

DIN EN 15129

ICS 91.120.25

Entwurf

Einsprüche bis 2017-05-03
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 15129:2010-06

Erdbebenvorrichtungen; Deutsche und Englische Fassung prEN 15129:2017

Anti-seismic devices;
German and English version prEN 15129:2017

Dispositifs anti-sismiques;
Version allemande and anglaise prEN 15129:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-03-03 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 351 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15129:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 340 „Erdbebensicherung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI (Italien) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-57-02 AA „Lager im Bauwesen (DIN 4141); SpA zu CEN/TC 167 Structural Bearings“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 15129 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 15129:2010-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt Begriffe überarbeitet;
- b) Anhang ZA an die Bauproduktenverordnung angepasst;
- c) redaktionelle Überarbeitung des Dokuments in Vorbereitung zur folgenden technischen Revision.

Erdbebenvorrichtungen

Dispositifs anti-sismiques

Anti-seismic devices

ICS:

Deskriptoren

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe, Formelzeichen und Abkürzungen	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Formelzeichen	17
3.2.1 Lateinische Großbuchstaben	17
3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben	18
3.2.3 Griechische Buchstaben	18
3.2.4 Indizes	18
3.3 Abkürzungen	19
3.4 Liste der Vorrichtungen	20
4 Allgemeine Regelungen	22
4.1 Leistungsanforderungen und Nachweise zu deren Erfüllung	22
4.1.1 Grundlegende Anforderungen	22
4.1.2 Erhöhte Zuverlässigkeit des Tragwerks	22
4.1.3 Funktionelle Anforderungen	23
4.1.4 Bauliche und mechanische Anforderungen	23
4.1.5 Übereinstimmung der Leistungsanforderungen	24
4.2 Einwirkungen auf Vorrichtungen	24
4.2.1 Bemessungserdbeben und Einwirkungskombinationen im Lastfall Erdbeben	24
4.2.2 Beanspruchungen	24
4.3 Konzeptioneller Entwurf der Vorrichtungen	24
4.3.1 Zuverlässigkeit des Verhaltens der Vorrichtungen	24
4.3.2 Auslastungsbemessung	25
4.3.3 Instandhaltung	25
4.3.4 Veränderung und Austausch von Vorrichtungen	25
4.3.5 Dokumentation der Vorrichtung	25
4.4 Allgemeine Eigenschaften	26
4.4.1 Werkstoffeigenschaften	26
4.4.2 In der Berechnung verwendete Eigenschaften der Vorrichtung	26
4.4.3 Rückzentrierungsvermögen	27
4.5 Arbeitsgesetze	28
4.6 Bewertung von Erdbebenvorrichtungen	28
4.7 Gefährliche Stoffe	29
5 Starre Verbindungsvorrichtungen	29
5.1 Allgemeines	29
5.2 Ständige Verbindungsvorrichtungen (PCD)	29
5.3 Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR)	29
5.3.1 Leistungsanforderungen	29
5.3.2 Werkstoffeigenschaften	30
5.3.3 Bemessungsanforderungen	30
5.3.4 Erstprüfungen	31
5.3.5 Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle	31
5.4 Temporäre (dynamische) Verbindungsvorrichtungen (TCD)	32
5.4.1 Funktionelle Anforderungen	32

5.4.2	Werkstoffeigenschaften	32
5.4.3	Bemessungsanforderungen	33
5.4.4	Erstprüfungen	34
5.4.5	Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle	37
6	Verschiebungsabhängige Vorrichtungen (Displacement Dependent Devices - DDD)	37
6.1	Allgemeines	37
6.2	Leistungsanforderungen	38
6.3	Werkstoffe	40
6.3.1	Allgemeines	40
6.3.2	Elastomer	40
6.3.3	Stahl	41
6.3.4	Andere Werkstoffe (Spezialstahl, nichtrostender Stahl, Formgedächtnislegierungen, visko-elastische Polymerwerkstoffe)	41
6.4	Prüfung	41
6.4.1	Allgemeines	41
6.4.2	Erstprüfungen der Werkstoffe	41
6.4.3	Prüfungen der Werkstoffe im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle	43
6.4.4	Erstprüfungen von Vorrichtungen	44
6.4.5	Prüfungen an Vorrichtungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle	45
7	Geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen (Velocity Dependent Devices)	45
7.1	Funktionelle Anforderungen	45
7.2	Werkstoffeigenschaften	46
7.2.1	Allgemeines	46
7.2.2	Werkstoffe	46
7.2.3	Beanspruchte Oberflächen	46
7.2.4	Viskose Flüssigkeit	47
7.3	Bemessungsanforderungen	47
7.3.1	Allgemeines	47
7.3.2	Übergeschwindigkeit	48
7.3.3	Knicken	48
7.4	Prüfung	48
7.4.1	Allgemeines	48
7.4.2	Erstprüfungen	49
7.4.3	Werkseigene Produktionskontrolle	53
8	Isolatoren	53
8.1	Allgemeine Anforderungen	53
8.2	Elastomere Isolatoren	55
8.2.1	Anforderungen	55
8.2.2	Werkstoffe	62
8.2.3	Bemessung	69
8.2.4	Prüfung	74
8.2.5	Herstellungstoleranzen	85
8.2.6	Kennzeichnung und Beschilderung	85
8.3	Pendelgleiter	85
8.3.1	Anforderungen	85
8.3.2	Werkstoffe	91
8.3.3	Bemessung	92
8.3.4	Prüfung	94
8.3.5	Fertigung, Zusammenbau und Toleranzen	101
8.4	Flachgleiter	103
8.4.1	Anforderungen	103
8.4.2	Werkstoffe	103
8.4.3	Bemessung	103
8.4.4	Prüfung	103

