.13

effektive Steifigkeit eines Isolationssystems in einer Hauptrichtung K_{eff}

Summe der effektiven Steifigkeit der in der Isolationsebene angeordneten Vorrichtungen

3.1.14

effektives Steifigkeitszentrum

Steifigkeitszentrum eines Isolationssystems, unter Berücksichtigung der effektiven Steifigkeit der Vorrichtungen

3.1.15

Energiedissipationsbemessung

Bemessungsansatz, bei dem mechanische Elemente an bestimmten Stellen des Tragwerks eingesetzt werden, um die Energie zu dissipieren, die durch ein Erdbeben in das Tragwerk eingetragen wird

3.1.16

Energiedissipationsvermögen

Fähigkeit einer Vorrichtung, Energie während der Last-Verschiebungs-Zyklen zu dissipieren

3.1.17

Energie dissipierende Vorrichtung (en: Energy Dissipating Device — EDD)

Vorrichtung, die ein großes Energiedissipationsvermögen besitzt, das heißt, die einen großen Anteil der Energie, die sie während der Belastungsphase aufgenommen hat, dissipiert. Nach der Entlastung zeigt sie üblicherweise eine große bleibende Verschiebung. Eine Vorrichtung wird als Energie dissipierende Vorrichtung eingestuft, wenn die effektive viskose Dämpfung ξ größer als 15 % ist

3.1.18

Steifigkeit K_1 des ersten Belastungsastes einer nichtlinearen Vorrichtung (en: Non Linear Device — NLD)

die Anfangssteifigkeit einer nichtlinearen Vorrichtung (NLD) ist definiert als die Sekantensteifigkeit zwischen den Punkten, die zu den Kräften $V_{Ebd}/10$ und $V_{Ebd}/5$ gehören:

$$K_1 = (V_{Ebd}/5 - V_{Ebd}/10) / [d(V_{Ebd}/5) - d(V_{Ebd}/10)] \quad (3)$$

ANMERKUNG Bei degressiven Vorrichtungen wird K_1 als Anfangssteifigkeit oder elastische Steifigkeit bezeichnet.

3.1.19

viskoser Flüssigkeitsdämpfer (en: Fluid Viscous Damper — FVD)

Erdbebenvorrichtung, deren Reaktion eine axiale Kraft ist, die nur von der aufgeprägten Geschwindigkeit abhängt; ihr Funktionsprinzip besteht in der Ausnutzung der Reaktionskraft einer zähen Flüssigkeit, die gezwungen wird, durch ein Öffnungs- und/oder Ventilsystem zu strömen

3.1.20

Feder-Flüssigkeitsdämpfer (en: Fluid Spring Damper — FSD)

Erdbebenvorrichtung, deren Reaktion eine axiale Kraft ist, die sowohl von der aufgeprägten Geschwindigkeit als auch dem aufgeprägten Hub abhängt; ihr Funktionsprinzip besteht in der Ausnutzung der Reaktionskraft einer zähen Flüssigkeit, die gezwungen wird, durch ein Öffnungs- und Ventilsystem zu strömen und gleichzeitig einem zunehmenden Druck ausgesetzt ist

3.1.21

progressive Vorrichtungen (en: Hardening Device — HD)

nichtlineare Vorrichtung (NLD), deren effektive Steifigkeit K_{effb} und deren Steifigkeit K_2 im zweiten Belastungsast größer sind als die Steifigkeit K_1 im ersten Belastungsast

3.1.22

Festhaltung mit hydraulischer Sollbruchstelle (en: Hydraulic Fuse Restraint — HFR)

Festhaltungen mit hydraulischer Sollbruchstelle sind Festhaltung mit Sollbruchstelle (Sacrificial (Fuse) Restraint — SR), deren Verhalten in Wirklichkeit hydraulisch bestimmt ist und von der Öffnung von Überdruckventilen abhängt

3.1.23

Steifigkeit K_1 einer linearen Vorrichtung (en: Linear Device — LD)

die Steifigkeit einer linearen Vorrichtung ist definiert als die Sekantensteifigkeit zwischen den Punkten, die zu den Kräften $V_{Ebd}/10$ und $V_{Ebd}/5$ gehören:

$$K_1 = (0,2V_{bd} - 0,1V_{bd}) / [d(0,2V_{bd}) - d(0,1V_{bd})] \quad (4)$$

ANMERKUNG Die Auswertung von K_1 als Sekantensteifigkeit ist wegen der Schwierigkeit, im Koordinatenursprung eine Tangente an eine experimentell ermittelte Kurve zu legen, gerechtfertigt.

3.1.24

Isolationssystem

Ansammlung von Vorrichtungen, die zur Erdbeenisolation verwendet werden

3.1.25

Isolationsebene

Ebene, die im Fall der Erdbeenisolation den Unterbau vom Überbau trennt und in der das Isolationssystem angeordnet ist

3.1.26

Isolator

Vorrichtung, die über die Eigenschaften verfügt, die für die Erdbeenisolation benötigt werden, nämlich die Fähigkeit das Eigengewicht des Überbaus zu tragen und die Fähigkeit Querverschiebungen zu ermöglichen. Isolatoren können auch für Energiedissipation sorgen und zum Rückzentrierungsvermögen des Isolationssystems beitragen.

ANMERKUNG In EN 1998-2 kann Isolator auch die Vorrichtungen bezeichnen, die zu einem Isolationssystem gehören, unabhängig davon, ob sie Gewichtskräfte abtragen oder nicht.

3.1.27

lineare Vorrichtung (en: Linear Device — LD)

Erdbeenvorrichtung, die durch eine lineare oder annähernd lineare Last-Verschiebungs-Beziehung bis zum Erreichen der Verschiebung d_{bd} charakterisiert ist, mit einem stabilen Verhalten unter einer großen Anzahl von Zyklen und weitgehender Unabhängigkeit von der Geschwindigkeit. Nach der Entlastung zeigt sie keine bleibende Verschiebung. Selbst wenn Energiedissipation in der Vorrichtung stattfindet, müssen bleibende Verschiebungen vernachlässigbar sein und in jedem Fall kleiner als 2 % der maximalen Verschiebung.

ANMERKUNG Bei visko-elastischen Vorrichtungen können bleibende Verschiebungen nach einigen Stunden teilweise oder völlig zurückgehen. In diesem Fall sollte die letztendlich bleibende Verschiebung betrachtet werden.

3.1.28

Festhaltung mit mechanischer Sollbruchstelle (en: Mechanical Fuse Restraint — MFR)

Festhaltung mit Sollbruchstelle, deren Verhalten durch den Bruch von Bauteilen mit Sollbruchstelle bestimmt ist

3.1.29

nichtlineare Vorrichtung (en: Non Linear Device — NLD)

Erdbeenvorrichtung, die durch eine nichtlineare Last-Verschiebungs-Beziehung charakterisiert ist, mit einem stabilen Verhalten unter einer geforderten Anzahl von Zyklen und weitgehender Unabhängigkeit von der Geschwindigkeit. Eine Vorrichtung wird als nichtlinear eingestuft, wenn entweder ξ_{effb} größer als 15 % ist oder das Verhältnis $|K_{effb} - K_1|/K_1$ größer als 20 % ist, wobei ξ_{effb} und K_{effb} im dritten Zyklus mit der maximalen Verschiebung d_{bd} ermittelt werden

3.1.30

nichtlineare elastische Vorrichtung (en: Non Linear Elastic Device — NLED)

nichtlineare Vorrichtung (NLD), die üblicherweise einen vernachlässigbaren Anteil der in der Belastungsphase aufgenommenen Energie dissipiert. Die bleibende Verschiebung in Ruhe nach der Entlastung muss vernachlässigbar sein. Eine Vorrichtung wird als nichtlineare elastische Vorrichtung (NLED) eingestuft, wenn ξ_{effb} kleiner als 15 % ist während das Verhältnis $|K_{effb} - K_1|/K_1$ größer als 20 % ist.

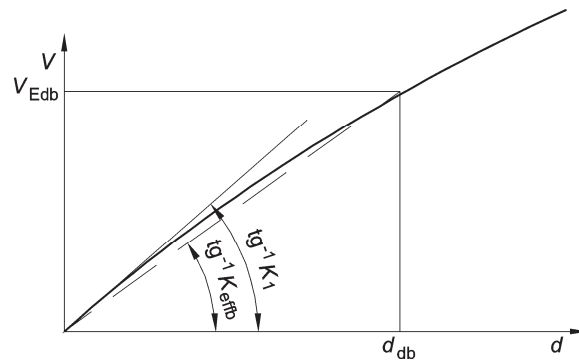


Bild 1 — Anfangssteifigkeit und effektive Steifigkeit einer linearen Vorrichtung (LD)

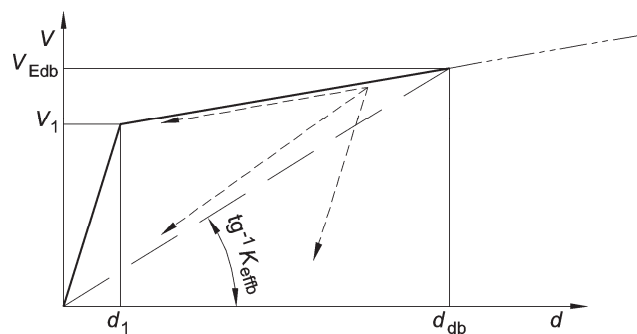


Bild 2 — Effektive Steifigkeit einer nichtlinearen Vorrichtung (NLD)

3.1.31

ständige Verbindungsvorrichtung (en: Permanent Connection Device — PCD)

Vorrichtung, die eine ständige Festhaltung in einer oder zwei horizontalen Richtungen bildet und Verdrehungen und vertikale Verschiebungen ermöglicht, das heißt, sie überträgt keine Biegemomente und Vertikalkräfte; die Vorrichtung, die Bewegungen nur in einer horizontalen Richtung verhindert, wird als „einachsige bewegliche Verbindungsvorrichtung (Moveable Connection Device)“ bezeichnet, während die Vorrichtung, die Bewegungen in zwei horizontalen Richtungen verhindert, als „feste Verbindungsvorrichtung (Fixed Connection Device)“ definiert wird.

ANMERKUNG Unter bestimmten Umständen darf von den oben genannten Vorrichtungen gefordert werden, in einer gegen die Horizontale geneigten Ebene zu arbeiten. In diesem Fall nehmen die Begriffe „vertikal“ und „horizontal“ die entsprechende Bedeutung an.

3.1.32

starre Verbindungsvorrichtung (en: Rigid Connection Device — RCD)

Vorrichtung, die zwei Bauteile des Tragwerks miteinander verbindet, ohne Biegemomente und Vertikalkräfte zu übertragen; diese Kategorie der Vorrichtungen schließt ständige Verbindungsvorrichtungen (Permanent Connection Device — PCD, siehe 5.1), Festhaltungen mit Sollbruchstelle (Fuse Restraint — FR, siehe 5.2) und temporäre Verbindungsvorrichtungen (Temporary Connecting Device — TCD, siehe 5.3) mit ein.

3.1.33

Festhaltung mit Sollbruchstelle (en: Fuse Restraint — FR)

Vorrichtung, die unterhalb einer bestimmten voreingestellten Kraftschwelle (Bruchkraft), jegliche Relativbewegung zwischen den verbundenen Teilen verhindert, während es Bewegung erlaubt, nachdem die vorgenannte Schwelle überschritten wurde.

3.1.34

Steifigkeit K_2 im zweiten Belastungsast

Parameter, der sich auf den theoretischen bilinearen Zyklus bezieht und definiert ist als (siehe Bild 2):

$$K_2 = [V_{\text{Ebd}} - V_{(0,5 \cdot d_{\text{bd}})}] / (0,5 \cdot d_{\text{bd}}) \quad (5)$$

Dabei ist

$V_{(0,5 \cdot d_{\text{bd}})}$ die Kraft, die zu $(0,5 \cdot d_{\text{bd}})$ im dritten Zyklus der Prüfung gehört.

ANMERKUNG 1 Die Gleichung erhält man durch die Auswertung der Steifigkeit im zweiten Belastungsast als Sekantensteifigkeit bezogen auf die Verschiebungen $0,5 \cdot d_{\text{bd}}$ und d_{bd} .

ANMERKUNG 2 K_2 wird oft als nach-elastische Steifigkeit bezeichnet, wenn man mit degressiven Vorrichtungen umgeht.

3.1.35

Erdbebenisolation

Entwurfsansatz, in dem geeignete Mechanismen (Isolationssysteme) in einer bestimmten Ebene des Tragwerks vorgesehen werden, um den Teil des Tragwerks, der über dieser Ebene liegt, zu entkoppeln, um dadurch die Antwort Tragwerks und seines Inhalts im Falle eines Erdbebens zu mildern

3.1.36

Nutzungsdauer einer Vorrichtung

Dauer, über die von einer Vorrichtung erwartet wird, innerhalb ihrer festgelegten Parameter zu funktionieren. Der Wert wird so angenommen, wie er in den technischen Spezifikationen des Projektes, basierend auf den von den Herstellern abgegebenen Erklärungen, angegeben ist.

ANMERKUNG Zusätzliche Information zur Nutzungsdauer ist im informativen Anhang B gegeben.

3.1.37

Stoß-Übertragungs-Einheit (en: Shock-Transmission Unit — STU)

Vorrichtung, deren Reaktion eine axiale Kraft ist, die von der aufgeprägten Geschwindigkeit abhängt; ihr Funktionsprinzip besteht in der Ausnutzung der Reaktionskraft einer zähen Flüssigkeit, die gezwungen wird, durch eine Öffnung zu strömen, um bei dynamischer Belastung eine große Reaktionskraft bereitzustellen, während für Lasten, die mit niedriger Geschwindigkeit aufgebracht werden, die Reaktionskraft vernachlässigbar ist

3.1.38

degressive Vorrichtung (en: Softening Device — SD)

nichtlineare Vorrichtung (NLD), deren Sekantensteifigkeit K_{effb} und deren Steifigkeit K_2 im zweiten Belastungsast kleiner sind als die Steifigkeit K_1 im ersten Belastungsast

3.1.39

statisch rückzentrierende Vorrichtung (en: Statically Re-centring Device — StRD)

Energie dissipierende Vorrichtung (Energy Dissipating Device — EDD), deren zyklische Kraft-Verschiebungskurve im dritten Zyklus durch den Koordinatenursprung oder sehr nahe daran vorbei geht, mit einer Entfernung, die nicht größer als $0,1 d_{\text{bd}}$ ist

3.1.40

Unterbau

im Falle der Erdbebenisolation der Teil des Tragwerks, der unter der Isolationsebene angeordnet ist und mit der Gründung fest verbunden ist

3.1.41

Überbau

im Falle der Erdbebenisolation der Teil des Tragwerks, der isoliert ist und über der Isolationsebene angeordnet ist

3.1.42

ergänzende rückzentrierende Vorrichtung (en: Supplemental Re-centring Device — SuRD)

Vorrichtung, deren zyklische Kraft-Verschiebungs-Kurve im dritten Zyklus durch den Koordinatenursprung oder sehr nahe daran vorbei geht, und die beim Entlasten für eine kleine Verschiebung ($0,1 d_{bd}$) eine Kraft von mindestens $0,1 V_{Ebd}$ erzeugt

ANMERKUNG Die ergänzende Kraft $> 0,1 V_{Ebd}$ hat den Sinn der Auswirkung von ungewollten nicht konservativen Kräften (zum Beispiel Reibung in anderen Vorrichtungen, Fließen in Bauteilen des Tragwerks usw.) oder anderen Energie dissipierenden nicht rückzentrierenden Vorrichtungen entgegenzuwirken, um das gesamte Tragwerk mit einem übergreifenden Rückzentrierungsvermögen auszustatten. Die ergänzende Kraft wird entsprechend der Rückzentrierungsanforderungen des Tragwerks angeglichen.

3.1.43

temporäre Verbindungsvorrichtung (en: Temporary Connecting Device — TCD)

Erdbebenvorrichtung deren Reaktion eine Kraft ist, die von der aufgeprägten Geschwindigkeit abhängt; ihr Funktionsprinzip besteht aus einem System, das bei dynamischer Aktivierung die geforderte Reaktionskraft bereitstellt, während es für langsam aufgebrachte Bewegungen eine untergeordnete Reaktionskraft bereitstellt

3.1.44

theoretischer bilinearer Zyklus einer nichtlinearen Vorrichtung (NLD)

wird üblicherweise definiert, um die maßgebenden mechanischen Eigenschaften einer nichtlinearen Vorrichtung (NLD) durch die Steifigkeitswerte im ersten und zweiten Belastungsast und durch die folgenden Parameter zu beschreiben:

d_1 = Abszisse des Schnittpunktes der Ursprungsgeraden mit der Steifigkeit K_1 und der Geraden durch (d_{bd} , V_{Ebd}) mit der Steifigkeit K_2 im dritten Prüfbelastungszyklus einer quasistatischen Prüfung;

V_1 = Ordinate des Schnittpunktes der Ursprungsgeraden mit der Steifigkeit K_1 und der Geraden durch (d_{bd} , V_{Ebd}) mit der Steifigkeit K_2 im dritten Prüfbelastungszyklus einer quasistatischen Prüfung;

V_{Ebd} = zu d_{bd} gehörende Kraft, die im dritten Belastungszyklus während einer quasistatischen Prüfung erreicht wird

3.2 Formelzeichen

ANMERKUNG Die Liste im Anschluss beinhaltet die meisten Formelzeichen. Andere sind im Text an der Stelle ihres ersten Auftretens definiert.

