

DIN EN 15129

ICS 91.120.25

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

Gesamtumfang 171 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Beginn der Gültigkeit

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

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

Nationales Vorwort

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

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

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

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

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

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

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

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

ICS 91.120.25

Deutsche Fassung

Erdbebenvorrichtungen

Anti-seismic devices

Dispositifs anti-sismiques

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 19. September 2009 angenommen.

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

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

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



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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

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

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

Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie	150
ZA.1 Anwendungsbereich und maßgebende Eigenschaften.....	150
ZA.2 Verfahren der Konformitätsbescheinigung von Erdbebenvorrichtungen	157
ZA.3 CE-Kennzeichnung und Etikettierung	161
Literaturhinweise	169

Vorwort

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

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

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

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

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

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm regelt die Bemessung von Vorrichtungen, die zur Milderung der Erdbebeeinwirkung 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 ISO 4287, *Geometrische Produktspezifikationen (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren — Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit (ISO 4287:1997)*

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

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

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

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

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

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

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

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

ISO 1083, *Spheroidal graphite cast iron — Classification*

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

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

3 Begriffe, Formelzeichen und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

3.1.1

Aktivierungsgeschwindigkeit

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

3.1.2

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

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

3.1.3

Kernelement

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

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

3.1.4

Bemessungsverschiebung d_{bd} (einer Vorrichtung)

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

3.1.5

Bemessungsverschiebung eines Isolationssystems in einer Hauptrichtung d_{cd}

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

3.1.6

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

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

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

3.1.7

Bemessungskraft V_{bd} (einer Vorrichtung)

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

3.1.8

Vorrichtungen

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

3.1.9

Duktilitätsanforderung (einer Vorrichtung)

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

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

3.1.10

effektive Dämpfung (einer Vorrichtung) ξ_{effb}

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

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

Dabei ist

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

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

3.1.11

effektive Periode T_{eff}

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

3.1.12

effektive Steifigkeit einer Vorrichtung in einer Hauptrichtung K_{effb}

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

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

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

3.1.13

effektive Steifigkeit eines Isolationssystems in einer Hauptrichtung K_{eff}

Summe der effektiven Steifigkeit der in der Isolationsebene angeordneten Vorrichtungen

3.1.14

effektives Steifigkeitszentrum

Steifigkeitszentrum eines Isolationssystems, unter Berücksichtigung der effektiven Steifigkeit der Vorrichtungen

3.1.15

Energiedissipationsbemessung

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

3.1.16

Energiedissipationsvermögen

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

3.1.17

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

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

3.1.18

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

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

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

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

3.1.19

viskoser Flüssigkeitsdämpfer (en: Fluid Viscous Damper — FVD)

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

3.1.20

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

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

3.1.21

progressive Vorrichtungen (en: Hardening Device — HD)

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

3.1.22

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

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

3.1.23

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

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

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

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

3.1.24

Isolationssystem

Ansammlung von Vorrichtungen, die zur Erdbebenisolation verwendet werden

3.1.25

Isolationsebene

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

3.1.26

Isolator

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

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

3.1.27

lineare Vorrichtung (en: Linear Device — LD)

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

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

3.1.28

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

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

3.1.29

nichtlineare Vorrichtung (en: Non Linear Device — NLD)

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. Eine Vorrichtung wird als nichtlinear eingestuft, wenn entweder ξ_{effb} größer als 15 % ist oder das Verhältnis $|K_{effb} - K_1|/K_1$ größer als 20 % ist, wobei ξ_{effb} und K_{effb} im dritten Zyklus mit der maximalen Verschiebung d_{bd} ermittelt werden

3.1.30

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

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

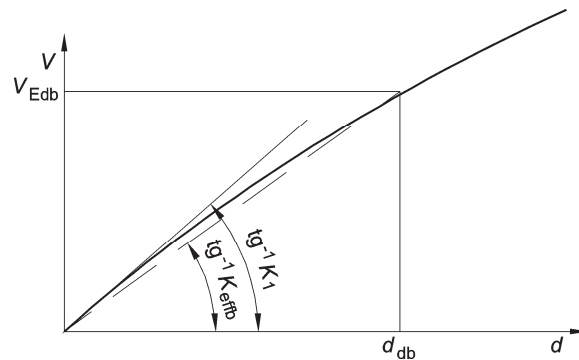


Bild 1 — Anfangssteifigkeit und effektive Steifigkeit einer linearen Vorrichtung (LD)

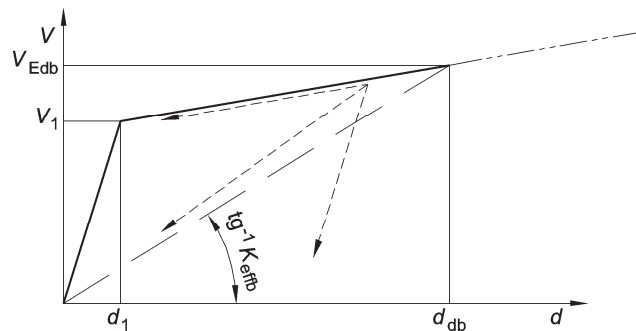


Bild 2 — Effektive Steifigkeit einer nichtlinearen Vorrichtung (NLD)

3.1.31

ständige Verbindungsvorrichtung (en: Permanent Connection Device — PCD)

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

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

3.1.32

starre Verbindungsvorrichtung (en: Rigid Connection Device — RCD)

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

3.1.33

Festhaltung mit Sollbruchstelle (en: Fuse Restraint — FR)

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

3.1.34

Steifigkeit K_2 im zweiten Belastungsast

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

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

Dabei ist

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

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

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

3.1.35

Erdbebenisolation

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

3.1.36

Nutzungsdauer einer Vorrichtung

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

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

3.1.37

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

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

3.1.38

degressive Vorrichtung (en: Softening Device — SD)

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

3.1.39

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

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

3.1.40

Unterbau

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

3.1.41

Überbau

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

3.1.42

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

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

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

3.1.43

temporäre Verbindungsvorrichtung (en: Temporary Connecting Device — TCD)

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

3.1.44

theoretischer bilinearer Zyklus einer nichtlinearen Vorrichtung (NLD)

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

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

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

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

3.2 Formelzeichen

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

3.2.1 Lateinische Großbuchstaben

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

3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben

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

3.2.3 Griechische Buchstaben

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

3.2.4 Indizes

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

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

3.3 Abkürzungen

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

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

3.4 Liste der Vorrichtungen

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

Tabelle 1 — Gebräuchlichste Typen von Erdbebenvorrichtungen

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

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

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

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

4 Allgemeine Bemessungsregeln

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

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

4.1 Leistungsanforderungen und Nachweise zu deren Erfüllung

4.1.1 Grundlegende Anforderungen

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

a) Anforderung an die Standsicherheit

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

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

b) Anforderung an die Schadensbegrenzung

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

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

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

ANMERKUNG 3 Dies beinhaltet insbesondere die Übereinstimmung mit den Eurocodes.

4.1.2 Erhöhte Zuverlässigkeit des Tragwerks

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

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

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

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

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

4.1.3 Funktionelle Anforderungen

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

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

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

4.1.4 Konstruktive und mechanische Anforderungen

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

a) Anforderungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)

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

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

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

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

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

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

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

4.1.5 Übereinstimmung der Leistungsanforderungen

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

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

4.2 Einwirkungen auf Vorrichtungen

4.2.1 Bemessungserdbeben und Einwirkungskombinationen im Lastfall Erdbeben

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

4.2.2 Beanspruchungen

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

4.3 Konzeptioneller Entwurf der Vorrichtungen

4.3.1 Zuverlässigkeit des Verhaltens der Vorrichtungen

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

Vorrichtungskomponenten müssen die entsprechenden Europäischen Normen erfüllen.

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

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

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

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

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

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

4.3.2 Auslastungsbemessung

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

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

4.3.3 Instandhaltung

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

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

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

4.3.4 Veränderung und Austausch von Vorrichtungen

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

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

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

4.3.5 Dokumentation der Vorrichtung

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

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

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

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

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

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

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

4.4 Grundlegende Eigenschaften

4.4.1 Werkstoffeigenschaften

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

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

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

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

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

Die Werkstoffeigenschaften müssen durch repräsentative Werte dargestellt werden.

ANMERKUNG 2 Repräsentative Werte sind in EN 1990 definiert.

4.4.2 In der Berechnung verwendete Eigenschaften der Vorrichtung

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.4.3 Rückzentrierungsvermögen

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

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

nachgewiesen werden.

Dabei ist

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

E_h die von den Isolationsvorrichtungen dissipierte Energie.

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

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

4.5 Arbeitsgesetze

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

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

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

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

4.6 Bewertung von Erdbebenvorrichtungen

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

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

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

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

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

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

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

ANMERKUNG 2 Seilfesthaltungen sind außerhalb des Anwendungsbereiches dieser Europäischen Norm

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

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

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

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

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

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

5.2.1 Leistungsanforderungen

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

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

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

5.2.2 Werkstoffeigenschaften

5.2.2.1 Allgemeines

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

5.2.2.2 Werkstoffe

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

5.2.2.3 Tragende Verbindungsmittel

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

Alle verwendeten Werkstoffe müssen ISO 898 erfüllen.

5.2.2.4 Schweißen

Schweißwerkstoffe müssen EN 1090-2 erfüllen.

5.2.3 Bemessungsanforderungen

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

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

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

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

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

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

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

5.2.4 Erstprüfung

5.2.4.1 Allgemeines

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

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

5.2.4.2 Prüfung unter Gebrauchslast

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

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

5.2.4.3 Ermüdungsprüfung

Soweit gefordert, muss die Ermüdungsprüfung durchgeführt werden.

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

Weder Fließen noch Versagen darf eintreten.

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

5.2.4.4 Bruchprüfung

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

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

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

5.2.5 Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

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

5.3 Temporäre (dynamische) Verbindungsvorrichtungen (TCD)

5.3.1 Funktionelle Anforderungen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Gabelkopfplatten oder andere Komponenten dürfen die Bemessungsrotation nicht geometriebedingt behindern.

5.3.2 Werkstoffeigenschaften

5.3.2.1 Allgemeines

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

5.3.2.2 Werkstoffe

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

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

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

5.3.2.3 Beanspruchte Oberflächen

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

Der nichtrostende Stahl muss in Übereinstimmung mit EN 10088 sein.

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

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

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

Die Beschichtung muss frei von Rissen und Poren sein.

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

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

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

5.3.2.4 Viskose Flüssigkeit

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

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

5.3.3 Bemessungsanforderungen

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

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

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

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

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

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

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

5.3.4 Erstprüfung

5.3.4.1 Allgemeines

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

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

5.3.4.2 Druckprüfung

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

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

5.3.4.3 Prüfung bei geringer Geschwindigkeit

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

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

Die Abnahmebedingung muss die Folgende sein:

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

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

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

Die Abnahmebedingung muss die Folgende sein:

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

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

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

5.3.4.4 Prüfung des Dichtungsverschleißes

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

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

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

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

5.3.4.5 Stoßbelastungsprüfung

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

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

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

Die Abnahmebedingung muss die Folgende sein:

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

5.3.4.6 Überlastungsprüfung

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

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

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

Die Abnahmebedingung muss die Folgende sein:

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

5.3.4.7 Prüfung bei zyklischer Belastung

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

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

Die Abnahmebedingung muss die Folgende sein:

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

5.3.5 Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

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

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

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

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

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

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

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

	Druckprüfung	Prüfung bei geringer Geschwindigkeit	Prüfung des Dichtungsverschleißes	Stoßbelastungsprüfung	Überlastungsprüfung	Prüfung bei zyklischer Belastung
Erstprüfungen	x*	x	x*	x	x*	x
WPK-Prüfungen	x*	x*		x*		
(*) Prüfung wird immer bei Umgebungstemperatur durchgeführt						

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

6.1 Allgemeines

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

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

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

6.2 Leistungsanforderungen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6.3 Werkstoffe

6.3.1 Allgemeines

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

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

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

6.3.2 Elastomer

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

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

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

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

6.3.3 Stahl

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

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

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

6.4 Prüfungen

6.4.1 Allgemeines

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

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

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

Die mechanischen Prüfungen umfassen:

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

6.4.2 Erstprüfungen der Werkstoffe

6.4.2.1 Allgemeines

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

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

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

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

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

6.4.2.2 Elastomer

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

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

6.4.2.3 Stahl

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

6.4.2.4 Formgedächtnislegierungen

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

Die folgenden Prüfungen müssen durchgeführt werden:

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

6.4.2.5 Andere Werkstoffe

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

6.4.3 Prüfungen der Werkstoffe im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

6.4.3.1 Allgemeines

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

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

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

6.4.3.2 Elastomer

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

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

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

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

6.4.3.3 Stahl

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

6.4.3.4 Formgedächtnislegierungen

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

Die folgenden Prüfungen müssen durchgeführt werden:

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

6.4.3.5 Andere Werkstoffe

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

6.4.4 Erstprüfungen von Vorrichtungen

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

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

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

Die Vorrichtungen müssen zusammen mit ihrem Befestigungssystem bewertet werden.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6.4.5 Prüfung von Vorrichtungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

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

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

7 Geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen

7.1 Funktionelle Anforderungen

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

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

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

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

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

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

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

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

Gabelkopfplatten oder andere Komponenten dürfen die Bemessungsrotation nicht geometriebedingt behindern.

7.2 Werkstoffeigenschaften

7.2.1 Allgemeines

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

7.2.2 Werkstoffe

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

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

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

7.2.3 Beanspruchte Oberflächen

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

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

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

Der nichtrostende Stahl muss in Übereinstimmung mit EN 10088 sein.

Die kleinste Gesamtschichtdicke der Hartbeschichtung muss $70 \mu\text{m}$ sein, außer wenn das Untergrundmaterial aus nichtrostendem Stahl gefertigt ist; in diesem Falle darf die kleinste Beschichtungsdicke auf $40 \mu\text{m}$ 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 $3 \mu\text{m}$ nicht überschreiten.

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

7.2.4 Viskose Flüssigkeit

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

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

7.3 Bemessungsanforderungen

7.3.1 Allgemeines

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

	(1) Lieferung		(2) Temperatur*	
	FVD	FSD	FVD	FSD
F	± 15 %	± 15 %	± 5 %	± 15 %
K_{eff}	N/A	± 15 %	N/A	± 15 %
EDC	-15 %	-15 %	-5 %	-5 %

(*) Temperaturbereich -25 °C/+50 °C
N/A = nicht anwendbar
EDC = Energiedissipation je Zyklus (Energy Dissipation per Cycle)

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

7.3.2 Übergeschwindigkeit

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

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

Dabei ist

- t_d die Toleranz der Bemessungsreaktion, die der Hersteller angibt;
- α der Exponent des Arbeitsgesetzes, das der Hersteller sicherstellt.

7.3.3 Knicken

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

7.4 Prüfungen

7.4.1 Allgemeines

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

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

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

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

7.4.2 Erstprüfung

7.4.2.1 Allgemeines

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

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

7.4.2.2 Druckprüfung für viskose Flüssigkeitsdämpfer und Feder-Flüssigkeitsdämpfer

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

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

7.4.2.3 Prüfung von Flüssigkeitsdämpfern mit niedriger Geschwindigkeit

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

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

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

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

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

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

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

7.4.2.4 Prüfung des Feder-Flüssigkeitsdämpfers mit niedriger Geschwindigkeit

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

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

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

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

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

Die Prüfung muss bei einer Umgebungstemperatur von (23 ± 5) °C durchgeführt werden, oder bei einer niedrigeren Temperatur, wenn es durch den Tragwerksplaner festgelegt wurde.

7.4.2.5 Prüfung des Arbeitsgesetzes für viskose Flüssigkeitsdämpfer

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

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

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

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

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

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

7.4.2.6 Prüfung des Arbeitsgesetzes für Feder-Flüssigkeitsdämpfer

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

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

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

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

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

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

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

7.4.2.7 Prüfung des Wirkungsgrads der Dämpfung

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

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

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

Zwischen den Zyklengruppen darf keine Kühlung aufgebracht werden.

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

7.4.2.8 Zyklische Windlastprüfung

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

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

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

7.4.2.9 Prüfung des Dichtungsverschleißes

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

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

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

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

7.4.2.10 Prüfung zum Nachweis des Hubs

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

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

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

7.4.3 Werkseigene Produktionskontrolle

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

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

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

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

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

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

	Druckprüfung	Prüfung mit niedriger Geschwindigkeit	Prüfung des Arbeitsgesetzes	Prüfung des Wirkungsgrads der Dämpfung	Zyklische Windlastprüfung	Prüfung des Dichtungsverschleißes	Prüfung zum Nachweis des Hubs
Erstprüfung	x*	x	x	x	x*	x*	x*
Werkseigene Produktionskontrolle	x*	x*	x*	x*			

(*) Prüfung durchgeführt bei Umgebungstemperatur

8 Isolatoren

8.1 Allgemeine Anforderungen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Für alle Tragwerke, einschließlich Brücken, wird die gesamte horizontale Bemessungsverschiebung für einen Isolator unter der Bemessungserdbebeneinwirkung mit d_{bd} bezeichnet.

Für Brücken ist die maximale Verschiebung, d_{max} , für einen Isolator die in EN 1998-2:2005, 7.6.2 (2) festgelegte Verschiebung. Sie muss gewonnen werden durch Addieren der mit dem Erhöhungsfaktor multiplizierten Bemessungserdbebenverschiebung $\gamma_x d_{bd}$ und der möglichen bleibenden Verschiebungen infolge:

- a) der ständigen Einwirkungen;
- b) der Langzeitverformungen (Vorspannung, Schwinden und Kriechen für Betonüberbauten) des Überbaues und
- c) 50 % der Temperatureinwirkung.

Für andere Tragwerke ist die maximale Verschiebung $\gamma_x d_{bd}$. Das Symbol d_{Ed} bezeichnet die geeignete maximale Verschiebung eines Isolators für jeglichen Tragwerkstyp.

Die vertikalen Lasten $N_{Ed,max}$ beziehungsweise $N_{Ed,min}$ sind die maximalen und minimalen Werte, die beim Bemessungserdbeben erreicht werden.

Die Werte der oberen und unteren Grenzwerte Gebrauchstemperaturen T_U bzw. T_L müssen auf der Grundlage von nach EN 1991-1-5 und EN 1998-2:2005, Anhang J bestimmten Werten, bestimmt werden.

ANMERKUNG 6 Wenn keine Ergebnisse über die Streuung der Eigenschaften der Vorrichtung verfügbar sind, sind Schätzwerte für vorbereitende Berechnungen in Anhang J abzugeben.

8.2 Elastomere Isolatoren

8.2.1 Anforderungen

8.2.1.1 Allgemeines

8.2 gilt für elastomere Isolatoren, sowohl mit hoher Dämpfung ($\zeta_b(100\%) > 0,06$, wobei sich die Zahl in der Klammer auf die Schubdehnung bezieht) als auch mit niedriger Dämpfung ($\zeta_b(100\%) \leq 0,06$), die mit oder ohne ergänzenden Vorrichtungen verwendet werden, um ihren Anwendungsbereich zu erweitern.

ANMERKUNG Elastomerlager mit hoher Dämpfung werden hier mit HDRB (High Damping Rubber Bearings) und Elastomerlager mit niedriger Dämpfung mit LDRB (Low Damping Rubber Bearings) bezeichnet. Die elastomeren Isolatoren dürfen Löcher beinhalten, die mit Blei (solche Isolatoren werden Bleikernlager genannt (Lead Rubber Bearings — LRB)) oder mit hoch dämpfendem Polymermaterial (solche Isolatoren werden Polymerkernlager genannt (Polymer Plugged Rubber Bearings — PPRB)) gefüllt sind, um die gewünschte Dämpfungsmaß zu erreichen.

Elastomere Isolatoren müssen die allgemeinen Anforderungen, die in 8.1 angegeben sind, und die Leistungsanforderungen, die in 8.2.1.2 angegeben sind, erfüllen. Die bei der Herstellung von Isolatoren verwendeten Materialien müssen den Anforderungen in 8.2.2 entsprechen. Jeder elastomere Isolator muss nach dem Verfahren und den Regeln bemessen werden, die in 8.2.3 angegeben sind.

Elastomere Isolatoren müssen den allgemeinen beziehungsweise funktionellen Anforderungen nach EN 1337-3:2005, 4.1 und 4.2 entsprechen.

Die Bemessungseigenschaften des elastomeren Isolators, die in der Tragwerksberechnung verwendet werden, müssen die Ergebnisse aus den Prüfungen nach 8.2.4.1.2 sein.

Die oberen und unteren Bemessungswerte der Eigenschaften in Bezug auf 4.4.2 müssen aus den Erstprüfungen und den folgenden Streuungen ermittelt werden:

- Produktionsstreuungen $\pm 20\%$ (es sei denn, es wurde eine niedrigere Streuung für die Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle vereinbart);
- im Bericht dargestellte Temperaturveränderungen bei T_U und T_L (siehe 8.2.1.2.4) und, wo angebracht, die Veränderung der horizontalen Steifigkeit bei 100 % Schubdehnung in der Kristallisationsprüfung bei niedriger Temperatur (siehe 8.2.2.1.5);
- im Bericht dargestellte Alterungsveränderung entsprechend der Prüfung (siehe 8.2.1.2.9).

Beim Kombinieren der drei muss ein Faktor von 0,7 für die Produktions- und Temperaturstreuung verwendet werden und ein Faktor von 1,0 für die Alterungstreuung. Falls die Kristallisation bei niedriger Temperatur beachtet werden muss, muss die Veränderung der Steifigkeit bei niedriger Temperatur der größere Wert aus der zyklischen Prüfung (8.2.1.2.4) und der Kristallisationsprüfung (8.2.2.1.5) sein.

Das Verhältnis zwischen den oberen und unteren Bemessungswerten der Eigenschaften muss für alle elastomeren Isolatoren kleiner als 1,8 sein.

Für niedrig dämpfende elastomere Brückenisolatoren, die in Fällen verwendet werden, bei denen das Bemessungserdbeben klein ist, müssen nur die besonderen Anforderungen dieser Europäischen Norm, die in 8.2.1.2.11 angegeben sind, angewandt werden. Für solche Isolatoren muss EN 1337-3 angewandt werden, nur die Bemessung muss nach 8.2.3 durchgeführt werden.

Die Einwirkung muss als klein behandelt werden, wenn:

- a) der Bemessungswert der Verschiebung im Lastfall Erdbeben d_{bd} kleiner ist als die Gesamtverschiebung infolge anderer Einwirkungen, wie in EN 1998-2:2005, 7.6.2 (2) angegeben;
- b) die maximale horizontale Kraft im Lastfall Erdbeben kleiner ist als die gesamte horizontale Kraft infolge anderer Einwirkungen, wie in EN 1998-2:2005, 7.6.2 (2) angegeben.

Für solche Isolatoren muss die effektive horizontale Steifigkeit K_b , die für die Tragwerksberechnung verwendet wird, aus dem Wert nach 8.2.1.2.11 bestimmt werden. Die oberen und unteren Grenzwerte nach 4.4.2 müssen aus diesem Wert und den folgenden Streuungen bestimmt werden:

- Toleranzwert der Produktionsstreuung für den scheinbaren ideellen Schubmodul nach EN 1337-3:2005, 4.3.1.1;
- im Bericht dargestellte Temperaturveränderungen bei T_U und T_L (siehe 8.2.1.2.4);
- Alterungsveränderung des ideellen Schubmoduls nach EN 1337-3:2005, 4.3.1.4.

8.2.1.2 Leistungsanforderungen für Isolatoren

8.2.1.2.1 Allgemeines

Die Leistungsanforderungen definieren quantifizierbare Kenndaten, die für elastomere Isolatoren durch Erstprüfungen bestimmt werden müssen. Sämtliche geforderten Grenzwerte sind angegeben. Diese Prüfungen, die auch als Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle verwendet werden müssen, sind in 8.2.4.1.3 aufgelistet.

Für niedrig dämpfende Isolatoren ist die Messung der Dämpfung nicht gefordert, und die Dämpfungsanforderungen, die in 8.2.1.2.2 angegeben sind, brauchen auf sie nicht angewandt zu werden.

Die Anforderungen in EN 1337-3:2005, 4.3.4 und 4.3.6 müssen auf Isolatoren für Brücken angewandt werden.

8.2.1.2.2 Abhängigkeit der horizontalen Eigenschaften von der Schubdehnung des Elastomers

Die horizontalen Eigenschaften unter zyklischer Belastung müssen bei den folgenden Schubdehnungen des Gummis gemessen werden: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$, $\pm 50\%$ und $\pm 100\%$ unter den Prüfbedingungen und unter Verwendung der Verfahren, die in den relevanten Teilen von 8.2.4.1 angegeben sind. Die horizontalen Eigenschaften müssen in Form der horizontalen Steifigkeit K_b und des effektiven Dämpfungsmaßes ξ_b , ausgedrückt werden, außer dass LRB und PPRB in Form der Steifigkeit im zweiten Belastungsast (oder der postelastischen Steifigkeit) K_2 , und der charakteristischen Tragfähigkeit Q_d , (diese ist als die Kraft definiert, bei der die Kraft-Verschiebungs-Kurve die Kraftachse schneidet) charakterisiert werden dürfen. Wenn die Prüfungen bei einer anderen Frequenz als 0,5 Hz oder der Isolationsfrequenz durchgeführt werden, müssen die im Bericht angegebenen horizontalen Eigenschaften auf eine dieser Frequenzen durch Korrigieren des Einflusses der Prüffrequenz entsprechend dem Verfahren, das in 8.2.2.1.3.3 angegeben ist, bezogen werden. Wenn die Schubdehnung $\varepsilon_{q,E}$ bei der Bemessungsverschiebung d_{bd} größer als 100 % ist, müssen Prüfungen bei zusätzlichen Dehnungsamplituden, wie in Tabelle 7 detailliert aufgeführt, ergänzt werden. γ_b ist ein Teilsicherheitsbeiwert für elastomere Isolatoren (siehe 8.2.1.2.7). Die Prüfungen dürfen alle am selben Isolator durchgeführt werden, in diesem Fall müssen sie in der Reihenfolge steigender Dehnungsamplituden durchgeführt werden, und nur bei den Dehnungen, die in diesem Unterabschnitt festgelegt sind. Die zyklische Verschiebung muss bei einer Schubverschiebung von Null aufgebracht werden, es darf keine Anfangsverschiebung aufgebracht werden.