8.4.5	Fertigung, Zusammenbau und Toleranzen	103
9	Kombinationen von Vorrichtungen	103
9.1	Anforderungen	103
9.1.1	Allgemeines	103
9.1.2	Besondere Anforderungen	104
9.2	Werkstoffe	104
9.3	Bemessung	104
9.4	Prüfung	105
9.4.1	Allgemeines	105
9.4.2	Erstprüfungen	105
9.4.3	Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle	105
10	Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit — AVCP	105
10.1	Allgemeines	105
10.2	Typprüfung	106
10.2.1	Allgemeines	106
10.2.2	Prüfproben, Prüfung und Konformitätskriterien	107
10.2.3	Prüfberichte	111
10.2.4	Gemeinsam genutzte Ergebnisse anderer Parteien	112
10.2.5	Ergebnisse der stufenweisen Bestimmung des Produkttyps	113
10.2.6	Kombinierte Vorrichtungen	114
10.3	Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)	114
10.3.1	Allgemeines	114
10.3.2	Anforderungen	115
10.3.3	Produktspezifische Anforderungen	120
10.3.4	Erstinspektion des Werks und der werkseigenen Produktionskontrolle	121
10.3.5	Laufende Überwachung der werkseigenen Produktionskontrolle	121
10.3.6	Vorgehensweise bei Änderungen	122
10.3.7	Sonderanfertigungen, Vorserienprodukte (z. B. Prototypen)	122
11	Installation	123
12	Inspektion während des Betriebes	123
12.1	Allgemeine Anforderungen	123
12.2	Regelmäßige Kontrolle	123
12.3	Hauptprüfung	123
	Anhang A (informativ) Erläuterungen zu Abschnitt 1: Anwendungsbereich	124
	Anhang B (informativ) Erläuterungen zu Abschnitt 4: Allgemeine Regelungen	125
B.1	Nutzungsdauer einer Vorrichtung	125
B.2	Grundlegende Anforderungen	125
B.3	Zuverlässigkeitsunterscheidung	125
B.4	Erhöhte Zuverlässigkeit	125
B.5	Anforderungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)	126
B.6	Anforderungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS)	126
B.7	Tragwerksberechnung	126
B.8	Werkstoffeigenschaften	127
B.9	Rückzentrierungsvermögen	127
	Anhang C (informativ) Erläuterungen zu Abschnitt 5: Starre Verbindungsvorrichtungen	129
C.1	Funktionelle Anforderungen	129
C.2	Werkstoffeigenschaften	129
C.3	Bemessungsanforderungen	130
C.4	Prüfung	131
C.4.1	Allgemeines	131
C.4.2	Prüfung bei geringer Geschwindigkeit	131
C.4.3	Dichtungsverschleißprüfung	132

C.4.4	Stoßbelastungsprüfung.....	132
C.4.5	Überlastungsprüfung.....	134
C.4.6	Zyklische Belastungsprüfung.....	134
Anhang D (informativ) Erläuterungen zu Abschnitt 6: Verschiebungsabhängige Vorrichtungen (Displacement Dependent Devices — DDD).....		
D.1	Kategorien von nichtlinearen Vorrichtungen (NLD).....	135
D.2	Beispiele linearer Vorrichtungen — Elastomere schubgedehnte Vorrichtungen.....	137
D.3	Beispiele nichtlinearer Vorrichtungen	138
D.3.1	Puffer	138
D.3.2	Hysteretische Energie dissipierende Vorrichtungen aus Stahl.....	138
D.3.3	Gegen Beulen ausgesteifte Aussteifungen.....	138
D.3.4	Rückzentrierende Vorrichtungen aus Formgedächtnislegierung	138
Anhang E (informativ) Erläuterungen zu Abschnitt 7: Geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen (Velocity Dependent Devices)		
E.1	Funktionelle Anforderungen	139
E.2	Bemessungsanforderungen.....	141
E.2.1	Allgemeines	142
E.2.2	Prüfung mit geringer Geschwindigkeit für viskose Flüssigkeitsdämpfer	142
E.2.3	Prüfung mit geringer Geschwindigkeit für Feder-Flüssigkeitsdämpfer	143
E.2.4	Prüfung des Arbeitsgesetzes für viskose Flüssigkeitsdämpfer	144
E.2.5	Prüfung des Arbeitsgesetzes für Feder-Flüssigkeitsdämpfer	144
E.2.6	Prüfung des Wirkungsgrades der Dämpfung.....	145
Anhang F (informativ) Erläuterungen zu Abschnitt 8: Isolatoren.....		
F.1	Alterungsbedingungen für elastomere Isolatoren.....	147
F.2	Kristallisation bei niedriger Temperatur	147
F.3	Erläuterungen zu den Bemessungsgrundlagen	148
F.3.1	Formfaktor.....	148
F.3.2	Bemessungsschubdehnung infolge Druck aus vertikalen Lasten	149
F.3.3	Isolatorsteifigkeiten.....	149
F.4	Pendelgleiterkraft.....	151
F.5	Bestimmung der Rückstellsteifigkeit durch Prüfungen der Pendelgleiter	152
F.6	Gleichzeitige Aufbringung einer sinusförmigen Verschiebung in zwei zueinander rechtwinkligen Richtungen in der Ebene	153
Anhang G (normativ) Ausrüstung für die kombinierte Druck- und Schubprüfung sowie die Datenanalyse.....		
G.1	Allgemeine Anforderungen	154
G.2	Datenerfassung	154
G.3	Kombinierte Druck- und Schubeinrichtung.....	154
G.4	Krafteinleitungsplatten.....	155
G.5	Datenauswertung.....	155
Anhang H (informativ) Bemessung der Verbindungen für Vorrichtungen		
H.1	Elastomere Isolatoren	157
H.2	Gleiter	157
Anhang I (informativ) Verfahren zur Berechnung der Druckverteilung auf gekrümmten Gleitflächen.....		
I.1	Allgemeines	159
I.2	Modellannahmen.....	159
I.3	Zylindrische Oberflächen	159
I.3.1	Allgemeines	159
I.3.2	Vertikale Lasten	160
I.3.3	Horizontale Lasten.....	162
I.3.4	Kombinierte Lasten	162
I.4	Kugelkalottenförmige Oberflächen	163

I.4.1	Allgemeines	163
I.4.2	Auswirkungen vertikaler Lasten	164
I.4.3	Auswirkungen horizontaler Lasten	165
I.5	Kombinierte Lasten	165
Anhang J (informativ) λ -Faktoren für übliche Isolatorentypen		167
J.1	$\lambda_{\max}$ -Werte für elastomere Isolatoren	167
J.2	$\lambda_{\max}$ -Werte für gleitende Isolatoreinheiten.....	168
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie (EU) Nr. 305/2011		170
ZA.1	Anwendungsbereich und maßgebende Eigenschaften.....	170
ZA.2	System der Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit (AVCP; en: Assessment and Verification of Constancy of Performance).....	177
ZA.3	Zuordnung der Aufgaben zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit (AVCP).....	177
Literaturhinweise.....		179

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15129:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 340 „Erdbebensicherung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

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

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm regelt die Bemessung von Vorrichtungen, die zur Milderung der Erdbebeneinwirkung in Tragwerke eingebaut werden. Sie legt funktionelle Anforderungen und allgemeine Bemessungsgrundsätze 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 10210 (alle Teile), *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen*

EN 10279, *Warmgewalzter U-Profilstahl — Grenzabmaße, Formtoleranzen und Grenzabweichungen der Masse*

EN ISO 4287, *Geometrische Produktspezifikation(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 und andere anorganische Überzüge — Galvanische Chromüberzüge für technische Zwecke (ISO 6158:2011)*

EN ISO 7500-1, *Metallische Werkstoffe — Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung (ISO 7500-1:2015)*

ISO 34 (all parts), *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of tear strength*

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 (all parts), *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of compression set*

ISO 1083, *Spheroidal graphite cast irons — Classification*

ISO 4664 (all parts), *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of dynamic properties*

ISO 14737, *Unlegierter und niedriglegierter Stahlguss für allgemeine Anwendungen*

3 Begriffe, Formelzeichen und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

Anmerkung 1 zum Begriff: 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

Verbindung mit der Struktur

mechanische Bauteil oder System aus mechanischen Bauteilen zur Befestigung der Vorrichtungsschnittstelle an der Struktur oder der Gründung.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die mechanischen Bauteile sollten in der Lage sein, die Kräfte, die sich in der Vorrichtung entwickeln, zu übertragen und jegliche relativen Bewegungen zu vermeiden

Anmerkung 2 zum Begriff: Beispiel mechanischer Bauteile:

- Ankerschraube und/oder Stifte zur Befestigung der Grundplatte eines Isolators an der Betongründung oder den Beton- oder Stahlelementen der Struktur.