3.2.1 Lateinische Großbuchstaben

A	Fläche	m^2
F	Last, Kraft, die auf eine Vorrichtung wirkt	MN
G	Schubmodul	MPa
M	Moment, Biegemoment	MN · m
N	Axialkraft, axiale Kraft	MN
V	Schubkraft	MN
R	Widerstand	MPa
S	einwirkende Kraft, einwirkendes Moment, Formfaktor	MN, MN · m
T	Temperatur, Gesamtdicke	°C, mm
E	Modul, Energie	GPa, MJ
K	Steifigkeit einer Vorrichtung	MN/m

3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben

a	Beschleunigung, Länge	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, m
b	Länge	m
d	Verschiebung (Translation oder Rotation) einer Vorrichtung	m
f	Festigkeit, Frequenz	MPa, Hz
t	Dicke einer Schicht, Toleranz, Zeit	mm, s
x, y	horizontale Koordinaten	
z	vertikale Koordinaten	

3.2.3 Griechische Buchstaben

α	Temperaturausdehnungskoeffizient, Rotationswinkel	$^{\circ}\text{C}$, rad
γ	Teilsicherheitsbeiwert, Überfestigkeitsfaktor, Zuverlässigkeitsfaktor	
ξ	effektives viskoses Dämpfungsmaß	
ε	Dehnung	
μ	Reibbeiwert	

3.2.4 Indizes

a	wirklich/tatsächlich
b	Lager im Bauwesen oder Vorrichtung
c	Druck
cr	kritisch
d	Bemessungswert
e	Elastomer
eff	effektiv, entsprechender Wert bei Bemessungsverschiebung
el	elastisch
h	horizontal
i	i-ter Zyklus, i-tes Element (generisch)
in	Anfangswert
k	charakteristisch
max	maximal, Maximum
min	minimal, Mindest-, Minimum
res	bleibend
s	Stahl
sc	Sekante
u	Grenzzustand
v	vertikal, Geschwindigkeit
x	horizontale Koordinate, erhöhte Zuverlässigkeit
y	horizontale Koordinate
z	vertikale Koordinate
E	bezogen auf die Erdbebensituation

I	Bedeutung
L	untere Grenze des Nutzungsbereichs
M	Werkstoff-... (Material-...)
R	Widerstandswert
S	einwirkender Wert
U	obere Grenze des Nutzungsbereichs
1	vereinbarte elastische Grenze, erster Belastungsast im theoretischen bilinearen Zyklus einer nichtlinearen Vorrichtung (NLD)
2	Bemessungsverschiebung und -kraft, zweiter Belastungsast im theoretischen bilinearen Zyklus einer nichtlinearen Vorrichtung (NLD)
3	dritter Zyklus
ϕ	auf Biegung bezogen

3.3 Abkürzungen

DP	Bemessungseigenschaften
DRD	dynamisch rückzentrierende Vorrichtung (Dynamically Re-centring Device)
DSC	Differential Scanning Calorimeter
EDD	Energie dissipierende Vorrichtung (Energy Dissipating Device)
FPC	werkseigene Produktionskontrolle (WPK)
FR	Festhaltung mit Sollbruchstelle (Fuse Restraint)
FSD	Feder-Flüssigkeitsdämpfer (Fluid Spring Damper)
FVD	Viskoser Flüssigkeitsdämpfer (Fluid Viscous Damper)
HD	progressive Vorrichtung (Hardening Device)
HDRB	stark dämpfendes Elastomerlager (High Damping Rubber Bearing)
HFR	Festhaltung mit hydraulischer Sollbruchstelle (Hydraulic Fuse Restraint)
LBDP	unterer Bemessungswert der Eigenschaften (Lower Bound Design Properties)
LD	lineare Vorrichtung (Linear Device)
LDRB	niedrig dämpfendes Elastomerlager (Low Damping Rubber Bearing)
LRB	Bleikernlager, Elastomerlager mit Bleikern (Lead Rubber Bearing)
MFR	Festhaltung mit mechanischer Sollbruchstelle (Mechanic Fuse Restraint)
NDP	national festzulegender Parameter (Nationally Determined Parameters)
NLD	nichtlineare Vorrichtung (Non Linear Device)
NLED	nichtlinear elastische Vorrichtung (Non Linear Elastic Device)
NRD	nicht rückzentrierende Vorrichtung (Non Re-centring Device)

PCD	ständige Verbindungsvorrichtung (Permanent Connection Device)
PPRB	Polymerkernlager, Elastomerlager mit Polymerkern (Polymer plug rubber bearing)
RCD	rückzentrierende Vorrichtung (Re-Centring Devices)
SD	degressive Vorrichtung (Softening Device)
SLS	Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit (Serviceability Limit State)
SMA	Formgedächtnislegierungen (Shape Memory Alloys)
SR	Festhaltung mit Sollbruchstelle (Sacrificial (Fuse) Restraint)
SRCD	ergänzende rückzentrierende Vorrichtung (Supplement Re-Centring Device)
StRD	statisch rückzentrierende Vorrichtung (Statically Re-centring Device)
STU	Stoß-Übertragungs-Einheit (Shock-Transmission Unit)
TCD	temporäre Verbindungsvorrichtung (Temporary Connecting Device)
UBDP	oberer Bemessungswert der Eigenschaften (Upper Bound Design Properties)
ULS	Grenzzustand der Tragfähigkeit (Ultimate Limit State)

3.4 Liste der Vorrichtungen

Die Symbole zur Darstellung der gebräuchlichsten Vorrichtungstypen sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Gebräuchlichste Typen von Erdbebenvorrichtungen

Beschreibung der Vorrichtung			Zugehöriger Abschnitt	Grafische Darstellung			Anmerkungen
				Grundriss	Seitenansicht		
					x-Richtung	y-Richtung	
Feste Verbindungsvorrichtungen (RCD)	Ständige Verbindungs- vorrichtungen (PCD)	Fest	5.1				Dieser Vorrichtungs- typ entspricht dem Typ 8.1 (Festhaltung) EN 1337-1:2000, Tabelle 1 (*)
		Beweglich	5.1				Dieser Vorrichtungs- typ entspricht dem Typ 8.2 (Führungslager) in EN 1337- 1:2000, Tabelle 1 (°)
	Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR, SR)	Festhaltung mit mechanischer Sollbruchstelle	5.2			-	
		Festhaltung mit hydraulischer Sollbruchstelle	5.2			-	
	Temporäre Verbindungsvorrichtungen (TCD)		5.3			-	Dieser Vorrichtungs- typ wird üblicher Weise als Shock Transmission Unit (STU) bezeichnet
Verschiebungs- abhängige Vor- richtungen	Lineare Vorrichtungen (LD)		6.1			-	
	Nichtlineare Vorrichtungen (NLD)		6.2			-	
Geschwindig- keitsabhängige Vorrichtungen	Viskose Flüssigkeitsdämpfer (FVD)		7.1			-	Diese graphische Darstellung gilt auch für Dämpfer mit zwei Kolben
	Feder-Flüssigkeitsdämpfer (FSD)		7.1			-	
Seismische Isolatoren	Elastomere		8.2				Die Isolatoren sind in der verformten Lage dargestellt, um ihr horizontales Verformungs- vermögen zu unterstreichen
	Bleikernlager		8.2				
	Pendelgleiter		8.3				Die Symbole gelten sowohl für Gleiter mit einfacher als auch mit doppelter gekrümmter Gleitfläche
	Flachgleiter		8.4				Die Symbole gelten sowohl für Typ 2.3 (Topfgleitlager) als auch für Typ 3.5 (Kalottengleitlager) in EN 1337-1:2000, Tabelle 1 (■)

ANMERKUNG 1 (*) Dieser Vorrichtungstyp wird Typ F.0 (Festhaltung) der revidierten Fassung von EN 1337-1, Tabelle 1 entsprechen.

ANMERKUNG 2 (°) Dieser Vorrichtungstyp wird Typ G.1 (Führungslager) der revidierten Fassung von EN 1337-1, Tabelle 1 entsprechen.

ANMERKUNG 3 (■) Dieser Vorrichtungstyp wird den Typen P.2 bzw. S.2 der revidierten Fassung von EN 1337-1, Tabelle 1 entsprechen.

4 Allgemeine Bemessungsregeln

ANMERKUNG 1 Zusätzliche Information zu den allgemeinen Bemessungsregeln ist in Anhang B gegeben.

ANMERKUNG 2 Die Berechnung und Bemessung des Isolationssystems eines ganzen Tragwerks unter Erdbebeneinwirkung ist in EN 1998-1 geregelt, mit spezifischen Anforderungen für Hochbauten in EN 1998-1 und EN 1998-2 für Brücken. Bei der Berechnung des Isolationssystems eines ganzen Tragwerks unter Erdbebeneinwirkung werden die Bemessungseinwirkungen auf einzelne Komponenten, einschließlich Erdbebenvorrichtungen, auf der Grundlage des Bemessungserdbebens, das aus der Berechnung des Tragwerks unter Erdbebeneinwirkung abgeleitet wird, abgeschätzt.

4.1 Leistungsanforderungen und Nachweise zu deren Erfüllung

4.1.1 Grundlegende Anforderungen

Die Erdbebenvorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk müssen in einer Art und Weise bemessen und konstruiert sein, dass die folgenden Anforderungen jeweils mit einem angemessenen Grad an Zuverlässigkeit erfüllt werden.

a) Anforderung an die Standsicherheit

Die Erdbebenvorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk müssen so bemessen und konstruiert sein, dass sie den Erdbebeneinwirkungen, die durch EN 1998-1 für Hochbauten oder durch EN 1998-2 für Brücken definiert sind, ohne lokales oder globales Versagen widerstehen, somit behalten sie nach dem Erdbebenereignis einen verbleibenden mechanischen Widerstand, einschließlich einer verbleibenden Fähigkeit zum Lastabtrag, soweit zutreffend.

ANMERKUNG 1 Die Anforderung an die Standsicherheit betrifft das Tragwerk als Ganzes und, wenn es angebracht ist, die Vorrichtung und ihre Verbindungen zum Tragwerk. Sie betrifft nicht Festhaltungen mit Sollbruchstelle (Fuse Restraints). Es ist zu erwarten, dass die Vorrichtung in diesem Falle einen Schaden erleidet, der eine Reparatur oder einen Austausch erforderlich macht.

b) Anforderung an die Schadensbegrenzung

Die Erdbebenvorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk müssen so bemessen und konstruiert sein, dass sie einer Erdbebeneinwirkung mit einer größeren Eintrittswahrscheinlichkeit als der des Bemessungserdbebens widerstehen können, ohne dass Schäden und die damit verbundenen Einschränkungen für die Nutzung auftreten, deren Kosten im Vergleich zu den Kosten des Bauwerks selbst unverhältnismäßig hoch wären. Die Erdbebeneinwirkung, die für die Anforderung an die Schadensbegrenzung herangezogen wird, ist in EN 1998-1:2004, 2.1 (1) P definiert.

ANMERKUNG 2 Es wird erwartet, dass die Vorrichtung in diesem Falle keinen oder sehr geringfügigen Schaden erleidet, der keinen Austausch erforderlich macht.

Andere Bemessungssituationen, die nicht durch diese Europäische Norm abgedeckt sind, müssen entsprechend den maßgebenden Europäischen Normen auch betrachtet werden.

ANMERKUNG 3 Dies beinhaltet insbesondere die Übereinstimmung mit den Eurocodes.

4.1.2 Erhöhte Zuverlässigkeit des Tragwerks

In Übereinstimmung mit EN 1998-1:2004, 10.3 (2) P, muss im Falle von Isolationssystemen für die Isolationsvorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk erhöhte Zuverlässigkeit gefordert werden.

ANMERKUNG 1 In EN 1998-1 wird dies durch die Anwendung eines Erhöhungsfaktors γ_x auf die Verschiebungen einer jeden Einheit infolge Erdbeben eingebracht. In EN 1998-2 wird dieser Erhöhungsfaktor γ_{IS} genannt. Für Isolatoren sind empfohlene Mindestwerte für γ_x oder γ_{IS} in EN 1998-1 beziehungsweise EN 1998-2 angegeben. Verpflichtend zu verwendende Werte dürfen in zugehörigen nationalen Anhängen angegeben werden.

Für Vorrichtungen, die nicht in einem Isolationssystem verwendet werden, muss abhängig von der Rolle, die sie im Zusammenhang mit der Stabilität der Konstruktion nach dem Erdbeben spielen, ein Zuverlässigkeitsfaktor γ_x gleich oder größer als 1 auf die Erdbebeneinwirkung für die Vorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk angewandt werden.

ANMERKUNG 2 Empfohlene Mindestwerte für γ_x für andere Vorrichtungen als Isolatoren sind in den betreffenden Abschnitten dieser Europäischen Norm angegeben. Die Werte sollten zu einem späteren Zeitpunkt durch Eurocodes geregelt werden.

ANMERKUNG 3 Höhere Werte von γ_x dürfen im Falle eines kritischen Bauwerkes von den nationalen Behörden oder vom Bauherrn definiert werden.

4.1.3 Funktionelle Anforderungen

Vorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk müssen so bemessen und konstruiert sein, dass sie entsprechend den Bemessungsanforderungen und -toleranzen unter den zu erwartenden mechanischen, physikalischen, chemischen, biologischen und umweltbezogenen Bedingungen über ihre geplante Nutzungsdauer funktionieren.

Vorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk müssen so bemessen, konstruiert und eingebaut sein, dass ihre regelmäßige Kontrolle und ihr Austausch während der Nutzungsdauer des Bauwerks möglich sind.

ANMERKUNG Für die Umsetzung dieser Anforderung ist es erforderlich, dass der Entwurf des Tragwerks der Zugänglichkeit sowohl für die Ausrüstung als auch für das Personal Rechnung trägt.

4.1.4 Konstruktive und mechanische Anforderungen

Vorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk müssen so bemessen und konstruiert sein, dass ihre Leistungsmerkmale den im Folgenden angegebenen Bemessungsanforderungen übereinstimmen:

a) Anforderungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)

ANMERKUNG 1 Die Beurteilung der Vorrichtungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Ultimate Limit State — ULS) ist mit dem Bemessungserdbeben verbunden, mit angemessener Berücksichtigung der Zuverlässigkeit des Tragwerks.

Die Vorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk müssen mit einem angemessenen Grad an Zuverlässigkeit nachgewiesen werden, um eine geeignete Festigkeit und Duktilität zu haben, um den Einwirkungen des Bemessungserdbebens zu widerstehen, dabei sind der Zuverlässigkeitsfaktor γ_x des Tragwerks, wie in 4.1.2 definiert, und Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung zu beachten.

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) können die Vorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk Schäden erleiden, sie dürfen aber nicht versagen, außer im Falle von Festhaltungen mit Sollbruchstelle (Fuse Restraints — FR), für die die in 5.2 angegebenen Anforderungen gelten.

Der Austausch der Vorrichtungen muss nach jedem erlittenen Schaden ohne Ausführung großer Eingriffe möglich sein. Wo anwendbar, müssen sie eine verbleibende Tragfähigkeit behalten, die mindestens den ständigen Einwirkungen entspricht, denen sie direkt ausgesetzt sind oder solchen Einwirkungskombinationen, die den Bemessungssituationen (eventuell einschließlich eines Erdbebens) entsprechen, die nach dem Erdbeben auftreten dürfen, wie in der Bemessung definiert.

b) Anforderungen im Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit (Serviceability Limit State — SLS)

ANMERKUNG 2 Der Nachweis der Vorrichtungen im Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit (Serviceability Limit State — SLS) ist mit der Anforderung an die Schadensbegrenzung und der dazugehörigen Erdbebeneinwirkung verbunden, wie in 4.1.1 definiert.

Im Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit (Serviceability Limit State — SLS) müssen die Vorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk in einem gebrauchstauglichen Zustand verbleiben, wenigstens soweit ihre Leistungsfähigkeit unter weiteren Erdbebenlasten betroffen ist, und dürfen nur sehr geringen oder oberflächlichen Schaden erleiden, der weder zu einer Unterbrechung des Gebrauchs führen noch unmittelbare Reparatur erfordern sollte.

4.1.5 Übereinstimmung der Leistungsanforderungen

Die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Vorrichtungen und ihrer Verbindungen zum Tragwerk müssen durch Bestehen der Verfahren erfüllt werden, die in den zugehörigen Abschnitten in dieser Europäischen Norm festgelegt sind, entsprechend den verwendeten Vorrichtungstypen.

ANMERKUNG Der Nachweis der Erfüllung der Leistungsanforderungen darf durch geeignete Modellbildung oder Prüfungen nach den zugehörigen Abschnitten dieser Europäischen Norm erlangt werden.

4.2 Einwirkungen auf Vorrichtungen

4.2.1 Bemessungserdbeben und Einwirkungskombinationen im Lastfall Erdbeben

Die in 4.1.1 definierten Bemessungserdbeben müssen mit den in EN 1990:2002, 6.4.3.4 definierten Einwirkungskombinationen im Lastfall Erdbeben verknüpft werden.

4.2.2 Beanspruchungen

Die Beanspruchungskombinationen aus den Komponenten der Erdbebeneinwirkung auf die Vorrichtungen müssen so sein, wie es in den zugehörigen Teilen von EN 1998 definiert ist.

4.3 Konzeptioneller Entwurf der Vorrichtungen

4.3.1 Zuverlässigkeit des Verhaltens der Vorrichtungen

ANMERKUNG 1 Eine angemessene Zuverlässigkeit im Verhalten der Vorrichtungen und ihrer Verbindungen zum Tragwerk über ihre Nutzungsdauer, wie in 4.1.2 gefordert, ist erforderlich, um die der Erdbebenbemessung eigenen Unsicherheiten zu verringern.