Tabelle 7 — Dehnungsamplituden des Gummis für die zyklische Prüfung

Dehnungen in %

Bemessungsschubdehnung für Gummi, $\varepsilon_{q,E}$	Zusätzliche Prüfdehnungen
$100 < \varepsilon_{q,E} \leq 150$	150 oder $\gamma_b \gamma_x \varepsilon_{q,E}$
$150 < \varepsilon_{q,E} \leq 200$	150, 200
$200 < \varepsilon_{q,E} \leq 250$	150, 200, 250

ANMERKUNG Die Prüfdehnungsamplituden sind mit ausreichenden Abständen versehen, sodass bei Durchführung von Prüfungen am selben Isolator die Auswirkungen der Dehnungsgeschichte gering sind.

Die Anforderungen sind, dass:

- die Werte für K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) im dritten Zyklus für alle geprüften Schubdehnungen des Elastomers im Bericht angegeben sind;
- wenn die Bemessungsschubdehnung des Gummis nicht in den aufgeführten Prüfdehnungen enthalten ist, die beiden Werte für K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) bei der Bemessungsschubdehnung des Elastomers im dritten Zyklus aus den Prüfergebnissen durch lineare Interpolation ermittelt werden müssen;
- die Prüffrequenz und die Referenzfrequenz, falls zutreffend, im Bericht angegeben sind;
- die beiden Werte für K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) bei der Bemessungsschubdehnung im dritten Zyklus innerhalb von $\pm 20\%$ vom Bemessungswert liegen müssen;
- der Wert K_b bei 5 % Schubdehnung (oder Q_d) ausreichend groß sein muss, um einen angemessenen Widerstand gegen Windlast zu bieten, wie durch den Tragwerksplaner festgelegt.

Um K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) zu bestimmen, sollte eine zyklische Prüfung, durchgeführt bei der in diesem Unterabschnitt aufgelisteten Schubdehnungsamplitude, die der Schubdehnung des Elastomers $\varepsilon_{q,E}$ bei der Bemessungsverschiebung d_{bd} am nächsten ist, als eine Prüfung im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle durchgeführt werden, mit der Anforderung, dass die beiden Werte K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) für den dritten Zyklus innerhalb von $\pm 20\%$ des, falls erforderlich wegen der die Differenz zwischen der Prüf- und der Bemessungsschubdehnungen korrigierten, Bemessungswertes liegen müssen.

Für den Fall, dass die Messung der zyklischen horizontalen Eigenschaften bei der in diesem Unterabschnitt aufgelisteten Schubdehnungsamplitude, die der Schubdehnung des Gummis $\varepsilon_{q,E}$ bei der Bemessungsverschiebung d_{bd} am nächsten ist, nicht als Prüfung im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle durchgeführt wird, müssen die beiden folgenden Prüfungen als Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle durchgeführt werden:

- Messung der horizontalen Sekantensteifigkeit unter einer einseitigen rampenförmigen Belastung;
- zyklische Prüfung um K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) zu bestimmen, durchgeführt bei einer der niedrigeren Schubdehnungsamplituden, die in diesem Unterabschnitt aufgelistet sind. Die Schubdehnungsamplitude muss mindestens 20 % betragen.

Die Prüfung mit rampenförmiger Belastung muss auch als Erstprüfung durchgeführt werden, um die Anforderung für die Prüfung im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle festzulegen. Der Isolator, der für die zyklischen Prüfungen verwendet wird, muss bis zu der in diesem Unterabschnitt aufgelisteten Schubdehnung, die der Schubdehnung des Gummis $\varepsilon_{q,E}$ bei der Bemessungsverschiebung d_{bd} am nächsten ist, verformt werden. Die Prüfung mit rampenförmiger Belastung muss nach der zyklischen Prüfung mit dieser Dehnung durchgeführt werden und vor den zyklischen Prüfungen mit höheren Dehnungen. Die anderen Prüfbedingungen und -verfahren müssen mit den maßgebenden Teilen von 8.2.4.1 übereinstimmen. Die Anforderung der Erstprüfung ist, dass die Sekantensteifigkeit bei der Prüfschubdehnung bestimmt wird. Die Anforderung der Prüfung mit rampenförmiger Belastung im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle ist, dass die Sekantensteifigkeit innerhalb $\pm 20\%$ des in der Erstprüfung bestimmten Wertes liegt, falls erforderlich mit dem in 8.2.4.1.3 angegebenen Verfahren angepasst, um den Unterschied zwischen dem Bemessungswert der zyklischen Steifigkeit K_b bei der Bemessungsverschiebung d_{bd} und dem in der Erstprüfung bestimmten Wert zu berücksichtigen. Die Anforderung der zyklischen Prüfung im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle ist, dass die beiden Werte K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) für den dritten Zyklus innerhalb $\pm 20\%$ von den Werten, die in der Erstprüfung erreicht wurden, liegen müssen, der Wert K_b (oder K_2) falls erforderlich mit dem in 8.2.4.1.3 angegebenen Verfahren angepasst, um den Unterschied zwischen dem Bemessungswert der zyklischen Steifigkeit K_b (oder K_2) bei der Bemessungsverschiebung d_{bd} und dem in den Erstprüfungen bestimmten Wert zu berücksichtigen.

8.2.1.2.3 Abhängigkeit der horizontalen Eigenschaften von der Frequenz

Die Auswirkung der Frequenz auf die horizontalen Eigenschaften K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) muss durch bei einer Schubdehnungsamplitude des Elastomers von $\pm 100\%$ durchgeführte Prüfungen bestimmt werden. Die horizontalen Eigenschaften müssen bei drei Frequenzen gemessen werden. Die empfohlenen Werte sind:

0,1 Hz 0,5 Hz 2,0 Hz

Andere Werte im Abstand der gleichen Verhältnisse dürfen in Übereinkunft mit dem Tragwerksplaner gewählt werden. Die Prüfungen müssen mit ansteigender Frequenz durchgeführt werden.

Die Werte von K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) müssen für jede Prüffrequenz für den dritten Zyklus im Bericht angegeben werden. Die Werte bei den niedrigsten und höchsten Frequenzen dürfen um nicht mehr als 20 % von dem Wert bei der mittleren Frequenz abweichen.

Für HDRB und LDRB dürfen die Prüfungen an uneingeschränkt skalierten Isolatoren durchgeführt werden, oder dürfen durch die Prüfungen, die in 8.2.2.1.3.3 am Elastomer bei seiner Herstellung gefordert werden, ersetzt werden.

8.2.1.2.4 Abhängigkeit der horizontalen Eigenschaften von der Temperatur

Die Veränderungen der horizontalen Eigenschaften K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) zwischen den oberen und unteren Gebrauchstemperaturen T_U beziehungsweise T_L müssen durch Prüfungen unter den Bedingungen und unter Verwendung der Verfahren, die in den maßgebenden Teilen von 8.2.4.1 angegeben sind, bestimmt werden. Die horizontalen Eigenschaften müssen bei einer Schubdehnungsamplitude des Elastomers von $\pm 100\%$ über einen Temperaturbereich, der sich von mindestens T_U bis mindestens T_L erstreckt, gemessen werden. Eine Prüfung bei 23 °C muss enthalten sein. Die Prüfungen müssen der Reihe nach mit abnehmender Temperatur durchgeführt werden. Es wird empfohlen, dass Prüfungen bei den folgenden Temperaturen enthalten sind, wenn sie innerhalb des Bereichs der Nutzungsbedingungen liegen:

40 °C , 23 °C , 0 °C , -10 °C , -20 °C

Die Werte von K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) müssen für den dritten Zyklus für jede Prüftemperatur im Bericht angegeben werden. Die Werte bei der niedrigsten Temperatur dürfen nicht um mehr $+80\%$ oder -20% von den entsprechenden Werten bei 23 °C abweichen, und die Werte bei der höchsten Temperatur dürfen nicht um mehr als $\pm 20\%$ von denen bei 23 °C abweichen.

Für HDRB und LDRB dürfen die Prüfungen an uneingeschränkt skalierten Isolatoren durchgeführt werden, oder dürfen durch die Prüfungen, die in 8.2.2.1.3.4 am Elastomer bei seiner Herstellung gefordert werden, ersetzt werden.

8.2.1.2.5 Abhängigkeit der horizontalen Eigenschaften von wiederholter zyklischer Belastung

Die horizontalen Eigenschaften K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) des Isolators müssen unter wiederholter zyklischer Belastung konstant sein. Die Beständigkeit der Eigenschaften muss durch Prüfungen nachgewiesen werden. Die Schubdehnungsamplitude des Elastomers muss 100% betragen oder die Bemessungsschubdehnung, sofern durch den Tragwerksplaner gefordert. Die anderen Prüfbedingungen und -verfahren müssen mit den in den maßgebenden Teilen von 8.2.4.1 angegebenen übereinstimmen. Die Anforderung für die konstanten Eigenschaften von K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) ist erfüllt, wenn:

- das Verhältnis zwischen den minimalen und den maximalen Werten von K_b (oder K_2), gemessen zwischen dem zweiten und dem zehnten Zyklus, darf nicht kleiner als $0,7$ sein;
- das Verhältnis zwischen den minimalen und den maximalen Werten von ξ_b (oder Q_d), gemessen zwischen dem zweiten und dem zehnten Zyklus, darf nicht kleiner als $0,7$ sein;
- das Verhältnis zwischen den minimalen und den maximalen Werten von K_b (oder K_2), gemessen zwischen dem ersten und dem zehnten Zyklus, darf nicht kleiner als $0,6$ sein.

Für HDRB und LDRB dürfen die Prüfungen an unbegrenzt verkleinerten Isolatoren durchgeführt werden, oder dürfen durch die Prüfungen am Elastomer bei seiner Herstellung, wie in 8.2.2.1.3.6 gefordert werden, ersetzt werden.

Die Anforderungen dürfen sich auf mehr als den zehnten Zyklen beziehen, wenn es durch den Tragwerksplaner erbeten wird.

8.2.1.2.6 Tragfähigkeit für vertikale Drucklasten ohne Querverschiebung

Der Isolator muss in der Lage sein, eine vertikale Last von N_{Sd} abzutragen (wobei in 8.2 N_{Sd} die ständige Last zuzüglich der Kombination der nichtseismischen veränderlichen Last(en) nach EN 1990:2002, A.1 (für Hochbauten) oder A.2 (für Brücken) ist), wenn keine Querverschiebung aufgebracht wird. Diese Anforderung muss überprüft werden durch Aufbringen einer vertikalen Last in Höhe von N_{Sd} und Konstanthalten dieser Last für mindestens 3 min , während der Isolator auf Anzeichen von Versagen untersucht wird. Die anderen Prüfbedingungen müssen mit den maßgebenden Teilen von 8.2.4.1 übereinstimmen.

Die Anforderung ist, dass die Last-Verschiebungs-Beziehung monoton bis N_{Sd} ansteigend sein muss, und dass der Isolator kein sichtbares Anzeichen von Herstellungsfehlern oder Versagen aufweist. Das diesbezügliche sichtbare Anzeichen muss einschließen:

- Anzeichen von Verbundversagen;
- seitlich falsch ausgerichtete oder vertikal falsch liegende Bewehrungsbleche;
- Oberflächenrisse oder -fehler über 2 mm Breite oder Tiefe.

ANMERKUNG Für weitere Hinweise bezüglich der Anforderungen, siehe EN 1337-3:2005, 4.3.3 und die Herstellungstoleranzen, die in EN 1337-3:2005, Abschnitt 6 angegeben sind.

8.2.1.2.7 Horizontales Verschiebungsvermögen

Das horizontale Verschiebungsvermögen eines Isolators muss bis zu einer Verschiebung von $\gamma_b d_{Ed}$ oder einer Last von $\gamma_b V_{Ed}$ überprüft werden, je nachdem was zuerst unter den axialen Lasten $N_{Ed,max}$ und $N_{Ed,min}$ erreicht wird (wobei V_{Ed} die zu d_{Ed} gehörende horizontale Last ist).

γ_b ist ein Teilsicherheitsbeiwert für elastomere Isolatoren, und sein Wert muss 1,15 betragen.

Der Wert von $N_{Ed,min}$ darf keine Zugkraft sein, die eine größere Spannung als $2G$ hervorruft, wobei G der Schubmodul gemessen bei 100 % Dehnung ist (siehe 8.2.2.1.3.2).

ANMERKUNG 1 Der Wert der kleinsten vertikalen Last kann eine Zugkraft sein. Das Eintragen von Zugspannungen über dem hier festgelegten Spannungsniveau ist zu vermeiden, da Hohlraumbildung des Gummis bei relativ niedrigen hydrostatischen Zugspannungen eintritt. Eine Zugspannung von bis zu $2G$ wird üblicherweise aufgenommen, ohne dass bedeutende Hohlraumbildung eintritt. Spezielle Verbindungen zwischen dem Isolator und dem Tragwerk, die die Möglichkeit der vertikalen Last auf dem Isolator eine Zugkraft zu werden beseitigen, können verwendet werden.

Die Prüfung muss unter einer rampenförmigen Belastung durchgeführt werden. Die anderen Prüfbedingungen müssen denen in den maßgebenden Teilen von 8.2.4.1 angegebenen entsprechen.

Die Anforderungen sind, dass die Last bis zur maximalen Verschiebung monoton ansteigend sein muss und dass der Isolator keine bedeutsamen Anzeichen von Versagen am Ende der Prüfung zeigen darf. Das diesbezügliche sichtbare Anzeichen von Versagen muss einschließen:

- Anzeichen von Verbundversagen;
- Oberflächenrisse oder -fehler über 2 mm Breite oder Tiefe.

Die Verbindungen des Isolators zu den Lastplatten dürfen keinerlei Anzeichen von Versagen oder Fließen zeigen.

ANMERKUNG 2 Für weitere Hinweise bezüglich sichtbarer Anzeichen von Versagen im Isolator siehe EN 1337-3:2005, 4.3.3.

Falls $N_{Ed,max}$ sich von $N_{Ed,min}$ um weniger als 20 % unterscheidet und die kleinste Last eine Druckkraft ist, braucht nur eine Prüfung mit dem Mittelwert der beiden Lasten durchgeführt zu werden; es müssen die gleichen Anforderungen erfüllt werden.

8.2.1.2.8 Drucksteifigkeit

Die Sekantendrucksteifigkeit K_V des Isolators muss zwischen $(1/3) N_{Sd}$ und N_{Sd} bestimmt werden. Die Prüfbedingungen, die Einrichtung und die anderen Teile des Verfahrens müssen mit den maßgebenden Teilen von 8.2.4.1 übereinstimmen.

Die Anforderung ist, dass K_V im Bericht angegeben werden muss.

Diese Prüfung muss auch als eine Prüfung im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle verwendet werden. Die Anforderung ist, dass K_V innerhalb von $\pm 30\%$ von dem Wert, der in der Erstprüfung ermittelt wurde, liegt, und die Sichtprüfung bei der größten Last keine Anzeichen von Fehlern oder Versagen zeigen darf, wie es in den Anforderungen in 8.2.1.2.6 angegeben ist.

ANMERKUNG Die Kraft-Verschiebungs-Kurve hat bei niedrigen Lasten im Allgemeinen eine flache Steigung. Dieses Phänomen, das Anfangssetzung oder Bettung genannt wird, ist durch die üblicherweise vorhandene leichte Ungenauigkeiten der oberen und unteren Lageroberflächen begründet.

8.2.1.2.9 Auswirkung der Alterung

Die Veränderungen der horizontalen Eigenschaften K_b und ξ_b des Isolators (oder K_2 nur für LRB hergestellt unter Verwendung von niedrig dämpfendem Elastomer) muss über die zu erwartende Nutzungsdauer des Isolators auf weniger als 20 % abgeschätzt werden. Die abgeschätzte Veränderung muss durch beschleunigte Alterungsprüfungen am Elastomermaterial des Isolators bestimmt werden (siehe 8.2.2.1.3.5), sowie durch Bezugnahme auf sämtliche verfügbaren unmittelbar maßgebenden Lebensdauerdaten von Vorrichtungen, die aus ähnlichen Materialien hergestellt wurden. Für PPRB müssen auch Alterungsprüfungen am Material des Polymerkerns nach 8.2.2.1.3.5 durchgeführt werden, sodass sein Beitrag zur Änderung von K_b und ξ_b abgeschätzt werden kann. Außer, wenn es durch den Tragwerksplaner anderes erbeten wird, muss die Anforderung in diesem Unterabschnitt als erfüllt betrachtet werden, wenn das Elastomermaterial (und das Material des Polymerkerns, sofern anwendbar) die Anforderung in 8.2.2.1.3.5 unter den dort angegebenen Standard-Alterungsbedingungen (14 Tage bei 70 °C) erfüllt.

ANMERKUNG Die Nutzungsdauer von Erdbebenvorrichtungen wird im Anhang B diskutiert. Für elastomere Isolatoren kann erwartet werden, dass sie 60 Jahre beträgt.

8.2.1.2.10 Auswirkung des Kriechens

Die Kurzzeitkriechverformung, die durch die vertikale Bemessungslast für nichtseismische Bedingungen N_{Sd} erzeugt wird, darf gemessen werden, wenn es durch den Tragwerksplaner erbeten wird, im Falle von Isolatoren mit hoher Dämpfung (HDRB) und Isolatoren mit Polymerkern (PPRB). Die Bedingungen und Verfahren müssen mit denjenigen übereinstimmen, die in den maßgebenden Teilen von 8.2.4.1 angegeben sind.

ANMERKUNG 1 Es wird empfohlen, dass der Prozentsatz des Kriechens zwischen 10 min und 10^4 min (ungefähr eine Woche) weniger als 20 % der Verformung nach 10 min sein sollte, es sei denn, es ist mit dem Tragwerksplaner anders vereinbart.

ANMERKUNG 2 Die Empfehlung sollte sicherstellen, dass die Verformung des Isolators unter der Einwirkung der abgetragenen Gewichtskräfte mit der Zeit nicht übermäßig ansteigt.

8.2.1.2.11 Niedrig dämpfende Isolatoren für Brücken bei geringen Erdbebeneinwirkungen

- 1) Die in 8.2.1.2.2, 8.2.1.2.4 und 8.2.1.2.7 angegebenen Anforderungen müssen, so wie sie durch diesen Unterabschnitt abgeändert werden, zusätzlich zu den Anforderungen von EN 1337-3:2005 gelten.
- 2) Die Bemessungsschubdehnung infolge von Verschiebungsbewegungen in EN 1337-3:2005, 5.3.3.3 muss einschließlich der Bemessungsverschiebung d_{bd} abgeschätzt werden, ohne den Zuverlässigkeitsfaktor γ_x anzuwenden.
- 3) Die in 8.2.1.2.2 angegebenen Anforderungen müssen abgeändert werden, sodass nur die effektive horizontale Steifigkeit K_b bei einer einzigen Schubdehnung des Gummis, die mit dem Tragwerksplaner vereinbart ist, gemessen werden muss. Die fünf in 8.2.1.2.2 aufgelisteten Anforderungen werden ersetzt durch:
 - der Wert von K_b für den dritten Zyklus wird im Bericht dargestellt;
 - die Prüffrequenz und die Referenzfrequenz, wenn anwendbar, werden im Bericht dargestellt.
- 4) Die Schubdehnungsamplitude des Gummis für die Anforderung in 8.2.1.2.4 muss mit dem Tragwerksplaner vereinbart werden.
- 5) Wenn die zur horizontalen Verschiebung $\gamma_b d_{Ed}$ gehörende Schubdehnung des Gummis ≤ 200 % ist, muss die Anforderung in 8.2.1.2.7 durch Erfüllung von EN 1337-3:2005, 4.3.2.1 als erfüllt angesehen werden.

8.2.1.3 Bauliche und mechanische Anforderungen

8.2.1.3.1 Anforderungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)

Für den Isolator muss nachgewiesen werden, dass er die in 4.1.4 angegebenen Anforderungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) durch sein Einhalten der Anforderung an die Quertragfähigkeit nach 8.2.1.2.7, der maximalen Gesamtbemessungsschubdehnung nach 8.2.3.4.2 und des Stabilitätskriteriums nach 8.2.3.4.4 (im Falle von verschraubten Isolatoren) oder nach 8.2.3.4.5 (im Falle von in einem Rezess sitzenden oder verdübelten Isolatoren) erfüllt. Für einen niedrig dämpfenden Isolator für Brücken, der geringen seismischen Einwirkungen ausgesetzt ist, muss nachgewiesen werden, dass er die in 4.1.4 angegebenen Anforderungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) durch sein Einhalten der Anforderung an die Quertragfähigkeit nach 8.2.1.2.11, der maximalen Gesamtbemessungsschubdehnung nach 8.2.3.4.2 und des Stabilitätskriteriums nach 8.2.3.4.4 (im Falle von verschraubten Isolatoren) oder nach 8.2.3.4.5 (im Falle von in einem Rezess sitzenden oder verdübelten Isolatoren) erfüllt.

8.2.1.3.2 Anforderungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Weil die in 8.2.1.3.1 enthaltenen Anforderungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) Gebrauchstauglichkeit für diese Bedingung sicherstellen, sind die in 4.1.4 angegebenen Anforderungen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS) erfüllt.

8.2.2 Werkstoffe

8.2.2.1 Elastomere

8.2.2.1.1 Allgemeines

Die in 8.2.2.1 angegebenen Anforderungen gelten für das Elastomer, das zum Herstellen des bewehrten Teils des Isolators verwendet wird.

Die verwendeten Rohelastomere müssen unbenutztes Material sein; es darf kein regenerierter oder wiedergemahlener vulkanisierter Gummi verwendet werden.

Das Elastomer muss bei einer Schubdehnung von 100 % einen Schubmodul innerhalb des Bereiches von 0,3 MPa bis 1,5 MPa haben.

Das vulkanisierte Elastomer muss die in 8.2.2.1 angegebenen Anforderungen erfüllen.

Die Prüfungen zur Ermittlung der quantifizierbaren Eigenschaften, auf die sich die Anforderungen beziehen, müssen alle als Erstprüfungen durchgeführt werden. Prüfungen, die als Prüfungen im Rahmen der werks-eigenen Produktionskontrolle verwendet werden müssen, sind in 8.2.4.2.3 aufgelistet.

Die Prüfverfahren und Prüfkörper müssen mit den maßgebenden Unterabschnitten in 8.2.4.2 übereinstimmen.

Niedrig dämpfende Elastomere für Isolatoren für Brücken, die geringer Erdbebeneinwirkung ausgesetzt sind (siehe 8.2.1.1), brauchen nur mit EN 1337-3:2005 übereinzustimmen; sie sind nicht Gegenstand der Anforderungen von 8.2.2.1.

ANMERKUNG 1 Einige der Anforderungen unterscheiden sich, je nachdem, ob die Proben aus der Elastomermischung für die Vorrichtung hergestellt oder aus einer komplett fertigen Vorrichtung entnommen werden.

ANMERKUNG 2 Die Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften (Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Weiterreißwiderstand), die in 8.2.2.1.2.1 und 8.2.2.1.2.2 zu erfüllen sind, dienen der Bestätigung der allgemeinen Eignung des Elastomers; diese Eigenschaften sind nicht unmittelbar auf die Leistungsfähigkeit des Isolators bezogen. Die Prüfung des Druckverformungsrestes bietet eine Kontrolle, dass das Elastomer angemessen vulkanisiert ist. Die Prüfung des Druckverformungsrestes bietet eine Kontrolle, dass das Elastomer ausreichend vulkanisiert ist. Die verbleibenden Prüfungen (Ozonwiderstand und beschleunigte Alterung in Luft) bieten eine Kontrolle, dass geeignete Alterungsschutzmittel in die Elastomermischung eingearbeitet wurden.

8.2.2.1.2 Allgemeine Eigenschaften

8.2.2.1.2.1 Niedrig dämpfende Elastomere

Niedrig dämpfende Elastomere, die in Isolatoren für Brücken verwendet werden, müssen mit EN 1337-3:2005, 4.4.1 übereinstimmen. Alle niedrig dämpfenden Elastomere, außer denen für Isolatoren für Brücken, die geringen Erdbebeneinwirkungen ausgesetzt werden (siehe 8.2.1.1), müssen auch die Materialanforderungen in Tabelle 8 erfüllen. Die Prüfungen müssen als Erstprüfungen und als Prüfungen im Rahmen der werks-eigenen Produktionskontrolle durchgeführt werden.

8.2.2.1.2.2 Hoch dämpfende Elastomere

Hoch dämpfende Elastomere müssen die in Tabelle 9 angegebenen Anforderungen erfüllen. Die Prüfungen müssen als Erstprüfungen und als Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle durchgeführt werden.

ANMERKUNG In erster Linie auf Naturkautschuk oder Polychloroprenkautschuk basierende Lager wurden über mehreren Jahrzehnte als Lager im Bauwesen verwendet und haben in den meisten Fällen Anforderungen erfüllt. Von Isolatoren, die aus diesen beiden Elastomeren hergestellt werden, kann deshalb erwartet werden, eine lange Nutzungsdauer zu haben. Außerdem kristallisieren Naturkautschuk und Polychloroprenkautschuk unter aufgebrachter Dehnung, ein Phänomen, das sie gegen die Vergrößerung von Oberflächenrissen unter der aufgebrachten ständigen Vertikalkraft widerstandsfähig macht. Für hoch dämpfende Isolatoren sind andere Elastomere durch diesen Unterabschnitt nicht ausgeschlossen, aber ihre Verwendung erfordert besondere Beachtung des Alterungsverhaltens und des Widerstands gegen das Wachsen von Oberflächenrissen.

8.2.2.1.3 Dynamischer Schubmodul und Dämpfung

8.2.2.1.3.1 Allgemeines

Die dynamische Prüfung des Elastomers und die Auswertung der Ergebnisse müssen nach den Methoden und Verfahren von 8.2.4.2.5 durchgeführt werden.

ANMERKUNG Die Messung der Dämpfung ist für niedrig dämpfende Elastomere ($\xi_b(100\%) \leq 0,06$) nicht gefordert, und die in 8.2.2.1.3 angegebenen Anforderungen an die Dämpfung gelten nicht für sie.