- Ankerschrauben zur Befestigung der Gabelkopfplatte des Gelenks einer hydraulischen Vorrichtung an der Betongründung oder den Beton- oder Stahlelementen der Struktur.

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 1 zum Begriff: 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 ausgesetzt wird

3.1.5

Bemessungsverschiebung d_{cd}

horizontale Verschiebung eines Isolationssystems in einer Hauptrichtung im effektiven Steifigkeitszentrum, die unter alleiniger Einwirkung des Bemessungserdbebens entsteht

3.1.6

größte Verschiebung d_{Ed}

für eine Vorrichtung in einer Brücke ist d_{Ed} gleich d_{max} , der größten horizontalen Gesamtverschiebung einer Vorrichtung in einer Hauptrichtung an der Einbauposition der Vorrichtung einschließlich aller Einwirkungen und der Anwendung des Zuverlässigkeitsfaktors auf d_{bd}

Anmerkung 1 zum Begriff: 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

Vorrichtung

Bauteil, das zur Änderung der Erdbebenantwort eines Tragwerks durch Isolation, durch Energiedissipation oder durch Erzeugung ständiger oder temporärer Festhaltungen beiträgt.

Anmerkung 1 zum Begriff: 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

ANMERKUNG 1 zum Begriff: siehe 3.1.4 und 3.1.43

ANMERKUNG 2 zum Begriff: Die Duktilitätsanforderung ist ein nützlicher Parameter zur Bewertung der plastischen Anforderungen einer EDD, basierend auf Werkstoffhysteresen (siehe 3.1.17).

3.1.10

effektive Dämpfung $\xi_{eff,b}$

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

$$\xi_{eff,b} = W(d_{bd}) / (2\pi \times V_{Ed} \times d_{bd}) \quad (1)$$

Dabei ist:

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

ANMERKUNG 1 zum Begriff: $\xi_{eff,b}$ 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}

<Erdbebenisolation> 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 $K_{\text{eff},b}$

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

$$K_{\text{eff},b} = V_{Ed}/d_{bd} \quad (2)$$

ANMERKUNG 1 zum Begriff: $K_{\text{eff},b}$ 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.

3.1.13

effektive Steifigkeit K_{eff}

Summe der effektiven Steifigkeit der in der Isolationsebene angeordneten Vorrichtungen eines Isolationssystems in einer Hauptrichtung

3.1.14

effektives Steifigkeitszentrum

Steifigkeitszentrum eines Isolationssystems, unter Berücksichtigung der effektiven Steifigkeit der Vorrichtungen

3.1.15

Energiedissipationsbemessung

EDD (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

3.1.16

Energiedissipationsvermögen

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

3.1.17

Energie dissipierende Vorrichtung

Vorrichtung, die ein großes Energiedissipationsvermögen besitzt, das heißt, die einen großen Anteil der Energie, die sie während der Belastungsphase aufgenommen hat, dissipiert.

Anmerkung 1 zum Begriff: 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

maßgebende Eigenschaft

Merkmal des Bauprodukts, das sich auf die wesentlichen Anforderungen für Bauwerke beziehen

3.1.19

werkseigene Produktionskontrolle

WPK

dokumentierte, ständige Eigenkontrolle der Produktion in einem Werk in Übereinstimmung mit den relevanten, harmonisierten technischen Spezifikationen

3.1.20

Steifigkeit K_1 des ersten Belastungsastes

die Anfangssteifigkeit einer nichtlinearen Vorrichtung (en: Non Linear Device — NLD) 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 1 zum Begriff: Bei degressiven Vorrichtungen wird K_1 als Anfangssteifigkeit oder elastische Steifigkeit bezeichnet.

3.1.21

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

3.1.22

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

3.1.23

Festhaltung mit Sollbruchstelle (en: Fuse Restraint — FR)

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

3.1.24

progressive Vorrichtungen (en: Hardening Device — HD)

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

3.1.25

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

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

3.1.26

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:

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

ANMERKUNG 1 zum Begriff: Die Auswertung von K_1 als Sekantensteifigkeit ist wegen der Schwierigkeit, im Koordinatensprung eine Tangente an eine experimentell ermittelte Kurve zu legen, gerechtfertigt.

3.1.27

Isolationssystem

Ansammlung von Vorrichtungen, die zur Erdbebenisolation verwendet werden

3.1.28

Isolationsebene

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

3.1.29

Isolator

Vorrichtung, die über die Eigenschaften verfügt, die für die Erdbebenisolation benötigt werden, nämlich die Fähigkeit das Eigengewicht des Überbaus zu tragen und die Fähigkeit, horizontale Verschiebungen zu ermöglichen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Isolatoren können auch für Energiedissipation sorgen und zum Rückzentrierungsvermögen des Isolationssystems beitragen

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

3.1.30

lineare Vorrichtung (en: Linear Device — LD)

Erdbebenvorrichtung, 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.

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach der Entlastung zeigt sie keine bleibende Verschiebung. Selbst wenn Energiedissipation in der Vorrichtung stattfindet, müssen bleibende Verschiebungen vernachlässigbar und in jedem Fall kleiner als 2 % der maximalen Verschiebung sein

ANMERKUNG 2 zum Begriff: Bei visko-elastischen Vorrichtungen können bleibende Verschiebungen nach einigen Stunden teilweise oder völlig zurückgehen. In diesem Fall sollte die letztendlich bleibende Verschiebung betrachtet werden.

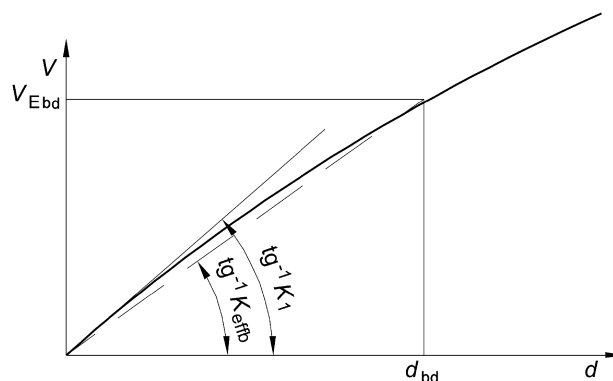


Bild 1 — Anfangssteifigkeit und effektive Steifigkeit einer linearen Vorrichtung (LD)

3.1.31

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

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

3.1.32

nichtlineare Vorrichtung (NLD)

Erdbebenvorrichtung, 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.