Vorrichtungskomponenten müssen die entsprechenden Europäischen Normen erfüllen.

ANMERKUNG 2 Falls keine Europäischen Normen vorhanden sind, dürfen nationale Normen angewandt werden.

Die Werkstoffauswahl und Ausführungstechniken für die Vorrichtung und ihre Verbindungen zum Tragwerk müssen mit den für das Tragwerk festgelegten Bemessungsanforderungen vereinbar sein.

Eine gute Reproduzierbarkeit des mechanischen Verhaltens der Vorrichtung und ihrer Komponenten muss erreicht werden, wie in den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm definiert.

Die Beschreibung des mechanischen Verhaltens der Vorrichtung und ihrer Verbindungen zum Tragwerk muss auf einer geeigneten Modellbildung und Prüfungen basieren, wie in 4.6 und Abschnitt 10 gefordert.

Die maßgebenden mechanischen und physikalischen Eigenschaften der Vorrichtung und ihrer Verbindungen zum Tragwerk oder ihrer Komponenten müssen durch Prüfungen mittels geeigneter Verfahren bewertet werden, wie in 4.6 und Abschnitt 10 sowie den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm gefordert.

ANMERKUNG 3 Jenseits des Bemessungserdbebens, einschließlich Zuverlässigkeitsfaktoren, sollte kein unmittelbares Risiko eines katastrophalen Versagens der Vorrichtung vorhanden sein.

4.3.2 Auslastungsbemessung

Ein Überfestigkeitsfaktor von $\gamma_{Rd} = 1,1$ muss auf die Einwirkungen, die durch die Vorrichtung auf die Verbindungen zum Tragwerk übertragen werden, angewandt werden.

ANMERKUNG Die Einwirkungen, die durch der Vorrichtung auf die Verbindungen zum Tragwerk übertragen werden, basieren auf dem oberen Bemessungswert der Eigenschaften (siehe 4.4.2).

4.3.3 Instandhaltung

Alle Vorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk müssen für Kontrollen und Instandhaltung erreichbar sein.

ANMERKUNG Dies liegt in der Verantwortung des Tragwerksplaners. Siehe EN 1998-1:2004, 10.5.1 und EN 1998-2:2005, 7.7.3.

Ein regelmäßig wiederkehrendes Kontroll- und Instandhaltungsprogramm für die Vorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk muss während der Umsetzung des Projekts ausgearbeitet werden.

4.3.4 Veränderung und Austausch von Vorrichtungen

Die Veränderung von Vorrichtungen und zugehörigen Komponenten muss mit den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm übereinstimmen. Anderenfalls darf eine solche Veränderung nicht zugelassen werden.

Vorrichtungen, die für den Austausch verwendet werden, müssen dieser Europäischen Norm und den zusätzlichen — ursprünglich vom Bauherrn definierten — Anforderungen entsprechen, wenn der Bauherr zum Zeitpunkt des Austausches nicht etwas anderes fordert.

Die in 4.3.3 definierten Kontroll- und Instandhaltungsverfahren müssen auf den neuesten Stand gebracht werden, soweit erforderlich.

4.3.5 Dokumentation der Vorrichtung

Die Dokumentation muss den Typ der Vorrichtung, seine Leistungsparameter und den Temperaturbereich sowie andere Umweltbedingungen, die für das betrachtete Projekt festgelegt sind, angeben.

Die Dokumentation muss Details, Größen und Toleranzen in Bezug auf den Einbau der Vorrichtungen und ihrer Verbindungen zum Tragwerk angeben und muss sich auf diese Europäische Norm beziehen.

Die Dokumentation muss die Nachweise der Bemessung sowie Ergebnisse der entsprechenden Erstprüfungen und Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle der Vorrichtungen, die im Projekt verwendet werden, beinhalten.

Die Dokumentation muss Aspekte von besonderer Bedeutung für die Installation der Vorrichtungen an ihrem Einbauort im Tragwerk angeben.

Die Dokumentation muss eine detaillierte Beschreibung der Kontroll- und Instandhaltungsverfahren, wie in 4.3.3 oder in den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm gefordert, beinhalten.

Die Dokumentation muss die Beschreibung der Verfahren zum Austausch der Vorrichtung beinhalten.

ANMERKUNG Es liegt in der Verantwortung des Tragwerksplaners, zu entscheiden, welche Unterlagen er selbst bereitstellt und welche vom Hersteller der Vorrichtung eingefordert werden.

4.4 Grundlegende Eigenschaften

4.4.1 Werkstoffeigenschaften

Die für die Bemessung und Konstruktion der Vorrichtungen und ihrer Verbindungen zum Tragwerk verwendeten Werkstoffe müssen bestehenden Europäischen Normen genügen, soweit diese geeignet sind.

ANMERKUNG 1 In den Fällen, in denen keine Europäischen Normen vorhanden sind, dürfen nationale Normen oder andere Spezifikationen angewandt werden.

Die Werkstoffeigenschaften müssen so ermittelt werden, dass ihr Verhalten unter den Bedingungen der Dehnung und Dehngeschwindigkeit, die während des Bemessungserdbebens erreicht werden können, angemessen wiedergegeben wird.

Die Werkstoffeigenschaften müssen die (physikalischen, biologischen, chemischen und nuklearen) Umweltbedingungen berücksichtigen, denen Vorrichtungen über ihre Nutzungsdauer ausgesetzt sein können. Insbesondere müssen die Auswirkungen von Temperaturveränderung korrekt berücksichtigt werden.

Die Werkstoffeigenschaften müssen die Alterungserscheinungen, die während der Nutzungsdauer der Vorrichtung auftreten können, berücksichtigen.

Die Werkstoffeigenschaften müssen durch repräsentative Werte dargestellt werden.

ANMERKUNG 2 Repräsentative Werte sind in EN 1990 definiert.

4.4.2 In der Berechnung verwendete Eigenschaften der Vorrichtung

Die Eigenschaften der Vorrichtung müssen den Belastungsverlauf und die aufaddierten Dehnungszyklen berücksichtigen.

Die Eigenschaften der Vorrichtung müssen so ermittelt werden, dass ihr Verhalten unter den Bedingungen der Verformung und Verformungsgeschwindigkeit, die während des Bemessungserdbebens erreicht werden können, angemessen wiedergegeben wird.

Die Eigenschaften der Vorrichtung müssen die (physikalischen, biologischen, chemischen und nuklearen) Umweltbedingungen berücksichtigen, denen Vorrichtungen über ihre Nutzungsdauer ausgesetzt sein können. Insbesondere müssen die Auswirkungen von Temperaturveränderung korrekt berücksichtigt werden.

Die Eigenschaften der Vorrichtung müssen die Alterungserscheinungen, die während der Nutzungsdauer der Vorrichtung auftreten können, berücksichtigen.

Die (Mittelwerte der) Bemessungseigenschaften müssen aus Erstprüfungen abgeleitet werden.

Zwei Sätze von Bemessungseigenschaften des Vorrichtungssystems müssen auf geeignete Weise festgelegt werden:

- oberer Bemessungswert der Eigenschaften (en: Upper bound design properties — UBDP),
- unterer Bemessungswert der Eigenschaften (en: Lower bound design properties — LBDP).

Die Gesamtvariationen der Eigenschaften der Vorrichtung müssen zwischen dem unteren Bemessungswert und dem oberen Bemessungswert liegen. Der untere Bemessungswert muss mit dem kleinsten repräsentativen Wert bei den Bedingungen zusammenpassen, bei denen untere Werte der Eigenschaften erreicht werden. Der obere Bemessungswert muss mit dem größten repräsentativen Wert bei den Bedingungen zusammenpassen, bei denen obere Werte der Eigenschaften erreicht werden. Beide Bemessungswerte müssen durch Betrachtung der quasi ständigen Werte der veränderlichen Einwirkungen gewonnen werden, wie es in den Einwirkungskombinationen für Erdbeben nach EN 1990 definiert ist, außer für Temperatur, für die der häufig auftretende Wert berücksichtigt werden muss.

Unterer Bemessungswert der Eigenschaft und oberer Bemessungswert der Eigenschaft einer gegebenen Eigenschaft sind repräsentative Werte, die durch Prüfverfahren gewonnen werden, die in den jeweiligen Abschnitten dieser Europäischen Norm definiert sind.

Das Verhältnis zwischen den oberen und den unteren repräsentativen Werten jeglicher leistungsbezogener Eigenschaften der Vorrichtung darf die in den entsprechenden Abschnitten definierten Grenzen nicht überschreiten.

Die unteren und oberen repräsentativen Werte müssen durch Erstprüfungen und die folgenden Variationen festgelegt werden:

- die Toleranz für die Prüfungen der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) beträgt $\pm 20\%$ (es sei denn, dass eine geringere Streubreite für die Abnahmeprüfungen vereinbart wurde);
- die Temperatur schwankt zwischen T_U und T_L (dies sind die oberen und unteren Werte der Temperatur, die bei den Bemessungserdbeben wie in EN 1990 betrachtet werden, unter angemessener Berücksichtigung der quasi ständig auftretenden Temperaturwerte);
- Alterung in Übereinstimmung mit der betrachteten Nutzungsdauer.

Die Kombinationsfaktoren für Einwirkungen müssen diejenigen sein, die für die Einwirkungskombinationen im Lastfall Erdbeben betrachtet werden.

ANMERKUNG 1 Spezifische Erscheinungen, wie Kristallisation bei niedrigen Temperaturen, können wichtig sein. Sie werden in den entsprechenden Abschnitten behandelt.

ANMERKUNG 2 Nach EN 1998-1:2004, 10.8 (1) P sowie EN 1998-2:2005, 7.5.2.4 (3) P und (4) P berücksichtigt die Tragwerksberechnung die extremen Situationen, die aus der Betrachtung aller oberen Bemessungswerte der Eigenschaften und unteren Bemessungswerte der Eigenschaften herrühren.

ANMERKUNG 3 Werte von T_U und T_L werden nach EN 1991-1-5 festgelegt.

4.4.3 Rückzentrierungsvermögen

Um ein angemessenes Rückzentrierungsvermögen eines gegen Erdbeben isolierten Tragwerks sicherzustellen, muss im Falle einer entsprechenden linearen Berechnung für eine Verformung von 0 bis d_{Ed} die Einhaltung der Bedingung

$$E_s \geq 0,25 E_h \quad (6)$$

nachgewiesen werden.

Dabei ist

E_s die reversibel aufgenommene Energie (elastische Dehnungsenergie und potentielle Energie) des Isolationssystems, einschließlich der Teile des Tragwerks, die seine Antwort beeinflussen;

E_h die von den Isolationsvorrichtungen dissipierte Energie.

In den Fällen, in denen eine Berechnung mit einem Zeitverlaufsverfahren durchgeführt wird, muss der ungünstigste Wert der betrachteten Auswirkung von jedem Zeitverlauf genommen werden. Dann muss der Bemessungswert der Einwirkung von den Ergebnissen abgeleitet werden, die aus den verschiedenen Zeitverlaufs-Berechnungen nach EN 1998-1:2004, 4.3.3.4.3 gewonnen wurden.

ANMERKUNG Nach EN 1998-1 gilt diese Regel auch für die Bemessung des Tragwerks.

4.5 Arbeitsgesetze

Geeignete Arbeitsgesetze für die Vorrichtungen müssen in Prüfungen ermittelt werden, wie in 4.6 und Abschnitt 10 oder in den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm gefordert, sodass das Verhalten des Tragwerks unter dem Lastfall Erdbeben richtig vorhergesagt werden kann.

ANMERKUNG 1 Die Tragwerksberechnung ist auf diesen geeigneten Arbeitsgesetzen aufgebaut. Für diese Tragwerksberechnung gelten die in den zugehörigen Teilen von EN 1998 angegebenen Regeln.

Das Verhalten der Vorrichtungen muss geeignet abgebildet werden, um sowohl nichtlineare Auswirkungen als auch jegliche anderen Auswirkungen zu berücksichtigen, zum Beispiel im Zusammenhang mit Geschwindigkeitsabhängigkeit oder Festhaltungen.

ANMERKUNG 2 Für die betrachteten Vorrichtungen werden Hinweise über die Bildung von Arbeitsgesetzen in den jeweiligen Abschnitten dieser Europäischen Norm gegeben.

4.6 Bewertung von Erdbebenvorrichtungen

Jede Art von Vorrichtung muss einem technischen Bewertungsverfahren unterzogen werden, das Elemente beinhalten muss, die nachweisen, dass die Vorrichtung ihren funktionellen Anforderungen entspricht. Es muss nachweisen, dass die Vorrichtung in ihrem Anwendungsbereich — einschließlich dem Lastfall Erdbeben — über ihre Nutzungsdauer einsatzfähig bleibt. Es muss mindestens das Folgende beinhalten:

- eine Beschreibung der für den betrachteten Vorrichtungstyp relevanten Parameterbereiche, die durch das Bewertungsverfahren abgedeckt sind;
- ein Verfahren zur Abschätzung der zu erwartenden Nutzungsdauer;
- den Nachweis, dass die Vorrichtung in der Lage ist, während ihrer Nutzungsdauer in einer zuverlässigen und gleichbleibenden Art und Weise zu funktionieren;
- die Werte der mechanischen Eigenschaften der Vorrichtung, wie in 4.4 definiert;
- der Bereich der akzeptablen Umweltbedingungen;
- die Beschreibung des Verhaltens jenseits des Bemessungserdbebens, um die γ_m -Werte zu bestimmen;
- die Beschreibung von passenden Arbeitsgesetzen für die Berechnung;
- ein Arbeitsgesetz, das das Verhalten der Vorrichtung unter verschiedenen Nutzungsbedingungen beschreibt, einschließlich aller Einwirkungskombinationen — wie in EN 1990 definiert, und das die physikalischen Erscheinungen darstellt, die während der Nutzungsdauer zu erwarten sind, besonders während der Erdbebenbewegung;

ANMERKUNG Der Einfluss der Wechselwirkung mit angrenzenden Tragwerkselementen sollte berücksichtigt werden.

- Erstprüfungen, wie in Abschnitt 10 gefordert, die die erwarteten Nutzungsbereiche der relevanten Parameter abdecken.

Ein Bewertungsbericht, der alle in dem Bewertungsverfahren behandelten Elemente einschließt, muss für die Vorrichtung vorgelegt werden. Er muss mindestens eine Liste ihrer Eigenschaften, eine Beschreibung der Vorrichtung, ihres Anwendungsbereiches, ihrer Arbeitsgesetze, ihres Berechnungsmodells, wenn sie in ein Tragwerksmodell einbezogen wird, und die zugehörige bauliche Durchbildung beinhalten. Er muss alle Informationen in Bezug auf geometrische, physikalische, biologische, chemische und mechanische Eigenschaften und Toleranzen beinhalten.

5 Starre Verbindungsvorrichtungen (en: Rigid Connection Devices — RCD)

ANMERKUNG 1 Starre Verbindungsvorrichtungen werden verwendet, um Bewegungen in einer oder mehreren Richtungen zu unterbinden. Deshalb besitzen sie im Prinzip kein horizontales Verformungsvermögen. Jedoch sind gewisse Verformungen unvermeidlich und diese sind den in diesem Abschnitt festgelegten Anforderungen unterworfen.

ANMERKUNG 2 Seilfesthaltungen sind außerhalb des Anwendungsbereiches dieser Europäischen Norm

5.1 Ständige Verbindungsvorrichtungen (en: Permanent Connection Devices — PCD)

Ständige Verbindungsvorrichtungen (PCD) müssen vertikale Verschiebungen und Verdrehungen erlauben, das heißt, sie dürfen keine Vertikalkräfte und Biegemomente übertragen.

Einachsige bewegliche Verbindungsvorrichtungen müssen Verschiebungen in nur einer Richtung unterbinden. Feste Verbindungsvorrichtungen müssen Verschiebungen in zwei Richtungen unterbinden.

Ständige Verbindungsvorrichtungen (PCD), die weder die Eigenfrequenz des Tragwerks verändern noch Energie dissipieren, können aus Baulagern bestehen, die durch EN 1337 geregelt sind, dabei müssen die verschiedenen Elemente nach dem entsprechenden Teil der Norm EN 1337 bemessen und hergestellt werden.

Lasten, Einwirkungen und Einwirkungskombinationen müssen nach der Eurocodereihe bestimmt werden und müssen nach EN 1337-1:2000, Anhang B festgelegt werden.

5.2 Festhaltungen mit Sollbruchstelle (en: Fuse Restraints — FR)

5.2.1 Leistungsanforderungen

Festhaltungen mit Sollbruchstelle (Fuse Restraint — FR, Sacrificial Restraints — SR) müssen unterhalb einer bestimmten voreingestellten Kraftschwelle (Bruchkraft) jegliche Relativbewegungen zwischen den verbundenen Bauteilen verhindern, während sie die Bewegungen uneingeschränkt erlauben müssen, nachdem die vorgenannte Schwelle überschritten wurde.

ANMERKUNG 1 Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR) können mechanisch funktionieren (MFR) (wenn der Übergang durch den Bruch von Sollbruchstellen bestimmt ist) oder hydraulisch funktionieren (HFR) (wenn der Übergang durch das Öffnen eines Überdruckventiles gesteuert ist).