Tabelle 8 — Mechanische und physikalische Eigenschaften von niedrig dämpfendem Elastomer

Eigenschaft	Anforderungen			Prüfverfahren
	$0,3 \leq G \leq 0,7$	$0,7 < G \leq 1,1$	$1,1 < G \leq 1,5$	
Schubmodul ^a MPa	$0,3 \leq G \leq 0,7$	$0,7 < G \leq 1,1$	$1,1 < G \leq 1,5$	
Reißfestigkeit MPa, min. Prüfplatte Probe aus Lager ^b		16 14		ISO 37, Typ 2
Reißdehnung %, min. Prüfplatte Probe aus Lager ^b	450 400	425 375	350 300	
Weiterreißwiderstand ^c , kN/m, min.	5	8	10	ISO 34 ^g , Verfahren A
Druckverformungsrest ^d 70 °C, 24 h, max.	30	30	30	ISO 815, Typ A 25 % Druck
Ozonbeständigkeit ^e Dehnung 30 % -96 h 40 °C ± 2 °C	Keine Risse	Keine Risse	Keine Risse	ISO 1431-1
Beschleunigte Alterung im Trockenschrank ^f				ISO 188, Verfahren A
Maximale Änderung gegenüber dem Wert für ungealterte Proben				
Härte (IRHD) Reißfestigkeit (%) Reißdehnung (%)	-5, + 8 ± 15 ± 25	-5, + 8 ± 15 ± 25	-5, + 8 ± 15 ± 25	ISO 48 ISO 37, Typ 2

ANMERKUNG Da die Ozon- und Alterungsprüfungen Kontrollen dafür sind, dass geeignete Alterungsschutzmittel eingearbeitet wurden, es sind keine Prüfungen bezüglich der Gebrauchstauglichkeit, erfordert ihre Wirksamkeit, dass die Bedingungen für das bei der Herstellung der Vorrichtungen verwendete Elastomer geeignet sein sollten.

- ^a Gemessen bei 100 % Schubdehnungsamplitude bei 23 °C.
- ^b Die Prüfkörper aus komplett fertig gestellten Isolatoren müssen aus der ersten inneren Schicht und aus der Schicht in der Mitte des Isolators entnommen werden.
- ^c Die Werte gelten für Elastomermischungen auf Naturkautschukbasis. Eine Elastomermischung auf Polychloroprenkautschukbasis muss 20 % höhere Werte ergeben. Andere Elastomere müssen die Anforderungen für Elastomermischungen auf Naturkautschukbasis erfüllen.
- ^d Der Wert gilt für Elastomermischungen auf Naturkautschukbasis. Eine Elastomermischung auf Polychloroprenkautschukbasis muss einen 50 % niedrigeren Wert ergeben. Für andere Elastomere müssen die Werte zwischen dem Hersteller und dem Tragwerksplaner abgestimmt werden.
- ^e Die Ozonkonzentration muss für das verwendete Elastomer geeignet sein. Für Vulkanisate auf Naturkautschukbasis müssen 25 ppm und für Vulkanisate auf Polychloroprenkautschukbasis 100 ppm verwendet werden. Für andere Elastomere müssen die Werte zwischen dem Hersteller und dem Tragwerksplaner abgestimmt werden. Für Elastomere ohne ungesättigte Kohlenstoffverbindungen braucht keine Ozonprüfung durchgeführt zu werden.
- ^f Die Alterungsbedingung muss geeignet für die verwendeten Elastomere ausgewählt werden. Für Vulkanisate auf Naturkautschukbasis müssen 7 Tage bei 70 °C und für Vulkanisate auf Polychloroprenkautschukbasis 3 Tage bei 100 °C verwendet werden. Für andere Elastomere müssen die Werte zwischen dem Hersteller und dem Tragwerksplaner abgestimmt werden.
- ^g Wenn sich die Enden der Probe ohne Anwachsen des anfänglich vorhandenen Schnitts ausdehnen, muss die Methode verändert werden, um die Ausdehnung zu begrenzen und um Risswachstum sicherzustellen, entweder durch Vergrößerung der Breite der Enden oder Befestigung einer flexiblen aber relativ dehnsteifen Bewehrung an der Probe; die Bewehrung muss an der Stelle des zu erwartenden Risswachstums einen Spalt von 5 mm lassen.

Tabelle 9 — Mechanische und physikalische Eigenschaften von hoch dämpfenden Elastomeren

Eigenschaft	Anforderung		Prüfverfahren
	Prüfplatte	Probe aus Vorrichtung ^d	
Reißfestigkeit MPa, min.	12	10	ISO 37, Typ 2
Reißdehnung %, min.	400	350	
Weiterreißwiderstand kN/m, min.	7		ISO 34, Verfahren A
Druckverformungsrest 70 °C, 24 h, max.	60		ISO 815, Typ A 25 % Druck
Ozonbeständigkeit ^a Dehnung 30 % –96 h 40 °C ± 2 °C	Keine Risse		ISO 1431-1
Beschleunigte Alterung im Trockenschrank ^b Maximale Änderung gegenüber dem Wert der ungealterten Probe			ISO 188, Verfahren A
Härte (IRHD) Reißfestigkeit (%) Reißdehnung (%)	-5, + 8 ± 15 ± 25		ISO 48 ISO 37, Typ 2
ANMERKUNG Da die Ozon- und Alterungsprüfungen Kontrollen dafür sind, dass geeignete Alterungsschutzmittel eingearbeitet wurden, es sind keine Prüfungen bezüglich der Gebrauchstauglichkeit, erfordert ihre Wirksamkeit, dass die Bedingungen für das bei der Herstellung der Vorrichtungen verwendete Elastomer geeignet sein sollten.			
<p>^a Die Ozonkonzentration muss für das verwendete Elastomer geeignet sein. Für Vulkanisate auf Naturkautschukbasis müssen 25 pphm und für Vulkanisate auf Polychloroprenkautschukbasis 100 pphm verwendet werden. Für andere Elastomere müssen die Werte zwischen dem Hersteller und dem Tragwerksplaner abgestimmt werden. Für Elastomere ohne ungesättigte Kohlenstoffverbindungen braucht keine Ozonprüfung durchgeführt zu werden.</p> <p>^b Die Alterungsbedingung muss geeignet für die verwendeten Elastomere ausgewählt werden. Für Vulkanisate auf Naturkautschukbasis müssen 7 Tage bei 70 °C und für Vulkanisate auf Polychloroprenkautschukbasis 3 Tage bei 100 °C verwendet werden. Für andere Elastomere müssen die Werte zwischen dem Hersteller und dem Tragwerksplaner abgestimmt werden.</p> <p>^c Wenn sich die Enden der Probe ohne Anwachsen des anfänglich vorhandenen Schnitts ausdehnen, muss die Methode verändert werden, um die Ausdehnung zu begrenzen und um Risswachstum sicherzustellen, entweder durch Vergrößerung der Breite der Enden oder Befestigung einer flexiblen aber relativ dehnsteifen Bewehrung an der Probe; die Bewehrung muss an der Stelle des zu erwartenden Risswachstums einen Spalt von 5 mm lassen.</p> <p>^d Die Prüfkörper aus komplett fertiggestellten Isolatoren müssen aus der ersten inneren Schicht und aus der Schicht in der Mitte des Isolators entnommen werden.</p>			

8.2.2.1.3.2 Auswirkung der Dehnungsamplitude

Das Elastomervulkanisat muss über einen Bereich von Schubdehnungen des Gummis dynamisch geprüft werden. Die empfohlene Frequenz ist 0,5 Hz, obwohl eine andere durch den Tragwerksplaner erbeten werden darf. Messungen müssen bei folgenden Schubdehnungsamplituden durchgeführt werden:

5 %, 10 %, 20 %, 50 %, 100 % und 150 %.

Wenn die Dehnung bei der Bemessungsverschiebung d_{bd} über 100 % ist, müssen Prüfungen bei zusätzlichen Dehnungsamplituden ergänzt werden, wie es in Tabelle 10 detailliert dargestellt ist.

Die Prüfungen müssen in der Reihenfolge ansteigender Dehnungsamplitude durchgeführt werden.

Der Schubmodul und das effektive Dämpfungsmaß müssen für den dritten Zyklus für jede Dehnungsamplitude im Bericht angegeben werden.

Tabelle 10 — Zyklische Prüfdehnungsamplituden

Bemessungsschubdehnung des Gummis, $\varepsilon_{q,E}$ %	Zusätzliche Prüfdehnung %
$100 < \varepsilon_{q,E} \leq 150$	200
$150 < \varepsilon_{q,E} \leq 200$	200, 250
$200 < \varepsilon_{q,E} \leq 250$	200, 250, 300

8.2.2.1.3.3 Auswirkung der Frequenz

Die Auswirkung der Frequenz muss durch Messungen bei drei Frequenzen bei einer Schubdehnungsamplitude von ± 100 % bestimmt werden. Die Prüfungen müssen in der Reihenfolge ansteigender Frequenz angeordnet sein. Die empfohlenen Werte sind folgende:

0,1 Hz 0,5 Hz 2,0 Hz

Andere Werte mit den gleichen Abstandverhältnissen dürfen in Abstimmung mit dem Tragwerksplaner gewählt werden. Der Schubmodul und die Dämpfung müssen für den dritten Zyklus für jede Prüffrequenz im Bericht angegeben werden. Der Modul und die Dämpfung bei den niedrigsten und höchsten Frequenzen dürfen nicht um mehr als 20 % von dem Wert bei der mittleren Frequenz abweichen.

Wenn einige der Isolatoren bei einer anderen Frequenz als 0,5 Hz oder der Isolationsfrequenz geprüft werden müssen, muss die Prüffrequenz für den Isolator in die Prüfungen dieses Unterabschnitts aufgenommen werden, unter Beibehalten des Prüfschemas in Reihenfolge ansteigender Frequenz.

Das Verhältnis zwischen dem Schubmodul des Gummis bei der Referenzfrequenz (0,5 Hz oder die Isolationsfrequenz) und dem Schubmodul des Gummis bei der Prüffrequenz des Isolators muss auf die Messungen der Steifigkeit des Isolators (für die gleiche Schubdehnung des Gummis) angewandt werden, um sie wegen der Auswirkung der Frequenz zu korrigieren, und dadurch einen Wert der Steifigkeit des Isolators bei dieser Dehnung passend zu der Referenzfrequenz zu bestimmen, wie in 8.2.1.2.2 erwähnt. Das gleiche Verfahren muss verwendet werden, um die Dämpfungsmessung am Isolator wegen der Auswirkung der Frequenz zu korrigieren, und dadurch einen Wert der Dämpfung des Isolators passend zu der Referenzfrequenz zu bestimmen.

8.2.2.1.3.4 Auswirkung der Temperatur

Der dynamische Schubmodul und die Dämpfung des Gummis müssen für eine Schubdehnungsamplitude von ± 100 % und bei der Referenzfrequenz (0,5 Hz oder der Isolationsfrequenz) über einen Temperaturbereich, der mindestens von der oberen Gebrauchstemperatur T_U bis mindestens der unteren Gebrauchstemperatur T_L reicht, gemessen werden. Eine Prüfung bei 23 °C muss enthalten sein. Die Prüfungen müssen in der Reihenfolge sinkender Temperaturen durchgeführt werden. Es wird empfohlen, dass Prüfungen bei den folgenden Temperaturen enthalten sind, sofern diese innerhalb des Bereichs der Nutzungsbedingungen liegen:

40 °C, 23 °C, 0 °C, -10 °C, -20 °C

Die Werte des dynamischen Schubmoduls und der Dämpfung für den dritten Zyklus müssen für jede Prüftemperatur im Bericht angegeben werden. Die Werte bei der niedrigsten Temperatur dürfen nicht um mehr als + 80 % oder -20 % von den zugehörigen Werten bei 23 °C abweichen, und die Werte bei der höchsten Temperatur dürfen nicht um mehr als ± 20 % von denen bei 23 °C abweichen.

8.2.2.1.3.5 Schubmodul und Dämpfung nach beschleunigter Alterung unter anaeroben Bedingungen

Der dynamische Schubmodul und die Dämpfung müssen sowohl vor der Alterung als auch nach der Alterung für 14 Tage bei 70 °C gemessen werden. Wenn Prüfplatten verwendet werden, muss die gleiche ungealtert und gealtert geprüft werden. Die Alterung muss unter anaeroben Bedingungen durchgeführt werden, und so, dass flüchtige Bestandteile der Elastomermischung nicht entweichen. Die Messungen des Moduls und der Dämpfung müssen bei einer Schubdehnungsamplitude von $\pm 100\%$ und der Referenzfrequenz (0,5 Hz oder der Isolationsfrequenz) durchgeführt werden.

Der Schubmodul und das effektive Dämpfungsmaß müssen sich um weniger als 20 % infolge der Alterung verändert haben.

Der Tragwerksplaner darf erbiten, dass Alterungsbedingungen entsprechend einem Zeitraum von 60 Jahren bei der durchschnittlichen Gebrauchstemperatur für die Elastomermischung abgeschätzt werden, und die oben genannten gegen diese Alterungsbedingungen ausgetauscht werden, eine Alterungstemperatur über 70 °C darf nicht verwendet werden.

ANMERKUNG Für Hinweise für die Bestimmung von Alterungsbedingungen, die einem Zeitraum von 60 Jahren entsprechen, und Empfehlungen zum Erreichen anaerober Bedingungen siehe informativen Anhang F.1.

8.2.2.1.3.6 Beständigkeit der Schubeigenschaften bei wiederholter zyklischer Belastung

Der Schubmodul G und das effektive Dämpfungsmaß ξ des Elastomers müssen unter wiederholter zyklischer Belastung beständig sein. Diese Anforderung ist erfüllt, wenn:

- das Verhältnis zwischen dem kleinsten und dem größten Wert von G , gemessen zwischen dem zweiten und dem zehnten Zyklus, darf nicht kleiner als 0,7 sein;
- das Verhältnis zwischen dem kleinsten und dem größten Wert von ξ , gemessen zwischen dem zweiten und dem zehnten Zyklus, darf nicht kleiner als 0,7 sein;
- das Verhältnis zwischen dem kleinsten und dem größten Wert von G , gemessen zwischen dem ersten und dem zehnten Zyklus, darf nicht kleiner als 0,6 sein.

Die Schubdehnungsamplitude muss 100 % betragen oder die Bemessungsschubdehnung, falls durch den Tragwerksplaner erbeten. Die anderen Prüfbedingungen und -verfahren müssen mit den in den maßgebenden Teilen von 8.2.4.2.5 angegebenen übereinstimmen.

Die Anforderungen dürfen sich auf mehr als den zehnten Zyklus beziehen, falls durch den Tragwerksplaner erbeten.

8.2.2.1.4 Schubverbundprüfung

8.2.2.1.4.1 Ungealtert

Die Schubfestigkeit des Stahl-Elastomer-Verbundes muss an ungealterten Probekörpern entsprechend der in 8.2.4.2.5.3 beschriebenen Prüfung überprüft werden.

Die Kraft-Verschiebungs-Kurve muss monoton steigend sein, und der Probekörper darf keine Anzeichen von Versagen oder Lösen des Verbunds zeigen. Der Prüfbericht muss mit 8.2.4.2.5.3 übereinstimmen.

8.2.2.1.4.2 Gealtert

Die in 8.2.2.1.4.1 beschriebene Prüfung muss an drei 14 Tage bei 70 °C gealterten Probekörpern durchgeführt werden. Die Alterung muss unter anaeroben Bedingungen durchgeführt werden, und so, dass flüchtige Bestandteile der Elastormischung nicht entweichen. Der Tragwerksplaner darf erbitten, dass Alterungsbedingungen entsprechend einem Zeitraum von 60 Jahren bei der durchschnittlichen Gebrauchstemperatur für die Elastormischung abgeschätzt werden, und die oben genannten gegen diese Alterungsbedingungen ausgetauscht werden, eine Alterungstemperatur über 70 °C darf nicht verwendet werden.

Die Kraft-Verschiebungs-Kurve muss monoton steigend sein, und der Probekörper darf keine Anzeichen von Versagen oder Lösen des Verbunds zeigen. Der Prüfbericht muss mit 8.2.4.2.5.3 übereinstimmen.

ANMERKUNG Für Hinweise für die Bestimmung von Alterungsbedingungen, die einem Zeitraum von 60 Jahren entsprechen, und Empfehlungen zum Erreichen anaerober Bedingungen siehe informativen Anhang F.1.

8.2.2.1.5 Widerstand gegen Kristallisation bei niedriger Temperatur

Der Widerstand gegen Kristallisation bei niedrigen Temperaturen muss bei Elastomeren, die für dieses Phänomen anfällig sind (zum Beispiel Naturkautschuk, Polychloroprenkautschuk und bestimmte Arten von Ethylen-Propylen) überprüft werden, wenn die niedrigste häufig auftretende Gebrauchstemperatur in den Bereich fällt, in dem Kristallisation auftreten kann. Hoch dämpfender Naturkautschuk ($\xi(100\%) > 0,06$) muss für niedrigste häufig auftretende Gebrauchstemperaturen niedriger als 0 °C, niedrig dämpfender Naturkautschuk für minimale Gebrauchstemperaturen niedriger als -5 °C und Polychloropren für minimale Gebrauchstemperaturen niedriger als 5 °C überprüft werden.

ANMERKUNG Wegen der Art der Kristallisation bei niedriger Temperatur kann die niedrigste häufig auftretende Temperatur ungleich T_L sein.

Es muss ein Schubprobekörper verwendet werden und das in 8.2.4.2.5.4 angegebene Prüfverfahren muss befolgt werden.

Die Anforderung ist, dass die Schubsteifigkeit bei Schubdehnungen von 25 % und 100 % nach dem geforderten Einwirken der niedrigen Temperatur im Bericht angegeben werden muss. Sie müssen beide kleiner als das 1,5-fache der jeweiligen Schubsteifigkeit vor der Kälteeinwirkung sein.

Die Prüfung muss als Erstprüfung durchgeführt werden.

8.2.2.1.6 Widerstand gegen langsames Risswachstum

Die folgende Prüfung muss an drei hergestellten Proben unter Verwendung der Geometrie nach ISO 34, Verfahren A durchgeführt werden.

— Prüfung: Bringe eine Last entsprechend 4 kN/m auf

und die folgende Anforderung erfüllt:

— der Anfangsschnitt darf sich innerhalb von < 24 h Belastungsdauer in keine Richtung um mehr als 3 mm ausdehnen.

8.2.2.2 Polymerkern

Das Kernmaterial, das in Polymerkernlagern (PPRB) verwendet wird, um Dämpfung bereitzustellen, muss die in 8.2.2.1.3 und 8.2.2.1.5 angegebenen Anforderungen erfüllen, außer, dass hinsichtlich 8.2.2.1.3.2 keine Einschränkung hinsichtlich des erlaubten Bereichs des Schubmoduls bestehen darf.

8.2.2.3 Bleikern

Das Blei muss von einer Reinheit $\geq 99,9\%$ sein.

8.2.2.4 Bewehrungsbleche

Die inneren Bewehrungsbleche und die Deckbleche, die zur Herstellung von elastomeren Isolatoren verwendet werden, müssen die durch EN 1337-3:2005, 4.4.3 gegebenen Anforderungen erfüllen.

8.2.3 Bemessung

8.2.3.1 Allgemeines

Elastomere Isolatoren, einschließlich niedrig dämpfenden Isolatoren, müssen so bemessen werden, dass sie die maßgebenden Bestimmungen von:

- diesem Unterabschnitt bezüglich Lastkombinationen einschließlich der Erdbebeneinwirkung;
- den Unterabschnitten 5.1, 5.2 und 5.3.3 von EN 1337-3:2005 für Lastkombinationen ohne Erdbebeneinwirkung, es sei denn, es ist in diesem Unterabschnitt anders festgelegt

erfüllen.

Der Kennwert A_r , die infolge der horizontalen Verschiebung der Lageroberseite gegenüber der Unterseite reduzierte wirksame Grundfläche [siehe EN 1337-3:2005, Gleichung (9)], muss nur nicht-seismische horizontale Verschiebungen berücksichtigen.

8.2.3.2 Arten und Formen von Isolatoren

Der Isolator muss aus abwechselnden Schichten aus Elastomer und Stahl bestehen, in jedem Fall müssen die Schichten identische Nennwerte aufweisen. Er muss unter angemessenen Heiz- und Druckbedingungen hergestellt werden, und die Stahlplatten müssen während der Vulkanisation mit dem Elastomer warmverbunden werden. Zwei dicke Deckbleche müssen mit dem Rest des Isolators warmverbunden werden. Die Seiten des Isolators, möglicherweise außer den Seiten der Deckbleche im Falle von in einem Rezess sitzenden Isolatoren, müssen mit einer mindestens 4 mm dicken Gummischicht überzogen werden. Sie muss aus dem gleichen Material wie der Hauptteil des Isolators bestehen und gleichzeitig mit dem Hauptkörper des Isolators vulkanisiert werden, es sei denn die Deckschicht bietet Feuerwiderstand.

ANMERKUNG Die beiden Standardbefestigungsmethoden für verschraubte elastomere Isolatoren sind in Bild 3 dargestellt; Befestigungsmethoden mittels Rezess oder Dübelscheiben dürfen in Abstimmung mit dem Tragwerksplaner verwendet werden.

Die Lagerarten müssen ausschließlich rechteckig oder rund sein. Es ist erlaubt, Aussparungen von gleichmäßigem Querschnitt in der belasteten Fläche einzuschließen. Die Aussparungen dürfen mit Blei oder anderem Material gefüllt werden, um zusätzliche Dämpfung bereit zu stellen.

Tabelle 3 von EN 1337-3:2005 darf nicht für elastomere Isolatoren angewandt werden.

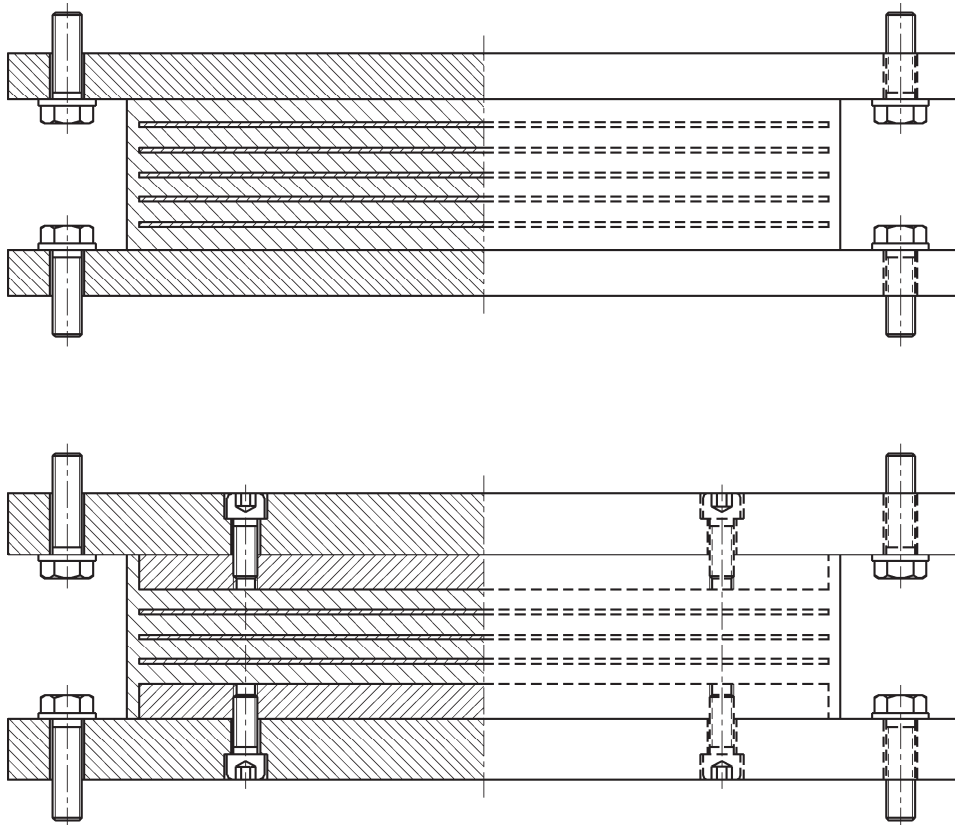


Bild 3 — Standardbefestigungsmethoden

8.2.3.3 Bemessungsgrundlagen

8.2.3.3.1 Allgemeines

Die Größen in den folgenden Unterabschnitten müssen zum Nachweis des Entwurfs berechnet werden.

ANMERKUNG Als Hilfestellung für den Entwurfsprozess gibt F.3 einen Kommentar zum Abschnitt Bemessungsgrundlagen. Speziell F.3.3 gibt Ausdrücke zur Berechnung der Steifigkeit von Isolatoren an.

Der Schubmodul bei 100 % Schubdehnungsamplitude, wie er bei 23 °C in der Erstprüfung bestimmt wurde (siehe 8.2.2.1.3.2), muss als der Wert des Schubmoduls G in 8.2.3.3 verwendet werden (siehe F.3.3.1).

8.2.3.3.2 Bemessungsschubdehnung infolge Druck durch vertikale Lasten

Die maximale lokale Bemessungsschubdehnung infolge der Druckdehnung $\varepsilon_{c,E}$, entsprechend der maximalen vertikalen Last $N_{Ed,max}$ ist gegeben durch:

$$\varepsilon_{c,E} = \frac{6SN_{Ed,max}}{A_1 E'_c} \quad (13)$$

S , der Formfaktor der Gummischichten, ist das Verhältnis der wirklich belasteten Fläche und der lastfreien Fläche. Deshalb ist für kreisrunde Isolatoren mit inneren Bewehrungsblechen mit dem Durchmesser D' und der Gummischichtdicke t_r :

$$S = \frac{D'}{4t_r} \quad (14)$$

Aussparungen müssen bei der Berechnung der wirklich belasteten Fläche und der lastfreien Fläche berücksichtigt werden; jedoch müssen Aussparungen, die formschlüssig ausgefüllt sind, außer Acht gelassen werden (für andere Beispiele für Formeln für den Formfaktor siehe F 3.1).

A_r ist die reduzierte wirksame Grundfläche ausschließlich infolge ausschließlich nichtseismischer Einwirkungen (zum Beispiel temperaturinduzierte Einwirkungen).

E'_c für rechteckige Vorrichtungen, runde Vorrichtungen und ringförmige Vorrichtungen mit gefüllter Aussparung ist:

$$E'_c = 3G(1 + S^2) \quad (15)$$

Der Ausdruck für E'_c für ringförmige Vorrichtungen mit nicht gefüllter Aussparung ist in F 3.3.4 angegeben.

ANMERKUNG Gleichung (13) kann durch linear-elastische Berechnung von Gummischichten gewonnen werden. Sie ist ziemlich genau (sie ergibt eine Unterschätzung von bis zu 10 %) für $S \leq 8$; bei dieser Konstellation erfolgt keine Korrektur für den Einfluss des Kompressionsmoduls. Siehe F 3.2. Der Faktor 1,5 in Gleichung (5.7) von EN 1337-3:2005 für die Berechnung von $\varepsilon_{c,E}$, ist nicht durch die Berechnung gestützt.