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Vorrichtung wird als nichtlinear eingestuft, wenn entweder $\xi_{\text{eff},b}$ größer als 15 % ist oder das Verhältnis $K_{\text{eff},b} - K_1 / K_1$ größer als 20 % ist, wobei $\xi_{\text{eff},b}$ und $K_{\text{eff},b}$ im dritten Zyklus mit der maximalen Verschiebung d_{bd} ermittelt werden

3.1.33

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.

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Vorrichtung wird als nichtlinear elastisch eingestuft, wenn entweder $\xi_{\text{eff},b}$ größer als 15 % ist und das Verhältnis $|K_{\text{eff},b} - K_1| / K_1$ größer als 20 % ist

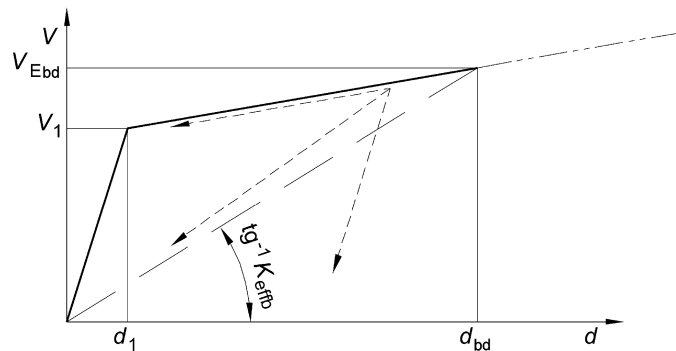


Bild 2 — Effektive Steifigkeit einer nichtlinearen Vorrichtung (NLD)

3.1.34

Normalkraft N_{Ed} ,

Normalkraft die auf einen Isolator unter der Einwirkung des Bemessungserdbebens wirkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die maximale Druckschnittkraft wird als $N_{Ed,max}$ und die minimale Druckschnittkraft oder (falls Normalzugkräfte auftreten) die maximale Zugschnittkraft wird als $N_{Ed,min}$ bezeichnet.

3.1.35

Normalkraft N_{Sd} ,

Kraft die auf einen Isolator in den permanenten oder vorübergehenden Bemessungssituationen wirkt

Anmerkung 1 zum Begriff: $N_{Sd, ULS}$ ist die maximale Druckschnittgröße in der permanenten oder vorübergehenden Bemessungssituation in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit nach EN 1990:2002. Die geeignete zu verwendende Kombination der Einwirkungen wird im relevanten Abschnitt dieser Norm angegeben

Anmerkung 2 zum Begriff: $N_{Sd, SLS}$ ist die maximale Druckschnittgröße in der permanenten oder vorübergehenden Bemessungssituation in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit nach EN 1990:2002. Die geeignete zu verwendende Kombination der Einwirkungen wird im relevanten Abschnitt dieser Norm angegeben

3.1.36

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;

Anmerkung 1 zum Begriff: 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 2 zum Begriff: 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.

3.1.37

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 5.2), Festhaltungen mit Sollbruchstelle (Fuse Restraint — FR, siehe 5.3) und temporäre Verbindungsvorrichtungen (Temporary Connecting Device — TCD, siehe 5.4) mit ein

3.1.38

Produktreihe

Gruppe von Produkten, die von einem einzigen Hersteller produziert werden und bei denen die Prüfergebnisse für eines oder mehrere Produktmerkmale innerhalb der Reihe ebenfalls für alle anderen Produkte gelten

3.1.39

Produkttyp

Satz repräsentativer Leistungsstufen oder Klassen eines Bauprodukts hinsichtlich seiner wesentlichen Merkmale, das mithilfe einer Kombination aus Ausgangsstoffen oder anderen Bauelementen in einem spezifischen Produktionsverfahren hergestellt wird

3.1.40

Rückstellsteifigkeit (RS)

Rückstellsteifigkeit am Pendelgleiter (siehe 8.3)

3.1.41

Steifigkeit K_2 im zweiten Belastungsast

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

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

Dabei ist

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

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

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

3.1.42

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 des Tragwerks und seines Inhalts im Falle eines Erdbebens zu mildern

3.1.43

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 1 zum Begriff: Zusätzliche Informationen zur Nutzungsdauer sind im informativen Anhang B gegeben.

3.1.44

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

3.1.45

degressive Vorrichtung (en: Softening Device — SD)

nichtlineare Vorrichtung (NLD), deren Sekantensteifigkeit $K_{\text{eff},b}$ und deren Steifigkeit K_2 im zweiten Belastungsast kleiner sind als die Steifigkeit K_1 im ersten Belastungsast

3.1.46

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

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

3.1.47

Unterbau

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

3.1.48

Überbau

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

3.1.49

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 1 zum Begriff: 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.

3.1.50

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

3.1.51

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 $MN \cdot m$

N Axialkraft, axiale Kraft MN

V Schubkraft MN

R Widerstand MPa

S einwirkende Kraft, einwirkendes Moment, Formfaktor $MN, MN \times m$

T Temperatur, Gesamtdicke $^{\circ}C, mm$

E Modul, Energie GPa, MJ

K Steifigkeit einer Vorrichtung MN/m

3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben

- a Beschleunigung, Länge ms^{-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 Temperatúrausdehnungskoeffizient, 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 (Material-...), Werkstoff
- 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 Dynamisches Differentialkalorimeter (Differential Scanning Calorimeter)
- EAD Europäisches Bewertungsdokument
- EDC abgegebene Energie je Zyklus
- EDD Energie dissipierende Vorrichtung
- 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 festzulegende 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			Relevanter Abschnitt	Grafische Darstellung			Anmerkungen
				Grundriss	Seitenansicht		
					x-Richtung	y-Richtung	
Feste Verbindungsvorrichtungen (RCD)	Ständige Verbindungsvorrichtungen (PCD)	Fest	5.2				Dieser Vorrichtungstyp entspricht dem Typ 8.1 (Festhaltung) EN 1337-1:2000, Tabelle 1 (*)
		Beweglich	5.3				Dieser Vorrichtungstyp entspricht dem Typ 8.2 (Führungslager) in EN 1337-1:2000, Tabelle 1 (°)
	Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR)	Festhaltung mit mechanischer Sollbruchstelle	5.3			-	
		Festhaltung mit hydraulischer Sollbruchstelle	5.3			-	
	Temporäre Verbindungsvorrichtungen (TCD)		5.4			-	Dieser Vorrichtungstyp wird üblicherweise als Shock Transmission Unit (STU) bezeichnet
	Verschiebungsabhängige Vorrichtungen	Lineare Vorrichtungen (LD)		6.1			-
Nichtlineare Vorrichtungen (NLD)		6.2			-		
Geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen (Velocity Dependent Devices)	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 Verformungsvermögen 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 den Typ 2.3 (allseitig bewegliches Topflager) als auch 3.5 (allseitig bewegliches Kalottenlager) in der Tabelle 1 der EN 1337-1:2000 (■)
Anmerkung 1(*):	Dieser Vorrichtungstyp entspricht dem Typ F.0 (Festhaltung) in der Tabelle 1 der überarbeiteten Ausgabe von EN 1337-1.						
Anmerkung 2(°):	Dieser Vorrichtungstyp entspricht dem Typ G.1 (Führungslager) in der Tabelle 1 der überarbeiteten Ausgabe von EN 1337-1.						
Anmerkung 3(■):	Dieser Vorrichtungstyp entspricht dem Typ P.2 bzw. S.2 in der Tabelle 1 der überarbeiteten Ausgabe von EN 1337-1.						