ANMERKUNG 2 Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR) werden typischerweise verwendet, um den Übergang zwischen Gebrauchslastzustand und Erdbebenlastzustand zu regeln. Sie verbinden in einer starren Art und Weise zwei Bauteile des Tragwerks mit der Aufgabe, Relativverschiebungen im Gebrauchszustand zu verhindern, aber oberhalb einer voreingestellten Kraftschwelle trennen sie die oben genannten Bauteile des Tragwerks. Auf diese Weise werden sie benutzt, um das Erdbebenschutzsystem im Gebrauchszustand zu umgehen, aber sie geben es frei, um während des Bemessungserdbebens wirksam zu werden. Um nicht das Verhalten des Isolations- und/oder Dämpfungssystems zu verändern, sind Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR) im Allgemeinen durch einen plötzlichen Übergang vom Gebrauchslastzustand zum Erdbebenlastzustand charakterisiert.

5.2.2 Werkstoffeigenschaften

5.2.2.1 Allgemeines

Zusätzlich zu den Anforderungen in den folgenden Unterabschnitten müssen die Werkstoffe so ausgewählt werden, dass sie mit dem erwarteten Temperaturbereich des Tragwerks verträglich sind.

5.2.2.2 Werkstoffe

Festhaltungen mit Sollbruchstelle müssen aus Werkstoffen nach mit den jeweiligen Europäischen Normen hergestellt werden.

5.2.2.3 Tragende Verbindungsmittel

Festlegung und Zertifizierung der Werkstoffe müssen mit den Anforderungen bezüglich Beanspruchung und Schweißbarkeit übereinstimmen.

Alle verwendeten Werkstoffe müssen ISO 898 erfüllen.

5.2.2.4 Schweißen

Schweißwerkstoffe müssen EN 1090-2 erfüllen.

5.2.3 Bemessungsanforderungen

Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR) müssen so bemessen sein, dass sie den Gebrauchslasten, ohne Fließen oder Versagen widerstehen.

Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR) müssen so bemessen sein, dass die maximale Bemessungsverformung nicht überschritten wird.

ANMERKUNG Entsprechend den Anforderungen einer bestimmten Anwendung können Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR) für Ermüdungslasten zu bemessen sein.

Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR) müssen so bemessen sein, dass sie innerhalb der Bemessungslasttoleranz t_d funktionieren.

Für die Zwecke der Bemessung von Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR) darf die wirksame Last nicht mit einem Faktor versehen werden.

Für die Bemessung der versagenden Komponente (Sollbruchstelle) einer Festhaltung mit mechanischer Sollbruchstelle (MFR) und der Einstellung des Überdruckventiles einer Festhaltung mit hydraulischer Sollbruchstelle (HFR) dürfen keine Überfestigkeitsfaktoren angewandt werden (nicht mit Faktoren versehene Last). Überfestigkeitsfaktoren sind auf alle anderen Bestandteile der Festhaltungseinheiten anwendbar. Abschnitt 4 findet keine Anwendung bei Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR).

Nach dem Versagen dürfen Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR) nicht störend auf das Funktionieren von Erdbebenvorrichtungen (soweit vorhanden) wirken.

5.2.4 Erstprüfung

5.2.4.1 Allgemeines

Erstprüfungen von Vorrichtungen müssen immer dann durchgeführt werden, wenn neue Vorrichtungen mit einer inneren oder äußeren Geometrie, Werkstoffen oder Art der Festhaltungen, die sich von den bereits geprüften unterscheiden, bemessen werden.

Wenn der für die Herstellung verwendete Werkstoff nicht aus derselben Materialcharge stammt wie der für frühere Vorrichtungen verwendete Werkstoff, muss durch Berechnungen auf Grundlage von Prüfergebnissen der vorliegenden Werkstoffcharge nachgewiesen werden, dass die Bemessungslasttoleranz nicht überschritten wird, wenn die Eigenschaften der gegenwärtig vorliegenden Werkstoffcharge verwendet werden.

5.2.4.2 Prüfung unter Gebrauchslast

Die Festhaltung mit Sollbruchstelle (FR) muss drei Mal einer gleichförmig aufgebrachten Last bis zur maximalen Gebrauchslast ausgesetzt werden.

Weder Fließen noch Versagen darf eintreten. Während der drei Lastzyklen muss die größte gemessene Verformung, die zur größten Gebrauchslast gehört, kleiner oder gleich der Bemessungsverformung sein.

5.2.4.3 Ermüdungsprüfung

Soweit gefordert, muss die Ermüdungsprüfung durchgeführt werden.

Die Festhaltung mit Sollbruchstelle (FR) muss zwei Millionen Lastwechseln in der zu erwartenden Höhe der Ermüdungslast ausgesetzt werden.

Weder Fließen noch Versagen darf eintreten.

Um nachzuweisen, dass Ermüdung die Festigkeit der Festhaltung mit Sollbruchstelle (FR) nicht beeinflusst, muss die Prüfung nach 5.2.4.2 und 5.2.4.4 an zwei Proben durchgeführt werden, eine Probe wird der Ermüdungslast ausgesetzt und eine wird nicht dem Ermüdungslastverlauf ausgesetzt.

5.2.4.4 Bruchprüfung

Die Festhaltung mit Sollbruchstelle (FR) muss einer gleichförmig aufgetragenen Last bis zu ihrer Bruchlast ausgesetzt werden.

Die Festhaltung mit Sollbruchstelle (SR) muss innerhalb der Bemessungslasttoleranz t_d , die durch den Tragwerksplaner anzugeben ist, versagen.

ANMERKUNG In Ermangelung von anderen durch den Tragwerksplaner festgelegten Toleranzgrenzen wird eine typische Toleranzgrenze von $\pm 15\%$ empfohlen.

5.2.5 Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

Wenn der für die Herstellung verwendete Werkstoff nicht aus derselben Werkstoffcharge stammt wie der für die Prototypen verwendete Werkstoff, muss durch Berechnungen nachgewiesen werden, dass die Bemessungslasttoleranz nicht überschritten wird, wenn die Eigenschaften der gegenwärtig vorliegenden Werkstoffcharge verwendet werden.

5.3 Temporäre (dynamische) Verbindungsvorrichtungen (TCD)

5.3.1 Funktionelle Anforderungen

Innerhalb der durch den Tragwerksplaner festgelegten Toleranzen müssen die temporären Verbindungsvorrichtungen (TCDs), die üblicherweise als Stoß-Übertragungseinheiten (Shock Transmission Unit — STU) bezeichnet werden, eine Reaktionskraft als Zug- und/oder Druckkraft zur Verfügung stellen, die den Anforderungen an die Bemessungsverschiebung entspricht, die durch den Tragwerksplaner für den Fall vorgegeben sind, dass die Aktivierungsgeschwindigkeit überschritten wird.

Beim Vorhandensein temperaturbedingter oder anderer langsam eingetragener Bewegungen, darf die Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) eine Reaktionskraft von maximal 10 % ihrer Bemessungslast entwickeln, oder einen kleineren Wert, so wie es durch den Tragwerksplaner festgelegt wird.

ANMERKUNG 1 Die oben genannte Anforderung zielt auf die Vermeidung der Übertragung von Ermüdungslasten in das Tragwerk ab.

Die Geschwindigkeit, die mit temperaturabhängigen und/oder zeitabhängigen Einwirkungen in Verbindung steht, darf durch den Konstrukteur unter Beachtung der Eigenschaften des jeweiligen zu bemessenden Tragwerks abgeschätzt werden. Werte in der Größenordnung von 0,01 mm/s sind im Allgemeinen höher als die meisten in der Praxis beobachteten Werte.

ANMERKUNG 2 Langsame Bewegungen, die durch temperaturabhängige und/oder zeitabhängige Einwirkungen bedingt sind, sind durch Geschwindigkeiten charakterisiert, die im Ausmaß einige Größenordnungen niedriger sind als die aus Erdbeben herrührenden. Dadurch ist der Wert der Aktivierungsgeschwindigkeit einer Temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) nicht kritisch und im Allgemeinen in einem Bereich von 0,5 mm/s bis 5 mm/s festgelegt.

Die Reaktionskraft der Temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) darf nur von der Geschwindigkeit abhängen und darf sich nicht mit ihrer Kolbenstellung und Temperatur verändern.

Die Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) muss in der Lage sein, bei der durch den Tragwerksplaner festgelegten Erdbebenstärke ohne Verminderung ihrer Leistung oder Verkürzung der Nutzungsdauer, zu arbeiten.

Der Bemessungskolbenhub der Temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) muss Langzeiteffekte, temperaturbedingte Verschiebungen, dynamische Verformung und jede durch den Tragwerksplaner geforderte Einstelllänge berücksichtigen. Der Kolbenhub darf in keinem Fall kleiner als ± 50 mm für Brücken oder ± 25 mm für sonstige Hochbauten sein.

Um die übertragene Last entlang ihre Hauptachsen ausgerichtet zu halten und um unerwünschte Biegeeffekte, die für das Dichtungssystem schädlich sein können, zu verhindern, muss die Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) an beiden Enden mit Kugelgelenken ausgerüstet sein. Das Rotationsvermögen der selbstschmierenden Kugelgelenke muss durch den Tragwerksplaner unter Berücksichtigung von Verkehrslasten, Erdbebenbewegungen, fehlerhafter Ausrichtung bei der Montage, usw. festgelegt werden. Die Rotation darf auf keinen Fall kleiner als $\pm 2^\circ$ sein.

Gabelkopfplatten oder andere Komponenten dürfen die Bemessungsrotation nicht geometriebedingt behindern.

5.3.2 Werkstoffeigenschaften

5.3.2.1 Allgemeines

Die Werkstoffe müssen sowohl unter Berücksichtigung der Umgebungstemperatur als auch sämtlicher Veränderungen, die durch die Funktion der Vorrichtung hervorgerufen werden, passend zum erwarteten Gebrauchstemperaturbereich ausgewählt werden.

5.3.2.2 Werkstoffe

Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) müssen aus Eisenwerkstoffen nach einer der folgenden Normen hergestellt werden:

EN 10025, EN 10083, EN 10088, ISO 3755 oder ISO 1083.

Temporäre Verbindungsvorrichtungen (TCD) dürfen aus Nichteisenwerkstoffen hergestellt werden, müssen dann jedoch einem Zulassungsverfahren unterzogen werden.

5.3.2.3 Beanspruchte Oberflächen

Die beanspruchte Oberfläche der Kolbenstange muss aus nichtrostendem Stahl gefertigt werden oder muss vernickelt und/oder hartverchromt werden, je nach Eignung.

Der nichtrostende Stahl muss in Übereinstimmung mit EN 10088 sein.

Das Verfahren des Hartverchromens muss den Anforderungen nach EN ISO 6158 entsprechen.

Das Verfahren des Vernickelns muss den Anforderungen nach EN ISO 4526 entsprechen.

Die kleinste Gesamtschichtdicke der Hartbeschichtung muss $70\text{ }\mu\text{m}$ sein, außer wenn das Untergrundmaterial aus nichtrostendem Stahl gefertigt ist; in diesem Falle darf die kleinste Beschichtungsdicke auf $40\text{ }\mu\text{m}$ verringert werden.

Die Beschichtung muss frei von Rissen und Poren sein.

Die Oberfläche des Grundmaterials muss frei von Oberflächenporosität, Schrumpfrissen und Einschlüssen sein.

Die schlussendliche Oberflächenrauheit R_z nach EN ISO 4287 der beschichteten Oberfläche darf $3\text{ }\mu\text{m}$ nicht überschreiten.

ANMERKUNG Sowohl das Grundmaterial als auch die Hartbeschichtung dürfen poliert werden, um die festgelegte Oberflächenrauheit zu erzielen.

5.3.2.4 Viskose Flüssigkeit

Die verwendete viskose Flüssigkeit muss ungiftig, nicht entflammbar und chemisch inaktiv sein. Wenn eine Flüssigkeit verwendet wird, die nicht auf Silikon-Basis hergestellt ist, müssen die oben genannten Eigenschaften nachgewiesen und vom Hersteller der Flüssigkeit bescheinigt werden.

Flüssigkeiten auf Kohlenwasserstoffbasis dürfen nicht verwendet werden, es sei denn, es wird durch den Tragwerksplaner anders festgelegt.

5.3.3 Bemessungsanforderungen

Die Vorrichtung muss so bemessen sein, dass durch das Einwirken von Gebrauchslasten kein Fließen und durch das Einwirken von Lasten des Grenzzustands der Tragfähigkeit kein Versagen auftritt.

Die Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) muss temperaturbedingtes Ausdehnen und Zusammenziehen der Hydraulikflüssigkeit erlauben, um dem übermäßigen Aufbau von innerem Überdruck oder Unterdruck vorzubeugen.

Die Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) muss so bemessen und konstruiert sein, dass sie für ihre zu erwartende Nutzungsdauer unter den zu erwartenden Nutzungsbedingungen wartungsfrei ist.

Die Komponenten der Temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) (das heißt die Kolbenstange) müssen so bemessen sein, dass Instabilität durch Knicken verhindert wird, wenn sie mit der mit Teilsicherheitsbeiwerten erhöhten Bemessungslast im voll ausgezogenem Zustand belastet werden und wenn 0,10 für den Reibbeiwert in den Kugelgelenken angesetzt wird (es sei denn, es sind Prüfergebnisse verfügbar).

Der Zuverlässigkeitsfaktor γ_x für die Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) muss 1,5 betragen, es sei denn, es ist ein Überlastungsschutzsystem eingebaut.

Immer wenn eine Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) mit einem Überlastungsschutzsystem ausgerüstet ist, das einem übermäßigen Druckaufbau vorbeugt, muss dieses System bei einer Kraftschwelle von 110 % der Bemessungslast zu funktionieren beginnen. In diesem Fall muss der kleinste Wert des Zuverlässigkeitsfaktors γ_x für die Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) 1,1 sein und muss auf die Kraftschwelle des Überlastungsschutzsystems angewandt werden.

Die Vorrichtung muss so bemessen sein, dass sie einer (auf ihre eigene Masse wirkenden) Beschleunigung rechtwinklig zur Bewegungsrichtung widersteht, die der mit der maximalen durch die Erdbebenberechnung vorhergesagten Beschleunigung an ihrem Einbauort entspricht. In Ermangelung von Beschleunigungsdaten muss die Vorrichtung so bemessen sein, dass sie einer Last rechtwinklig zur Bewegungsrichtung widersteht, die mindestens ihrem doppelten Eigengewicht entspricht in Kombination mit der maximalen Axiallast.

5.3.4 Erstprüfung

5.3.4.1 Allgemeines

Immer wenn ein neues Produkt hinsichtlich des Lastabtragungsvermögens um mehr als ± 20 % von einer zuvor geprüften Einheit abweicht und einen Kolbenhub hat, der um mehr als 20 % größer ist als an einer zuvor geprüften Einheit, muss eine Erstprüfung durchgeführt werden. Um vorausgegangene Prüfungen als verwendbar betrachten zu können, müssen Entwurf und Werkstoffe die gleichen sein, die zuvor benutzt wurden.

Die im Folgenden aufgelisteten Prüfungen brauchen nicht in der Reihenfolge durchgeführt zu werden, in der sie hier aufgeführt sind, außer dass die Prüfung des Dichtungsverschleißes vor der Stoßbelastungsprüfung und der Überlastungsprüfung ausgeführt werden muss. In kritischen Fällen müssen die im Folgenden beschriebenen Prüfungen bei den höchsten und bei den niedrigsten zu erwartenden Gebrauchstemperaturen wiederholt werden.

5.3.4.2 Druckprüfung

Soweit anwendbar, muss ein Innendruck in Höhe von 125 % der der Temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) entsprechenden maximalen Belastung auf jede Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) aufgebracht werden. Dieser Druck muss für die Dauer von 120 s aufrechterhalten werden.

Die Anforderung besteht darin, dass keine sichtbare Undichtheit sowie keine Anzeichen der physischen Verschlechterung oder des Abbaus des späteren Leistungsvermögens festgestellt werden darf.

5.3.4.3 Prüfung bei geringer Geschwindigkeit

ANMERKUNG Der Gegenstand der verlangten Prüfung bei geringer Geschwindigkeit ist es, den Widerstand der Temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) in Achsrichtung unter simulierten temperaturbedingten Bewegungen zu ermitteln.

Der Belastungsverlauf muss der Folgende sein: Ein (1) vollständig zurückgefahrener Zyklus mit axial aufgebrachtener Verschiebung von 0 bis d_{th} , bis $-d_{th}$, bis 0 mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v_1 \leq 0,1$ mm/s.

Die Abnahmebedingung muss die Folgende sein:

- Während des Verschiebungszyklus darf die Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) eine Reaktionskraft von nicht mehr als 10 % ihrer Bemessungslast entwickeln, oder einen geringeren Wert, je nachdem, wie es durch den Tragwerksplaner festgelegt wird.

Sowohl Belastungsverlauf (axiale Verschiebung über der Zeit) als auch Kraft-Verschiebungs-Kurve müssen kontinuierlich aufgenommen und ausgedruckt werden.

Alternativ muss die Prüfung die folgende sein: Ein (1) vollständig zurückgefahrener Zyklus mit einer konstanten aufgetragenen Kraft in Höhe von 10 % ihrer berechneten Bemessungskraft, von 0 bis mindestens $d_{th}(d_+)$ und dann bis mindestens $-d_{th}(d_-)$ und zurück bis 0.

Die Abnahmebedingung muss die Folgende sein:

- Die mittlere aufgenommene konstante Geschwindigkeit $(2(|d_+|+|d_-|)/T)$ wobei T die Dauer eines Zyklus ist) muss höher als 0,01 mm/s sein.

Der Wert von d_{th} muss durch den Tragwerksplaner festgelegt werden, er darf jedoch nicht geringer als 10 mm sein.