8.2.3.3.3 Bemessungsschubdehnung infolge erdbebeninduzierter Horizontalverschiebung

Die Bemessungsschubdehnung $\varepsilon_{q,E}$ infolge der erdbebeninduzierten Bemessungsverschiebung, d_{bd} , ist gegeben durch:

$$\varepsilon_{q,E} = \frac{d_{bd}}{T_q} \quad (16)$$

wobei T_q die Gesamtdicke des Elastomers ist, das während des Schubs wirkt.

8.2.3.3.4 Knicklast ohne erdbebenbedingte Querverschiebung

Die Knicklast für Vorrichtungen mit einem Formfaktor $S > 5$ ist durch den Ausdruck gegeben:

$$P_{cr} = \frac{\lambda G A_r a' S}{T_q} \quad (17)$$

wobei für rechteckige Vorrichtungen a' die wirksame Breite der Vorrichtung ist, das heißt die Länge der kleineren Seite der inneren Bewehrungsbleche und λ ist gleich 1,3. Für runde Vorrichtungen ist a' der wirksame Durchmesser D' der Vorrichtung, das heißt der Durchmesser der inneren Bewehrungsbleche und λ ist gleich 1,1. Für Lager mit Aussparungen, gefüllt oder ungefüllt, darf A_r die Fläche der Aussparungen nicht enthalten.

ANMERKUNG Für die Herkunft der Gleichung (17) siehe die in F 3.2 angegebene Verweisung.

8.2.3.4 Bemessungskriterien

8.2.3.4.1 Bemessungsschubdehnung

Die Schubdehnung $\varepsilon_{q,max}$ infolge der maximalen horizontalen Verschiebung d_{bd} muss kleiner als 2,5 sein, das heißt

$$\varepsilon_{q,max} \leq 2,5 \quad (18)$$

Die Anforderung in EN 1337-3:2005, 5.3.3.3 muss für nichtseismische Einwirkungen angewandt werden.

8.2.3.4.2 Maximale Gesamtbemessungsschubdehnung

Die hier angegebenen Anforderungen und Definitionen müssen an Stelle der in EN 1337-3:2005, 5.3.3 (a) verwendet werden, außer wenn es anders festgelegt ist.

Die maximale Gesamtbemessungsschubdehnung $\varepsilon_{t,d}$ ist gegeben durch den Ausdruck:

$$\varepsilon_{t,d} = K_L (\varepsilon_{c,E} + \varepsilon_{q,max} + \varepsilon_{\alpha,d}) \quad (19)$$

wobei $\varepsilon_{c,E}$ durch Gleichung (13) angegeben ist,

$\varepsilon_{\alpha,d}$ ist durch EN 1337-3:2005, 5.3.3.4 angegeben. Ein minimaler Verdrehungswinkel von 0,003 rad muss für jede orthogonale Richtung für die Berechnung von $\varepsilon_{\alpha,d}$ angenommen werden.

K_L ist ein typenbezogener Lastfaktor, welcher eins (1) sein muss, außer bei Isolatoren, die dafür verwendet werden, Brücken zu tragen. In diesem Fall muss der Wert mit EN 1337-3:2005, Anhang C übereinstimmen.

Die maximale Gesamtbemessungsschubdehnung, wie sie hier definiert ist, muss die Anforderung erfüllen:

$$\varepsilon_{t,d} \leq \frac{7,0}{\gamma_m} \quad (20)$$

Wobei γ_m ein Materialfaktor für Elastomere ist. Es wird empfohlen, dass für den Wert für γ_m 1,0 angenommen wird.

ANMERKUNG EN 1998-2 führt γ_m als NPD ein und empfiehlt einen Wert von 1,15. EN 1337-3:2005 empfiehlt einen Wert von 1,0 für den gleichen Parameter.

8.2.3.4.3 Bewehrungsblechdicke

Die in EN 1337-3:2005, 5.3.3.5 angegebenen Festlegungen müssen erfüllt werden, aber mit der reduzierten Fläche A_r , die nur unter Berücksichtigung der nichtseismischen Verschiebungen berechnet ist (das heißt infolge Temperaturschwankungen, Schwinden, usw.) und mit $K_h = 1$, falls nur eine mittige Aussparung vorhanden ist. Für andere Aussparungen, ob gefüllt oder ungefüllt, ist $K_h = 2$.

8.2.3.4.4 Knickstabilität unter seismischen Einwirkungen

Dieser Unterabschnitt darf nicht für Bleikernlager angewandt werden, vorausgesetzt, dass der Durchmesser der Bleifüllung 15 % der kleinsten Grundrissabmessung übersteigt. Im Falle von mehreren Bleikernen, wird der Durchmesser des vergleichbaren einzelnen Bleikerns berücksichtigt.

$$N_{Ed,max} < P_{cr}/2 \quad (21)$$

Für $\frac{P_{cr}}{2} > N_{Ed,max} \geq \frac{P_{cr}}{4}$ muss die folgende Bedingung erfüllt werden:

$$1 - \frac{2N_{Ed,max}}{P_{cr}} \geq 0,7\delta \quad (22)$$

und für $N_{Ed,max} < \frac{P_{cr}}{4}$

muss die folgende Bedingung erfüllt werden:

$$\delta \leq 0,7 \quad (23)$$

wobei $\delta = \frac{d_{Ed}}{a'}$ ist.

ANMERKUNG Der Parameter a' ist in 8.2.3.3.4 definiert.

8.2.3.4.5 Stabilität gegen Überschlagen des Isolators unter Erdbebeneinwirkungen

Wenn mit Zustimmung des Tragwerksplaners anstatt der in 8.2.3.2 festgelegten üblichen Befestigungsverfahren in einen Rezess eingelassene Isolatoren oder Isolatoren mit Dübelverbindung verwendet werden, muss die Stabilität gegen Überschlagen durch Verwendung der folgenden Beziehung überprüft werden:

$$d_{Ed} \leq \frac{1}{\gamma_R} \frac{N_{Ed,min} \cdot a'}{(K_b T_b + N_{Ed,min})} \quad (24)$$

Dabei ist

- $N_{Ed,min}$ die minimale vertikale Kraft unter der Bemessungserdbebensituation;
- K_b die horizontale Schubsteifigkeit, gemessen bei der größten Prüfverschiebung;
- T_b die Gesamthöhe der Vorrichtung und
- γ_R ein Teilsicherheitsbeiwert, dessen empfohlener Wert 1,5 beträgt.

ANMERKUNG Der Parameter a' ist in 8.2.3.3.4 definiert.

8.2.4 Prüfung

8.2.4.1 Isolatoren

8.2.4.1.1 Allgemeines

Die Prüfungen in diesem Abschnitt müssen am elastomeren Isolator durchgeführt werden, um zu zeigen, dass die in 8.2.1.2 festgelegten Anforderungen erfüllt werden.

Die Prüfisolatoren müssen bei der Prüftemperatur für mindestens 24 h vorkonditioniert werden. Prüfisolatoren mit einer Gesamtgummidicke > 250 mm dürfen frühestens 48 h nach Abschluss der Herstellung geprüft werden. Die Prüfungen müssen an Isolatoren durchgeführt werden, die keiner Vorbelastung ausgesetzt waren, es sei denn, sie werden mit Vorbelastungen ausgeliefert. In diesem Fall müssen die Prüfisolatoren dem gleichen Vorbelastungsverfahren, wie die herzustellenden Isolatoren ausgesetzt werden. Es muss der Nachweis geführt werden, dass die Veränderung der charakteristischen Werte infolge der Vorbelastung bleibend ist. Der Prüfisolator darf keinen vorgelagerten Prüfungen ausgesetzt worden sein, es sei denn, mehr als eine der Prüfungen dieses Abschnittes dürfen an einem Isolator durchgeführt werden, vorausgesetzt die Reihenfolge der Prüfungen stimmt mit 8.2.4.1.4 überein.

ANMERKUNG Vorbelastung ist eine Bezeichnung, die von Gummitecnologen verwendet wird, um das Aufbringen verschiedener, üblicherweise großer, Verformungszyklen auf eine Vorrichtung aus Gummi zu beschreiben. Eine derartige Vorbelastung reduziert die Steifigkeit der Vorrichtung für nachfolgende Verformungen, die kleiner sind als die bei der Vorbelastung verwendete. Es wird manchmal angenommen, dass die erzeugten Veränderungen der Steifigkeit bleibend sind; es gibt jedoch üblicherweise ein deutliches Bestreben der Steifigkeit, zum Ursprungswert zurückzukehren. Die Rückkehr erfolgt anfangs relativ schnell, aber die späteren Stadien können über Monate oder Jahre stattfinden.

Die Prüfungen müssen bei einer Temperatur von $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ durchgeführt werden, soweit in den folgenden Unterabschnitten keine andere Temperatur festgelegt ist.

Jeder Prüfbericht muss die Aussage beinhalten, dass die Prüfung nach dieser Norm durchgeführt wurde.

8.2.4.1.2 Erstprüfung

Die in Tabelle 11 aufgelisteten Erstprüfungen müssen an der Mindestanzahl von Proben, die in 8.2.4.1.4 festgelegt ist, entsprechend den in 8.2.4.1.5 festgelegten Verfahren durchgeführt werden. Für niedrig dämpfende Isolatoren für Brücken, die geringen seismischen Einwirkungen ausgesetzt sind, sind nur die mit einem Sternchen markierten Prüfungen in Tabelle 11 als Erstprüfung nach dieser Europäischen Norm gefordert; die Erstprüfungen nach EN 1337-3:2005 müssen für solche Isolatoren durchgeführt werden.

Für die Prüfungen, für die gefordert wird, dass sie an einem Isolator durchgeführt werden, muss es im Maßstab 1 : 1 sein, abgesehen davon, dass für die Prüfungen an LRB und PPRB zur Bestimmung des Einflusses der Frequenz, der Temperatur und der wiederholten Belastung auf die horizontalen Eigenschaften Isolatoren, die nach folgenden Regeln skaliert sind, verwendet werden dürfen:

- Isolatoren mit einem Grundrissmaß ≤ 500 mm müssen im Maßstab 1 : 1 geprüft werden;
- für größere Isolatoren dürfen lineare Abmessungen höchstens mit dem Faktor 2 reduziert werden. Alle Abmessungen müssen mit dem gleichen Faktor skaliert werden. Die kleinste erlaubte Abmessung für ein Lager nach dem Skalieren ist 500 mm.

Bei folgenden Veränderungen an einem Isolator müssen neue Erstprüfungen durchgeführt werden:

- a) andere Elastomermischung;
- b) Veränderung des Formfaktors der Elastomerschichten von mehr als 10 % gegenüber dem eines bereits geprüften Isolators;
- c) Vergrößerung irgendeiner äußeren Abmessung des Isolators oder der Grundrissabmessung der inneren Bewehrungsbleche um mehr als 10 %;
- d) Verkleinerung irgendeiner äußeren Abmessung des Isolators oder der Grundrissabmessung der inneren Bewehrungsbleche um mehr als 50 %;
- e) eine andere Art von Befestigungssystem wird verwendet;
- f) andere Herstellungsbedingungen werden verwendet.

ANMERKUNG Die Bezeichnung andere Art von Befestigungssystem in e) bezieht sich auf verschraubt, in einen Rezzess gesetzt oder verdübelt.

Bei sämtlichen kleineren Unterschieden in der Konstruktion des Isolators ist es erforderlich, folgenden Erstprüfungen zur Bereitstellung der Vergleichswerte für die Prüfungen der werkseigenen Produktionskontrolle durchzuführen:

- g) Drucksteifigkeit (8.2.1.2.8);
- h) Horizontalsteifigkeit und Dämpfung bei den beiden in 8.2.1.2.2 angegebenen Schubdehnungen, die die Bemessungsschubdehnung des Gummis $\varepsilon_{q,E}$ einschließen.

Bei einer Erweiterung der Anwendungsbereiche eines speziellen Isolatortyps, über die durch vorherige Erstprüfungen abgedeckten hinaus, müssen zusätzliche Erstprüfungen durchgeführt werden. Die Erweiterungen der Anwendung müssen Folgendes beinhalten:

- i) Erhöhung von $\varepsilon_{q,E}$ in einem Umfang, dass zusätzliche zyklische Prüfungen nach Tabelle 10 erforderlich werden;
- j) Erhöhung der oberen Gebrauchstemperatur um mehr als 5 °C;
- k) Verringerung der unteren Gebrauchstemperatur um mehr als 3 °C;

- l) Erhöhung der ständigen Lasten zuzüglich der Kombination der nichtseismischen veränderlichen Lasten N_{Sd} um mehr als 30 %;
- m) Erhöhung von $\gamma_b d_{Ed}$ um mehr als 5 %;
- n) Erhöhung der maximalen vertikalen Last einschließlich der Erdbebeneinwirkung $N_{Ed,max}$ um mehr als 10 %;
- o) Verringerung der minimalen vertikalen Last einschließlich der Erdbebeneinwirkung $N_{Ed,min}$ um mehr als $0,1 N_{Sd}$ oder um einen Betrag, der ausreicht, $N_{Ed,min}$ von einer Druckbelastung in eine Zugbelastung zu verändern.

Tabelle 11 — Isolatorprüfung und Anforderungen

Prüfung	Anforderungen bei der Erstprüfung	Anforderungen bei der Prüfung im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle
Vertikale Tragfähigkeit ohne horizontale Verschiebung	Prüflast N_{Sd} Keine Schäden sichtbar. Siehe 8.2.1.2.6.	Entfällt
Drucksteifigkeit	Dokumentation des Wertes. Siehe 8.2.1.2.8.	Innerhalb ± 30 % des Wertes der Erstprüfung. Keine Schäden sichtbar. Siehe 8.2.1.2.8.
*Horizontale Eigenschaften K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) unter zyklischer Verformung	Dokumentation der Abhängigkeit von der Dehnung. Bei der Bemessungsverschiebung d_{bd} Werte innerhalb ± 20 % des Bemessungswertes. Siehe 8.2.1.2.2.	Werte innerhalb ± 20 % der geforderten Werte. Siehe 8.2.1.2.2.
*Horizontalsteifigkeit unter einseitiger, rampenförmiger Belastung (gefordert wenn die zyklische Horizontalsteifigkeit und Dämpfung bei den Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle nicht bei einer Schubdehnungsamplitude nahe zu einem d_{bd} entsprechenden Wert gemessen wird)	Dokumentation des Wertes bei der Bemessungsverschiebung d_{bd} . Siehe 8.2.1.2.2.	Innerhalb ± 20 % des angepassten Wertes aus der Erstprüfung. Siehe 8.2.1.2.2.
Streuung der horizontalen Eigenschaften K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) mit der Frequenz	Dokumentation der Streuung. Maximale Streuung ± 20 %. Siehe 8.2.1.2.3.	n. a.
*Streuung der horizontalen Eigenschaften K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) mit der Temperatur	Dokumentation der Streuung. Maximale Streuung innerhalb der Grenzen nach 8.2.1.2.4.	n. a.
Abhängigkeit der horizontalen Eigenschaften K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) von der wiederholten zyklischen Belastung	Abhängigkeit innerhalb der in 8.2.1.2.5 festgelegten Grenzen.	n. a.
*Schubtragfähigkeit unter den maximalen und minimalen vertikalen Lasten	Kraft-Verschiebungs-Kurve ansteigend bis zu $\gamma_b d_{Ed}$. Keine Schäden. Siehe 8.2.1.2.7.	n. a.
Veränderung der horizontalen Eigenschaften K_b und ξ_b eines Isolators (oder K_2 nur für LRB aus niedrig dämpfendem Elastomer) infolge der Alterung	Veränderung ≤ 20 %	n. a.
Kriechprüfung unter vertikaler Last ^a	Gesamtkriechmaß < 20 % je Jahrzehnt. Siehe 8.2.1.2.10.	n. a.
<p>^a optionale Prüfung</p> <p>* Für niedrig dämpfende Isolatoren für Brücken, die geringen seismischen Einwirkungen ausgesetzt sind, müssen nur die mit * gekennzeichneten Prüfungen angewandt werden. Siehe 8.2.1.2.11 für die Anforderungen.</p> <p>n.a. nicht anwendbar</p>		

8.2.4.1.3 Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

Die Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle, die in Tabelle 11 aufgelistet sind, müssen vom Hersteller in der in 8.2.4.1.4 festgelegten Häufigkeit durchgeführt werden, nach den in 8.2.4.1.5 festgelegten Verfahren.

Die Prüfung der Horizontalsteifigkeit mit einseitiger rampenförmiger Belastung darf nur mit der Zustimmung des Tragwerksplaners verwendet werden und beim Fehlen einer geeigneten Prüfeinrichtung an einem vernünftigen Ort. Um den geforderten Wert der Sekantensteifigkeit unter rampenförmiger Belastung zu erhalten, muss der in der Erstprüfung gemessene Wert mit dem Verhältnis des Bemessungswerts der zyklischen Steifigkeit K_b und dem in der Erstprüfung ermittelten Wert von K_b bei der Bemessungsschubdehnung multipliziert werden.

Für niedrig dämpfende Isolatoren für Brücken, die geringen seismischen Einwirkungen ausgesetzt sind, brauchen nur die Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle nach EN 1337-3 durchgeführt zu werden. Die Prüfverfahren und die Probenahmehäufigkeit müssen EN 1337-3 entsprechen.

8.2.4.1.4 Probenahmehäufigkeit

Jede Erstprüfung muss mindestens zweimal durchgeführt werden, unter Verwendung eines anderen Prüfisolators in jeder Prüfung. Falls die zweiseitige Schubprüfanordnung für eine Erstprüfung verwendet wird, braucht nur ein Paar Isolatoren geprüft zu werden.

Ein Prüfisolator darf mehreren verschiedenen Erstprüfungen unterzogen werden, vorausgesetzt, sie werden in der folgenden Reihenfolge durchgeführt:

- a) Drucksteifigkeit (8.2.1.2.8);
- b) Abhängigkeit der horizontalen Eigenschaften von der Schubdehnung des Elastomers (8.2.1.2.2); der Frequenz (8.2.1.2.3), der Temperatur (8.2.1.2.4) und der wiederholten zyklischen Belastung (8.2.1.2.5);
- c) Auswirkung des Kriechens (8.2.1.2.10);
- d) Tragfähigkeit für vertikale Drucklasten ohne Querverschiebung (8.2.1.2.6).

Vorausgesetzt der Isolator erfüllt die Anforderung der vorangegangenen Prüfungen,

- e) Horizontales Verschiebungsvermögen (8.2.1.2.7).

Es muss einen zusammenfassenden Prüfbericht geben, der die Reihenfolge der Prüfungen an dem Isolator sowie die Daten und Zeiten jeder Prüfung ausweist.

Für jeden Isolatortyp müssen die Druckprüfung und die Druck-Schubprüfung im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle am ersten produzierten Isolator durchgeführt werden. Danach müssen mindestens 20 % der produzierten Isolatoren jeden Typs, die zufällig ausgewählt wurden, beiden Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle unterzogen werden. Bei Projekten, die ein Tragwerk enthalten, das von vier oder weniger Isolatoren getragen wird, müssen alle produzierten Isolatoren für dieses Tragwerk geprüft werden, es sei denn, es wurde mit dem Tragwerksplaner anders abgestimmt.

8.2.4.1.5 Prüfverfahren und -einrichtungen

8.2.4.1.5.1 Druckprüfungen

Die Einrichtung muss EN 1337-3:2005, H.4. entsprechen.

Die Drucksteifigkeit muss nach EN 1337-3:2005, H.7.4 unter Verwendung des Verfahrens nach EN 1337-3:2005, H.6.2.2 (hier muss für die maximale Auflastlast in der Prüfung zu N_{Sd} genommen werden) ermittelt werden, es sei denn, die Last muss mit einer konstanten Belastungsgeschwindigkeit aufgebracht werden und die Last sowie die Verschiebung müssen kontinuierlich aufgezeichnet werden.

Die Prüfberichte zur Prüfung der Drucksteifigkeit und der Prüfung der Tragfähigkeit für vertikale Drucklasten ohne Querverschiebung müssen mit EN 1337-3:2005, H.8, Punkt 1) bis 5) übereinstimmen; sie müssen auch die vertikale Belastungsgeschwindigkeit und das Ergebnis der augenscheinlichen Beurteilung beinhalten.

ANMERKUNG Der erhaltene Steifigkeitswert wird in geringem Maße von der Belastungsgeschwindigkeit abhängen. Die Geschwindigkeit sollte mit Bezug auf den Zweck, für den die Steifigkeitsmessung vielleicht genutzt wird, festgelegt werden. Um eine Information bezüglich der Druckverformung unter ständigen und quasi-ständigen Lasten zu erhalten, ist eine langsame Geschwindigkeit geeignet. Es wird eine Geschwindigkeit empfohlen, sodass die Last N_{Sd} in 10 min erreicht wird, diese Geschwindigkeit ist mit der in EN 1337-3, H.6.2.1 angegebenen, vergleichbar. Um eine Information bezüglich der Drucksteifigkeit im Zusammenhang mit Erdbebeneinwirkungen zu erhalten, wird eine Belastungsgeschwindigkeit empfohlen, sodass die Last N_{Sd} in 1 s erreicht wird.

8.2.4.1.5.2 Kombinierte Druck- und Schubprüfungen der horizontalen Eigenschaften

Die Einrichtung sollte vorzugsweise die Prüfung von nur einem Isolator erlauben. Die zweischrittige Schubanordnung darf verwendet werden. Die Anforderungen an die Prüfmaschine sind in Anhang G angegeben.

Die zyklische Schubverschiebung sollte mit einer Frequenz von 0,5 Hz oder der Isolationsfrequenz aufgebracht werden. Mit der Zustimmung des Tragwerksplaners kann eine niedrigere Frequenz verwendet werden. Die Prüffrequenz muss mindestens 0,01 Hz betragen. Der aufgebrachte Belastungsverlauf muss sinusförmig oder dreiecksförmig sein, ein sinusförmiger Belastungsverlauf wird bevorzugt.

Der Isolator sollte unter eine Druckbeanspruchung von 6 MPa gesetzt werden. Eine andere Beanspruchung darf verwendet werden, sofern durch den Tragwerksplaner erbeten.

Wenn Isolatoren ohne Verwendung einer Einhausung mit geregelter Temperatur bei einer Temperatur, die nicht der Raumtemperatur entspricht, geprüft werden, müssen sie mit einem System gedämmt werden, das in der Lage ist, die Temperatur auf dem geforderten Wert zu halten. Der Isolator muss für ausreichend lange Zeit der Prüftemperatur ausgesetzt werden, um sicherzustellen, dass das Innere diese Temperatur erreicht hat.

ANMERKUNG Bei einem großen Isolator kann es mehrere Stunden dauern bis das Innere die Prüftemperatur erreicht hat.

Die Steifigkeit K_b und die Dämpfung ξ_b oder die Steifigkeit des zweiten Astes (post-elastische Steifigkeit) K_2 und die charakteristische Festigkeit Q_d müssen unter Verwendung der Ausdrücke in G.5 berechnet werden.

Der Prüfbericht muss mit EN 1337-3:2005, H.8, Punkte 1) bis 3) übereinstimmen, und muss auch beinhalten:

- 4) Prüfanordnung — einschnittig oder zweischrittig, Ort und Typ der Kraftmessdosen und Wegaufnehmer sowie die Bestätigung, dass die Anforderungen (zum Beispiel hinsichtlich Reibungseffekten auf die Messdaten einer Kraftmessdose) an die Einrichtung erfüllt sind;
- 5) aufgebrachte vertikale Druckkraft und ob die Prüfung unter konstanter vertikaler Druckkraft oder unter konstanter Verschiebung infolge vertikaler Druckkraft durchgeführt wurde;
- 6) Prüftemperatur(en);
- 7) Prüffrequenz(en);
- 8) Liste der Schubdehnungsamplituden in der Reihenfolge der Prüfungen;
- 9) K_b und ξ_b (oder K_2 und Q_d) für den dritten Zyklus bei jeder Schubdehnungsamplitude;
- 10) Darstellung der Schubkraft-Verschiebungs-Kurve für jeden dritten Zyklus und Aufzeichnungen der Schwankung der vertikalen Druckkraft und der vertikalen Verschiebung während dieses Zyklus;
- 11) Datum und Dauer der Prüfung.

Wenn eine Prüfung der Horizontalsteifigkeit mit einer rampenförmigen Belastung durchgeführt wird, brauchen die zwei Anforderungen an die Prüfeinrichtung in Anhang G, die sich auf die Auswirkung der Hysterese im Verlauf der Druckbelastung beziehen, nicht angewandt zu werden. Die Punkte 7) bis 11) des Prüfberichts müssen ersetzt werden durch:

- 7) Belastungsgeschwindigkeit;
- 8) Sekantensteifigkeit bei der Bemessungsverschiebung;
- 9) Aufzeichnung der Kraft-Verschiebungs-Kurve;
- 10) Datum und Dauer der Prüfung.

8.2.4.1.5.3 Quertragfähigkeit

Die Prüfeinrichtung sollte vorzugsweise die Prüfung von nur einem Isolator erlauben. Die zweiseitige Schubanordnung darf verwendet werden; in diesem Fall müssen die beiden zu prüfenden Isolatoren hinsichtlich der Drucksteifigkeit untereinander innerhalb von 15 % liegen. Die Anforderungen an die Prüfmaschine sind in Anhang G angegeben. Die beiden Anforderungen an die Prüfeinrichtung in Anhang G, die sich auf die Auswirkung der Hysterese im Verlauf der Druckbelastung beziehen, brauchen nicht angewandt zu werden. Die Prüfung muss bei konstanter vertikaler Druckkraft durchgeführt werden, eine konstant gehaltene vertikale Verformung infolge Druckkraft darf nicht verwendet werden.

Die Befestigungen, die in der Prüfung verwendet werden, müssen die gleiche Konstruktion haben wie diejenigen, die zur Befestigung des Isolators an dem geschützten Tragwerk verwendet werden müssen und sie müssen aus ähnlichen Materialien hergestellt sein.

ANMERKUNG Die Belastungsgeschwindigkeit beeinflusst das Ergebnis nicht signifikant, da vom Schubmodul des Elastomers gefordert wird, nicht sehr empfindlich hinsichtlich der Frequenz zu sein. Eine rampenförmige Geschwindigkeit im einer Dehngeschwindigkeit des Elastomers zwischen $1\% \text{ s}^{-1}$ und $100\% \text{ s}^{-1}$ entsprechenden Bereich, wird empfohlen.

Die maximal aufgebrachte Schubverformung muss mindestens für 2 min gehalten werden, während dieser Zeit müssen Kontrollen hinsichtlich sichtbarer Anzeichen von Versagen durchgeführt werden (mit gebührender Beachtung der Sicherheitsvorschriften). Die Kontrollen müssen auch nach dem Zurückfahren der Schubverformung, aber während die Auflast noch gehalten wird, gemacht werden.