4 Allgemeine Regelungen

ANMERKUNG 1 Zusätzliche Informationen zu den allgemeinen Bemessungsregeln sind in Anhang B gegeben.

ANMERKUNG 2 Die Berechnung und Bemessung des Isolationssystems eines ganzen Tragwerks unter Erdbebeneinwirkung sind 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 ebenfalls 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, Unterabschnitt 10.3 (2) P, ist im Falle von Isolationssystemen eine erhöhte Zuverlässigkeit für die Isolationsvorrichtungen und deren Verbindungen zum Tragwerk erforderlich.

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 Bauliche und mechanische Anforderungen

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

a) Anforderungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)

ANMERKUNG 1 Der Nachweis der Vorrichtungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Ultimate Limit State — ULS) ist mit der Bemessungssituation mit Erdbeben und der Berücksichtigung der Zuverlässigkeit des Tragsystems verbunden.

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 5.3 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 Gebrauchstauglichkeit (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 Bemessungssituationen mit Erdbeben (Bemessungserdbeben), die in 4.1.1 definiert sind, müssen mit der Kombination der seismischen Einwirkungen, die in EN 1990:2002, 6.4.3.4, definiert sind, in Verbindung gebracht 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.

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.

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

4.3.2 Auslastungsbemessung

Ein Überfestigkeitsfaktor γ_{Rd} gleich 1,1 muss auf die Einwirkungen angewendet werden, die durch die Vorrichtung in die Verbindungen übertragen werden.

ANMERKUNG Die Einwirkungen, die durch die 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 Allgemeine 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.

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 Gruppen von Bemessungseigenschaften der Vorrichtungssysteme müssen ordentlich umgesetzt werden:

- Bemessungseigenschaften des oberen Bemessungswerts (UBDP);
- Bemessungseigenschaften des unteren Bemessungswerts (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 quasiständigen 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:

- Prüfungstoleranz der werkseigenen Produktionskontrolle $\pm 20\%$ (es sei denn, es wurde eine niedrigere Streuung im Rahmen der Abnahmeprüfungen vereinbart);
- 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 quasiständig 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 In Übereinstimmung mit EN 1998-1:2004, 10.8 (1)P und EN 1998-2:2005, 7.5.2.4 (3)P sowie (4)P muss die statische Berechnung die Extremsituationen berücksichtigen, die aus der Betrachtung aller Bemessungseigenschaften des oberen Bemessungswerts (UBDP) und Bemessungseigenschaften des unteren Bemessungswerts folgen.

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

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:

$$E_s \geq 0,25 \times E_H \quad (6)$$

geprüft 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 Schnittgröße aus den Ergebnissen der unterschiedlichen Zeitverlaufsverfahren nach EN 1998-1:2004, 4.3.3.4.3 abgeleitet werden.

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 des Lastfalls 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_D -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;

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.

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 sein darf, vorausgesetzt, dass die diesbezüglichen mechanischen Ähnlichkeitsbeziehungen erfüllt sind. Der Hersteller muss einen Bericht eines notifizierten Prüflabors 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 dieselben Spannungen und Dehnungen produziert werden, wie sie die Vorrichtung während der Antwort der Struktur auf das Bemessungserdbeben erfährt.

4.7 Gefährliche Stoffe

Die Werkstoffe des Produkts dürfen keine gefährlichen Stoffe über die zulässigen Höchstwerte hinaus freisetzen, welche in maßgebenden Europäischen Werkstoffnormen oder in den nationalen Vorschriften des Bestimmungsmitgliedstaates festgelegt sind.

5 Starre Verbindungsvorrichtungen

5.1 Allgemeines

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 Seilfesthaltungen sind außerhalb des Anwendungsbereiches dieser Europäischen Norm.

5.2 Ständige Verbindungsvorrichtungen (PCD)

Ständige Verbindungsvorrichtungen (PCD) dürfen keine vertikalen Lasten und Biegemomente übertragen, d. h. dass diese eine vertikale Translation sowie alle Rotationen erlauben müssen.

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

Ständige Verbindungsvorrichtungen (PCD), die weder die Eigenfrequenz des Tragwerks verändern noch Energie dissipieren, können aus Baulagern bestehen, die durch EN 1337-8 geregelt sind, dabei müssen die verschiedenen Elemente nach dem entsprechenden Teil der Norm EN 1337-8 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.

5.3 Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR)

5.3.1 Leistungsanforderungen

Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR), unterhalb einer bestimmten voreingestellten Kraftschwelle (Bruchkraft), müssen jegliche Relativbewegung zwischen den verbundenen Teilen verhindern, während sie Bewegungen frei erlauben, 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.

5.3.2 Werkstoffeigenschaften

5.3.2.1 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.

5.3.2.2 Werkstoffe

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

5.3.2.3 Tragende Verbindungsmittel

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

Alle verwendeten Werkstoffe müssen EN ISO 898 erfüllen.

5.3.2.4 Schweißen

Schweißmaterialien müssen der EN 1090-2 entsprechen.

5.3.3 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.

5.3.4 Erstprüfungen

5.3.4.1 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.

5.3.4.2 Gebrauchslastprüfung

Die Festhaltung mit Sollbruchstelle (FR) muss dreimal einer gleichförmig aufgetragenen 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.

5.3.4.3 Prüfung der wiederholten Belastung

Soweit gefordert, muss die Prüfung der wiederholten Belastung durchgeführt werden.

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

Weder Fließen noch Versagen darf eintreten.

Um zu bestätigen, dass die Einwirkungen der wiederholten Belastung keinen Einfluss auf den Widerstand/die Festigkeit der Festhaltung mit Sollbruchstelle haben, muss die in 5.3.4.2 und 5.3.4.4 beschriebene Prüfung an zwei Proben ausgeführt werden, wobei eine Probe einer wiederholten Last ausgesetzt wird und die andere nicht.

5.3.4.4 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 die Planungsunterlagen anzugeben ist, die Kraft freisetzen.

In Ermangelung von anderen durch die Planungsunterlagen festgelegten Toleranzgrenzen wird eine typische Toleranzgrenze von $\pm 15\%$ empfohlen.