Sowohl der Belastungsverlauf (axiale Kraft über der Zeit) als auch die Verschiebung über der Zeit müssen kontinuierlich aufgenommen und ausgedruckt werden.

5.3.4.4 Prüfung des Dichtungsverschleißes

ANMERKUNG Der Gegenstand dieser Prüfung ist es, abzusichern, dass die Dichtung die temperaturbedingten Bewegungen über die angenommene Lebensdauer erträgt, ohne Austritt der Flüssigkeit.

Die Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) muss zyklisch über 10 000 Lastwechsel mit einer Amplitude, die gleich der größten zu erwartenden temperaturbedingten Verschiebung ist, geprüft werden.

Da die meisten Temporären Verbindungsvorrichtungen (TCD) sogar bei geringen Geschwindigkeiten durch eine hohe Reaktionskraft gekennzeichnet sind, darf das Hauptöffnungs-system umgangen werden, um die Reaktion der Temporären Verbindungsvorrichtungen (TCD) und den Druckaufbau zu verringern, sodass die Prüfung in einer kurzen Zeit durchgeführt werden kann. Alternativ dazu darf nach dem Ermessen des Herstellers und immer, wenn der normale innere Arbeitsdruck der Temporären Verbindungsvorrichtungen (TCD) geringer als 2 MPa ist, die Flüssigkeit vor der Prüfung ganz oder teilweise abgelassen und am Ende der Prüfung wieder in die Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) eingefüllt werden.

Nach der Prüfung muss die Temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) nach 5.3.4.5 und 5.3.4.6 geprüft werden, um das ordnungsgemäße Funktionieren des Dichtungssystems nachzuweisen.

5.3.4.5 Stoßbelastungsprüfung

ANMERKUNG 1 Der Gegenstand dieser Prüfung ist es, das Verhalten einer Temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) hinsichtlich Verschiebung und Aktivierungsgeschwindigkeit zu überprüfen, wenn sie ihrer Bemessungslast in Form eines Stoßes ausgesetzt wird.

Der Belastungsverlauf muss in der folgenden Art und Weise aufgebracht werden: Bringe die Bemessungslast in weniger als 0,5 s auf, halte sie für die Dauer von 5 s konstant, kehre sie in weniger als 1 s um und halte sie abschließend für weitere 5 s konstant.

ANMERKUNG 2 Die Zeit konstanter Belastung darf durch den Tragwerksplaner erhöht werden.

Die Abnahmebedingung muss die Folgende sein:

- Die Verschiebung nach den ersten 0,5 s darf den Bemessungswert bei der Bemessungskraft F_d nicht überschreiten, während bei der Umkehrung von $+F_d$ nach $-F_d$ die gesamte Verschiebung den doppelten Bemessungswert nicht überschreiten darf.
- Die während des Abschnitts mit konstant gehaltener Last gemessene Geschwindigkeit darf die Aktivierungsgeschwindigkeit nicht überschreiten.

5.3.4.6 Überlastungsprüfung

ANMERKUNG Der Gegenstand dieser Prüfung ist es, das Überlastungsvermögen einer Temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) oder die Aktivierung des Überlastschutzesystems zu überprüfen.

Der Belastungsverlauf muss in der folgenden Art und Weise aufgebracht werden: Bringe eine Last in Höhe der 1,5-fachen Bemessungslast in weniger als 0,5 s auf, halte sie für die Dauer von 5 s konstant, kehre sie in weniger als 1 s um und halte sie abschließend für weitere 5 s konstant.

Wenn die Vorrichtung mit einem Überlastschutzesystem, das für eine Kraft, die kleiner als die 1,5-fache Bemessungslast ist, eingestellt ist, ausgerüstet ist, darf die Prüfung durchgeführt werden, um die Aktivierung des Schutzesystems zu überprüfen.

Die Abnahmebedingung muss die Folgende sein:

- Die Vorrichtung darf keine Schäden am System oder irgendein Austreten von Flüssigkeit zeigen.

5.3.4.7 Prüfung bei zyklischer Belastung

ANMERKUNG Der Gegenstand dieser Prüfung ist es, das Verhalten der Temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) zu bewerten, wenn sie zyklisch der Bemessungslast für eine Zeit, die der Dauer des zu erwartenden Erdbebens entspricht, ausgesetzt wird.

Der Belastungsverlauf muss in folgender Art und Weise aufgebracht werden: Bringe eine Anzahl sinusförmiger kraftgeregelter Verschiebungen vom Typ $F(t) = F_0 \sin(2\pi f_0 t)$ auf, bei der Kolbenhub d_0 und die Frequenz f_0 (Hz) sowie die Dauer der Prüfung durch den Tragwerksplaner gewählt werden muss. Die Dauer der Prüfung muss gleich der Dauer der Starkbebenphase des zu erwartenden Erdbebens sein, sie darf aber auf keinen Fall kürzer als 15 s sein.

Die Abnahmebedingung muss die Folgende sein:

- Die Verschiebung der Temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) bei der Bemessungslast darf nicht größer als der Bemessungswert sein;
- Die Vorrichtung darf keine Schäden am System oder irgendein Austreten von Flüssigkeit zeigen.

5.3.5 Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

Für Zwecke der Qualitätssicherung muss eine Einheit je Herstellungslos den folgenden Prüfungen unterzogen werden:

- Druckprüfung;
- Prüfung bei geringer Geschwindigkeit;
- Stoßbelastungsprüfung.

Ein Produktionslos ist mit nicht mehr als zwanzig (20) Einheiten mit den gleichen Konstruktionsdetails mit Ausnahme des Kolbenhubs definiert. Die innerhalb des Produktionsloses zu prüfende Einheit aus der laufenden Produktion muss diejenige mit dem größten Kolbenhub sein.

Die Druckprüfung muss bei 100 % der Einheiten aus der laufenden Produktion durchgeführt werden.

Alle Prüfungen müssen bei Umgebungstemperatur (23 ± 3) °C durchgeführt werden.

Tabelle 2 fasst die geforderten Prüfungen im Rahmen der Erstprüfung und im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle zusammen.

Tabelle 2 — Prüfungen im Rahmen der Erstprüfung und im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

	Druck- prüfung	Prüfung bei geringer Ge- schwindigkeit	Prüfung des Dichtungs- verschleißes	Stoß- belastungs- prüfung	Über- lastungs- prüfung	Prüfung bei zyklischer Belastung
Erstprüfungen	x*	x	x*	x	x*	x
WPK-Prüfungen	x*	x*		x*		
(*) Prüfung wird immer bei Umgebungstemperatur durchgeführt						

6 Verschiebungsabhängige Vorrichtungen (en: Displacement Dependent Devices — DDD)

6.1 Allgemeines

Dieser Teil der Europäischen Norm befasst sich mit den Anforderungen für die Bemessung und Herstellung linearer und nichtlinearer Erdbebenvorrichtungen, die keine vertikalen Lasten abtragen, deren Verhalten hauptsächlich von der Verschiebung weniger von der Geschwindigkeit abhängig ist, für die Verwendung in Bauwerken, die in erdbebengefährdeten Gebieten nach EN 1998 errichtet werden.

ANMERKUNG 1 Lineare Vorrichtungen (LD) sind durch ein lineares oder quasi-lineares Verhalten charakterisiert und werden verwendet, um die dynamischen Eigenschaften eines Tragsystems günstig zu verändern. Nichtlinearität und/oder Energiedissipation sollten mit der linearen Modellierung für die Nachweisführung des Tragsystems einschließlich dieser Vorrichtungen kompatibel sein.

ANMERKUNG 2 Nichtlineare Vorrichtungen (NLD) sind durch ein stark nichtlineares Verhalten charakterisiert und werden verwendet, um die dynamischen Eigenschaften eines Tragsystems durch das Einbringen von deutlicher Nichtlinearität und/oder Energiedissipation günstig zu verändern; diese sollten bei der nichtlinearen Modellierung für die Nachweisführung des Tragsystems einschließlich dieser Vorrichtungen angemessen berücksichtigt werden.

6.2 Leistungsanforderungen

Verschiebungsabhängige Vorrichtungen (Displacement Dependent Devices — DDD) müssen, unter Berücksichtigung eines Teilsicherheitsbeiwerts γ_b für die Maximalkraft oder die Verschiebung der Vorrichtung sowie nichtseismische Einwirkungen, die die Ausgangskonfiguration der Vorrichtung beeinflussen können, eine Verschiebung von $\gamma_x d_{bd}$ ertragen können.

Das Kraft-Verschiebungs-Vermögen einer Vorrichtung muss bis zu einer Verschiebung von $\gamma_b \gamma_x d_{bd}$ oder einer Kraft von $\gamma_b \gamma_x V_{Edb}$ gemessen werden, je nachdem, welcher Wert zuerst erreicht wird.

In der Belastungsphase darf ihre Kraft-Verschiebungs-Kurve keinen abnehmenden Trend während der Steigerung der Verschiebung bis $\gamma_b \gamma_x d_{bd}$ oder der Kraft bis $\gamma_b \gamma_x V_{Edb}$ zeigen.

Der Wert von γ_b darf nicht kleiner als 1,1 sein.

Immer, wenn eine verschiebungsabhängige Vorrichtung (DDD) als Bestandteil eines Isolationssystems für Hochbauten, Brücken oder andere Bauwerke verwendet wird, müssen die Werte γ_b und γ_x so festgelegt werden, dass sie mit dem Verschiebungsvermögen der Isolatoren zusammenpassen (siehe Abschnitt 8).

Das Verhalten einer verschiebungsabhängigen Vorrichtung (DDD) ist durch die effektive Steifigkeit K_{effb} und die effektive Dämpfung ξ_{effb} , sowie durch die Steifigkeit im ersten Belastungsast K_1 und die Steifigkeit im zweiten Belastungsast K_2 , im Falle einer nichtlinearen Vorrichtung (NLD), bestimmt.

ANMERKUNG 1 Um den theoretischen bilinearen Zyklus zur Modellierung des Verhaltens einer Vorrichtung in einer nichtlinearen Simulation zu verwenden, sollte sich der Entlastungsast des theoretischen Zyklus best möglich dem wirklichen Verhalten der Vorrichtung annähern. Zu diesem Zweck sollte der Wert von ξ_{effb} des theoretischen Zyklus vom Wert von ξ_{effb} des dritten Belastungszyklus der Erstprüfung nicht um mehr als $\pm 10\%$ abweichen.

Eine verschiebungsabhängige Vorrichtung (DDD) muss den Anforderungen für nichtseismische Bedingungen genügen, wie sie durch den Tragwerksplaner entsprechend den relevanten Europäischen Normen festgelegt werden.

Eine lineare Vorrichtung muss sowohl eine effektive Dämpfung der hysteretischen Energiedissipation $\xi_{effb,h}$ kleiner als 15 % als auch ein Verhältnis $|K_{effb,h} - K_{1,h}|/K_{1,h}$ kleiner als 0,2 aufweisen.

ANMERKUNG 2 Die hysteretischen Eigenschaften einer linearen Vorrichtung, wie die effektive Dämpfung der hysteretischen Energiedissipation $\xi_{effb,h}$ und die zugehörigen Steifigkeitswerte $K_{effb,h}$ und $K_{1,h}$ können durch die Durchführung zyklischer Prüfungen bei sehr niedriger Frequenz, wie zum Beispiel $f < 0,001$ Hz, bestimmt werden.

Die experimentell ermittelten Werte der Verhaltensparameter können, bedingt durch den Herstellungsprozess oder die Einsatzbedingungen der Vorrichtungen, von den Bemessungswerten abweichen. Diese Abweichungen müssen experimentell untersucht werden, um die oberen und unteren Grenzwerte, die in den Berechnungen im Rahmen der Bemessung zu berücksichtigen sind, festzulegen.

ANMERKUNG 3 Die hier berücksichtigten Parameter der Steifigkeit und der Energiedissipation beschreiben das theoretische Verhalten einer Vorrichtung umfassend; deshalb werden die Grenzwerte für die Abweichung bezüglich der Steifigkeitsparameter auch implizit auf die anderen damit zusammenhängenden Parameter, wie Kräfte und Verschiebungen, angewandt.

Die größten Unterschiede der in einer Prüfung ermittelten Verhaltensparameter, die während der Erstprüfungen ermittelt werden, müssen bezüglich der Bemessungswerte oder bezüglich der Werte der normalen Einsatzbedingungen innerhalb der Grenzwerte, die in den Tabellen 3 und 4 für lineare Vorrichtungen (LD) beziehungsweise nichtlineare Vorrichtungen (NLD) angegeben sind, liegen. Diese Grenzen sind für die Abweichungen bei der Lieferung (statistische Streuungen), sowie für Abweichungen infolge Alterung, Temperatur und Verschiebungsgeschwindigkeit relevant.

Die Abweichungen müssen mit Bezug auf den dritten Zyklus der Erstprüfung bestimmt werden.

Die größten Abweichungen aufgrund statistischer Streuungen innerhalb der Lieferung müssen in Bezug auf den Bemessungswert bestimmt werden.

Die größten Abweichungen aufgrund von Alterung, Temperatur und Dehnrate müssen in Bezug auf den Wert unter Normalbedingungen bestimmt werden, der sich auf die neue Vorrichtung, die bei $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ geprüft wurde, bezieht.

Die Abweichungen aufgrund Temperatur müssen in Bezug auf die oberen und unteren Werte der Bemessungstemperatur bestimmt werden.

Die Abweichungen aufgrund der Dehnrate müssen in Bezug auf eine Frequenzschwankung von $\pm 50\%$ bestimmt werden.

ANMERKUNG 4 Bei Vorrichtungen, deren Kernelemente aus Stahl hergestellt sind, können, aufgrund der werkstoffbedingten Unempfindlichkeit in Bezug auf die Dehnrate im Bereich der während eines Erdbebens üblichen Einwirkungen, die diesbezüglichen Unterschiede zu Null angenommen werden.

Die Gesamtabweichung, die bei der Bestimmung der oberen und unteren Bemessungswerte, wie in EN 1998 festgelegt, zu beachten ist, ist die lineare Kombination der einzelnen Abweichungen, wobei die Kombinationsfaktoren die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens dieser Abweichungen berücksichtigen müssen.

ANMERKUNG 5 Wenn keine genaueren Untersuchungen durchgeführt werden können, kann ein Koeffizient von 0,7 für alle Komponenten der Abweichung angenommen werden.

Um ein stabiles Verhalten unter zyklischer Belastung sicherzustellen, müssen die Abweichungen innerhalb einer Serie von Belastungszyklen, die der gleichen Verschiebung entsprechen, wie folgt begrenzt werden.

$$|K_{\text{effb},i} - K_{\text{effb},3}| / K_{\text{effb},3} \leq 0,10 \text{ für lineare Vorrichtungen (LD)} \quad (7)$$

$$|K_{2,i} - K_{2,3}| / K_{2,3} \leq 0,10 \text{ für nichtlineare Vorrichtungen (NLD)} \quad (8)$$

$$|\xi_{\text{effb},i} - \xi_{\text{effb},3}| / \xi_{\text{effb},3} \leq 0,10 \text{ für lineare Vorrichtungen (LD) und nichtlineare Vorrichtungen (NLD)} \quad (9)$$

wobei sich der Index 3 auf Größen im dritten Lastzyklus und der Index i auf Größen im i-ten Lastzyklus einer Prüfung bezieht, ausgenommen ist der erste Lastzyklus ($i \geq 2$).

Tabelle 3 — Grenzwerte der Abweichungen für lineare Vorrichtungen (LD)

	(1) Lieferung	(2) Alterung	(3) Temperatur	(4) Dehnrate
K_{effb}	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$	$\pm 40\%$	$\pm 10\%$
ξ_{effb}	$\pm 15\%$	$\pm 15\%$	$\pm 15\%$	$\pm 10\%$

Das Verhältnis zwischen den oberen und den unteren charakteristischen Werten jeglicher leistungsrelevanter Werkstoffeigenschaften darf bei metallischen Komponenten 1,4 und bei nicht-metallischen Komponenten 1,8 nicht übersteigen.

Tabelle 4 — Grenzwerte der Abweichungen für nichtlineare Vorrichtungen (NLD)

	(1) Lieferung	(2) Alterung	(3) Temperatur	(4) Dehnrate
K_2	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 10\%$
K_{eff}	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$	$\pm 40\%$	$\pm 10\%$
ξ_{eff}	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$	$\pm 15\%$	$\pm 10\%$

Wenn der Bemessungswert des Versteifungsverhältnisses $(K_2/K_1)_d$ nicht größer als 0,05 ist, ist der in Tabelle 2 angegebene Toleranzgrenzwert für K_2 nicht mehr gültig und muss durch folgende Grenzen ersetzt werden:

$$|(K_2/K_1) - (K_2/K_1)_d| \leq 0,01 \text{ für (1), (2), (3), (4)} \quad (10)$$

Die Leistungsmerkmale einer Vorrichtung unter dem Bemessungserdbeben müssen durch den Tragwerksplaner durch die Angabe von d_{bd} , K_{effb} und ξ_{effb} , neben K_1 und K_2 für nichtlineare Vorrichtungen (NLD), oder vergleichbaren Kenngrößen, die die Kraft-Verschiebungs-Kurve definieren, sowie durch die Angabe der Anzahl der zu erwartenden Zyklen unter dem Bemessungsbeben, der Verschiebungsgeschwindigkeit, des Bemessungstemperaturbereichs und der Umweltbedingungen für die Alterung, definiert werden.