Der Prüfbericht muss die in 8.2.4.1.5.2 angegebenen Punkte 1) bis 6) enthalten und auch:

- a) aufgebrachte vertikale Druckkraft;
- b) Verschiebegeschwindigkeit;
- c) Schubkraft-Verschiebungs-Kurve;
- d) Ergebnisse der augenscheinlichen Beurteilung;
- e) Datum und Dauer der Prüfung.

8.2.4.1.5.4 Kriechprüfung

Die Einrichtung muss in der Lage sein, die geforderte Last während der Prüfung innerhalb von 5 % konstant zu halten.

ANMERKUNG Eine Einrichtung, die die Last auf den Prüfisolator in Form von Eigengewicht oder durch eine hydraulische Anordnung aufbringt, ist am besten geeignet.

Die Kriechprüfung muss an einem einzelnen Isolator, der der vertikalen statischen Bemessungslast N_{Sd} ausgesetzt ist, durchgeführt werden. Die Belastungsgeschwindigkeit muss so sein, dass die komplette Prüflast in einer Zeit von weniger als 2 min erreicht wird. Die vertikale Verformung muss zwischen 10 min und 10^4 min aufgezeichnet werden.

Der Bericht über die Kriechprüfung muss mit EN 1337-3:2005, H.8, Punkte 1) bis 5) übereinstimmen; der Prüfbericht muss auch den Wert der prozentualen Kriechverformung zwischen 10 min und 10⁴ min, bezogen auf die Verformung nach 10 min, das Zeit-Verformungs-Diagramm mit logarithmischen Achsen und eine Darstellung jeglicher visuell erkennbarer Veränderungen beinhalten,

8.2.4.2 Elastomere

8.2.4.2.1 Allgemeines

Die Prüfungen in diesem Abschnitt müssen an dem Elastomer, das zur Herstellung des bewehrten Teiles des Isolators verwendet wird, durchgeführt werden, um die Erfüllung der Anforderungen an das Material nach 8.2.2.1 zu zeigen. Die Probekörper dürfen keiner Vorbelastung ausgesetzt worden sein, es sei denn, die Isolatoren werden nach einer Vorbelastung ausgeliefert. In diesem Fall müssen alle Probekörper für Schubprüfungen dem Vorbelastungsverfahren ausgesetzt werden, das für die hergestellten Isolatoren verwendet wird.

8.2.4.2.2 Erstprüfungen

Die in Tabelle 12 aufgelisteten Erstprüfungen müssen entsprechend den Methoden und Verfahren, die in 8.2.4.2.5 festgelegt sind, durchgeführt werden.

Für niedrig dämpfende Elastomere müssen die in Tabelle 8 festgelegten Prüfungen und für hoch dämpfende Elastomere die in Tabelle 9 festgelegten Prüfungen als Erstprüfungen entsprechend der Methode, die in der Norm, die in der zugehörigen Tabelle festgelegt ist, durchgeführt werden; die Anforderung, die in der Tabelle für jede Prüfung festgelegt ist, muss erfüllt werden. Die Prüfungen müssen mindestens einmal durchgeführt werden.

Für niedrig dämpfende Elastomere für Isolatoren für Brücken, die geringen Erdbebeneinwirkungen ausgesetzt sind (siehe 8.2.1.1), müssen die Prüfungen nach EN 1337-3:2005, Tabelle 1 entsprechend der Probenahmehäufigkeit und den Anforderungen an die Probekörper nach EN 1337-3:2005, Tabelle 8 durchgeführt werden. Sie unterliegen nicht den anderweitigen Prüfanforderungen dieser Europäischen Norm.

Tabelle 12 — Erstprüfung des Elastomers

Prüfung	Verweisung auf die Anforderung
Veränderung des Schubmoduls und der Dämpfung mit:	
Dehnungsamplitude	8.2.2.1.3.2
Frequenz	8.2.2.1.3.3
Temperatur	8.2.2.1.3.4
Alterung	8.2.2.1.3.5
wiederholter zyklischer Belastung	8.2.2.1.3.6
Schubverbundprüfung:	
ungealtert	8.2.2.1.4.1
gealtert	8.2.2.1.4.2
Kristallisation bei niedriger Temperatur	8.2.2.1.5
Langsames Risswachstum	8.2.2.1.6

8.2.4.2.3 Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

Für niedrig dämpfende Elastomere müssen die in Tabelle 8 festgelegten Prüfungen und für hoch dämpfende Elastomere die in Tabelle 9 festgelegten Prüfungen als Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle mit der in 8.2.4.2.4 festgelegten Probenahmehäufigkeit entsprechend der angegebenen Methode, die in der Norm, die in der zugehörigen Tabelle festgelegt ist, durchgeführt werden; die Anforderung, die in der Tabelle für jede Prüfung festgelegt ist, muss erfüllt werden.

Für niedrig dämpfende Elastomere für Isolatoren für Brücken, die geringen seismischen Einwirkungen ausgesetzt sind (siehe 8.2.1.1) müssen die Prüfungen nach EN 1337-3:2005, Tabelle 1 entsprechend der Probenahmehäufigkeit und den Anforderungen an den Probekörper nach EN 1337-3:2005, Tabelle 8 durchgeführt werden.

8.2.4.2.4 Probenahmehäufigkeit

Die Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle, mit Ausnahme der Prüfung der Weiterreißfestigkeit, müssen an jeder Charge der Elastomermischung durchgeführt werden. Die Prüfung der Weiterreißfestigkeit muss an der ersten Charge der Elastomermischung durchgeführt werden und danach mindestens einmal für fünf Chargen der Elastomermischung, die Probenahme erfolgt zufällig.

ANMERKUNG Eine Charge der Mischung ist eine einzelne Mischung oder ein einzelner Verschnitt von Mischungen gleicher Zusammensetzung.

8.2.4.2.5 Prüfverfahren und -einrichtung

8.2.4.2.5.1 Allgemeines

Die Prüfungen müssen entweder an eigens unter gleichen Temperaturbedingungen, wie der Hauptteil der Vorrichtungen, und in einer vergleichbaren Zeit hergestellten Proben durchgeführt werden, oder an Proben, die aus einer komplett fertig gestellten Vorrichtung entnommen werden (die Vorrichtung braucht nicht mit vollständigem Verbund hergestellt zu werden, um die Herstellung der Probekörper zu erleichtern). In letzterem Fall müssen sowohl Proben aus der obersten oder der untersten Innenschicht als auch aus der Mitte der Vorrichtung geprüft werden, abgesehen davon, dass für die Prüfung der Ozonbeständigkeit die Proben aus der seitlichen Überdeckungsschicht sein müssen.

Die Prüfungen müssen bei $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ durchgeführt werden, es sei denn, es ist anders festgelegt.

Wenn Prüfungen nicht bei Umgebungstemperatur durchgeführt werden, müssen Maßnahmen getroffen werden, um sicherzustellen, dass der ganze Probekörper aus Gummi die geforderte Temperatur aufweist, $\pm 1 ^\circ\text{C}$. Die Temperatur des Probekörpers muss aufgezeichnet werden.

ANMERKUNG Für Probekörper aus Elastomer mit anvulkanisierten Metallplatten lässt eine einfache Wärme-Diffusions-Berechnung darauf schließen, dass eine Zeit (in min), die zahlenmäßig mindestens dem Quadrat der Gummidicke (in mm) gleicht, erforderlich ist, um sicherzustellen, dass der ganze Probekörper aus Gummi die Prüftemperatur erreicht.

Die Prüfungen zum Erfüllen der in 8.2.2.1.2 angegebenen Anforderungen an allgemeine Eigenschaften müssen im Falle niedrig dämpfenden Gummis nach der in Tabelle 8 festgelegten Norm und im Falle hoch dämpfenden Gummis nach der in Tabelle 9 festgelegten Norm durchgeführt werden.

Der Prüfbericht muss darlegen, ob eigens hergestellte Proben oder aus der komplett fertig gestellten Vorrichtung entnommene Proben verwendet wurden; für die letzteren müssen sowohl die Ergebnisse für Proben aus einer außen liegenden inneren Elastomerschicht als auch für Proben aus der Mitte der Vorrichtung im Bericht enthalten sein. Der Prüfbericht muss darlegen, dass die Prüfung entsprechend den Anforderungen dieser Norm durchgeführt wurde.

8.2.4.2.5.2 Dynamischer Schubmodul und Dämpfung

Die Probekörper müssen sich mit ISO 4664 übereinstimmen, außer dass die Vierfach-Schub-Anordnung und rechteckige Gummielemente verwendet werden dürfen. Die Maße der rechteckigen Elastomerelemente in der Schubrichtung muss mindestens viermal die Dicke betragen.

Die Prüfmaschine sollte im Stande sein, die Kraft und Verschiebung für einen einzelnen Zyklus aufzuzeichnen. Die Prüffrequenz muss, außer wenn die Prüfung einen Bereich von Frequenzen erfordert, 0,5 Hz betragen, es sei denn, der Tragwerksplaner hat anderem zugestimmt. Vier vollständige sinusförmige Zyklen müssen für jede Amplitude aufgebracht werden, außer, dass mindestens elf Zyklen in der Prüfung zum Nachweis der Beständigkeit der Eigenschaften unter wiederholter zyklischer Belastung aufgebracht werden müssen. Außer für diese Prüfung müssen die Werte des Schubmoduls und der Dämpfung für den dritten Verformungszyklus ermittelt werden. Die Steifigkeit und die Dämpfung des Probekörpers müssen unter Verwendung der Ausdrücke in Anhang G.5 berechnet werden. Der Schubmodul G des Elastomers muss aus der ermittelten Steifigkeit k_h für ein Elastomerelement und seiner Fläche und Dicke bestimmt werden:

$$G = k_h X \text{ (Dicke/Fläche)} \quad (25)$$

Der Prüfbericht muss darlegen:

- 1) Typ der verwendeten Probekörpergeometrie, Vulkanisationsbedingungen und ob eigens hergestellt oder aus der Vorrichtung geschnitten;
- 2) Einzelheiten der Prüfmaschine, Kraftmessdose und Wegaufnehmer;
- 3) Prüftemperatur(en);
- 4) Dehnungsamplitude(n);
- 5) Werte des Schubmoduls und der Dämpfung für den dritten Zyklus.

Für den Nachweis der Beständigkeit der Schubeigenschaften unter wiederholter zyklischer Belastung muss der Bericht Punkt 5) durch die Werte des Schubmoduls und der Dämpfung für den zweiten bis zehnten Zyklus und den Schubmodul für den ersten Zyklus ersetzen, und zusätzliche Punkte beinhalten:

- 6) Verhältnis zwischen dem kleinsten und dem größten Wert von G , gemessen zwischen dem zweiten und dem vorletzten aufgebrauchten Zyklus;
- 7) Verhältnis zwischen dem kleinsten und dem größten Wert von ξ , gemessen zwischen dem zweiten und dem vorletzten aufgebrauchten Zyklus;
- 8) Verhältnis zwischen dem kleinsten und dem größten Wert von G , gemessen zwischen dem ersten und dem vorletzten aufgebrauchten Zyklus.

8.2.4.2.5.3 Schubverbundprüfung

Es muss die Art des Probekörpers verwendet werden, die für die Messungen des dynamischen Moduls verwendet wird, jedoch mit einem Verhältnis der Länge (in der Richtung der Belastung) zur Dicke von mindestens 10. Der Probekörper muss mit einer konstanten Geschwindigkeit bis zu einer Schubdehnung von mindestens $\gamma_b \varepsilon_{q,max,E}$ verformt werden (wobei $\varepsilon_{q,max,E}$ die zur Verschiebung d_{Ed} zugehörige Schubdehnung ist). Die Prüfung muss an drei Probekörpern durchgeführt werden.

ANMERKUNG Die Belastungsgeschwindigkeit beeinflusst das Ergebnis nicht bedeutend, da vom Schubmodul des Elastomers gefordert wird, nicht sehr empfindlich hinsichtlich der Frequenz zu sein. Eine Rampengeschwindigkeit im Bereich, der einer Schubgeschwindigkeit des Elastomers von 10 % s⁻¹ bis 100 % s⁻¹ entspricht, wird empfohlen.

Der Prüfbericht muss beinhalten:

- 1) Typ und Geometrie der Probekörper, Vulkanisationsbedingungen und ob eigens hergestellt oder aus der Vorrichtung geschnitten;
- 2) Verformungsgeschwindigkeit;
- 3) Kraft-Verschiebungs-Kurve;
- 4) Bericht über die augenscheinliche Überprüfung;
- 5) Alterungsbedingungen;
- 6) Ergebnisse aller Probekörper.

8.2.4.2.5.4 Widerstand gegen Kristallisation bei niedriger Temperatur

Unmittelbar vor der Prüfung muss der Probekörper bei 70 °C für 45 min gefolgt von 3 h bei 23 °C konditioniert werden. Die Kraft-Verschiebungs-Beziehung muss zuerst bei 23 °C bis zu einer Schubdehnung von 100 %, unter Verwendung einer rampenförmigen Belastung mit einer Geschwindigkeit nicht weniger als 100 %/min, aufgezeichnet werden.

Es muss eine Schubdehnung von 40 % aufgebracht werden, während die Probe den niedrigen Temperaturen ausgesetzt ist; die Zeit und Temperatur der Konditionierung müssen durch den Tragwerksplaner entsprechend der Gebrauchsbedingungen festgelegt werden, außer, die Prüftemperatur für Naturkautschuk muss nicht unter -25 °C und für Polychloroprene nicht unter -10 °C liegen. Die Dauer der Konditionierung muss im Zusammenhang stehen mit der Zeitspanne, über die die minimale tägliche Gebrauchstemperatur bei oder unterhalb der Prüftemperatur sein kann.

ANMERKUNG Die im vorangehenden Absatz festgelegten Temperaturen sind diejenigen, bei denen die Kristallisationsgeschwindigkeit am höchsten ist. Anhang F.2 gibt Hintergrundinformationen zu Kristallisation bei niedriger Temperatur und Empfehlungen zur Prüfungsdauer.

Am Ende der geforderten Konditionierungsdauer muss, unter Verwendung der gleichen rampenförmigen Belastung wie für die anfängliche Prüfung und bei der gleichen Temperatur wie der für die Konditionierung festgelegten, die Kraft-Verschiebungs-Beziehung bis zu einer Schubdehnung von 100 % aufgezeichnet werden. Beim Transport des Probekörpers in eine andere Einrichtung, als die während der Konditionierung bei niedriger Temperatur verwendete, muss sichergestellt werden, dass die Temperatur des Probekörpers während des Transportes nicht um mehr als 2 °C ansteigt. Die Schubsteifigkeit des Probekörpers muss gemessen werden.

Der Prüfbericht muss beinhalten:

- 1) Details der Prüfeinrichtung;
- 2) Probekörpergeometrie, Vulkanisationsbedingungen und ob eigens hergestellt oder aus der Vorrichtung geschnitten;
- 3) Belastungsgeschwindigkeit und Schubverschiebung;
- 4) niedrige Temperatur und Dauer der Konditionierung;
- 5) Sekantenschubsteifigkeit bei 23 °C und bei der niedrigen Prüftemperatur am Ende der Konditionierungsdauer.

8.2.4.2.5.5 Widerstand gegen langsames Risswachstum

Der Prüfbericht muss beinhalten:

- 1) Probekörpergeometrie, Vulkanisationsbedingungen und ob eigens hergestellt oder aus der Vorrichtung geschnitten;
- 2) aufgebrachte Last;
- 3) Rissausdehnung unter Last innerhalb 24 h.

8.2.4.3 Polymerkern

8.2.4.3.1 Allgemeines

Die Prüfungen in diesem Abschnitt müssen am Kernmaterial, das verwendet wird, um für Dämpfung in PPRB zu sorgen, durchgeführt werden, um zu zeigen, dass die Anforderungen in 8.2.2.2 erfüllt werden.

8.2.4.3.2 Erstprüfung

Die in Tabelle 12 aufgelisteten Erstprüfungen, mit Ausnahme der Schubverbundprüfung und der Prüfung des Risswachstums, müssen nach den in 8.2.4.2.5 festgelegten Methoden und Verfahren durchgeführt werden.

8.2.4.3.3 Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

Die Messung des Schubmoduls und der Dämpfung bei einer Schubdehnungsamplitude, die der Bemessungsverschiebung d_{bd} entspricht, muss an jeder Charge des Materials durchgeführt werden. Die Prüfmethode und -verfahren müssen mit den in der Erstprüfung verwendeten übereinstimmen. Die Werte von Schubmodul und Dämpfung müssen innerhalb von $\pm 15\%$ des entsprechenden Wertes aus der Erstprüfung liegen.

8.2.5 Herstellungstoleranzen

Die Toleranzen müssen mit den in EN 1337-3:2005, Abschnitt 6 angegebenen übereinstimmen, es sei denn, in diesem Unterabschnitt wird etwas anderes festgelegt.

Für Isolatoren, die in einem Rezess eingelassen sind, muss die Toleranz der Grundrissabmessungen $+0/-2$ mm sein.

Für Isolatoren, die mit einer Gurtplatte oder mit dem Tragwerk mittels Bolzen verbunden werden, muss die Toleranz für die Lage der Bohrungen $\pm 0,2\%$ betragen, es sei denn, es ist ein alternativer Wert mit dem Tragwerksplaner abgestimmt.

8.2.6 Kennzeichnung und Beschriftung

Isolatoren müssen mit den in EN 1337-3:2005, 7.3 angegebenen Kennzeichnungs- und Beschriftungsanforderungen übereinstimmen (außer der bezüglich des Verhaltens bei sehr niedriger Temperatur).

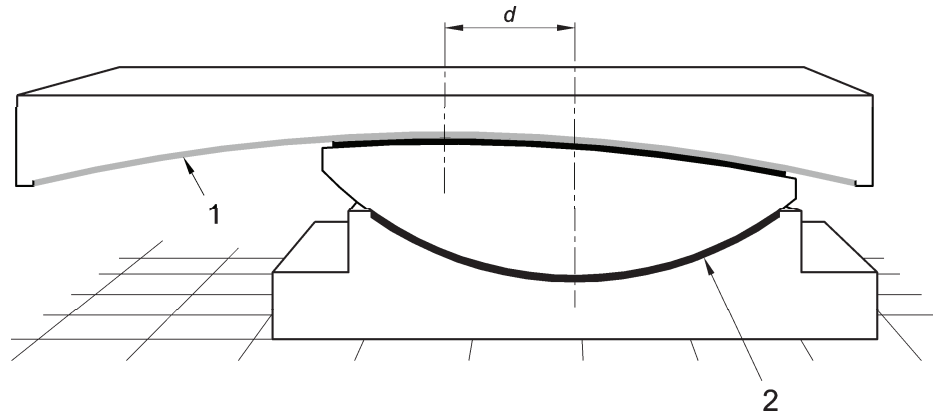
8.3 Pendelgleiter

8.3.1 Anforderungen

8.3.1.1 Allgemeines

Dieser Unterabschnitt gilt für Erdbebenisolatoren, welche die vier Hauptfunktionen (siehe 3.1.26) durch eine entsprechende Anordnung gekrümmter Gleitflächen bereitstellen und die Eigenschaften eines Pendels zur Verlängerung der Periode des isolierten Tragwerks nutzen.

Die gekrümmte Hauptgleitfläche von Pendelgleitern sorgt für eine Rückstellkraft bei der Verschiebung d . Energie wird durch Reibung in Folge von Bewegung in der Hauptgleitfläche dissipiert. Verdrehungen des Tragwerks werden durch die zweite Gleitfläche ermöglicht. Siehe Bild 4.



Legende

- 1 Hauptgleitfläche
- 2 zweite Gleitfläche

Bild 4 — Funktionsprinzip und Hauptelemente von Pendelgleitern

Dieser Unterabschnitt gilt auch für den doppelkonkaven Pendelgleiter, der zwei sich zugewandte Hauptgleitflächen mit gleichem Krümmungsradius umfasst, die beide zur Aufnahme der Horizontalverschiebung dienen.

ANMERKUNG Ein Pendelgleiter weist ein deutliches nichtlineares Verhalten auf; daher bewirkt er eine erhebliche Nichtlinearität und Energiedissipation in den dynamischen Eigenschaften eines Tragsystems, Merkmale, die in der Modellierung des Tragwerks entsprechend berücksichtigt werden sollten (siehe 4.5 dieser Europäischen Norm und EN 1998-1:2004, 10.9.7(5)).

Pendelgleiter müssen die allgemeinen Anforderungen nach 8.1 und die Leistungsanforderungen nach 8.3.1.2 erfüllen. Die bei der Herstellung verwandten Werkstoffe müssen die Anforderungen nach 8.3.2 erfüllen.

Außer, wenn es in diesem Unterabschnitt aufgezeigt wird, müssen Pendelgleiter die allgemeinen, funktionalen und leistungsbezogenen Anforderungen nach EN 1337-2 und EN 1337-7 oder gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassungen (ETA) für Lager im Bauwesen erfüllen.

Die Tragfähigkeit sowie Verformungs- und Dämpfungseigenschaften, die bei der Bemessung und der Erdbebenanalyse des Isolationssystems verwandt werden, müssen durch Prüfungen nach 8.3.4 nachgewiesen werden.

Über die Erstprüfung nach 8.3.4.1 müssen vor der Verwendung von Pendelgleitern deren Grundeigenschaften bewertet und deren Erdbebenverhalten nachgewiesen werden. Diese Erstprüfungen müssen getrennt an mindestens zwei (2) Proben im Maßstab 1 : 1 jedes in der Bemessung verwendeten Typs durchgeführt werden.

Die in 4.4.2 genannten oberen und unteren Bemessungswerte der Eigenschaften müssen über die Erstprüfungen und bei Annahme folgender Streuungen ermittelt werden:

- Streuung infolge Herstellung $\pm 20 \%$;
- über T_U und T_L bestimmte Temperatur- und Lebensdauerschwankungen (siehe 8.3.1.2.5 und 8.3.1.2.6);
- in der Prüfung bestimmte alterungsbedingte Schwankung (siehe 8.3.1.2.6).

Bei Kombination der drei Parameter muss ein Faktor von 0,7 verwendet werden.

Das Verhältnis zwischen oberem und unterem Bemessungswert der Eigenschaften muss weniger als 1,8 betragen.

8.3.1.2 Leistungsanforderungen für Pendelgleiter

8.3.1.2.1 Allgemeines

Die Leistungsanforderungen legen quantifizierbare Eigenschaften fest, die für Pendelgleiter durch Erstprüfungen bestimmt werden müssen. Alle geforderten Grenzwerte werden angegeben. Die Prüfungen, die auch für die Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle verwendet werden müssen, sind in 8.3.4.2 aufgelistet.

Wenn der Pendelgleiter nur drei Anforderungen zu erfüllen hat, das heißt, die Abtragung der Vertikallasten, die horizontale Nachgiebigkeit sowie die Rückstellwirkung, nicht aber die Energiedissipation, dann müssen die Anforderungen an Werkstoffe, Bemessung und Prüfverfahren zur Gänze denen nach EN 1337-2 oder gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassungen für Lager im Bauwesen entsprechen. In diesem Falle dürfen außer den Prüfungsreihen S und P1 die Gleitisolationsprüfungen der Tabelle 15 nicht durchgeführt werden.

8.3.1.2.2 Tragfähigkeit

Pendelgleiter müssen im nicht ausgelenkten Zustand in der Lage sein, eine vertikale Last in Höhe von $2 N_{Sd}$ abzutragen, wobei N_{Sd} die ständige Last zuzüglich der Kombination der nichtseismischen veränderlichen Last(en) nach EN 1990:2002, A.1 (für Hochbauten) beziehungsweise A.2 (für Brücken) ist.

In den Prüfungen nach 8.3.4.1.2 darf die Vorrichtung keine Schäden zeigen und der Gleitwerkstoff der Haupt- und auch der Sekundärgleitfläche darf keine Anzeichen von fortschreitenden Fließ- oder Verschleißerscheinungen infolge unzureichender mechanischer Festigkeit, Verklebung und/oder Kammerung zeigen.

Die Tragfähigkeit des Pendelgleiters muss nach den in 8.3.4.1.5 festgelegten Prüfungen unverändert bleiben.

ANMERKUNG Der Gleitwerkstoff der Hauptgleitfläche fungiert unter Gebrauchsbedingungen wie ein konventioneller Lagerwerkstoff, und deshalb ist der Nachweis der Beständigkeit seiner mechanischen Eigenschaften nach einem größeren Erdbeben unbedingt erforderlich.

8.3.1.2.3 Horizontales Verschiebungsvermögen

Die Isolatoren müssen imstande sein, eine horizontale Verschiebung gleich $\gamma_b d_{Ed}$ aufnehmen zu können, wobei γ_b ein Teilsicherheitsbeiwert für Pendelgleiter ist. Der Wert für γ_b muss 1,0 betragen.

Die Isolatoren dürfen keine mechanischen Elemente beinhalten, die als Endanschläge wirken, wie zum Beispiel Begrenzungsringe, um die Möglichkeit von Stoßwirkungen zwischen starren mechanischen Elementen, die Schäden an der Vorrichtungen infolge von Verschiebungen, die größer als $\gamma_b d_{Ed}$ sind, bewirken können, zu vermeiden.

8.3.1.2.4 Verdrehungsvermögen

ANMERKUNG Translatorische Bewegungen erzeugen im Pendelgleiter Verdrehungen im Gleitgelenk, die durch die Sekundärgleitfläche ermöglicht werden.

Die Sekundärgleitfläche muss die durch die horizontale Verschiebung in Höhe von $\gamma_b d_{Ed}$ bewirkte Verdrehung des Gleitgelenks ermöglichen. Nach EN 1337-1:2000, 5.4 muss dieser Bemessungswert der Verschiebung um $\pm 0,005$ rad oder $\pm 10 \text{ mm}/R_2$ [rad] vergrößert werden — der größere Wert ist maßgebend, wobei R_2 [mm] der Krümmungsradius der Sekundärgleitfläche ist. Diese Aufsummierung gilt nur für die Bemessung des Verdrehungsvermögens. Sie darf nicht verwendet werden, um Spannungen zu berechnen.

8.3.1.2.5 Größter reibungsbedingter Widerstand gegen Bewegungen im Gebrauchszustand

ANMERKUNG 1 Der statische Reibungswiderstand entspricht der größten Kraft, die während der ersten Verschiebung erforderlich ist, um eine makroskopische Bewegung zu erzeugen (siehe EN 1337-2:2004, 3.2.3) und wird für die Bemessung des Isolators, seiner Verankerung und der anschließenden Bauteile berücksichtigt.