5.3.5 Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

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

5.4 Temporäre (dynamische) Verbindungsvorrichtungen (TCD)

5.4.1 Funktionelle Anforderungen

Innerhalb der in den Planungsunterlagen angegebenen Toleranzen müssen die temporären Verbindungsvorrichtungen (TCD), die üblicherweise als Stoß-Übertragungs-Einheiten (STU) bezeichnet werden, eine Reaktionskraft über Druck und/oder Zug liefern, welche den Anforderungen der Bemessungsverschiebung in den Planungsunterlagen entspricht, wenn 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 die Planungsunterlagen 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 die Planungsunterlagen unter Beachtung der Eigenschaften des jeweiligen zu bemessenden Tragwerks festgelegt 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, welche aus temperaturabhängigen und/oder zeitabhängigen Einwirkungen folgen, werden durch Geschwindigkeiten charakterisiert, die einige Größenordnungen unterhalb jener Bewegungen eines erdbebenbezogenen Ursprungs liegen. Daher ist der Wert für die Aktivierungsgeschwindigkeit einer temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) nicht kritisch und wird üblicherweise im Bereich zwischen 0,5 mm/s und 5 mm/s angesetzt.

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 die Planungsunterlagen 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 die Planungsunterlagen geforderte Einstelllänge berücksichtigen. Der Kolbenhub darf in keinem Fall kleiner als ± 50 mm für Brücken oder ± 25 mm für 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. Die Rotationskapazität der selbstschmierenden Kugelgelenke muss in den Planungsunterlagen unter Berücksichtigung der Einwirkungen von Nutzlasten, Erdbebenbewegungen, Fehlausrichtungen des Einbaus usw. definiert werden. Die Rotationskapazität darf in keinem Fall weniger als $\pm 2^\circ$ betragen.

Gabelkopfplatten oder andere Komponenten dürfen die Bemessungsrotation nicht geometriebedingt behindern.

5.4.2 Werkstoffeigenschaften

5.4.2.1 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.

5.4.2.2 Werkstoffe

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

EN 10025, EN 10083, EN 10088, EN 10210, EN 10297, ISO 14737, ISO 1083 oder andere EN- oder ISO-Normen.

5.4.2.3 Beanspruchte Oberflächen

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

Der nichtrostende Stahl muss in Übereinstimmung mit EN 10088 sein.

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

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

Die kleinste Gesamtschichtdicke der Beschichtung muss 50 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 Oberflächenporosität, Schrumpfrissen und Einschlüssen sein.

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

Sowohl der Trägerwerkstoff als auch die Hartbeschichtung dürfen poliert werden, um die festgelegte Oberflächenrauheit zu erzielen.

5.4.2.4 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 die Planungsunterlagen anders festgelegt.

5.4.3 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 ausgezogenen 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.

Wenn eine temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) mit einem Überlastungsschutzsystem ausgestattet ist, welches einen übermäßigen Druckaufbau verhindert, muss ein solches System an einer Kraftschwelle von 110 % der Bemessungskraft die Funktion aufnehmen. 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. Das Überlastungsschutzsystem darf nicht aus einem Auslassventil bestehen, welches zur Außenseite der Vorrichtung gerichtet ist.

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.

5.4.4 Erstprüfungen

5.4.4.1 Allgemeines

Eine Erstprüfung muss erfolgen, wenn ein neues Produkt um mehr als ± 20 % in Bezug auf die Tragfähigkeit abweicht und einen Hub aufweist, der mehr als 20 % größer als der Hub der zuvor geprüften Einheit ist. 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.

Tabelle 2 fasst die für die Erstprüfung notwendigen Prüfungen zusammen.

Tabelle 2 — Erstprüfung

Druck- prüfung	Prüfung bei geringer Geschwin- digkeit	Prüfung des Dichtungs- ver- schleißes	Stoß- belastungs- prüfung	Über- lastungs- prüfung	Prüfung bei zyklischer Belastung	Prüfung des Hubs
x*	x	x*	x	x*	x	x*
* Prüfung durchgeführt bei Temperatur (23 ± 5) °C						

5.4.4.2 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 über die Dauer von 120 s gehalten werden.

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

5.4.4.3 Prüfung bei geringer Geschwindigkeit

Gegenstand der Prüfung bei geringer Geschwindigkeit ist es, die axiale Reaktionskraft der temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) unter simulierten temperaturbedingten Bewegungen zu bewerten.

Der Belastungsverlauf muss einer der folgenden sein:

- a) Ein (1) vollständig zurückgefahrener Zyklus mit axial aufgebrachtter Verschiebung von 0 bis d_{th} , bis $-d_{th}$, bis 0 mit einer konstanten Geschwindigkeit von $0,01 \text{ mm/s} \leq v_1 \leq 0,1 \text{ mm/s}$.

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 die Planungsunterlagen festgelegt wird.

Sowohl der Belastungsverlauf, axiale Verschiebung über der Zeit, als auch die Kraft über der Zeit müssen kontinuierlich aufgenommen werden.

- b) Ein (1) vollständig zurückgefahrener Zyklus mit einer konstanten aufgetragenen Kraft in Höhe von 10 % der Bemessungskraft der temporären Verbindungsvorrichtung (TCD), 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 aufgenommene Geschwindigkeit $(2(|d_+| + |d_-|)/T)$, wobei T die Dauer eines Zyklus ist, muss höher als $0,01 \text{ mm/s}$ sein.

Der Wert d_{th} muss durch die Planungsunterlagen festgelegt werden, darf aber nicht kleiner als 10 mm sein.

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

5.4.4.4 Verschleißprüfung

Gegenstand dieser Prüfung ist es, sicherzustellen, 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 zur Bestätigung der Funktion des Dichtungssystems geprüft werden.

5.4.4.5 Stoßbelastungsprüfung

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: die Bemessungslast in weniger als 0,5 s aufbringen, sie für die Dauer von 5 s konstant halten, sie in weniger als 1 s umkehren und sie abschließend für weitere 5 s konstant halten.

Die Zeit konstanter Belastung darf erhöht und in den Planungsunterlagen angegeben 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 Durchbiegung den doppelten Bemessungswert nicht überschreiten darf.
- Die während des Abschnitts mit konstant gehaltener Last gemessene Geschwindigkeit darf die Aktivierungsgeschwindigkeit nicht überschreiten.

5.4.4.6 Überlastungsprüfung

Gegenstand dieser Prüfung ist es, das Überlastungsvermögen einer temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) oder die Aktivierung des Überlastungsschutzsystems zu überprüfen.

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

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

Die Abnahmebedingung muss die folgende sein:

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

5.4.4.7 Zyklische Belastungsprüfung

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 der folgenden Art und Weise aufgebracht werden: Beaufschlagung einer Anzahl sinusförmiger Kraftzyklen des Typs $F(t) = F_0 \cdot \sin(2\pi \times f_0 \times t)$, wobei die Kraft F_0 , die Frequenz f_0 (Hz) und die Dauer der Prüfung in den Planungsunterlagen angeführt werden müssen. 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 Durchbiegung 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.