Die Bemessungswerte der Kenngrößen, die die Kraft-Verschiebungs-Kurve einer nichtlinearen Vorrichtung (NLD) charakterisieren, müssen in Übereinstimmung mit den Berechnungsergebnissen der nichtlinearen Berechnungen im Rahmen der Bemessung am gesamten Tragsystem, einschließlich der Vorrichtungen, unter seismischen Einwirkungen festgelegt werden.

Die Berechnung muss das nichtlineare Verhalten der nichtlinearen Vorrichtungen (NLD) berücksichtigen, die ein Teil davon sind. Die folgenden Bedingungen müssen eingehalten werden:

- Der Verschiebungswert d_{bd} darf von der Verschiebung, die durch den Bemessungswert der Erdbebeneinwirkung im Grenzzustand der Tragfähigkeit entsteht, nicht überschritten werden.
- Das Versatzmaß der Verschiebung (das heißt, die verbleibende Verschiebung bei einer Kraft von Null am Ende des Erdbebens), das durch den Bemessungswert der Erdbebeneinwirkung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit entsteht, darf den Wert d^* nicht überschreiten, wobei d^* ein NDP ist (der empfohlene Wert ist 5 % von d_{bd} , jedoch nicht weniger als 10 mm).

6.3 Werkstoffe

6.3.1 Allgemeines

Werkstoffe können in einer Vorrichtung in Teilen verwendet werden, die unterschiedliche Funktionen haben. Zwei Hauptfunktionen können unterschieden werden: Die „Kernfunktion“, die das zyklische Verhalten der Vorrichtung im Falle eines Erdbebens charakterisiert, und die „tragende“ Funktion.

Kernmaterialien müssen die Anforderungen, die im folgenden Abschnitt festgelegt sind, erfüllen.

Tragende Werkstoffe müssen den einschlägigen Europäischen Normen, soweit vorhanden, oder anderen bestehenden Normen entsprechen.

6.3.2 Elastomer

Die Anforderungen für die Erstprüfung des Elastomers für eine bestimmte Vorrichtung müssen vom Hersteller festgelegt werden, um sicherzustellen, dass das Material geeignet ist, die Leistungsanforderungen der Vorrichtung zu erfüllen. Die Verbundfestigkeit zum geeigneten Grundmaterial muss eine Anforderung sein, wenn das Elastomer zum Zweck der Befestigung oder Bewehrung mit einem Element verbunden wird.

ANMERKUNG 1 Die Anforderungen in 8.2.2.1 dürfen als Richtlinie verwendet werden.

Die Anforderungen an die Prüfungen für das Elastomer im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle müssen vom Hersteller festgelegt werden, um konstante Materialeigenschaften sicherzustellen.

ANMERKUNG 2 Für niedrig dämpfenden Elastomer, der auf Polychloropren oder Naturkautschuk basiert, sollten die Anforderungen mindestens den in Abschnitt 8, Tabelle 8 angegebenen entsprechen; für hoch dämpfenden Elastomer sollten die Anforderungen mindestens den in Abschnitt 8, Tabelle 9 angegebenen entsprechen.

6.3.3 Stahl

Der in Vorrichtungen verwendete Stahl muss die in EN 10025, EN 10083 und EN 10088 angegebenen Anforderungen erfüllen.

6.3.4 Andere Materialien (Spezialstahl, nichtrostender Stahl, Formgedächtnislegierungen, visko-elastische polymere Materialien)

Andere Materialien müssen mit bestehenden Europäischen Normen übereinstimmen. Zusätzliche Prüfungen müssen entsprechend dem geforderten Verhalten des Materials in der Vorrichtung festgelegt werden.

6.4 Prüfungen

6.4.1 Allgemeines

Die Übereinstimmung der wirklich vorhandenen mechanischen Eigenschaften der Erdbebenvorrichtungen, innerhalb der festgelegten Toleranzen, mit den Leistungsanforderungen muss mittels der Ergebnisse spezifischer experimenteller Untersuchungen nachgewiesen werden.

Die experimentellen Untersuchungen müssen durch das Aufbringen zyklischer Verformungen nach dem Ablauf und den Verfahren, die unten dargestellt sind, durchgeführt werden. Während der Prüfungen müssen die Werte der Kräfte und Verschiebungen kontinuierlich aufgezeichnet werden, um damit den gesamten Verlauf der aufeinanderfolgenden Zyklen zu charakterisieren.

Prüfungen sollten an kompletten Vorrichtungen durchgeführt werden. Wenn jedoch keine bedeutenden Wechselwirkungen zwischen den Funktionen der einzelnen Elemente bestehen, können getrennte Prüfungen an einzelnen Kernelementen durchgeführt werden. In diesem Fall muss das tatsächliche Verhalten der Vorrichtung durch Berechnungen und Angaben über die Verbindungen und Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Elementen nachgewiesen werden.

Die mechanischen Prüfungen umfassen:

- Erstprüfungen der Werkstoffe;
- Prüfungen der Werkstoffe im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle;
- Erstprüfungen an Vorrichtungen;
- Prüfungen an Vorrichtungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle.

6.4.2 Erstprüfungen der Werkstoffe

6.4.2.1 Allgemeines

Erstprüfungen müssen durchgeführt werden, um die Übereinstimmung mit den in 6.3 festgelegten Anforderungen nachzuweisen. Falls kein Prüfverfahren aus einer bestehenden Norm angeführt werden kann, muss der Hersteller ein Verfahren festlegen, um sicherzustellen, dass der Werkstoff geeignet ist, die Leistungsanforderungen der Vorrichtung zu erfüllen.

Für einen Werkstoff, der nur eine tragende Funktion hat, müssen die Prüfverfahren der für diesen Werkstoff gültigen Norm entsprechen, soweit vorhanden, anderenfalls müssen sie vom Hersteller festgelegt werden.

Für die Werkstoffe, die Bestandteil des Vorrichtungsmechanismus sind, müssen die Art und die Methode der Prüfung den aktuellen Normen entsprechen, soweit vorhanden, anderenfalls müssen sie vom Hersteller von Fall zu Fall festgelegt werden, wenn im Folgenden nichts anderes festgelegt ist, benötigt die betrachtete Vorrichtung Folgendes:

- Bestimmung der Beziehung des gemessenen Werkstoffverhaltens zu seinem Verhalten in der Vorrichtung;
- Ermittlung der Abweichungen des Werkstoffverhaltens hinsichtlich der Veränderungen der Umweltbedingungen, der Werkstofftemperatur, der Alterung und der Dehnrate;
- Ermittlung der Wechselwirkungen zwischen dem Werkstoffverhalten und der Leistung der Vorrichtung.

Sie müssen in einem Bericht dargelegt werden, für den der Hersteller voll verantwortlich ist, in dem die Beziehung zwischen dem Werkstoffverhalten und dem Verhalten der Vorrichtung klar dargestellt werden muss.

6.4.2.2 Elastomer

Die Prüfungen am Elastomer müssen durchgeführt werden, um die Übereinstimmung mit den in 6.3.2 festgelegten Anforderungen nachzuweisen. Die Prüfungen zum Nachweis der Übereinstimmung mit den Anforderungen nach 8.2.2.1 müssen nach den in 8.2.4.2 festgelegten Verfahren durchgeführt werden. Andere Prüfmethoden und -verfahren müssen mit den entsprechenden ISO- oder EN-Normen übereinstimmen, sofern vorhanden, abgesehen davon, dass:

- die Probekörper aus der Elastomermischung, soweit möglich, unter den gleichen Bedingungen wie der Elastomer in der Vorrichtung, hergestellt (vulkanisiert) werden dürfen, oder aus der Vorrichtung herausgeschnitten werden dürfen,
- die dynamische Schubprüfung mit 8.2.4.2.5.2 übereinstimmen muss.

6.4.2.3 Stahl

Es werden Zeugnisse auf Basis bestehender Normen gefordert. Andere Prüfungen dürfen bei Bedarf entsprechend der Funktion des Werkstoffs in der Vorrichtung festgelegt werden.

6.4.2.4 Formgedächtnislegierungen

Formgedächtnislegierungen müssen im martensitischen Zustand (nicht hoch-elastisch) oder im austenitischen Zustand (hoch-elastisch) entsprechend ihrer Verwendung in der Vorrichtung geprüft werden.

Die folgenden Prüfungen müssen durchgeführt werden:

- a) DSC-Messungen (Differential Scanning Calorimetry — Differential-Scanning-Kalorimetrie): Zur Bestimmung der Transformationscharakteristik von Legierungen, insbesondere der Übergangstemperaturen, vor allem diejenigen, die für die Phasentransformation martensitisch — austenitisch und umgekehrt relevant sind.
- b) Quasistatische Zugprüfungen bis zum Bruch mit einer Dehnrates $\leq 0,002 \text{ s}^{-1}$ bei $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ und bei den Grenzwerten des Einsatztemperaturbereichs.
- c) Zugprüfung mit Be- und Entlastung am hochelastischen Draht: Um das Verhalten der Probe und ihre Bruchlast bei verschiedenen Dehnrates ($0,05 \text{ s}^{-1}$, $0,2 \text{ s}^{-1}$, $0,8 \text{ s}^{-1}$) und Temperaturen (siehe oben) zu bestimmen. Die zyklischen Dehnungsamplituden müssen 3 %, 6 %, 9 %, 12 %, bis zum Versagen betragen. Es müssen an separaten Proben desselben Werkstoffs für jede Amplitude, jede Dehnrates und jede Temperatur zehn Zyklen durchlaufen werden.
- d) Zyklische Prüfung der Komponenten aus Formgedächtnislegierungen beanspruchen diese unter den Bedingungen, denen sie in den Vorrichtungen während der Antwort der Tragwerks auf das Bemessungs-erdbeben ausgesetzt sind (zum Beispiel durch Zugbe- und -entlastung für hochelastische Drähte, durch Biegung und Torsion für Stäbe usw.), das heißt mindestens auf dem selben Niveau der maximalen Verformung und mit den selben durchschnittlichen Frequenzen. Die Komponente muss mindestens 10 Zyklen aushalten ohne zu versagen.

6.4.2.5 Andere Werkstoffe

Es werden Zeugnisse auf Basis bestehender Normen gefordert. Andere Prüfungen dürfen bei Bedarf entsprechend der Funktion des Werkstoffs in der Vorrichtung festgelegt werden.

6.4.3 Prüfungen der Werkstoffe im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

6.4.3.1 Allgemeines

Die Gleichmäßigkeit jeder Produktionscharge muss bewertet werden. Die Prüfungen an Werkstoffe im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle müssen durchgeführt werden, um die Übereinstimmung mit den in 6.3 festgelegten Anforderungen nachzuweisen.

Falls in einer bestehenden Norm kein Prüfverfahren aufgeführt ist, muss die Probenahmehäufigkeit mindestens 2 Proben je Produktionscharge betragen.

ANMERKUNG Diese Festlegung soll die Verwendung von neu entwickelten Vorrichtungen ermöglichen, die eventuell aus neuen Werkstoffen hergestellt sind, für die noch keine anerkannten Prüfverfahren zur Prüfung des geforderten Verhaltens genormt sind.

6.4.3.2 Elastomer

Die Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle müssen durchgeführt werden, um die Übereinstimmung des Elastomers mit den in 6.3.2 festgelegten Anforderungen nachzuweisen.

Die Prüfungen zum Nachweis der Übereinstimmung mit den Anforderungen nach 8.2.2.1 müssen nach den in 8.2.4.2 festgelegten Verfahren durchgeführt werden.

Die Prüfungen zum Nachweis der Übereinstimmung mit anderen Anforderungen müssen mit den entsprechenden ISO- oder EN-Normen übereinstimmen, sofern vorhanden, abgesehen davon, dass:

- die Probekörper aus der Elastomermischung, soweit möglich, unter den gleichen Bedingungen wie das Elastomer in der Vorrichtung, hergestellt (vulkanisiert) werden dürfen, oder aus der Vorrichtung herausgeschnitten werden dürfen,
- die dynamische Schubprüfung mit 8.2.4.2.5.2 übereinstimmen muss.

6.4.3.3 Stahl

Es werden Zeugnisse auf Basis bestehender Normen gefordert. Andere Prüfungen dürfen bei Bedarf entsprechend der Funktion des Werkstoffs in der Vorrichtung festgelegt werden.

6.4.3.4 Formgedächtnislegierungen

Formgedächtnislegierungen müssen im martensitischen Zustand (nicht hoch-elastisch) oder im austenitischen Zustand (hoch-elastisch) entsprechend ihrer Verwendung in der Vorrichtung geprüft werden.

Die folgenden Prüfungen müssen durchgeführt werden:

- a) DSC-Messungen (Differential Scanning Calorimetry — Differential-Scanning-Kalorimetrie): Zur Bestimmung der Transformationscharakteristik von Legierungen, insbesondere der Übergangstemperaturen, vor allem diejenigen, die für die Phasentransformation martensitisch — austenitisch und umgekehrt relevant sind.
- b) Quasistatische Zugprüfungen bis zum Bruch mit einer Dehnrates $\leq 0,002 \text{ s}^{-1}$ bei $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- c) Zugprüfung mit Be- und Entlastung am hochelastischen Draht bei $0,2 \text{ s}^{-1}$ und einer Temperatur von $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Die zyklischen Dehnungsamplituden müssen 3 %, 6 %, 9 %, 12 %, bis zum Versagen betragen. Es müssen für jede Amplitude zehn Zyklen aufgebracht werden.

6.4.3.5 Andere Werkstoffe

Es werden Zeugnisse auf Basis bestehender Normen gefordert. Andere Prüfungen dürfen bei Bedarf entsprechend der Funktion des Werkstoffs in der Vorrichtung festgelegt werden.

6.4.4 Erstprüfungen von Vorrichtungen

Erstprüfungen von Vorrichtungen müssen immer durchgeführt werden, wenn neue Vorrichtungen mit einer inneren oder äußeren Geometrie, Werkstoffen oder der Art der Befestigungen entworfen werden, die sich von bereits bewerteten Vorrichtungen unterscheiden.

Wenn die linearen geometrischen Unterschiede geringer als 20 % sind und die Ergebnisse in geeigneter Weise auf die neue Vorrichtung extrapoliert werden können, brauchen keine neuen Erstprüfungen durchgeführt zu werden.

Es muss mindestens ein Prototyp der Vorrichtung geprüft werden. Vorrichtungen, die für Erstprüfungen verwendet wurden, dürfen nicht in das Bauwerk eingebaut werden, es sei denn, die Prüfung wirkt sich nicht auf die mechanischen Eigenschaften der Vorrichtung aus oder die mechanischen Eigenschaften der Vorrichtung werden vollständig wiederhergestellt, zum Beispiel durch Austausch der Kernelemente.

Die Vorrichtungen müssen zusammen mit ihrem Befestigungssystem bewertet werden.

Die Prüfverfahren müssen so gestaltet sein, dass sie die Arbeitsbedingungen und Befestigungen der Vorrichtungen abbilden.

Im Allgemeinen müssen Erstprüfungen an Proben im Maßstab 1 : 1 durchgeführt werden.

Wenn das Leistungsvermögen der Vorrichtung den nutzbaren Leistungsbereich vorhandener Prüfeinrichtungen in der EU überschreitet, können Prüfungen an Proben mit skaliertem Maßstab durchgeführt werden, deren geometrischer Skalierungsfaktor nicht kleiner als 0,5 ist, vorausgesetzt, dass die diesbezüglichen mechanischen Ähnlichkeitsbeziehungen erfüllt sind. Der Hersteller muss einen Bericht bereitstellen, in dem die Erweiterung der Ergebnisse auf Vorrichtungen in Originalgröße durch Berechnungen, und — wenn möglich — durch Prüfungen, die an den Kernelementen in Originalgröße ausgeführt wurden, begründet wird. Die Proben müssen so belastet werden, dass die selben Spannungen und Dehnungen produziert werden, wie sie die Vorrichtung während der Antwort der Vorrichtung auf das Bemessungs-erdbeben erfährt.

ANMERKUNG 1 Wenn keine bedeutenden Wechselwirkungen zwischen den Funktionen der unterschiedlichen Elemente stattfinden, können getrennte Prüfungen an einzelnen Kernelementen in Originalgröße durchgeführt werden. In diesen Fällen sollte das tatsächliche Verhalten der Vorrichtung durch Berechnungen hinsichtlich der Verbindungen und Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Elementen nachgewiesen werden.

Im Allgemeinen müssen dynamische Prüfungen durchgeführt werden, um die tatsächlichen Einsatzbedingungen der Vorrichtungen abzubilden. Wenn gezeigt werden kann, dass die Geschwindigkeit einen vernachlässigbaren Einfluss hat, können quasi-statische Prüfungen durchgeführt werden. Das Prüfverfahren muss die folgenden Schritte umfassen, es sei denn, der Tragwerksplaner schreibt ein anderes Programm vor, das sich auf spezielle Arbeitsbedingungen bezieht.

- a) Ermittlung des Kraft-Verschiebungs-Zyklus: Zyklen mit ansteigender Amplitude von 25 %, 50 % und 100 % der maximalen Verschiebung, die mindestens gleich $\pm d_{bd}$ sein muss, müssen aufgebracht werden. Es müssen fünf Zyklen für jede Zwischenstufe der Verschiebung und mindestens zehn Zyklen für die maximale Verschiebung aufgebracht werden. Wenn Proben mit skaliertem Maßstab verwendet werden, müssen die Verschiebungen und die Belastungsfrequenz für die Prüfung entsprechend angepasst werden. Die Vorrichtung darf nicht versagen und muss ihre Eigenschaften während der Prüfung unverändert behalten. Wenn die Grundswingzeit des Tragwerks, in dem die Vorrichtung eingesetzt werden muss, erheblich kleiner als 2 s ist, muss durch den Tragwerksplaner eine entsprechende Erhöhung der Anzahl der Prüfzyklen bei $\pm d_{bd}$ vorgeschrieben werden. Im Falle linearer Vorrichtungen, für die die hysteretische Komponente der Energiedissipation ermittelt werden muss, muss der zuvor beschriebene Prüfablauf auch mit einer Belastungsfrequenz nicht größer als 0,001 Hz wiederholt werden, mit mindestens drei Zyklen für jede Amplitude.