Während der Bewegungen, die unter Gebrauchsbedingungen auftreten, müssen die Isolatoren eine Reibkraft entwickeln, die kleiner oder gleich dem durch den Tragwerksplaner festgelegten Wert ist.

Reibung darf nicht zur Übertragung von Einwirkungen aus äußeren Horizontallasten, abgesehen von den durch Erdbeben hervorgerufenen, angesetzt werden (siehe auch EN 1337-2:2004, 6.7).

ANMERKUNG 2 Der Isolator darf Festhaltungen enthalten, die Bewegungen infolge Wind oder anderer äußerer Einwirkungen in eine oder sämtliche Richtungen verhindern und die die Vorrichtung im Erdbebenfalle sich frei bewegen lassen (siehe 5.2 Festhaltungen mit Sollbruchstelle).

Der Wert des Reibungswiderstandes muss durch Prüfungen nach 8.3.4.1.3 überprüft werden. Die gemessene reibungsbedingte Losbrechkraft, die durch den Isolator entwickelt wird, muss kleiner als der durch den Tragwerksplaner festgelegte Wert sein.

Ein Probekörper des Gleitwerkstoffs muss einer Langzeit-Prüfung nach 8.3.4.1.4 unterzogen werden. Der nachgewiesene, aufaddierte Gleitweg s_t muss vom Hersteller benannt werden und darf für Brücken nicht weniger als 10 000 m und für Hochbauten oder vergleichbare Bauwerke nicht weniger als 1 000 m betragen. Der maximale Reibbeiwert muss für jede Temperatur und Pressung, wie in der Langzeit-Prüfung festgestellt, im Bericht dargelegt werden und muss zur Bestimmung der Bemessungswerte der maximalen reibungsbedingten Widerstandskraft verwendet werden (siehe 8.3.3.4.1).

8.3.1.2.6 Isolationseigenschaften

ANMERKUNG 1 Die dynamische Reibung ist der Mechanismus, durch den die Energiedissipation von Pendelgleitern bewirkt wird. Deshalb ist dieser Parameter von entscheidender Bedeutung bei der Bestimmung der Antwort des seismischen Isolationssystem.

Es müssen Prüfungen nach 8.3.4.1.5 durchgeführt werden.

Prüfung O muss nur dann erbeten werden, wenn das austenitische Stahlblech durch Schweißnähte fixiert wird. Drei Zyklen müssen, wie in Tabelle 15 festgelegt, mit einer Bewegungsrichtung rechtwinklig zu den Schweißnähten aufgebracht werden.

Die Last-Verschiebungs-Kurven aller in Tabelle 15 festgelegten Prüfungen müssen eine zunehmende, horizontale Steifigkeit aufweisen.

Das austenitische Stahlblech der gekrümmten Gegenfläche darf keine Anzeichen von Beulen, bleibender Verformungen oder Verschiebung aufweisen.

Die folgenden in Tabelle 15 festgelegten Prüfungsanforderungen müssen eingehalten werden:

Prüfung S — Gebrauchsbedingungen:

Die maximale aufgezeichnete Horizontalkraft darf den durch den Tragwerksplaner festgelegten Wert nicht überschreiten.

Prüfungen D1, D2, D3 — Dynamische Bedingungen:

- 1) Die Änderung der Rückstellsteifigkeit zwischen aufeinander folgenden Zyklen darf nicht mehr als $\pm 10\%$ betragen;
- 2) für jeden Zyklus darf die Rückstellsteifigkeit im oberen Abschnitt des Zyklus nicht um mehr als 5% vom im unteren Abschnitt ermittelten Wert abweichen;
- 3) der aus den drei Zyklen ermittelte Mittelwert der Rückstellsteifigkeit darf nicht um mehr als $\pm 15\%$ vom Bemessungswert abweichen;
- 4) die größte Horizontalkraft darf in jedem der drei Zyklen nicht um mehr als $\pm 15\%$ vom Bemessungswert abweichen;
- 5) die je Zyklus dissipierte Energie (energy dissipated per cycle = EDC) darf bei Anpassung an die maximal zu berücksichtigende Verschiebung für jeden Zyklus nicht weniger als 85% der Bemessungs-EDC betragen;
- 6) die Rückstellsteifigkeit jedes einzelnen Zyklus und der Mittelwert der Rückstellsteifigkeit eines Probekörpers darf nicht um mehr als $\pm 15\%$ von derselben Steifigkeit des anderen Probekörpers abweichen.

Prüfung O — Unversehrtheit des Gegenwerkstoffs:

- Es müssen die Anforderungen von Prüfung D3 angewandt werden. Zusätzlich muss der Probekörper frei von Rissen und Anzeichen von Schäden sein.

Prüfung E — Erdbebenbedingung:

- Es müssen dieselben Annahmebedingungen wie für die Prüfungen der dynamischen Bedingungen angewandt werden.

Prüfung B — Zweiachsig:

- Es dürfen keine Anzeichen von Beulen, bleibender Verformung oder Verschiebung der Oberfläche des austenitischen Stahlblechs auftreten.

Prüfung P1 — Bezugswert für Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

Prüfung P2 — Nachweis der Eigenschaften:

Es muss die Anforderung der Prüfung der Gebrauchsbedingungen angewandt werden.

Prüfung P3 — Bezugswert für den Einfluss der Alterung

- Die Änderung der Reibung im Vergleich zum Ergebnis der Prüfung P1 muss bei der Bemessung berücksichtigt werden.

Die Bewegung in den Gleitflächen muss unter sämtlichen Belastungsbedingungen gleichmäßig und ohne die Erzeugung jeglicher Art von Vibrationen, wie diejenigen infolge des Stick-Slip-Phänomens, erfolgen.

Die Schwankung der Horizontallast muss bei jeder Größe der Lagerverschiebung innerhalb einer Schwankungsbreite von $\pm 5\%$ der mittleren Rückstellkraft liegen. Die mittlere Rückstellkraft muss aus der mittels der Methode der kleinsten Quadrate ermittelten Geraden bester Übereinstimmung der Antwort innerhalb $\pm 95\%$ der Maximalverschiebung ermittelt werden.

ANMERKUNG 2 Die Größe der Kraftschwankung infolge des Stick-Slip-Phänomens hängt von der Eignung der Prüfmaschine und der Verbindungen mit der Vorrichtung ab.

Der Reibbeiwert und all die zugehörigen Leistungskennwerte müssen bei Berücksichtigung der in 8.3.4.1.5 festgelegten Prüfbedingungen innerhalb der durch den Tragwerksplaner festgelegten Grenzen liegen.

Die von der Temperatur, der Alterung und der Nutzungsdauer abhängigen oberen und unteren Grenzwerte der Bemessungswerte nach 4.4.2 müssen aus den Ergebnissen der Langzeit-Gleitreibungsprüfungen nach 8.3.4.1.4 ermittelt werden. Es muss davon ausgegangen werden, dass das Verhältnis zwischen diesen Werten gleich dem Verhältnis der dynamischen Reibbeiwerte $\mu_{\text{dyn,max}}$ und $\mu_{\text{dyn,min}}$ am Ende der Phase B ist, unter Berücksichtigung der oberen und unteren Grenzwerte der Gebrauchstemperatur T_U beziehungsweise T_L , die auf Basis der häufigen Werte, wie in EN 1991-1-5 definiert (siehe 4.4.2), ermittelt werden. Der Einfluss der Alterung auf den Reibbeiwert muss dem Ergebnis der Alterungsprüfung nach 8.3.4.1.6 entnommen werden.

ANMERKUNG 3 Die Abhängigkeit von der Nutzungsdauer versteht sich als die Änderung des Langzeit-Reibungsverhaltens infolge des aufaddierten Gleitweges unter Gebrauchsbedingungen.

8.3.1.2.7 Verschleißfestigkeit

ANMERKUNG 1 Die Gleitelemente sind die kritischen Komponenten der Pendelgleiter und ihre Überlebensfähigkeit nach einem größeren Erdbeben vermeidet den Bedarf unmittelbarer Instandhaltungsmaßnahmen oder, noch schlimmer, einer Ersatzmaßnahme.

ANMERKUNG 2 Der Gegenstand dieser Überprüfung ist es, zu zeigen, dass der Isolator in der Lage ist, sowohl langfristige Einwirkungen während der Lebensdauer als auch das Eintreten einer Erdbebeneinwirkung zu überstehen.

ANMERKUNG 3 Die Kriechverformung ist erheblich und ihr Anteil wird zur korrekten Ermittlung des Ausmaßes des Verschleißes von der beobachteten Dickenabnahme abgezogen. In Ermangelung genauere Messungen kann die Dickenänderung der Gleitwerkstoffschicht nach 48 h gleichbleibender Belastung ohne Gleitbewegung als anzusetzende Korrektur für die Kriechverformung angesetzt werden.

Der Verschleiß der Gleitflächen während ihrer nutzbaren Lebensdauer und bei Auftreten eines Bemessungs-erdbebens ist derart zu begrenzen, dass ein ausreichender Sicherheitsabstand für die korrekte Funktionsweise des Isolators entsprechend den Prüfungen nach 8.3.4.1.4 und 8.3.4.1.5 sichergestellt wird. Die folgenden Anforderungen müssen erfüllt werden:

- a) die Dickenabnahme des Gleitwerkstoffs, die als Differenz zwischen der Gleitwerkstoffdicke vor und nach der Erstprüfung an jeder der acht symmetrisch angeordneten Stellen gemessen und um den Effekt des Kriechens während der Prüfungen korrigiert wird, darf 20 % der Ausgangsdicke nicht überschreiten;
- b) die Tiefe von Riefen infolge Abriebs der austenitischen Stahloberfläche muss weniger als 0,05 mm betragen;
- c) die Verformung der Trägerplatten muss derart begrenzt werden, dass die maximale Abweichung Δz von der theoretischen gekrümmten Oberfläche im Bereich der anschließenden Gegengleitplatte $0,0003 \times L$ oder 0,2 mm, der größere Wert ist maßgebend, nicht überschreitet. L ist der Durchmesser des umschreibenden Kreises von ein- oder mehrteiligen Gleitwerkstoff-Platten (zur Erläuterung der Definition siehe EN 1337-2:2004, Bilder 3, 4 und 5).

8.3.2 Werkstoffe

8.3.2.1 Gleitwerkstoffe

Es müssen Werkstoffe verwendet werden, die für gekrümmte Oberflächen von gleitenden Baulagern nach EN 1337-2 oder vergleichbaren Europäischen Technischen Zulassungen geeignet sind.

ANMERKUNG Für Hauptgleitflächen dürfen ungeschmierte Platten ohne Schmiertaschen verwendet werden.

8.3.2.2 Gegenflächen

Für Gegenflächen müssen austenitischer Stahl 1.4401 + 2B oder 1.4404 + 2B nach EN 10088-2 oder Trägerplatten mit mindestens 100 µm Hartverchromung nach EN ISO 6158 verwendet werden. Die Dicke der austenitischen Stahlbleche muss mindestens 2,5 mm betragen.

Die Oberflächeneigenschaften der Hauptgleitfläche müssen vom Hersteller festgelegt und in den Gleiteigenschaftsprüfungen nach 8.3.4.1.4 und 8.3.4.1.5 berücksichtigt werden. Wenn die Hauptgleitfläche sowohl die Funktion der Energiedissipation als auch der Isolation hat, müssen die Anforderungen an ihre Oberflächeneigenschaften, das sind die Rauigkeit R_z nach EN ISO 4287 und die Härte nach EN ISO 6507-2, vom Hersteller benannt werden.

Die Oberflächeneigenschaften der Sekundärgleitfläche und der Hauptgleitflächen, die nicht der Energiedissipation dienen, müssen in Übereinstimmung mit EN 1337-2:2004, 5.4 und 5.5 sein.

Zum Nachweis der Erfüllung der Anforderungen müssen Erstprüfungen und an jedem Fertigungslos des Werkstoffs Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle durchgeführt werden.

8.3.2.3 Schmierstoffe

Wenn die Gleitfläche geschmiert wird, muss der Schmierstoff EN 1337-2:2004, 5.8 entsprechen.

8.3.2.4 Trägerplatten

Für die Trägerplatten müssen Stahlbleche nach EN 10025, Gusseisen nach ISO 1083, Gussstahl nach ISO 3755 oder nichtrostender Stahl nach EN 10088 verwendet werden, je nach Eignung.

Der Untergrund für hartverchromte Gleitflächen muss aus der Stahlgüte S 355 J2G3 oder Feinkornbaustahl gleicher oder höherer Güte nach der Reihe EN 10025 bestehen.

8.3.3 Bemessung

8.3.3.1 Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit muss nach EN 1337-7:2004, 6.3.1 und 6.3.3 bestimmt werden.

Für kugelförmig gekrümmte Gleitflächen mit einem eingeschlossenen Winkel $2\theta \leq 60^\circ$ muss das Verfahren der Pressungsermittlung in Übereinstimmung mit dem in EN 1337-7 angegebenen Verfahren sein. Für gekrümmte Gleitflächen mit einem eingeschlossenen Winkel $2\theta > 60^\circ$ muss die Pressungsermittlung unter Verwendung geeigneter Berechnungsverfahren, wie zum Beispiel der Finite-Elemente-Methode, durchgeführt werden.

ANMERKUNG In Anhang I ist eine im linear-elastischen Bereich gültige, vereinfachte Methode zur Ermittlung der Spannungsverteilung in kugelförmig gekrümmten Lagerflächen gezeigt.

8.3.3.2 Horizontales Verschiebungsvermögen

Die Abmessungen der Gegenfläche in der Hauptgleitfläche müssen so ausgelegt sein, dass diese für alle Bedingungen den Hauptgleitwerkstoff vollständig überdeckt.

8.3.3.3 Verdrehungsvermögen

Die Abmessungen der Gegenfläche in der Sekundärgleitfläche müssen so ausgelegt sein, dass diese für alle Bedingungen den Sekundärgleitwerkstoff vollständig überdeckt.

8.3.3.4 Reibungswiderstand

ANMERKUNG Während der Bewegungen von Pendelgleitern entsteht sowohl in der Haupt- als auch in der Sekundärgleitfläche Reibung. Dennoch sind die Anforderungen an die beiden Flächen insofern unterschiedlich, als dass die Reibung in der Hauptgleitfläche der Energiedissipation dient, während in der Sekundärgleitfläche die Reibung zur Sicherstellung einer angemessenen Pressungsverteilung in den Gleitwerkstoffen des Lagers minimiert werden muss.

8.3.3.4.1 Maximale reibungsbedingte Widerstandskraft

Für den Nachweis des Isolators und des angrenzenden Bauwerks muss der statische Reibbeiwert μ_{\max} verwendet werden. Der Bemessungswert der maximalen reibungsbedingten Widerstandskraft ergibt sich aus der Gleichung:

$$F_{xy,d} = \mu_{\max} N_{Sd} \text{sign}(d_b) \quad (26)$$

Dabei ist

N_{Sd} die Normalkraft in der Vorrichtung infolge nichtseismischer Bemessungsbedingungen;

$\text{sign}(d_b)$ das Vorzeichen des Geschwindigkeitsvektors (d_b) und

d_b die Relativverschiebung der beiden Gleitflächen.

a) Hauptgleitfläche

Die Werte μ_{\max} des statischen Reibbeiwerts werden aus Langzeit-Reibungsprüfungen, wie in 8.3.4.1.4 angegeben, ermittelt. Die Bemessungswerte für unterschiedliche Pressungsniveaus entsprechen den gemessenen Höchstwerten in den Phasen A, C und D am Ende der Prüfung bei verschiedenen Pressungen. Zwischenwerte müssen durch lineare Interpolation oder durch Verwendung von Gleichung (29) ermittelt werden.

Für Pressungen unterhalb von $0,08 f_k$ oder oberhalb von $0,33 f_k$ muss die Reibbeiwert gleich den Schwellenwerten angesetzt werden, wobei f_k der charakteristische Wert der Druckfestigkeit des Gleitwerkstoffs ist (siehe EN 1337-2:2004, Tabelle 10).

Die Bemessungstemperatur T_L ist die häufig auftretende niedrige Temperatur, wie in EN 1990:2002, 1.5.1.3.17 definiert, und muss durch den Tragwerksplaner festgelegt werden. In Ermangelung genauerer Werte muss für Brücken $T_L = -10 \text{ °C}$ und für Hochbauten 0 °C verwendet werden.

b) Sekundärgleitfläche

Wenn als Gleitwerkstoff geschmiertes PTFE verwendet wird, muss dessen Reibbeiwert EN 1337-2:2004, 4.1 entsprechen. Der Reibbeiwert von Gleitwerkstoffen, die nicht diesem Unterabschnitt entsprechen, muss den in der Europäischen Technischen Zulassung (ETA), die ihre Verwendung in tragenden Vorrichtungen erlaubt, festgelegten Werten entsprechen.

8.3.3.4.2 Gleitisololation

ANMERKUNG Das Verhalten des Isolators während einer Erdbebeneinwirkung ist durch die Reibungs- und Geometrieigenschaften der Hauptgleitfläche bestimmt. Siehe auch EN 1337-7:2004, A.2.1.

Die oberen und unteren Grenzwerte des dynamischen Reibbeiwerts müssen für die Bemessung und den Nachweis des Isolators sowie für die dynamische Berechnung des Tragwerks verwendet werden.

8.3.3.5 Trägerplatten

Trägerplatten müssen in Übereinstimmung mit EN 1337-2:2004, 6.9 bemessen und nachgewiesen werden, unter Anpassung der Gleichung (6) an den verwendeten Gleitwerkstoff.

Sie müssen aus Vollmaterial ohne Verwendung gewichtsreduzierender Hohlräume und Rippen hergestellt werden.

8.3.3.6 Klaffende Fuge in Gleitflächen

ANMERKUNG 1 Eine klaffende Fuge kann zu Verschleiß infolge von Verschmutzung und erhöhter Verformung des Lagergleitwerkstoffs führen, zusätzlich zu mangelhafter Kammerung des letzteren. Da dies die langfristige Gebrauchstauglichkeit gefährden könnte, wird die Bedingung $\sigma_p = 0$ als Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit betrachtet (wobei σ_p die Kontaktpressung ist).

Für alle Lastkombinationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit muss nachgewiesen werden, dass $\sigma_p \geq 0$ ist. Für diesen Nachweis müssen der Gleitwerkstoff als linear elastisch und die Trägerplatten als starr angesetzt werden.

Für kugelförmig gekrümmte Gleitflächen mit einem eingeschlossenen Winkel $2\theta \leq 60^\circ$ ist die Bedingung $\sigma_p \geq 0$ im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit erfüllt, wenn die Gesamtexzentrizität e_t die folgende Bedingung erfüllt:

$$e_t \leq \frac{L}{8} \quad (27)$$

wobei L der Durchmesser der Projektionsfläche ist.

ANMERKUNG 2 Das Verfahren zur Ermittlung der Exzentrizitäten in kugelförmig gekrümmten Flächen ist in EN 1337-7:2004, Anhang A beschrieben.

Für kugelförmig gekrümmte Gleitflächen mit einem eingeschlossenen Winkel $2\theta > 60^\circ$ muss der Nachweis der Bedingung $\sigma_p \geq 0$ mithilfe geeigneter Berechnungsverfahren durchgeführt werden, wie der in Anhang I gezeigten vereinfachten Methode oder der Finite-Element-Methode.

8.3.4 Prüfungen

8.3.4.1 Erstprüfungen

8.3.4.1.1 Allgemeines

Zum Nachweis der Erfüllung der in 8.3.1.2 festgelegten allgemeinen Leistungsmerkmale müssen Prüfungen am Pendelgleiter und an Proben der Gleitelemente durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Das Prüfprogramm beinhaltet die Eintragung einer erheblichen Gesamtenergie in den Pendelgleiter. Bei der Durchführung des Prüfprogramms ist deshalb Sorgfalt erforderlich, damit in schneller Abfolge durchgeführte Prüfungen den Isolator nicht übermäßig überhitzen. Um Letzteres unter Kontrolle zu halten, muss die Temperatur in der Mitte der Hauptgleitfläche überwacht und im Bericht dargestellt werden. Es ist ratsam, das Prüfprogramm in Gruppen von Prüfungen zu unterteilen. Nach Durchführung einer Gruppe wird dem Isolator gestattet, bis zu einer vom Hersteller festgelegten Temperatur abkühlen zu können, bevor die nächste Gruppe von Prüfungen durchgeführt wird.

ANMERKUNG 2 Die in diesem Abschnitt aufgelisteten Prüfungen dürfen in einer anderen als der hier angegebenen Reihenfolge durchgeführt werden.

Die Prüfungen müssen in Gruppen angeordnet werden, nach dem Kriterium, dass die Gesamtenergiezufuhr in den Pendelgleiter in einer jeden Gruppe von Prüfungen das 1,5-fache der während eines Bemessungs-erdbebens vom Isolator dissipierten Energie nicht überschreitet.

Wenn zur korrekten Durchführung der Prüfung Ein- und Auslauf-Zyklen gefordert werden, muss die zugehörige Energiezufuhr berücksichtigt werden.

Die Prüfungen müssen bei einer Temperatur von (23 ± 5) °C durchgeführt werden, außer es ist eine andere Temperatur in 8.3.4 oder durch den Tragwerksplaner festgelegt.

Prüfergebnisse, die an ähnlichen Lagern (Referenzvorrichtungen), die alle Anforderungen dieses Abschnittes erfüllen, ermittelt wurden, dürfen für neue Vorrichtungen verwendet werden, vorausgesetzt dass:

- 1) die Bemessungsverschiebungen der neuen Vorrichtung innerhalb von ± 20 % vom Referenzbemessungswert liegen;
- 2) die Tragfähigkeit der neuen Vorrichtung innerhalb von ± 20 % vom Referenzbemessungswert liegt;
- 3) die Bemessungswerte des Reibbeiwerts der neuen und der Referenzvorrichtung übereinstimmen;
- 4) die grundlegenden Werkstoffe für die Gleitelemente der neuen und der Referenzvorrichtung übereinstimmen;
- 5) der Krümmungsradius der Haupt- und Sekundär Gleitfläche innerhalb von ± 20 % vom Referenzbemessungswert liegt.

Vor der Durchführung dieser Prüfungen muss der Isolator einer 10-minütigen Vorbelastung mit einer Axiallast gleich der nichtseismischen Bemessungslast N_{Sd} ausgesetzt werden. Am Ende der Vorbelastungszeit muss die Dicke des Gleitwerkstoffs an acht (8) symmetrisch angeordneten Stellen der Haupt- und Sekundär Gleitfläche unter Verwendung einer Fühlerlehre mit einer Messunsicherheit von 0,05 mm gemessen werden. Dieser Satz von Werten muss als Bezugsgröße für weitere Nachweise dienen.

ANMERKUNG 1 Aus Sicherheitsgründen darf die Dickenmessung mithilfe von elektronischen Sensoren durchgeführt oder durch Messungen an unbelasteten Vorrichtungen ersetzt werden, wenn entsprechende Umrechnungsregeln für den belasteten Zustand zur Verfügung stehen.

ANMERKUNG 2 Für in der Trägerplatte gekammerte Gleitwerkstoffe entspricht die „Gleitwerkstoffdicke“ dem Überstand der Gleitwerkstoff-Platte über den Rezzess.

8.3.4.1.2 Tragfähigkeit

ANMERKUNG Der Gegenstand dieser Prüfung ist die Ermittlung der Überlastungskapazität von Pendelgleitern.

Der Belastungsverlauf der Prüfung muss der folgende sein: Aufbringen einer Last in Höhe von $2 N_{Sd}$ im unverformten Zustand (siehe 8.3.1.2.2) und konstant halten für 1 min. Die Vertikallast-Verformungs-Kurve muss kontinuierlich aufgezeichnet werden.

8.3.4.1.3 Reibungsbedingte Widerstandskraft unter Gebrauchsbedingungen

ANMERKUNG Der Gegenstand dieser Prüfung ist die Ermittlung der vom Isolator maximal erzeugten Horizontalkraft unter Gebrauchsbedingungen.

Belastungsverlauf: Aufbringen einer Vertikallast in Höhe der nichtseismischen Bemessungslast N_{Sd} im unverformten Zustand und konstanthalten für 30 min, anschließend Aufbringen einer Gleitgeschwindigkeit $v \leq 0,1$ mm/s für 1 min. Die Horizontallast-Verschiebungs-Kurve muss kontinuierlich aufgezeichnet werden.

8.3.4.1.4 Statischer Reibbeiwert

ANMERKUNG Dieser Unterabschnitt beschreibt die Vorgehensweise zur Bestimmung des statischen Reibbeiwerts von Werkstoffproben sowie der Verschleißfestigkeit von gekrümmten Hauptgleitflächen, in denen kein Schmierstoff verwendet wird. Die Grundlagen der Nachweise, die Begriffe sowie die Prüfeinrichtung und die Proben werden in EN 1337-2:2004, Anhang D gezeigt.

Es muss eine Langzeit-Gleitreibungsprüfung mit dem Programm nach Tabelle 13 unter den folgenden Bedingungen durchgeführt werden:

Tabelle 13 — Programm für Langzeit-Gleitreibungsprüfung

Nummer der Phase	1	2	3	4	5
Typ	A	B	A	C	D
Aufaddierter Gleitweg	22 m	s_t	22 m	22 m	22 m

Probekörper: Gegenwerkstoff und Gleitwerkstoff nach EN 1337-2:2004 oder einer gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassung

Durchmesser des Gleitwerkstoff-Probekörpers $L = 75$ mm

Die statischen Reibbeiwerte müssen in den Phasen A, C und D bei verschiedenen in Tabelle 14 und Bild 5 angegebenen Temperaturen gemessen werden.