5.4.4.8 Prüfung des Hubs

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

Ein vollständiger Hubzyklus muss auf die Einheit aufgebracht werden. Die temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) braucht nicht mit Flüssigkeit gefüllt zu sein. Die Anforderung ist, dass die temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) in der Lage ist, mindestens einen Hub zu ermöglichen, welcher dem Bemessungswert innerhalb einer Toleranz von 1 mm entspricht.

5.4.5 Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

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

- Druckprüfung;
- Prüfung mit niedriger Geschwindigkeit;
- Stoßbelastungsprüfung.

Ein Produktionslos ist mit nicht mehr als zwanzig (20) Einheiten mit den gleichen Konstruktionsdetails mit Ausnahme des Kolbenhubs definiert. Die zu prüfende Einheit aus der laufenden Produktion muss diejenige innerhalb der Produktionscharge 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 3 fasst die für die werkseigene Produktionskontrolle notwendigen Prüfungen zusammen.

Tabelle 3 — Prüfungen für die werkseigene Produktionskontrolle

Druckprüfung	Prüfung bei geringer Geschwindigkeit	Stoßbelastungsprüfung
x*	x*	x*
* Prüfung, durchgeführt bei Temperatur (23 ± 5) °C		

6 Verschiebungsabhängige Vorrichtungen (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 der Normenreihe EN 1998 errichtet werden.

Lineare Vorrichtungen (LD) sind durch ein lineares oder quasilineares 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.

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 maximale 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 $\gamma_b \gamma_x V_{Ebd}$ 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 $\gamma_b \gamma_x V_{Ebd}$ 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) wird durch die effektive Steifigkeit $K_{eff,b}$ sowie die effektive Dämpfung $\xi_{eff,b}$ und die Steifigkeit im ersten Belastungsast K_1 sowie die Steifigkeit im zweiten Belastungsast K_2 im Falle einer nichtlinearen Vorrichtung (NLD) identifiziert.

Um den theoretischen bilinearen Zyklus zur Modellierung des Verhaltens einer Vorrichtung in einer nichtlinearen Simulation zu verwenden, sollte sich der Entlastungsast des theoretischen Zyklus bestmöglich dem wirklichen Verhalten der Vorrichtung annähern. Zu diesem Zweck sollte der Wert von $\xi_{eff,b}$ des theoretischen Zyklus vom Wert von $\xi_{eff,b}$ 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 die Planungsunterlagen entsprechend den relevanten Europäischen Normen festgelegt werden.

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

ANMERKUNG 1 Die hysteretischen Eigenschaften einer linearen Vorrichtung, wie die effektive Dämpfung der hysteretischen Energiedissipation $\xi_{eff,b,h}$ und die zugehörigen Steifigkeitswerte $K_{eff,b,h}$ 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 Bemessungsgrenzwerte, die in den Berechnungen im Rahmen der Bemessung zu berücksichtigen sind, festzulegen.

ANMERKUNG 2 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 4 und 5 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 Geschwindigkeit 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 Geschwindigkeit müssen in Bezug auf eine Frequenzschwankung von $\pm 50 \%$ bestimmt werden.

ANMERKUNG 3 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 Abschätzung der oberen und unteren Grenzen der Bemessungswerte, wie in der Normenreihe 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 4 Wenn eine genauere Abschätzung nicht erfolgen kann, kann ein Beiwert 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.

$$|K_{eff,b,i} - K_{eff,b,3}| / K_{eff,b,3} \leq 0,10 \quad (7)$$

$$|\xi_{eff,b,i} - \xi_{eff,b,3}| / \xi_{eff,b,3} \leq 0,10 \quad (8)$$

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 4 — Grenzwerte der Abweichungen für lineare Vorrichtungen

Bemessungs- parameter	(1) Übergabe (immer)	(2) Alterung	(3) Temperatur	(4) Geschwindigkeit
K_{eff}	$\pm 15 \%$	$\pm 20 \%$	$\pm 40 \%$	$\pm 10 \%$
ξ_{eff}	$\pm 15 \%$	$\pm 15 \%$	$\pm 15 \%$	$\pm 10 \%$

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

Tabelle 5 — Grenzwerte der Abweichungen für nichtlineare Vorrichtungen

Bemessungs- parameter	(1) Übergabe (immer)	(2) Alterung	(3) Temperatur	(4) Geschwindigkeit
K_{eff}	$\pm 15 \%$	$\pm 20 \%$	$\pm 40 \%$	$\pm 10 \%$
ξ_{eff}	- 15 %	- 15 %	- 15 %	- 10 %

Die Leistungsmerkmale einer Vorrichtung unter dem Bemessungserdbeben müssen durch die Planungsunterlagen durch die Angabe von d_{bd} , K_{eff} und ξ_{eff} neben K_1 und K_2 für nichtlineare Vorrichtungen (NLD), oder vergleichbare Kenngrößen, die die Kraft-Verschiebungs-Kurve definieren, sowie durch die Angabe der Anzahl der zu erwartenden Zyklen unter dem Bemessungserdbeben, der Geschwindigkeit, 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 Analysen müssen das nichtlineare Verhalten der nichtlinearen Vorrichtungen (NLD) berücksichtigen. 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.
- Die Verschiebung des Versatzes (d. h. die Restverschiebung ohne Kraft am Ende eines Erdbebens), die von einer Erdbebeneinwirkung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit hervorgerufen wird, darf den Wert d^* nicht übersteigen, wobei d^* ein national festzulegender Parameter (NDP) ist (der empfohlene Wert ist 5 % von d_{bd} , aber 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.

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 1 Für niedrig dämpfenden Elastomer, der auf Polychloropren oder Naturkautschuk basiert, sollten die Anforderungen mindestens den in Abschnitt 10, Tabelle 8 angegebenen entsprechen; für hoch dämpfenden Elastomer sollten die Anforderungen mindestens den in Abschnitt 8, Tabelle 11 angegebenen entsprechen.

6.3.3 Stahl

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

6.3.4 Andere Werkstoffe (Spezialstahl, nichtrostender Stahl, Formgedächtnislegierungen, visko-elastische Polymerwerkstoffe)

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

6.4 Prüfung

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 Untersuchungen nachgewiesen werden.

Die 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

Prüfungen an Elastomer müssen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle durchgeführt werden, um die Übereinstimmung mit den in 6.3 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 hochelastisch) oder im austenitischen Zustand (hochelastisch), 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 Dehnrate $\leq 0,002 \text{ s}^{-1}$ bei $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ und bei den Grenzwerten des Einsatztemperaturbereichs.
- c) Zugprüfung mit Be- und Entlastung am hochelastischen Draht: zur Bestimmung des Verhaltens der Probe und der Bruchkraft bei unterschiedlichen Dehnungsraten ($0,05 \text{ s}^{-1}$, $0,2 \text{ s}^{-1}$, $0,8 \text{ s}^{-1}$) und Temperaturen (wie oben). Die zyklischen Dehnungsamplituden müssen 3 %, 6 %, 9 %, 12 % bis zum Versagen betragen. Es müssen an separaten Proben desselben Werkstoffs für jede Amplitude, jede Dehnrate und jede Temperatur zehn Zyklen durchlaufen werden.