ANMERKUNG 2 Ein wichtiger Parameter, der durch den Tragwerksplaner sorgfältig berücksichtigt werden sollte, ist die Anzahl der Zyklen, die auf die Proben aufgebracht wird, da sie mit der Dauer des Erdbebens und den Eigenschwingzeiten des Tragsystems im Zusammenhang steht. Die Anzahl von zehn Zyklen steht im Zusammenhang mit der Verwendung der Vorrichtungen in Isolationssystemen, die Grundswingzeiten in der Größenordnung von 2 s erzeugen.

- b) Prüfung mit rampenförmiger Belastung zur statischen Ermittlung der Verschiebung beim Versagen: Verformungen müssen mit niedriger Geschwindigkeit aufgebracht werden. Eine Verschiebung von mindestens d_{bd} multipliziert mit γ_b und γ_x , oder eine Kraft von mindestens V_{Ebd} multipliziert mit γ_b und γ_x , je nachdem, welcher Wert zuerst erreicht wird, muss aufgebracht werden. Wenn Proben mit skaliertem Maßstab verwendet werden, müssen die Verschiebungen für die Prüfung entsprechend angepasst werden. Die Kraft in der Vorrichtung darf während der Steigerung der Verschiebung nicht abfallen.

Die Einflüsse von Alterung, Temperatur und Belastungsfrequenz müssen entweder an der Probe, die in der Erstprüfung verwendet wird, durch Wiederholung von Schritt a) unter den verschiedenen Bedingungen, die der Tragwerksplaner festlegt, oder am Kernmechanismus, den Kernelementen oder den Kernmaterialien ermittelt werden. In letzterem Fall müssen die Auswirkungen auf das Gesamtverhalten der Vorrichtung quantitativ abgeschätzt werden. Die Kernkomponenten der Probe müssen ausgetauscht werden, wenn eine Prüfung eine irreversible Veränderung in der Komponente verursacht. Wenn der Kernmechanismus auf Stahl oder Blei basiert und ausreichender Schutz der Kernelemente gegen Umwelteinflüsse sichergestellt ist, dürfen Einflüsse der Alterung ignoriert werden.

6.4.5 Prüfung von Vorrichtungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle müssen immer an den Vorrichtungen vor deren Einbau durchgeführt werden. Es muss möglich sein, jede Vorrichtung zu identifizieren und sie der Produktionscharge, zu der sie gehört, zuzuordnen.

Die Prüfung a), die in 6.4.4 beschrieben ist, muss an mindestens 2 % der Lieferung durchgeführt werden, mit einer Mindestanzahl von einer Vorrichtung. Die geprüften Vorrichtungen dürfen in das Bauwerk eingebaut werden, wenn gezeigt wird, dass die Ermüdungsfestigkeit ihrer Kernkomponenten eine Größenordnung höher ist, als die Anzahl der Zyklen, denen sie in der Prüfung unterworfen wurden. In jedem anderen Fall müssen die Vorrichtungen nicht in das Bauwerk eingebaut werden, es sei denn, ihre mechanischen Eigenschaften sind vollständig wiederhergestellt, zum Beispiel durch Austausch des nichtlinearen Mechanismus oder der Kernelemente.

7 Geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen

7.1 Funktionelle Anforderungen

ANMERKUNG Dieser Abschnitt behandelt zwei Arten des viskosen Dämpfers, nämlich den viskosen Flüssigkeitsdämpfer (Fluid Viscous Damper — FVD) und den Feder-Flüssigkeitsdämpfer (Fluid Spring Damper — FSD). Die allgemeine Bezeichnung viskoser Dämpfer gilt für beide Arten.

Innerhalb der Toleranzen, die durch den Tragwerksplaner festgelegt werden, muss der viskose Dämpfer eine Reaktionskraft, entweder als Zug- oder als Druckkraft, zur Verfügung stellen, die mit dem vom Hersteller angegebenen Arbeitsgesetz über einen Geschwindigkeitsbereich, der sich mindestens zwei Dekaden vom maximalen Bemessungsniveau nach unten erstreckt, übereinstimmt.

Der viskose Dämpfer muss im Stande sein, bei den durch den Tragwerksplaner festgelegten Energieniveaus ohne Leistungsabfall oder Gebrauchsbeeinträchtigung zu arbeiten.

Die Reaktionskraft des viskosen Flüssigkeitsdämpfers darf nur von der Geschwindigkeit abhängen und darf sich mit der Kolbenstellung des Dämpfers nicht verändern. Der Tragwerksplaner muss die akzeptable Schwankung der Dämpferkraft in Folge von Veränderungen der Umgebungstemperatur oder der inneren Temperatur, oder in Folge von Ursachen wie Alterung, Verschleiß usw., vorgeben.

Die Reaktionskraft des Feder-Flüssigkeitsdämpfers muss von der Geschwindigkeit und vom Kolbenhub abhängen. Der Tragwerksplaner muss die akzeptable Schwankung der Dämpferkraft in Folge von Veränderungen der Umgebungstemperatur oder der inneren Temperatur oder in Folge von Ursachen wie Alterung, Verschleiß usw., vorgeben.

Der Bemessungshub des Dämpfers muss Langzeiteffekte, temperaturinduzierte Verschiebung und Erdbebenverschiebung sowie jegliche Einstelllänge, die durch den Tragwerksplaner gefordert wird, berücksichtigen. Der Kolbenhub darf in keinem Fall kleiner als ± 50 mm für Brücken oder ± 25 mm für Hochbauten sein.

Der Dämpfer muss mit selbstschmierenden Kugelgelenken an jedem Ende ausgestattet sein, um die übertragene Last entlang seiner Hauptachse zu führen und unerwünschte Biegeeffekte zu vermeiden, die für das Dichtungssystem schädlich sein könnten.

Das Rotationsvermögen der Kugelgelenke muss durch den Tragwerksplaner unter Berücksichtigung von Verkehrslasten, der Erdbebenbewegungen, fehlerhafter Ausrichtung bei der Montage usw. festgelegt werden. Die Rotation darf in keinem Fall kleiner als $\pm 2^\circ$ sein.

Gabelkopfplatten oder andere Komponenten dürfen die Bemessungsrotation nicht geometriebedingt behindern.

7.2 Werkstoffeigenschaften

7.2.1 Allgemeines

Die Werkstoffe müssen sowohl unter Berücksichtigung der Umgebungstemperatur als auch sämtlicher Veränderungen, die durch die Funktion der Vorrichtung hervorgerufen werden, passend zum erwarteten Gebrauchstemperaturbereich ausgewählt werden.

7.2.2 Werkstoffe

Viskose Dämpfer müssen aus Eisenwerkstoffen nach einer der folgenden Normen hergestellt werden:

EN 10025, EN 10083, EN 10088, ISO 3755 oder ISO 1083.

Dämpfer dürfen aus Nichteisenwerkstoffen hergestellt werden, müssen dann jedoch einem Zulassungsverfahren zu unterzogen werden.

7.2.3 Beanspruchte Oberflächen

Die gesamte beanspruchte Oberfläche der Kolbenstange muss entweder aus nichtrostendem Stahl gefertigt werden oder muss vernickelt und/oder hartverchromt werden, je nach Eignung, um Korrosionsschutz und/oder Verschleißwiderstand sicherzustellen.

Das Verfahren des Hartverchromens muss den Anforderungen nach EN ISO 6158 genügen.

Das Verfahren des Vernickelns muss den Anforderungen nach EN ISO 4526 genügen.

Der nichtrostende Stahl muss in Übereinstimmung mit EN 10088 sein.

Die kleinste Gesamtschichtdicke der Hartbeschichtung muss 70 μm sein, außer wenn das Untergrundmaterial aus nichtrostendem Stahl gefertigt ist; in diesem Falle darf die kleinste Beschichtungsdicke auf 40 μm verringert werden.

Die Beschichtung muss frei von Rissen und Poren sein.

Die Oberfläche des Grundmaterials muss frei von Porosität, Schrumpfrissen und Einschlüssen sein.

Die schlussendliche Oberflächenrauheit R_z nach EN ISO 4287 der beschichteten Oberfläche darf 3 μm nicht überschreiten.

ANMERKUNG Sowohl das Grundmaterial als auch die Hartbeschichtung dürfen poliert werden, um die festgelegte Oberflächenrauheit zu erzielen.

7.2.4 Viskose Flüssigkeit

Die verwendete viskose Flüssigkeit muss ungiftig, nicht entflammbar und chemisch inaktiv sein. Wenn eine Flüssigkeit verwendet wird, die nicht auf Silikon-Basis hergestellt ist, müssen die oben genannten Eigenschaften nachgewiesen werden.

Flüssigkeiten auf Kohlenwasserstoffbasis dürfen nicht verwendet werden, es sei denn es wird durch den Tragwerksplaner anders festgelegt.

7.3 Bemessungsanforderungen

7.3.1 Allgemeines

Die viskosen Dämpfer müssen so bemessen sein, dass durch das Einwirken von Gebrauchslasten kein Fließen und durch das Einwirken von Lasten des Grenzzustands der Tragfähigkeit kein Versagen auftritt.

Viskose Dämpfer müssen im Allgemeinen so bemessen werden, dass sie dem maximalen Innendruck, der aus der ungünstigsten Kombination der Bemessungseinwirkungen entsteht, standhalten.

Der viskose Dämpfer muss so bemessen werden, dass er einer Querschleunigung nach 5.3.3 standhält.

Die Vorrichtung muss so bemessen sein, dass sie einer (auf ihre eigene Masse wirkenden) Beschleunigung rechtwinklig zur Bewegungsrichtung widersteht, die der mit der maximalen durch die Erdbebenberechnung vorhergesagten Beschleunigung an ihrem Einbauort entspricht. In Ermangelung von Beschleunigungsdaten muss die Vorrichtung so bemessen sein, dass sie einer Last rechtwinklig zur Bewegungsrichtung widersteht, die mindestens ihrem doppelten Eigengewicht entspricht in Kombination mit der maximalen Axiallast.

Der Viskose Dämpfer muss Vorkehrungen beinhalten, die die Temperatúrausdehnung der viskosen Flüssigkeit erlauben, um eine übermäßige Erhöhung des Innendrucks zu vermeiden.

Der Viskose Dämpfer muss so bemessen und konstruiert sein, dass er für seine zu erwartende Nutzungsdauer unter den zu erwartenden Nutzungsbedingungen wartungsfrei ist.

Die größten Unterschiede zwischen den in Prüfungen ermittelten Werten der charakteristischen Eigenschaften, die bei der Erstprüfung ermittelt werden, und den Bemessungswerten oder den Werten für normale Einsatzbedingungen müssen innerhalb der Grenzwerte der Abweichung, die in Tabelle 5 angegeben sind, liegen. Diese Grenzwerte betreffen die Abweichungen innerhalb der Lieferung (statistische Abweichungen) sowie Abweichungen infolge Temperatur, usw.

Die Gesamtabweichung, die bei der Abschätzung der oberen und unteren Grenzen der Bemessungswerte, wie in EN 1998 festgelegt, zu berücksichtigen ist, ist eine lineare Kombination der einzelnen Abweichungen, wobei die Kombinationsbeiwerte die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens solcher Abweichungen berücksichtigen müssen.

ANMERKUNG 1 Wenn eine genauere Abschätzung nicht erfolgen kann, kann ein Beiwert von 0,7 für alle Komponenten der Abweichung angenommen werden. Das Verhältnis zwischen oberen und unteren charakteristischen Grenzwerten jeglicher charakteristischen Eigenschaft darf 1,4 nicht überschreiten.

**Tabelle 5 — Grenzwerte der Abweichungen (t_d)
für geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen**

	(1) Lieferung		(2) Temperatur*	
	FVD	FSD	FVD	FSD
F	$\pm 15 \%$	$\pm 15 \%$	$\pm 5 \%$	$\pm 15 \%$
K_{eff}	N/A	$\pm 15 \%$	N/A	$\pm 15 \%$
EDC	-15%	-15%	-5%	-5%
(*) Temperaturbereich $-25 \text{ °C}/+50 \text{ °C}$ N/A = nicht anwendbar EDC = Energiedissipation je Zyklus (Energy Dissipation per Cycle)				

ANMERKUNG 2 Alterung ist für diese Art Vorrichtung nicht relevant, da die Flüssigkeit nicht im Kontakt mit Luft ist.

7.3.2 Übergeschwindigkeit

Die Bemessungskraft muss mit einen Zuverlässigkeitsfaktor γ_v nach folgender Gleichung erhöht werden:

$$\gamma_v = (1 + t_d) \cdot (1,5)^\alpha \quad (11)$$

Dabei ist

t_d die Toleranz der Bemessungsreaktion, die der Hersteller angibt;

α der Exponent des Arbeitsgesetzes, das der Hersteller sicherstellt.

7.3.3 Knicken

Die Kolbenstange des Dämpfers muss so bemessen sein, dass in ihrem vollständig ausgefahrenen Zustand Instabilität in Folge Knicken unter der mit Teilsicherheitsbeiwerten erhöhten Bemessungslast (siehe 7.3.2) und unter Berücksichtigung eines Reibbeiwertes von 10 % für die Kugelgelenke (es sei denn es sind Prüfungsergebnisse verfügbar) vermieden wird.

7.4 Prüfungen

7.4.1 Allgemeines

ANMERKUNG 1 Das Prüfprogramm bedingt einen enormen Energieeintrag in den Dämpfer. Deshalb ist bei der Ausführung des Prüfprogramms Vorsicht gefordert, um sicherzustellen, dass in schneller Folge durchgeführte Prüfungen den Dämpfer nicht übermäßig überhitzen. Um das zu erreichen, ist es erforderlich, die Dämpfertemperatur an kritischen Stellen, die vom Hersteller anzugeben sind, zu messen und in den Bericht aufzunehmen, des Weiteren ist es ratsam, das Prüfprogramm in Gruppen von Prüfungen zu unterteilen. Nachdem eine Gruppe von Prüfungen durchgeführt ist, wird dem Dämpfer erlaubt, auf eine festgelegte Temperatur abzukühlen, bevor die folgende Gruppe von Prüfungen durchgeführt wird.

ANMERKUNG 2 Die in diesem Abschnitt aufgeführten Prüfungen brauchen nicht in der dargestellten Reihenfolge durchgeführt zu werden.

Die Prüfungen müssen zu Gruppen zusammengefasst werden, unter Berücksichtigung der Bedingung, dass der Gesamtenergieeintrag in den Dämpfer in jeder Gruppe von Prüfungen die zweifache während eines Bemessungsereignisses durch den Dämpfer dissipierte Energie nicht überschreitet.

ANMERKUNG 3 Das Prüfen sollte nicht weitergehen, solange die Dämpfertemperatur ein vom Hersteller festgelegtes Niveau überschreitet.

7.4.2 Erstprüfung

7.4.2.1 Allgemeines

Immer wenn ein neues Produkt ein Lastaufnahmevermögen hat, das um mehr als $\pm 20\%$ von dem einer zuvor geprüften Einheit abweicht und/oder seine Bemessungsgeschwindigkeit größer ist, muss eine Erstprüfung durchgeführt werden. Damit frühere Prüfungen verwertet werden können, müssen die Konstruktion und die Werkstoffe die Gleichen sein wie sie vorher benutzt wurden.

Die Probentemperatur muss an zwei Stellen am Körper des Dämpfers, die vom Hersteller als kritisch angegeben werden, gemessen werden. Die Aufzeichnung muss 5 min vor der Prüfung beginnen und muss für 15 min nach der Prüfung weitergeführt werden.

7.4.2.2 Druckprüfung für viskose Flüssigkeitsdämpfer und Feder-Flüssigkeitsdämpfer

Soweit anwendbar, muss auf jeden viskosen Flüssigkeitsdämpfer (Fluid Viscous Damper — FVD) oder Feder-Flüssigkeitsdämpfer (Fluid Spring Damper — FSD) ein Innendruck aufgebracht werden, der 125 % der maximalen Dämpferlast entsprechen muss. Dieser Druck muss über die Dauer von 120 s gehalten werden.

Die Anforderung ist, dass kein sichtbarer Flüssigkeitsaustritt, Anzeichen physischer Zerstörung oder Leistungsabfall beobachtet werden darf.

7.4.2.3 Prüfung von Flüssigkeitsdämpfern mit niedriger Geschwindigkeit

ANMERKUNG 1 Der Gegenstand der Prüfung mit niedriger Geschwindigkeit ist es, die axiale Widerstandskraft des Dämpfers unter simulierten temperaturbedingten Bewegungen zu bewerten.

Der Belastungsverlauf muss der folgende sein: Ein (1) vollständig zurückgefahrener Zyklus der axialen Verschiebung, von 0 nach d_{th} , nach $-d_{th}$ und zurück zu 0, aufgebracht mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v_1 \leq 0,1$ mm/s. Der Wert d_{th} muss durch den Tragwerksplaner festgelegt werden, darf aber nicht kleiner als 10 mm sein.

ANMERKUNG 2 Der Wert d_{th} ist dafür gedacht, mit der typischen maximalen Verschiebung infolge temperaturbedingter Einwirkungen überein zustimmen.