Tabelle 14 — Bedingungen für Gleitreibungsprüfung

Typ A (Phasen 1 und 3), C (Phase 4), D (Phase 5) ... Temperatur-Programm-Prüfung			
Kontaktpressung von geschmiertem besonderen Gleitwerkstoff	σ_p	Typ A: $0,33f_k^{+3}_0$ Typ C: $0,17f_k^{+3}_0$ Typ D: $0,08f_k^{+3}_0$	MPa
Temperatur	T	$0/-10/-20/-35/+35/+21 (\pm 1)$	°C
Temperaturgefälle		$0,5 \pm 1,0$	°C/min
Vorbelastungszeit	t_{pl}	1	h
Gleitweg	s_A	10^{+5}_0	mm
Ruhezeit am Ende der Hübe	t_0	12 ± 1	s
Anzahl der Bewegungszyklen (Doppelhübe)	n	1 100	
Gleitgeschwindigkeit	v	$0,4^{+0,1}_0$	mm/s
Ruhezeit zwischen den Phasen	t_i	1	h
Typ B (Phase 2)			
Kontaktpressung von geschmiertem besonderen Gleitwerkstoff	σ_p	$0,33f_k^{+3}_0$	MPa
Temperatur	T	21 ± 1	°C
Temperaturgefälle		$0,5 \pm 1,0$	°C/min
Gleitweg	s_B	$8^{+0,5}_0$	mm
Anzahl der Bewegungszyklen (Doppelhübe)	n	$n = \frac{s_t}{2s_B}$	
Gleitgeschwindigkeit	v_a	≥ 2	mm/s

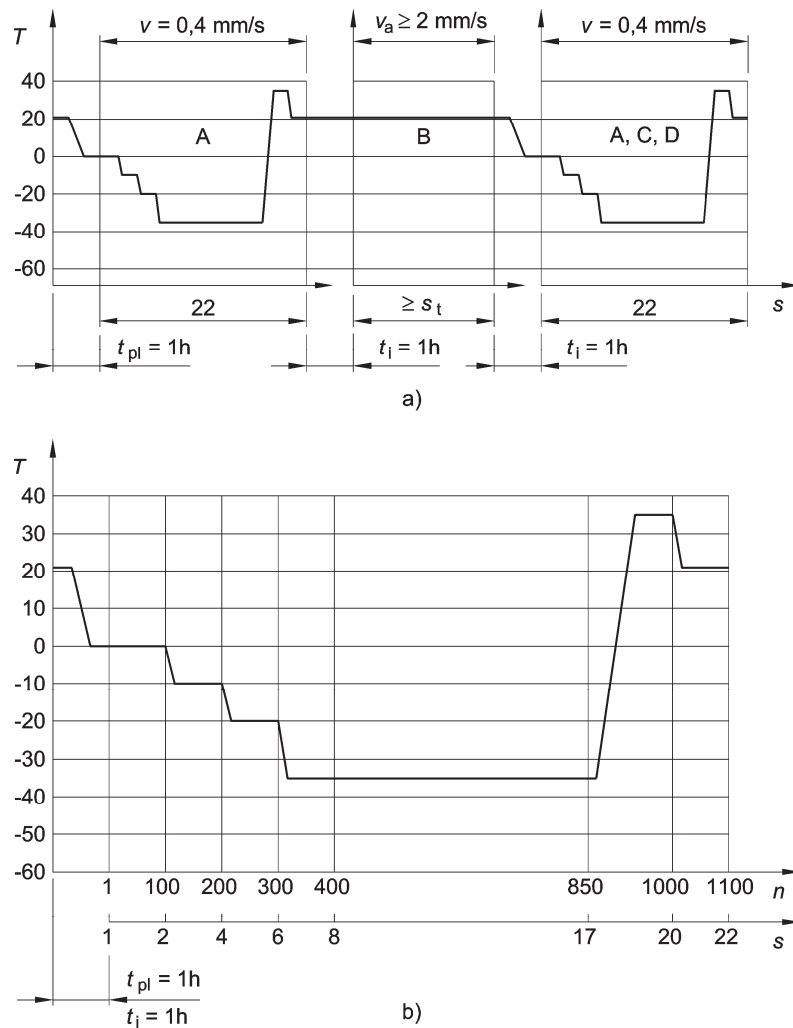


Bild 5 —Temperaturprofil der Langzeit-Gleitreibungsprüfung

Wenn die Mindesttemperatur T_{\min} für den vorgesehenen Einsatz auf -50 °C erweitert wird, muss der Temperaturbereich in der Temperatur-Programm-Prüfung wie in Bild 6 dargestellt erweitert werden. Wenn die Mindesttemperatur T_{\min} für den vorgesehenen Einsatz höher als einige Abschnitte der Temperatur-Programm-Prüfung liegt, dann muss in diesen Abschnitten die Temperatur konstant und gleich T_{\min} gehalten werden.

ANMERKUNG T_{\min} ist die niedrigste wahrscheinliche Gebrauchstemperatur und entspricht nicht T_L .

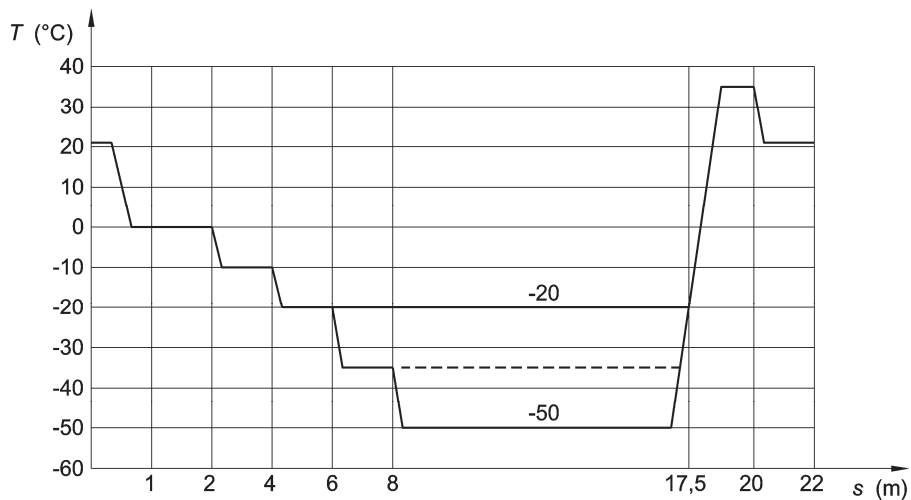


Bild 6 — Beispiel des Temperaturprogramms der Langzeit-Gleitreibungsprüfung für $T_{\min} = -50\text{ °C}$ und $T_{\min} = -20\text{ °C}$

8.3.4.1.5 Prüfungen der Gleitisolation

ANMERKUNG 1 Der Gegenstand dieser Prüfungen ist der Nachweis des dynamischen Verhaltens von Pendelgleitern im Sinne des reibungsbedingten Widerstandes (oder Reibbeiwerts), des Dämpfungsvermögens und der Beständigkeit bei wiederholter periodischer Verschiebung.

Die Prüfungen der Gleitisolation müssen entsprechend der in der Tabelle 15 enthaltenen Prüfungsmatrix durchgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Die Beziehung zwischen Reibbeiwert μ und Pressung σ_p wird für die verwendeten Lager-Gleitwerkstoffe durch folgenden Ausdruck beschrieben:

$$\mu = f(\sigma_p) \quad (28)$$

Zum Beispiel darf für thermoplastische Werkstoffe der folgende Ausdruck verwendet werden

$$\mu = \frac{C}{\sqrt{\sigma_p}} \quad (29)$$

wobei C eine Konstante darstellt.

Diese Funktion hängt von der Art des verwendeten Gleitwerkstoffs, der Rauheit des Gegenwerkstoffs, der Temperatur, der Geschwindigkeit und so weiter ab. Der Tragwerksplaner sollte dies bei der Festlegung der Werte für den Reibbeiwert in Abhängigkeit von den verschiedenen Belastungsbedingungen berücksichtigen.

Für jeden Prüfzyklus muss die Horizontalkraft-Verschiebungs-Hystereseschleife kontinuierlich aufgezeichnet werden.

Die Verschiebung muss sinusförmig eingeleitet werden, für die Kurvenart gilt $d(t) = d_x \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t)$.

Die Frequenz f_0 (in Hz) muss entsprechend der Auslenkung d_x (in mm) für jede Art von Prüfung so gewählt werden, dass die Spitzengeschwindigkeit $v_0 = 2\pi \cdot f_0 \cdot d_x$ (in mm/s) gleich dem festgelegten Wert v_{Ed} ist.

Der dynamische Reibbeiwert μ_{dyn} muss wie folgt ermittelt werden:

a) wenn für den ersten Zyklus gemessen wird:

$$\mu_{\text{dyn},1} = \frac{A_{h,1}}{4 \cdot N_S \cdot d_X} \quad (30)$$

b) wenn für die drei Zyklen berechnet wird:

$$\mu_{\text{dyn},3} = \frac{1}{3} \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{A_{h,i}}{4 \cdot N_S \cdot d_X} \quad (31)$$

Dabei ist

$A_{h,i}$ die in der Hystereseurve eingeschlossene Fläche des i-ten Zyklus in kJ;

N_S der für die Prüfung des Isolators festgelegte Wert der vertikalen Axiallast in kN;

d_X der in der Prüfung erreichte Größtwert der horizontalen Verschiebung in m.

Tabelle 15 — Prüfungsmatrix für den Nachweis des Gleitisolationsverhaltens

Art der Prüfung	Testlauf	Druck- belastung N_S kN	Verschiebung d_X m	Spitzen- geschwindig- keit v_o mm/s	Anzahl der kompletten Zyklen
Gebrauch	S	N_{Sd}	Größte nicht- seismische Bewegung	5	20
Bezugswert	P1	N_{Sd}	$1,0 d_{bd}$	50	3
dynamisch 1	D1	N_{Sd}	$0,25 d_{bd}$	v_{Ed}	3
dynamisch 2	D2		$0,5 d_{bd}$	v_{Ed}	3
dynamisch 3	D3		$1,0 d_{bd}$	v_{Ed}	3
Unversehrtheit des Gegenwerkstoffs	O	N_{Sd}	$1,0 d_{bd}$	v_{Ed}	3
seismisch	E	$N_{Ed,max}$ und $N_{Ed,min}$	d_{bd}	v_{Ed}	3
zweiachsig	B	N_{Sd}	$1,0 d_{bd}$	v_{Ed}	3
Nachweis der Eigenschaften	P2	N_{Sd}	$1,0 d_{bd}$	v_{Ed}	3
Alterung	P3	N_{Sd}	$1,0 d_{bd}$	50	3

Prüfung B muss mit gleichzeitiger Aufbringung einer sinusförmigen Verschiebung in zwei zueinander rechtwinkligen Richtungen durchgeführt werden.

ANMERKUNG 3 Die Gleichung zur Erzielung einer „Kleeblattform“ lautet wie folgt:

$$(x^2 + y^2)^3 = x^2 \cdot y^2 \quad (32)$$

Wenn mit der Prüfeinrichtung die Durchführung der Prüfung B nicht möglich ist, kann die Prüfung nach einer Drehung des Lagers um 90°, um Verschiebungen aufzubringen, die rechtwinkelig zu den vorher aufgebrauchten verlaufen, vervollständigt werden.

Die Rückstellsteifigkeit muss aus der Geraden bester Übereinstimmung unter Verwendung der Methode kleinster Quadrate in den inneren 95 % des Verschiebungsbereichs des Zyklus ermittelt werden, siehe F.4.1.

Es muss jeweils ein Wert für den oberen beziehungsweise den unteren Abschnitt der Last-Verschiebungskurve ermittelt werden.

Der Mittelwert der beiden Messungen muss ebenfalls berechnet werden.

ANMERKUNG 4 Wenn nicht anders festgelegt, ist die Rückstellsteifigkeit für einen Zyklus als Mittelwert der oberen und unteren Steifigkeit zu verstehen.

Am Ende des in Tabelle 15 gezeigten Prüfprogramms muss die Dicke des Gleitwerkstoffs unter einer Axiallast in Höhe der ständigen Last N_{Sd} an den für die Bestimmung der Bezugswerte verwendeten 8 symmetrisch angeordneten Stellen unter Verwendung einer Fühlerlehre mit einer Messunsicherheit von 0,05 mm gemessen werden (siehe 8.3.4.1.1).

Anschließend muss der Isolator zur visuellen und instrumentellen Untersuchung zerlegt werden.

8.3.4.1.6 Alterungsprüfung

ANMERKUNG Der Gegenstand dieser Prüfung ist der Nachweis des Einflusses der Alterung des Gleitwerkstoffs im Sinne des reibungsbedingten Widerstands durch einen beschleunigten Alterungstest.

Die Alterungsprüfung muss an einem Pendelgleiter mit einem Satz von Gleitelementen, die zuvor unter den Bedingungen des Typs P1 nach Tabelle 15 geprüft wurden, durchgeführt werden, um die Veränderung des dynamischen Reibbeiwertes zu bestimmen. Es gelten die Prüfungsanforderungen von Typ P3 in Tabelle 15.

Vor der Prüfung P3 muss der Gleitwerkstoff für die Dauer von 14 Tagen einer Temperatur von 70 °C unter anaeroben Bedingungen ausgesetzt werden.

Nach der Prüfung P3 muss sich der dynamische Reibbeiwert um weniger als 20 % infolge der Alterung verändert haben.

Das Prüfergebnis ist repräsentativ für alle Vorrichtungsgrößen. Die Erstprüfung darf nicht wiederholt werden, wenn die Begrenzung des Anwendungsbereichs der Referenzwerte nach 8.3.4.1.1 überschritten wird.

8.3.4.2 Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

8.3.4.2.1 Prüfungen für den Nachweis der Eigenschaften

Eine Einheit im Maßstab 1 : 1 je Herstellungslos muss Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle unterzogen werden, die Folgendes umfassen:

- a) vertikale Tragfähigkeit (siehe 8.3.1.2.2 und 8.3.4.1.2);
- b) reibungsbedingte Widerstandskraft unter Gebrauchsbedingungen (siehe 8.3.1.2.5 und 8.3.4.1.3);
- c) Prüfung P1 (siehe 8.3.1.2.6 und 8.3.4.1.5).

Für die Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle muss ein Herstellungslos von nicht mehr als 20 identischen Einheiten verwendet werden. Pendelgleiter mit unterschiedlichen Bemessungswerten der Verschiebung infolge nichtseismischer Einwirkungen sind für diesen Zweck als identisch zu betrachten, wenn alle anderen Bemessungswerte gleich sind.

Wenn die Tragfähigkeit einer Einheit mehr als 20 % der Gesamtlast des aufgelagerten Tragwerks beträgt, muss für diesen Satz die Anzahl der den Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle zu unterziehenden Herstellungseinheiten verdoppelt werden.

Es muss dieselbe Anforderung wie für die Erstprüfung gelten.

8.3.4.2.2 Werkstoffprüfung

Die Prüfung der Rohmaterialien und Komponenten muss nach EN 1337-2:2004, Tabelle 16 oder bei Verwendung anderer Gleitwerkstoffe aufgrund der gleichwertigen Regelungen in der entsprechenden Europäischen Technischen Zulassung durchgeführt werden.

ANMERKUNG Die jeweilige Kurzzeit-Gleitreibungsprüfung kann auch zur Beurteilung der Übereinstimmung des ungeschmierten Werkstoffs in Hauptgleitflächen verwendet werden.

8.3.5 Fertigung, Zusammenbau und Toleranzen

ANMERKUNG Dieser Abschnitt behandelt die Ausführung, dem Zusammenbau und den Passungstoleranzen.

8.3.5.1 Gleitteile

Der Gleitwerkstoff muss nach EN 1337-2:2004, 7.1.1 oder den in den gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassungen angegebenen Verfahren befestigt werden.

Die größte Abweichung Δz von der theoretischen ebenen oder der gekrümmten Oberfläche darf innerhalb der flächenmäßigen Ausdehnung der Gegenwerkstoff-Platte $0,0003 \times L$ oder 0,2 mm nicht überschreiten, der größere Wert ist maßgebend. Es muss sorgfältig gearbeitet werden, um sicherzustellen, dass das austenitische Stahlblech in dem Bereich, der im Kontakt mit der Gleitwerkstoff-Platte sein wird, vollflächig an der Trägerplatte anliegt.

8.3.5.2 Schmierung

Nach Säuberung und vor dem Zusammenbau muss die Gleitwerkstoff-Platte der Sekundärgleitfläche derart mit Schmierstoff nach EN 1337-2

versehen werden, dass sichergestellt ist, dass alle Schmiertaschen gefüllt sind.

Jegliche Verunreinigung des Gleitwerkstoffs für die Hauptgleitfläche mit Schmierstoff muss vermieden werden.

8.3.5.3 Trägerplatten

Oberflächen der Trägerplatten, die Gleitwerkstoffe oder Anker- beziehungsweise Futterplatten berühren, müssen so bearbeitet werden, dass die größte Abweichung Δz von der theoretischen Krümmung der Fläche $0,0003 \times d$ oder 0,2 mm, der größere Wert ist maßgebend, nicht überschreitet, wobei d hier die Länge der Diagonale oder den Durchmesser der Trägerplatte darstellt.

8.3.5.4 Zusammenbau

Alle Vorrichtungen müssen im Herstellwerk zusammengebaut werden. Es müssen geeignete temporäre Zusammenbauvorrichtungen vorgesehen werden, sodass das gesamte Bauteil in Schutzverpackung als eine Einheit versendet wird und beim Auspacken und Einbauen unbeschädigt bleibt. Die Verpackung muss geeignet sein, um Schäden aus Stoßeinwirkung sowie Verschmutzung durch Staub und Feuchtigkeit während des Transports und der Lagerung zu vermeiden. Alle Vorrichtungen müssen einbaufertig und mit geeigneten Identifizierungs-codes gekennzeichnet ausgeliefert werden, wie es im Baubeschreibungsdokument festgelegt ist. Die Vorrichtungen sind mit dem Typschild und zusätzlich auf der oberen Seite zur eindeutigen Identifikation des Einbauortes und ihrer Ausrichtung gekennzeichnet. Auf der Baustelle darf ein Zerlegen der Vorrichtung ohne die Unterstützung des Herstellers nicht stattfinden.

8.3.5.5 Schutz gegen Verschmutzung und Korrosion

ANMERKUNG Allgemeine Anforderungen an den Korrosionsschutz sind in EN 1337-9 angegeben. Dieser Unterabschnitt nennt zusätzliche Anforderungen an Gleitteile.

Soweit das austenitische Stahlblech mit vollflächiger Verklebung oder mit durchgehender Kehlnaht befestigt wird, ist keine weitere Behandlung der Trägerplatte hinter dem austenitischen Stahlblech erforderlich, vorausgesetzt, der vom austenitischen Stahlblech abgedeckte Bereich der Trägerplatte ist frei von Korrosion und Korrosion verursachenden Verschmutzungen.

Es muss ein Schutz zur Vermeidung jeglicher Verunreinigung mit Feuchtigkeit im Falle gerissener Kehlnähte vorgesehen werden.

Die Bereiche der Trägerplatte hinter dem Gleitwerkstoff und den austenitischen Stahlblechen, die durch Kammerung, Schrauben, Schrauben mit Senkstanzung oder Nieten befestigt sind, müssen durch eine Anstrichschicht Grundierung (Trockenschichtdicke 20 µm bis 100 µm) geschützt werden.

Durch geeignete Vorrichtungen muss Vorsorge gegen die Verschmutzung der Gleitfläche getroffen werden. Solche Schutzvorrichtungen müssen für Inspektionszwecke leicht entfernbar sein. Da eine Hartverchromung nicht beständig gegen Chlorionen in saurer Lösung oder gegen Fluorionen ist und durch feste Partikel aus der Luft beschädigt werden kann, wie dies in industrieller Umgebung vorkommt, müssen unter diesen Bedingungen besondere Maßnahmen zum Schutz der Oberflächen getroffen werden.

Vor dem Zusammenbau müssen die aufeinander gleitenden Oberflächen gesäubert werden.

Während des Vorgangs des Zusammenbaus müssen Maßnahmen gegen die Verschmutzung der aufeinander gleitenden Oberflächen getroffen werden.

8.3.5.6 Messfläche für den Lagereinbau

Um die Ausrichtung des Lagers nach EN 1337-11 sicherzustellen, muss eine Messfläche oder eine andere geeignete Vorrichtung am Gleitteil angebracht werden. Die Abweichung von der Parallelität der Messfläche zur Projektion der Hauptgleitfläche darf 0,001 rad nicht überschreiten.

Der Einbau der Vorrichtung muss nach EN 1337-11 ausgeführt werden.

8.4 Flachgleiter

8.4.1 Anforderungen

Die Gleitteile von Flachgleitern müssen mit EN 1337-2 übereinstimmen oder durch eine Europäische Technische Zulassung geregelt sein.

Die Gleitteile müssen mit einem Kippteil nach EN 1337-1 kombiniert werden.

ANMERKUNG 1 Flachgleiter können als der Grenzfall von Pendelgleitern mit dem Krümmungsradius $R = \infty$ betrachtet werden.

Wenn Flachgleiter zusätzlich zur Abtragung von Vertikallasten und zur Ermöglichung horizontaler Nachgiebigkeit zur Energiedissipation verwendet werden, müssen ihre Gleitteile mit 8.3.1 dieser Europäischen Norm übereinstimmen.

ANMERKUNG 2 Bei Pendelgleitern ist die Rückstellkraft infolge deren Geometrie durch die Gravitation gegeben, während Gleitvorrichtungen mit ebener Gleitfläche keinerlei Rückzentrierungsvermögen besitzen.

Flachgleiter müssen in Kombination mit geeigneten Vorrichtungen verwendet werden, die ein angemessenes Rückzentrierungsvermögen des Erdbebenisolationssystems bereitstellen.

8.4.2 Werkstoffe

Die Werkstoffe müssen 8.3.2 dieser Europäischen Norm entsprechen.

8.4.3 Bemessung

Die Bemessung muss 8.3.3 dieser Europäischen Norm entsprechen.

8.4.4 Prüfung

Die Prüfung muss 8.3.4 dieser Europäischen Norm entsprechen.

8.4.5 Fertigung, Zusammenbau und Toleranzen

Fertigung, Zusammenbau und Toleranzen müssen 8.3.5 dieser Europäischen Norm entsprechen.

9 Kombinationen von Vorrichtungen

9.1 Anforderungen

9.1.1 Allgemeines

Erdbebenvorrichtungen, die eine Kombination von Komponenten enthalten, müssen die in Abschnitt 4 angegebenen Anforderungen erfüllen, außer es ist in diesem Abschnitt etwas anderes festgelegt. Die Verbindungen zwischen den einzelnen Komponenten müssen alle Relativbewegungen, -verschiebungen und -verdrehungen erlauben, so wie es angebracht ist.

Die unteren und oberen Bemessungswerte der Eigenschaften, in Bezug auf 4.4.2, müssen auf Basis von Erstprüfungen und den folgenden Streuungen festgelegt werden:

- für die Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle vereinbarte Produktionsstreuung;
- temperaturbedingte Veränderungen, im Bericht dargestellt bei T_U und T_L ;
- Alterung oder Nutzungsdauer (außer es kann zur Zufriedenheit des Tragwerksplaners gezeigt werden, dass die Eigenschaften der Komponenten nicht signifikant durch chemische Alterung oder die Nutzungsdauer beeinflusst werden).

ANMERKUNG 1 Flachgleiter bilden oft einen Teil einer kombinierten Vorrichtung. Sie kann aus der Kombination eines Baulagers nach den entsprechenden Teilen von EN 1337 oder gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassungen (ETA), das Gleitbewegungen in eine oder zwei Richtungen erlaubt, und einer oder mehreren Erdbebenvorrichtungen nach den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm bestehen. Die Erdbebenvorrichtungen sind mit den Komponenten des Baulagers verbunden, sodass sie im Falle eines Erdbebens die sich ergebende Relativverschiebung aktiviert. Die am häufigsten für solche Zwecke verwendeten Baulager sind Topflager oder Kalottenlager mit Gleitteilen in Übereinstimmung mit EN 1337-5, EN 1337-7 und EN 1337-2 oder gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassungen (ETA) kombiniert mit starren Verbindungsvorrichtungen (Rigid Connection Devices — RCD), Linearen Vorrichtungen (Linear Devices — LD), Nichtlinearen Vorrichtungen (Non-Linear Devices — NLD), Viskosen Dämpfern (Viscous Dampers) oder elastomeren Isolatoren in Übereinstimmung mit den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm. Auch ist eine Kombination mit mehr als einem Typ Erdbebenvorrichtungen ist möglich.

ANMERKUNG 2 Für die Kombination aus einem Baulager und starrer Verbindungsvorrichtung siehe Abschnitt 5.

9.1.2 Besondere Anforderungen

Die kombinierten Vorrichtungen müssen die durch den Tragwerksplaner festgelegten Leistungsanforderungen erfüllen. Die Fähigkeit der kombinierten Vorrichtung, diese Anforderungen zu erfüllen, muss durch Prüfungen, die nach 9.4 ausgeführt werden, nachgewiesen werden. Die Komponenten der kombinierten Vorrichtung müssen die Anforderungen der entsprechenden Teile von EN 1337, gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassungen (ETA) oder dem entsprechenden Abschnitt dieser Europäischen Norm erfüllen.

Für Vorrichtungen, die mit einer oder mehreren Festhaltungen mit Sollbruchstelle kombiniert sind, müssen die Leistungsanforderungen die Fähigkeit der Vorrichtung beinhalten, unter nichtseismischen Belastungssituationen ohne störenden Einfluss der Festhaltungen richtig zu funktionieren, und die Notwendigkeit für alle Festhaltungen bei der gewünschten Belastungs- oder Verschiebungsbedingung zu versagen.

9.2 Werkstoffe

Die Werkstoffe, die für die Herstellung der kombinierten Vorrichtungen verwendet werden, müssen die Anforderungen, die in den jeweiligen Teilen von EN 1337, gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassungen (ETA) oder den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm für die einzelnen Komponenten angegeben sind, erfüllen.

9.3 Bemessung

Die einzelnen Komponenten der kombinierten Vorrichtung müssen entsprechend den in den jeweiligen Teilen von EN 1337, gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassungen (ETA) oder den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm angegebenen Regeln bemessen werden.

Bei der Festlegung der Lasten und Verschiebungen, die den einzelnen Komponenten zugewiesen werden, muss die gegenseitige Beeinflussung der Komponenten berücksichtigt werden.

Die Verbindungen zwischen den beweglichen und den unbeweglichen Komponenten der Vorrichtung müssen alle vorgesehenen, durch den Zuverlässigkeitsfaktor γ_x erhöhten, gegenseitigen Bewegungen erlauben, und müssen so bemessen sein, dass sie die Bemessungslasten übertragen, die zu den mit dem gleichen Faktor γ_x erhöhten Verschiebungen gehören. Der kleinste Wert für γ_x muss derjenige sein, der zu der Komponente, die den höchsten Wert erfordert, passt.

9.4 Prüfung

9.4.1 Allgemeines

Die Prüfungen sind bei einer Temperatur von (23 ± 5) °C durchzuführen, es sei denn, die Prüfung dient dazu, die Auswirkung wechselnder Temperatur zu ermitteln.

Die Prüfungen sind im Maßstab 1 : 1 durchzuführen, es sei denn, dies wird in Absprache mit dem Tragwerksplaner als nicht praktikabel erachtet. Wenn Erstprüfungen der kompletten Vorrichtung im Maßstab 1 : 1 nicht durchgeführt werden, müssen Prüfungen einer jeden Komponente im Maßstab 1 : 1 durchgeführt werden. Die einzelnen Komponenten einer kombinierten Vorrichtung müssen entsprechend den in den jeweiligen Teilen von EN 1337, gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassungen (ETA) oder den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm angegebenen Regeln geprüft werden.