- d) Zyklische Prüfungen der Komponenten aus Formgedächtnislegierungen beanspruchen diese unter den Bedingungen, denen sie in den Vorrichtungen während der Antwort der Tragwerks auf das Bemessungserdbeben ausgesetzt sind (zum Beispiel durch Zugbe- und -entlastung für hochelastische Drähte, durch Biegung und Torsion für Stäbe usw.), das heißt mindestens auf demselben Niveau der maximalen Verformung und mit denselben 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 Werkstoffen 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 Elastormischung, 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 hochelastisch) oder im austenitischen Zustand (hochelastisch) 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 Dehnrate $\leq 0,002 \text{ s}^{-1}$ 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 Verbindungssysteme entworfen werden, die sich von bereits bewerteten Vorrichtungen unterscheiden.

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

Es muss mindestens ein Probekörper 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 sind Erstprüfungen mit maßstäblichen Proben durchzuführen.

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 quasistatische Prüfungen durchgeführt werden. Das Prüfverfahren muss die unten aufgeführten Schritte umfassen, sofern nicht in den Planungsunterlagen anders festgelegt.

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 die Planungsunterlagen 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.

Die Anzahl der auf die Proben zu beaufschlagenden Zyklen stellt einen essentiellen Parameter dar, welcher in den Planungsunterlagen aufgeführt werden sollte, da dieser sich sowohl auf die Dauer des Erdbebens als auch die Grundfrequenz der Tragsysteme bezieht. Die Anzahl von zehn Zyklen steht im Zusammenhang mit der Verwendung der Vorrichtungen in Isolationssystemen, die Grundswingzeiten in der Größenordnung von 2 s erzeugen.

Prüfung mit rampenförmiger Belastung zur statischen Ermittlung der Verschiebung beim Versagen: Verschiebungen 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 in den Planungsunterlagen festgelegt sind, 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 einer Probe müssen ersetzt werden, wenn eine Prüfung zu einer irreversiblen Änderung der Komponente führt. 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 Prüfungen an 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 (Velocity Dependent Devices)

7.1 Funktionelle Anforderungen

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 die Planungsunterlagen 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 die Planungsunterlagen festgelegten Energieniveaus ohne Leistungsabfall oder Gebrauchsbeeinträchtigung zu arbeiten.

Die Reaktionskraft des viskosen Flüssigkeitsdämpfers darf nur von der relativen Geschwindigkeit zwischen den Enden abhängen und darf sich mit der Kolbenstellung des Dämpfers nicht verändern. Die Planungsunterlagen müssen 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 relativen Geschwindigkeit und vom Kolbenhub zwischen den Enden abhängen. Die Planungsunterlagen müssen die akzeptable Schwankung der Dämpferkraft in Folge von Veränderungen der Umgebungstemperatur oder der inneren Temperatur oder in Folge von Ursachen, wie Alterung, Verschleiß usw., definieren.

Der Bemessungshub des Dämpfers muss Langzeiteffekte, temperaturinduzierte Verschiebung und Erdbebenverschiebung sowie jegliche Einstelllänge, die durch die Planungsunterlagen gefordert werden, 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.

Die Rotationskapazität der Kugelgelenke muss in den Planungsunterlagen unter Berücksichtigung der Einwirkungen von Nutzlasten, Erdbebenbewegungen, Fehlausrichtungen des Einbaus usw. definiert werden. Die Rotation darf in keinem Fall weniger als $\pm 2^\circ$ betragen.

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, EN 10210, EN 10297, ISO 14737, ISO 1083 oder andere EN- oder ISO-Normen.

7.2.3 Beanspruchte Oberflächen

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

Das Verfahren des Verchromens 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 Beschichtung muss 50 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 Beschichtung 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 die Planungsunterlagen 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 so bemessen werden, dass sie dem maximalen Innendruck, der aus der ungünstigsten Kombination der Bemessungseinwirkungen entsteht, standhalten.

Viskose Dämpfer müssen so bemessen werden, dass sie einer horizontalen Beschleunigung nach 5.3.3 standhalten.

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

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

Wenn viskose Dämpfer nicht so ausgelegt werden, dass sie einem übermäßigen Aufbau eines Innendruckes aufgrund einer Wärmeausdehnung der viskosen Flüssigkeit widerstehen können, dann sollten diese Einrichtungen, wie beispielsweise Druckspeicher oder ähnliche Vorrichtungen, Bestimmungen umfassen, die solche Auswirkungen verhindern.

Viskose Dämpfer müssen so bemessen und konstruiert sein, dass sie für ihre zu erwartende Nutzungsdauer unter den zu erwartenden Nutzungsbedingungen wartungsfrei sind.

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 6 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 der Normenreihe 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 2 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 6 — Grenzwerte der Abweichungen (t_d) für geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen

Bemessungs- parameter	(1) Übergabe (immer)		(2) Temperatur (*)	
	FVD	FSD	FVD	FSD
F	$\pm 15 \%$	$\pm 15 \%$	$\pm 5 \%$	$\pm 15 \%$
K _{eff}	nicht anwendbar	$\pm 15 \%$	nicht anwendbar	$\pm 15 \%$
EDC	- 15 %	- 15 %	- 5 %	- 5 %
(*) Temperaturbereich - 25 °C/+ 50 °C N/A = nicht anwendbar EDC = abgegebene Energie je Zyklus				

ANMERKUNG 3 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 einem Zuverlässigkeitsfaktor γ_v nach folgender Gleichung erhöht werden:

$$\gamma_v = (1 + t_d) \times (F_0 + K \times x + 1.5^\alpha \times C \times v^\alpha) / (F_0 + K \times x + C \times v^\alpha) \quad (9)$$

Dabei ist

t_d die Toleranz der Bemessungsreaktion, die der Hersteller angibt;

α der Exponent des Arbeitsgesetzes;

C die Bemessungsdämpfungskonstante;

K die Bemessungssteifigkeitskonstante.

Die obige allgemeine Gleichung (9) wird auf $\gamma_v = (1 + t_d) \times 1.5^\alpha$ für viskose Flüssigkeitsdämpfer (VFD) reduziert.

7.3.3 Knicken

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

ANMERKUNG Ein kleinerer Reibbeiwert kann verwendet werden, wenn hierzu Versuchsdaten verfügbar sind.

7.4 Prüfung

7.4.1 Allgemeines

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 Bemessungserdbebens durch den Dämpfer dissipierte Energie nicht überschreitet.