Die Anforderung ist, dass der Dämpfer über den vollen Verschiebungszyklus eine Reaktionskraft von kleiner als 10 % seiner Bemessungskraft entwickeln darf oder einen kleineren Wert, wenn es durch den Tragwerksplaner festgelegt wurde. Sowohl der Belastungsverlauf (axiale Verschiebung über der Zeit) als auch die Kraft-Verschiebungs-Kurve müssen kontinuierlich aufgezeichnet und ausgedruckt werden.

Alternativ muss die Prüfung Folgende sein: Ein (1) vollständig zurückgefahrener Zyklus bei dem eine konstante Kraft in Höhe von 10 % seiner Bemessungskraft aufgebracht wird, von 0 mindestens bis $d_{th}(d_+)$ und dann mindestens bis $-d_{th}(d_-)$ und zurück bis 0.

Die durchschnittliche aufgezeichnete konstante Geschwindigkeit ($2(|d_+| + |d_-|)/T$, wobei T die Dauer eines Zyklus (Periodendauer) ist), muss größer als 0,01 mm/s sein. Der Wert von d_{th} muss durch den Tragwerksplaner festgelegt werden, darf aber nicht kleiner als 10 mm sein. Sowohl der Belastungsverlauf (axiale Kraft über der Zeit) als auch der Verschiebungs-Zeit-Verlauf müssen kontinuierlich aufgezeichnet und ausgedruckt werden.

Die Prüfung muss bei einer Temperatur von $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ durchgeführt werden, oder bei einer niedrigeren Temperatur, wenn es durch den Tragwerksplaner festgelegt wurde.

7.4.2.4 Prüfung des Feder-Flüssigkeitsdämpfers mit niedriger Geschwindigkeit

ANMERKUNG 1 Der Gegenstand der Prüfung mit niedriger Geschwindigkeit ist es, die axiale Widerstandskraft des Dämpfers unter simulierten temperaturbedingten Bewegungen oder quasistatischen Lasten zu bewerten.

Der Belastungsverlauf muss der Folgende sein: Ein (1) vollständig zurückgefahrener Zyklus der axialen Verschiebung, von 0 nach d_{th} , nach $-d_{th}$ und zurück zu 0, aufgebracht mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v_1 \leq 0,1$ mm/s. Der Wert d_{th} muss durch den Tragwerksplaner festgelegt werden, darf aber nicht kleiner als 10 mm sein.

ANMERKUNG 2 Der Wert d_{th} ist dafür gedacht, mit der typischen maximalen Verschiebung infolge temperaturbedingter und anderer quasistatischer Einwirkungen wie Bremsen, Wind usw. übereinzustimmen.

Die Anforderung ist, dass der Dämpfer über den vollen Verschiebungszyklus eine Reaktionskraft kleiner als das $(1 + \epsilon_d)$ -fache seiner Bemessungsreaktionskraft entwickeln darf oder einen durch den Tragwerksplaner festgelegten Wert.

Sowohl der Belastungsverlauf (axiale Verschiebung über der Zeit) als auch die Kraft-Verschiebungs-Kurve müssen kontinuierlich aufgezeichnet und ausgedruckt werden.

Die Prüfung muss bei einer Umgebungstemperatur von $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ durchgeführt werden, oder bei einer niedrigeren Temperatur, wenn es durch den Tragwerksplaner festgelegt wurde.

7.4.2.5 Prüfung des Arbeitsgesetzes für viskose Flüssigkeitsdämpfer

ANMERKUNG 1 Der Gegenstand dieser Prüfung ist es, die charakteristische Kraft-Geschwindigkeits-Kurve des Dämpfers, das heißt die Parameter C und α die das Arbeitsgesetz $F = C \times v^\alpha$ definieren, zu bestimmen.

Der Belastungsverlauf muss aus Folgendem bestehen: Bringe bei jeder Geschwindigkeit drei (3) vollständig zurückgefahrene Zyklen axialer Verschiebung von 0 bis $+d_{db}$, bis $-d_{db}$ und zurück bis 0 auf, wobei d_{db} die Bemessungsverschiebung infolge Erdbeben ist.

Die aufgebrachte Geschwindigkeit muss mindestens folgende Anteile der veranschlagten maximalen Bemessungsgeschwindigkeit beinhalten: 1 %, 25 %, 50 %, 75 % und 100 %.

Die Anforderung ist, dass alle in der Prüfung ermittelten Punkte der charakteristischen Reaktionskraftkurve in die Einhüllende der Toleranzen fallen.

ANMERKUNG 2 Die Reaktionskraft des Dämpfers F_n bei einer Geschwindigkeit v_n ist definiert als der Mittelwert der positiven und negativen Schnittpunkte der Kurve des zweiten Hysteresezyklus mit der Kraftachse.

Die Prüfung muss bei der maximalen und bei der minimalen Bemessungstemperatur wiederholt werden, um den Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Reaktionskraft, die von den Einheiten erzeugt wird, abzuschätzen. Diese Wiederholungsprüfungen dürfen entfallen, wenn von einem unabhängigen Labor zertifizierte Prüfergebnisse von Prüfungen an ähnlichen Einheiten über den gleichen oder einen größeren Temperaturbereich schon verfügbar sind.

7.4.2.6 Prüfung des Arbeitsgesetzes für Feder-Flüssigkeitsdämpfer

ANMERKUNG 1 Der Gegenstand dieser Prüfung ist es, das Arbeitsgesetz des Feder-Flüssigkeitsdämpfers (Fluid Spring Damper — FSD), das heißt die Parameter F_0 (Vorlast), K (Steifigkeit), C und α (Dämpfung), die einen Teil seines Arbeitsgesetzes definieren, zu bestimmen.

Der Belastungsverlauf muss aus Folgendem bestehen: Bringe bei jeder Geschwindigkeit drei (3) vollständig zurückgefahrene Zyklen axialer Verschiebung von 0 bis $+d_{db}$, bis $-d_{db}$ und zurück bis 0 auf, wobei d_{db} die Bemessungsverschiebung infolge Erdbeben ist.

Die aufgebrachte Geschwindigkeit muss mindestens folgende Anteile der veranschlagten maximalen Geschwindigkeit beinhalten: 1 %, 25 %, 50 %, 75 % und 100 %.

Die Annahmebedingung ist, dass die charakteristische Reaktionskraftkurve in die Einhüllende der Toleranzen fällt.

ANMERKUNG 2 Die Reaktionskraft des Dämpfers F_n bei einer Geschwindigkeit v_n ist definiert als der Mittelwert der Schnittpunkte der Kurve des zweiten Hysteresesyklus mit einer zur Kraftachse parallelen Achse bei 50 % von $+d_{db}$ und $-d_{db}$:

$$F_n = \frac{F_n^{(+)} + |F_n^{(-)}|}{2} \quad (12)$$

Die Prüfung muss bei der maximalen und bei der minimalen Bemessungstemperatur wiederholt werden, um den Einfluss der äußeren Temperatur auf die Reaktionskraft, die von den Einheiten erzeugt wird, abzuschätzen. Diese Wiederholungsprüfungen dürfen entfallen, wenn von einem unabhängigen Labor zertifizierte Prüfergebnisse von Prüfungen an ähnlichen Einheiten über den gleichen oder einen größeren Temperaturbereich schon verfügbar sind.

7.4.2.7 Prüfung des Wirkungsgrads der Dämpfung

ANMERKUNG 1 Der Gegenstand der Prüfung des Wirkungsgrads der Dämpfung ist es, das Energiedissipationsvermögen der Vorrichtung und die Stabilität der Reaktionskraft zu bewerten.

Der Belastungsverlauf muss der Folgende sein: Bringe fünf (5) volle harmonische Verschiebungszyklen vom Typ $d(t) = d_0 \sin(2\pi f_0 t)$ auf, wobei der Hub d_0 und die Frequenz f_0 (Hz) durch den Tragwerksplaner, der darauf achtet, nicht eine Energiedissipation entsprechend zweier Bemessungserdbeben zu überschreiten, festgelegt werden muss.

ANMERKUNG 2 Falls 5 Zyklen die Kapazität der Prüfeinrichtung überschreiten, darf die Prüfung in Zyklengruppen durchgeführt werden, jedoch mit einem Minimum von drei kontinuierlich eingetragenen Zyklen.

Zwischen den Zyklengruppen darf keine Kühlung aufgebracht werden.

Die Anforderung ist, dass für jeden Zyklus die Dämpferreaktion, die bestimmt wird, wie in 7.4.2.5 oder 7.4.2.6 beschrieben, innerhalb der Bemessungstoleranz sein muss und die Energiedissipation größer als der minimale Bemessungswert sein muss.

7.4.2.8 Zyklische Windlastprüfung

Wenn die Windlast durch den Tragwerksplaner als kritisch erachtet wird, müssen die Prototypen der Dämpfer zum Nachweis ihrer Fähigkeit, windinduzierten Schwingungen zu widerstehen, geprüft werden.

Der Prototyp des Dämpfers muss bei einer Frequenz und Verschiebung, die durch den Tragwerksplaner festgelegt werden, zyklisch mit 200 Zyklen geprüft werden (zum Beispiel 0,4 Hz bei ± 12 mm). Kontinuierliche Temperaturmessung muss durchgeführt werden.

Die Anforderungen sind, dass zu jedem Zeitpunkt während der Prüfung die Einheit nicht blockieren, fressen oder versagen darf, und dass die Einheit nach der Prüfung keine Anzeichen von Flüssigkeitsaustritt zeigen darf.

7.4.2.9 Prüfung des Dichtungsverschleißes

ANMERKUNG 1 Der Gegenstand der Prüfung ist, sicherzustellen, dass die Dichtung Bewegungen infolge von Temperatureinwirkungen über die angenommene Lebensdauer der Vorrichtung ohne Austritt von innerer Flüssigkeit widerstehen wird.

Der Dämpfer muss mit 10 000 Zyklen bei einer Amplitude, die gleich der erwarteten maximalen Temperaturverschiebung d_{th} ist, geprüft werden.

ANMERKUNG 2 Dämpfer haben in Allgemeinen ein hohes Energiedissipationsvermögen, sogar bei niedriger Geschwindigkeit, deshalb darf, um die Prüfung in einer angemessenen Zeit ohne übermäßige Hitzeentwicklung in der Vorrichtung durchzuführen, das Hauptöffnungssystem umgangen werden, um die Dämpferreaktion und den Druckaufbau zu reduzieren. Alternativ darf für die zyklische Prüfung die Dämpferflüssigkeit ganz oder teilweise entfernt werden.

Nach der zyklischen Prüfung muss der Dämpfer nach 7.4.2.7 geprüft werden, um nachzuweisen, dass die dort angegebenen Anforderungen immer noch erreicht werden.

7.4.2.10 Prüfung zum Nachweis des Hubs

ANMERKUNG Der Gegenstand der Prüfung ist, sicherzustellen, dass der Dämpfer in der Lage ist, den Bemessungshub zu ermöglichen.

Ein vollständiger Hubzyklus muss auf den Dämpfer aufgebracht werden. Der Dämpfer braucht nicht mit Flüssigkeit gefüllt zu sein.

Die Anforderung ist, dass der Dämpfer in der Lage sein muss, einen Hub zu ermöglichen, der mindestens dem Bemessungswert mit einer Toleranz von 1 mm entspricht.

7.4.3 Werkseigene Produktionskontrolle

Zum Zweck der Qualitätskontrolle muss eine Einheit je Produktionscharge den folgenden Prüfungen unterzogen werden:

- Prüfung mit niedriger Geschwindigkeit;
- Prüfung des Arbeitsgesetzes;
- Prüfung des Wirkungsgrads der Dämpfung.

Eine Produktionscharge ist als nicht mehr als zwanzig (20) Einheiten mit dem gleichem Arbeitsgesetz und den gleichen Konstruktionsdetails, mit Ausnahme des Kolbenhubs, definiert. Die Prüfung des Arbeitsgesetzes muss bei Umgebungstemperatur durchgeführt werden.

Die Druckprüfung muss an 100 % der Einheiten aus der laufenden Produktion durchgeführt werden.

Tabelle 6 fasst die geforderten Prüfungen für die Vorrichtungen für die Erstprüfung und die werkseigene Produktionskontrolle zusammen. Die zu prüfende Einheit aus der laufenden Produktion muss diejenige innerhalb der Produktionscharge mit dem größten Kolbenhub sein.

Tabelle 6 — Geforderte Prüfungen für die Erstprüfung und die werkseigene Produktionskontrolle

	Druck- prüfung	Prüfung mit niedriger Geschwin- digkeit	Prüfung des Arbeits- gesetzes	Prüfung des Wirkungs- grads der Dämpfung	Zyklische Windlast- prüfung	Prüfung des Dichtungs- verschleißes	Prüfung zum Nachweis des Hubs
Erstprüfung	x*	x	x	x	x*	x*	x*
Werkseigene Produktions- kontrolle	x*	x*	x*	x*			
(*) Prüfung durchgeführt bei Umgebungstemperatur							

8 Isolatoren

8.1 Allgemeine Anforderungen

Seismische Isolatoren müssen die Schwerkraft eines Tragwerks ohne übermäßiges Kriechen abtragen und nichtseismischen Einwirkungen wie Windlasten und temperaturinduzierten Verschiebungen widerstehen. Sie müssen durch eine geringe Horizontalsteifigkeit oder auf anderem Weg für die gewünschte geringe horizontale Eigenfrequenz des isolierten Tragwerks sorgen. Sie müssen in der Lage sein, die großen horizontalen Verschiebungen infolge der seismischen Einwirkungen zu ermöglichen, während sie noch immer die Schwerkraft des Tragwerks sicher abtragen und den vertikalen Kräften infolge seismischer Einwirkungen widerstehen. Sie müssen für ein Maß der Dämpfung sorgen, das ausreichend ist, um die horizontalen Verschiebungen infolge seismischer Einwirkungen zu beherrschen, es sei denn, zusätzliche Vorrichtungen werden verwendet, um für die Dämpfung zu sorgen.

Die Arten von Isolatoren, die durch diesen Abschnitt abgedeckt werden, sind:

- a) Elastomere Isolatoren, einschließlich derer mit einem Kern aus Blei oder hoch dämpfendem Polymermaterial um die Dämpfung zu erhöhen;
- b) Gleiter, sowohl mit gekrümmter Gleitfläche (Pendelgleiter) als auch mit ebener Gleitfläche (Flachgleiter).

ANMERKUNG 1 Stahlfederisolatoren werden nicht abgedeckt, obwohl beabsichtigt ist, diese in zukünftigen Fassungen dieser Europäischen Norm aufzunehmen.

Isolatoren müssen so bemessen und hergestellt werden, dass sie die Verschiebungs- und Verdrehungsbewegungen, die durch Erdbebeneinwirkungen und andere Einwirkungen aufgebracht werden, ermöglichen, während sie die vertikale Last, die durch Schwerkraft, Erdbebeneinwirkungen und andere nicht ständige Lasten aufgebracht wird, abtragen. Sie müssen korrekt funktionieren, wenn sie während ihrer geplanten Nutzungsdauer den zu erwartenden Umweltbedingungen ausgesetzt sind. Wenn Isolatoren voraussichtlich außergewöhnlichen Umwelt- und Anwendungsbedingungen ausgesetzt sind, wie dem Eintauchen in Wasser, dem Einwirken von Ölen oder Chemikalien, oder der Einbau in einem Bereich, in dem ein signifikantes Brandrisiko herrscht, müssen unter Berücksichtigung einer genauen Definition der Bedingungen zusätzliche Schutzmaßnahmen getroffen werden (siehe EN 1337-9).

Isolatoren müssen die allgemeinen Regeln, die in Abschnitt 4 angegeben sind, erfüllen.

Sämtliche Erdbebenvorrichtungen eines Isolationssystems dürfen die Leistung des Tragsystems unter nichtseismischen Nutzungsbedingungen nicht beeinträchtigen.

ANMERKUNG 2 Es wird empfohlen, dass für Isolatoren der Wert von 1,2, wie in EN 1998-1:2004, 10.3 (2) empfohlen, als Erhöhungsfaktor γ_x für alle Tragwerke, einschließlich der kritischen, außer Brücken, verwendet wird.

Alle Typen von Isolatoren dürfen nur mittels mechanischer Verbindungsmittel am Tragwerk befestigt werden, außer die kleinste vertikale Last während der Erdbebeneinwirkung wurde durch dynamische Berechnung bestimmt. Dann müssen mindestens 75 % der horizontalen Last durch mechanische Verankerungen abgetragen werden.

ANMERKUNG 3 Der Erhöhungsfaktor γ_{is} der bei der Bemessungsverschiebung für Brückenisolatoren in EN 1998-2:2005, 7.6.2 (1) P angewandt wird, wird hier mit dem Symbol γ_x dargestellt. Es wird empfohlen, dass der Wert von 1,5, wie in EN 1998-2 empfohlen, für Brücken verwendet wird.

ANMERKUNG 4 Die geeigneten Verfahren zur Tragwerksberechnung für isolierte Hochbauten sind in EN 1998-1:2004, 10.9 und für Brücken in EN 1998-2:2005, 7.5 festgelegt.

ANMERKUNG 5 Die Isolatoren, die in diese Europäischen Norm betrachtet werden, bieten nur Isolation gegen horizontale seismische Einwirkungen. Sie können zusätzlich so gestaltet sein, dass sie Isolation gegen vertikale Schwingungen bieten. Es würden zusätzlich zu der Prüfung in 8.2.1.2.8 Prüfungen der vertikalen Steifigkeit gefordert werden.