9.4.2 Erstprüfung

Um nachzuweisen, dass die Anforderungen nach 9.1.2 erfüllt sind, müssen für jede Konstruktion einer kombinierten Vorrichtung Erstprüfungen durchgeführt werden, und, wo zutreffend, um die unteren und oberen Bemessungswerte der Eigenschaften festzulegen. Prüfungen, die der Festlegung des Verschiebungs- oder Belastungsvermögens der Vorrichtung dienen, müssen unter Verwendung von Befestigungsmitteln durchgeführt werden, die die gleiche Konstruktion aufweisen und aus ähnlichen Werkstoffen gefertigt sind, wie die in der Verbindung zwischen Vorrichtung und geschütztem Tragwerk zu verwendenden.

Die Erstprüfungen dürfen an einer einzelnen Vorrichtung durchgeführt werden.

Erstprüfungen an der kompletten Vorrichtung müssen dergestalt sein, dass sie die Eigenschaften einer jeden Komponente der Vorrichtung im gleichen Ausmaß bewerten und charakterisieren, wie die geforderten Erstprüfungen für jede Komponente in den entsprechenden Teilen von EN 1337, gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassungen (ETA) oder den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm. Die Prüfungen müssen auch zeigen, dass es keine unbeabsichtigte Wechselwirkung zwischen den Komponenten der kombinierten Vorrichtung gibt, die sich auf ihre Leistung sowohl unter nicht seismischen als auch unter seismischen Einwirkungen auswirkt.

Erstprüfungen, die an einzelnen Komponenten der Vorrichtung durchgeführt werden, müssen mit den entsprechenden Teilen von EN 1337, gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassungen (ETA) oder den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm übereinstimmen.

9.4.3 Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle müssen entweder an einer kompletten Vorrichtung oder an den einzelnen Komponenten durchgeführt werden.

Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle an der kompletten Vorrichtung müssen dergestalt sein, dass sie in Übereinstimmung mit den Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) einer jeden Komponente der Vorrichtung sind. Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle an einzelnen Komponenten der Vorrichtung müssen mit den entsprechenden Teilen von EN 1337, gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassungen (ETA) oder den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm übereinstimmen.

10 Beurteilung der Konformität

10.1 Allgemeines

Die Übereinstimmung der Erdbebenvorrichtung mit den Anforderungen dieser Norm und mit den angegebenen Werten muss nachgewiesen werden durch:

- Erstprüfung;
- werkseigene Produktionskontrolle durch den Hersteller, einschließlich Produktbeurteilung.

Das angegebene System zur Beurteilung der Konformität gilt auch für Einzelanfertigungen (nicht serienmäßige Produktion).

10.2 Erstprüfung

10.2.1 Erstprüfung

Um die Übereinstimmung mit dieser Europäischen Norm zu zeigen, muss eine Erstprüfung durchgeführt werden. Prüfungen, die vorher nach den Bestimmungen dieser Europäischen Norm durchgeführt wurden (gleiches Produkt, gleicher Kennwert/gleiche Kennwerte, Prüfverfahren, Probenahmeverfahren, Konformitätsnachweisverfahren usw.), dürfen berücksichtigt werden. Zusätzlich muss die Erstprüfung am Beginn der Herstellung einer neuen Erdbebenvorrichtung oder bei Beginn der Verwendung eines neuen Herstellungsverfahrens (soweit dieses die angegebenen Eigenschaften beeinflussen könnte) durchgeführt werden.

Kombinierte Vorrichtungen werden als in Übereinstimmung mit dieser Norm betrachtet, wenn die einzelnen Vorrichtungen selbst CE-gekennzeichnet sind.

Alle Eigenschaften, die im entsprechenden Abschnitt für den Vorrichtungstyp definiert sind, wie sie in den Abschnitten 5 bis 9 und den Tabellen 16 bis 21 detailliert dargestellt sind, müssen Gegenstand der Erstprüfung sein.

Zeugnisse, die Werkstoffeigenschaften beinhalten, die in 5.2.2, 5.3.2, 6.3, 6.4.2, 7.2, 8.2.2, 8.2.4.2.2, 8.2.4.3.2, 8.3.2, 9.2 festgelegt sind, müssen während der Erstprüfung jeweils einzeln überprüft werden und müssen vom Hersteller der Erdbebenvorrichtung aufbewahrt werden.

Die Erstprüfung muss für die Bewertung der letztendlichen Leistung der Erdbebenvorrichtung mit den entsprechenden Berechnungen nach den Abschnitten mit den Bemessungsanforderungen des jeweiligen Vorrichtungstyps ergänzt werden.

Für kombinierte Vorrichtungen muss die Erstprüfung einen Umfang haben, sodass die Kontrolle für jeden Komponententyp in der kombinierten Vorrichtung gleichwertig ist mit der für diese Komponente in den entsprechenden Tabellen in diesem Abschnitt, im Abschnitt zur Beurteilung der Konformität der entsprechenden Europäischen Norm oder in einer gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassung (ETA) festgelegten. Einzelne Komponenten der kombinierten Vorrichtung erhalten das CE-Zeichen auf der Grundlage der Erstprüfung jeder Komponente. Die Kontrolle und Prüfung der kombinierten Vorrichtung muss auch mit 9.4.2 übereinstimmen.

Tabelle 16 — Starre Verbindungsvorrichtungen (RCD)

Vorrichtungstypen		Gegenstand der Kontrolle	Kontrolle nach	Häufigkeit	WPK-Prüfung
Ständige Verbindungsvorrichtungen (PCD)	Erstprüfung	Siehe EN 1337-8			5.3.5 6.4.2.1
	Werkseigene Produktionskontrolle	Siehe EN 1337-8			
Festhaltungen mit Sollbruchstelle (FR)	Erstprüfung	Gebrauchslastprüfung	5.2.4.2	1 Prototyp	
		Ermüdungsprüfung	5.2.4.3	1 Prototyp	
		Bruchprüfung	5.2.4.4	1 Prototyp	
	Werkseigene Produktionskontrolle	Abnahmeprüfung	5.2.5	100 %	
Temporäre (Dynamische) Verbindungsvorrichtungen (TCD)	Erstprüfung	Druckprüfung	5.3.4.2	1 Prototyp	
		Prüfung bei geringer Geschwindigkeit	5.3.4.3	1 Prototyp	
		Dichtungsverschleißprüfung	5.3.4.4	1 Prototyp	
		Stoßbelastungsprüfung	5.3.4.5	1 Prototyp	
		Überlastungsprüfung	5.3.4.6	1 Prototyp	
		Zyklische Belastungsprüfung	5.3.4.7	1 Prototyp	
	Werkseigene Produktionskontrolle	Druckprüfung	5.3.4.2	5 %	
		Prüfung bei geringer Geschwindigkeit	5.3.4.3	5 %	
		Stoßbelastungsprüfung	5.3.4.5	5 %	

Tabelle 17 — Verschiebungsabhängige Vorrichtungen

Vorrichtungstypen		Gegenstand der Kontrolle	Kontrolle nach	Häufigkeit	WPK-Prüfung
Linear	Erstprüfung	Beurteilung des Kraft-Verschiebungs-Zyklus	6.4.4 (a)	1 Prototyp	6.4.2.1
		Rampenprüfung	6.4.4 (b)	1 Prototyp	
	Werks-eigene Produktionskontrolle	Beurteilung der Kraft-Verschiebungs-Zyklus	6.4.5	2 %	
		Rampenprüfung	6.4.5	2 %	
Nichtlinear	Erstprüfung	Beurteilung der Kraft-Verschiebungs-Zyklen	6.4.4 (a)	1 Prototyp	
		Rampenprüfung	6.4.4 (b)	1 Prototyp	
	Werks-eigene Produktionskontrolle	Beurteilung der Kraft-Verschiebungs-Zyklen	6.4.5	2 %	
		Rampenprüfung	6.4.5	2 %	

Tabelle 18 — Geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen

Vorrichtungstypen		Prüfung	Kontrolle nach	Häufigkeit
Viskose Flüssigkeitsdämpfer (FVD)	Erstprüfung	Druckprüfung	7.4.2.2	1 Prototyp
		Prüfung bei niedriger Geschwindigkeit	7.4.2.3	1 Prototyp
		Prüfung des Arbeitsgesetzes	7.4.2.5	1 Prototyp
		Dämpfungsprüfung	7.4.2.7	1 Prototyp
		Zyklische Windlastprüfung	7.4.2.8	1 Prototyp
		Dichtungsverschleißprüfung	7.4.2.9	1 Prototyp
		Prüfung des Hubs	7.4.2.10	1 Prototyp
	Werks-eigene Produktionskontrolle	Druckprüfung	7.4.2.2	100 %
		Prüfung bei niedriger Geschwindigkeit	7.4.2.3	5 %
		Prüfung des Arbeitsgesetzes	7.4.2.5	5 %
Dämpfungsprüfung		7.4.2.7	5 %	
Feder-Flüssigkeitsdämpfer (FSD)	Erstprüfung	Druckprüfung	7.4.2.2	1 Prototyp
		Prüfung bei niedriger Geschwindigkeit	7.4.2.4	1 Prototyp
		Prüfung des Arbeitsgesetzes	7.4.2.6	1 Prototyp
		Dämpfungsprüfung	7.4.2.7	1 Prototyp
		Zyklische Windlastprüfung	7.4.2.8	1 Prototyp
		Verschleißprüfung	7.4.2.9	1 Prototyp
		Prüfung des Hubs	7.4.2.10	1 Prototyp
	Werks-eigene Produktionskontrolle	Druckprüfung	7.4.2.2	100 %
		Prüfung bei niedriger Geschwindigkeit	7.4.2.4	5 %
		Prüfung des Arbeitsgesetzes	7.4.2.6	5 %
Dämpfungsprüfung		7.4.2.7	5 %	

Tabelle 19 — Kontrolle und Prüfung von elastomeren Isolatoren

	Gegenstand der Kontrolle	Kontrolle nach	Häufigkeit
Erstprüfung	vertikale Tragfähigkeit ohne Schubverformung	8.2.4.1.5.1, 8.2.4.1.2	zwei Prototypen
	Drucksteifigkeit	8.2.4.1.5.1, 8.2.4.1.2	zwei Prototypen
	Horizontale Charakteristik unter zyklischer Belastung	8.2.4.1.5.2, 8.2.4.1.2	zwei Prototypen
	Variation der horizontalen Charakteristik unter zyklischer Belastung mit der Temperatur	8.2.4.1.5.2, 8.2.4.1.2	zwei Prototypen
	Variation der horizontalen Charakteristik unter zyklischer Belastung mit der Frequenz	8.2.4.1.5.2, 8.2.4.1.2	zwei Prototypen
	Variation der horizontalen Charakteristik unter zyklischer Belastung mit wiederholten Zyklen	8.2.4.1.5.2, 8.2.4.1.2	zwei Prototypen
	Variation der horizontalen Charakteristik unter zyklischer Belastung mit Alterung	8.2.4.1.5.2, 8.2.4.1.2	zwei Prototypen
	Schubtragfähigkeit unter minimaler und maximaler Auflast	8.2.4.1.5.3, 8.2.4.1.2	zwei Prototypen
	Wiederholte Druckbelastung (nur bei Isolatoren für Brücken)	DIN EN 1337-3:2005, 4.3.4	nach DIN EN 1337-3:2005, Tabelle 7
Ozonbeständigkeit (nur bei Isolatoren für Brücken)	EN 1337-3:2005, 4.3.6	nach EN 1337-3:2005, Tabelle 7	
Werkseigene Produktionskontrolle	Drucksteifigkeit	8.2.4.1.5.1, 8.2.4.1.3	nach 8.2.4.1.4
	Horizontale Charakteristik unter zyklischer Belastung	8.2.4.1.5.2, 8.2.4.1.3	nach 8.2.4.1.4

Tabelle 20 — Kontrolle und Prüfung von schwach dämpfenden elastomeren Isolatoren für Brücken, die geringen Erdbebeneinwirkungen ausgesetzt sind

	Gegenstand der Kontrolle	Kontrolle nach	Häufigkeit
Erstprüfung	Horizontale Steifigkeit unter zyklischer Verschiebung	8.2.4.1.5.2, 8.2.4.1.2	zwei Prototypen
	Schubtragfähigkeit unter minimaler und maximaler Vertikallast	8.2.4.1.5.3, 8.2.4.1.2	zwei Prototypen
	Die in EN 1337-3:2005, Tabelle 7 aufgeführten Eigenschaften sind nach dem dort festgelegten Abschnitt und mit der dort festgelegten Häufigkeit zu kontrollieren.		
Werkseigene Produktionskontrolle	Die in EN 1337-3:2005, Tabelle 7 aufgeführten Eigenschaften, die in Produktionsüberwachungsprüfungen zu kontrollieren sind, sind nach dem in der Tabelle festgelegten Abschnitt und mit der in EN 1337-3:2005, 8.2.3 festgelegten Häufigkeit zu kontrollieren.		

Tabelle 21 — Kontrolle und Prüfung von Gleitern mit gekrümmter und ebener Gleitfläche

	Gegenstand der Kontrolle	Kontrolle nach	Häufigkeit
Erstprüfung	Vertikale Tragfähigkeit	8.3.4.1.2	zwei Prototypen
	Reibwiderstand unter Gebrauchsbedingungen	8.3.4.1.3	zwei Prototypen
	Gleitisolationsprüfung	8.3.4.1.5	zwei Prototypen
	Prüfungen nach EN 1337-2:2004 oder entsprechender ETA	EN 1337-2:2004, Tabelle 15, Prüfplan der entsprechenden ETA	ein Prototyp
Werkseigene Produktions- kontrolle	Vertikale Tragfähigkeit	8.3.4.1.2, 8.3.4.2	5 %
	Reibwiderstand unter Gebrauchsbedingungen	8.3.4.1.3, 8.3.4.2	5 %
	Testlauf P1	8.3.4.1.5, 8.3.4.2	5 %
	Prüfungen nach EN 1337-2:2004 oder entsprechender ETA	EN 1337-2:2004, Tabelle 15, oder Prüfplan der entsprechenden ETA	EN 1337-2:2004, Tabelle 15, oder Prüfplan der entsprechenden ETA

10.2.2 Weitere Erstprüfungen

Immer wenn eine Veränderung in der Bemessung für den Lastfall Erdbeben, des Rohmaterials oder des Herstellungsverfahrens stattfindet, die die Toleranzen oder Anforderungen der entsprechenden Abschnitte 5 bis 9 für einen oder mehrere Eigenschaften verändern würde, müssen die Erstprüfungen für die betreffenden Eigenschaft beziehungsweise die betreffenden Eigenschaften wiederholt werden.

Erstprüfungen müssen ebenfalls gefordert werden:

- für die Bewertung neuer Vorrichtungen;
- für die Bewertung bestehender Vorrichtungen, wenn Werkstoffe verändert werden;
- für die Bewertung bestehender Vorrichtungen außerhalb der bisher bewerteten Verwendungsbereiche

wie es in den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm festgelegt ist.

Alle mechanischen Eigenschaften der Vorrichtungen zusammen mit ihren Variationsbereichen aufgrund der in 4.4.1 angegebenen Gründe, die für die Bemessung für die zu erwartende Nutzungsdauer benötigt werden, müssen durch die Erstprüfungen bestimmt werden. Für diese Prüfungen müssen Vorrichtungen im Maßstab 1 : 1 verwendet werden, es sei denn, in den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm ist etwas anderes festgelegt. Diese Prüfungen müssen mindestens zyklische Prüfungen unter den Gebrauchsbedingungen der Bemessungserdbebeneinwirkung beinhalten, es sei denn, in den entsprechenden Abschnitten dieser Europäischen Norm ist etwas anderes festgelegt. Die Prüfungen müssen durchgeführt werden, um aussagekräftige Werte der Eigenschaften festzulegen.

Der Prüfbericht muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- a) Identifikation der Vorrichtungen oder der Proben (Name des Herstellers, Herkunft und Nummer des Herstellungsloses der Vorrichtung);
- b) Abmessungen, Form und Anordnung der Vorrichtungen oder Proben;
- c) Datum, Art der Prüfung, ihre Dauer und alle anderen wichtigen Prüfbedingungen;
- d) Beschreibung der Prüfvorrichtung;
- e) vollständige graphische Aufzeichnung der Prüfergebnisse, soweit zutreffend;
- f) Beschreibung des Zustandes der Vorrichtung oder der Probe vor und nach der Prüfung;
- g) alle abnormalen Vorkommnisse, die während der Prüfung auftraten;
- h) Verweis darauf, dass die Prüfung nach dieser Europäischen Norm durchgeführt wurde.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, in den Prüfbericht jegliche Durchführungsdetails der Prüfung, die nicht in dieser Europäischen Norm betrachtet werden, die aber vielleicht für den Tragwerksplaner oder den Bauherrn nützlich sind, aufzunehmen.

10.3 Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)

10.3.1 Allgemeines

ANMERKUNG 1 Ein System der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK), das den folgenden Anforderungen des entsprechenden Teils beziehungsweise der entsprechenden Teile von EN ISO 9001:2008 entspricht, und an die Anforderungen dieser Europäischen Norm angepasst ist, wird als Erfüllung der obige Anforderungen betrachtet.

- Der Hersteller muss ein System der werkseigenen Produktionskontrolle festlegen, dokumentieren und unterhalten, um sicherzustellen, dass die hergestellten Produkte mit den angegebenen Leistungsmerkmalen übereinstimmen. Das System der werkseigenen Produktionskontrolle muss aus Verfahren, regelmäßigen Kontrollen und Prüfungen und/oder Beurteilungen und der Nutzung der Ergebnisse zum Beispiel zur Kontrolle von Roh- und anderen angelieferten Materialien oder Komponenten, Einrichtungen, des Herstellungsverfahrens und des Produktes, bestehen.
- Der Hersteller muss verantwortlich sein für die Organisation der wirksamen Umsetzung des Systems der werkseigenen Produktionskontrolle. Aufgaben und Verantwortlichkeiten in der Organisation der werkseigenen Produktionskontrolle müssen dokumentiert sein, und diese Dokumentation muss stetig aktualisiert werden. In jedem Herstellwerk darf der Hersteller die Aufgabe an eine Person delegieren, die die notwendigen Befugnisse besitzt um:
 - a) Verfahren zum Nachweis der Übereinstimmung des Produktes in den entsprechenden Stadien festzulegen;
 - b) jeden Fall fehlender Übereinstimmung zu erkennen und aufzuzeichnen;
 - c) Verfahren zur Abhilfe in Fällen fehlender Übereinstimmung festzulegen.

- Der Hersteller muss Dokumente zur Festlegung der werkseigenen Produktionskontrolle, die er anwendet, aufstellen und stetig aktualisieren. Die Dokumentation und die Verfahren des Herstellers müssen dem Produkt und dem Herstellungsverfahren angemessen sein. Alle Systeme der werkseigenen Produktionskontrolle müssen einen angemessenen Grad des Vertrauens in die Übereinstimmung des Produktes erreichen. Das beinhaltet:
 - a) die Vorbereitung dokumentierter Verfahren und Anweisungen bezüglich der Tätigkeiten der werkseigenen Produktionskontrolle in Übereinstimmung mit den Anforderungen der diesbezüglichen technischen Spezifikation;
 - b) die wirksame Umsetzung dieser Verfahren und Anweisungen;
 - c) die Aufzeichnung dieser Tätigkeiten und ihrer Ergebnisse;
 - d) die Nutzung dieser Ergebnisse, um jegliche Abweichungen zu korrigieren, die Reparatur der Auswirkungen solcher Abweichungen, die Bearbeitung aller daraus folgender Fälle fehlender Übereinstimmung und, sofern notwendig, die Überarbeitung der werkseigenen Produktionskontrolle, um die Ursache für die fehlende Übereinstimmung abzustellen.
- Die Tätigkeiten der werkseigenen Produktionskontrolle müssen einige oder alle der folgenden Tätigkeiten beinhalten:
 - e) die Überprüfung von Rohmaterialien und Komponenten;
 - f) die Kontrollen und Prüfungen, die während der Herstellung mit einer festgelegten Häufigkeit durchzuführen sind;
 - g) die Überprüfungen und Prüfungen, die an fertigen Produkten mit einer Häufigkeit, die in den technischen Spezifikationen festgelegt und an das Produkt und seine Herstellungsbedingungen angepasst sein kann, durchzuführen sind.

ANMERKUNG 2 Die Tätigkeiten unter b) zielen ebenso auf die Zwischenzustände des Produkts wie auf Herstellungsmaschinen und ihre Einstellung, sowie Ausrüstung usw. Diese Kontrollen und Prüfungen und ihre Häufigkeit werden auf Basis des Produkttyps und der Zusammensetzung, dem Herstellungsverfahren und seiner Komplexität, der Empfindlichkeit von Produktmerkmalen hinsichtlich Streuungen der Herstellungsparameter usw. ausgewählt.

Der Hersteller muss die Einrichtungen, die Ausrüstung und das Personal, welche ihn befähigen, die notwendigen Überprüfungen und Prüfungen durchzuführen, besitzen oder verfügbar haben. Er, wie auch sein Bevollmächtigter, darf diese Anforderung durch Abschluss eines Subunternehmervertrages mit einer oder mehreren Organisationen oder Personen erfüllen, die die notwendigen Kenntnisse und Ausrüstung besitzen.

Der Hersteller muss die Verantwortung haben, die Kontroll-, Mess- oder Prüfeinrichtungen zu kalibrieren oder zu überprüfen und in gutem einsatzbereitem Zustand zu halten, unabhängig davon, ob sie ihm gehören oder nicht, im Hinblick auf den Nachweis der Übereinstimmung des Produktes mit seinen technischen Spezifikationen. Die Ausrüstung muss in Übereinstimmung mit der Spezifikation oder dem Bezugssystem der Prüfung, auf die sich die Spezifikation bezieht, benutzt werden.

ANMERKUNG 3 Soweit erforderlich, wird die Kontrolle der Übereinstimmung an Zwischenzuständen des Produktes ausgeführt und an den Hauptstadien seiner Herstellung. Diese Kontrolle der Übereinstimmung konzentriert sich, wo es notwendig ist, auf das Produkt während des ganzen Herstellungsverfahrens, sodass nur Produkte, die die planmäßigen Zwischenkontrollen bestanden haben, ausgeliefert werden.

Die Ergebnisse von Kontrollen, Prüfungen oder Beurteilungen, die es erforderlich machen, Maßnahmen zu ergreifen, sowie jegliche ergriffene Maßnahmen, müssen aufgezeichnet werden. Die zu ergreifende Maßnahme, wenn Kontrollwerte oder -kriterien nicht erfüllt sind, muss dokumentiert sein.

Umfang und Häufigkeit der werkseigenen Produktionskontrolle durch den Hersteller müssen in Übereinstimmung mit den Tabellen 16 bis 21 festgelegt werden. Zusätzlich muss durch Kontrolle der Materialzeugnisse, wie in den Tabellen 22 bis 26 aufgeführt, überprüft werden, dass angeliefertes Rohmaterial und angelieferte Komponenten dieser Europäischen Norm entsprechen.

Für kombinierte Vorrichtungen, muss Umfang und Häufigkeit der werkseigenen Produktionskontrolle so sein, dass die Kontroll- und Probenahmehäufigkeit für jeden Komponententyp in der kombinierten Vorrichtung gleich der ist, die in der entsprechenden Tabelle für die Komponente in diesem Abschnitt, oder im Abschnitt zur Konformitätsbeurteilung der entsprechenden Europäischen Norm oder in einer gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassung (ETA), festgelegt ist. Die Kontrolle und Prüfung der kombinierten Vorrichtung muss auch in Übereinstimmung mit 9.4.3 sein. Zusätzlich muss kontrolliert werden, dass die Rohmaterialien und Bestandteile für jede Komponente dieser oder einer anderen entsprechenden Europäischen Norm oder gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassung (ETA) entsprechen, dies erfolgt durch Kontrolle der Materialzeugnisse, wie in den Tabellen 22 bis 26, dem Abschnitt zur Konformitätsbeurteilung der entsprechenden Europäischen Norm oder der gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassung (ETA) aufgeführt.

10.3.2 Rohmaterialien und Bestandteile

Die technischen Daten aller angelieferten Rohmaterialien und Komponenten müssen dokumentiert werden, so wie der Prüfplan für die Sicherstellung ihrer Übereinstimmung.

Die Einhaltung der in 5.2.2, 5.3.2, 6.3, 7.2, 8.2.2, 8.3.2, 8.4.2 und 9.2 festgelegten Produkthanforderungen muss mittels Abnahmeprüfzeugnissen nach EN 10204 auf dem in den Tabellen 22 bis 26 festgelegten Niveau nachgewiesen werden. Soweit zutreffend, muss die Einhaltung der in 9.2 beschriebenen Anforderungen mittels Abnahmeprüfzeugnissen nach EN 10204 auf dem im Abschnitt zur Konformitätsbeurteilung anderer Europäischer Normen oder in einer gleichwertigen Europäischen Technischen Zulassungen (ETA) festgelegten Niveau nachgewiesen werden.

Tabelle 22 — Spezielle Prüfung der Rohmaterialien und der Bestandteile für starre Verbindungsvorrichtungen (RCD)

Abnahmeprüfzeugnis nach EN 10204	Gegenstand der Kontrolle	Kontrolle nach	Häufigkeit	WPK-Prüfung
3.1	Eisenwerkstoffe	Abnahmeprüfzeugnisse basierend auf bestehenden Normen	jede Charge	5.2.5 5.3.4.8
	Viskose Flüssigkeit	Abnahmeprüfzeugnisse basierend auf bestehenden Normen		
	Beschichtung	Abnahmeprüfzeugnisse basierend auf bestehenden Normen		
	Andere Werkstoffe	Abnahmeprüfzeugnisse basierend auf bestehenden Normen		

Tabelle 23 — Spezielle Prüfung der Rohmaterialien und der Bestandteile für Geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen

Abnahmeprüfzeugnis nach EN 10204	Gegenstand der Kontrolle	Kontrolle nach	Häufigkeit	WPK-Prüfung
3.1	Eisenwerkstoffe	Abnahmeprüfzeugnisse basierend auf bestehenden Normen	jede Charge	7.4.3
	Viskose Flüssigkeit	Abnahmeprüfzeugnisse basierend auf bestehenden Normen		
	Beschichtung	Abnahmeprüfzeugnisse basierend auf bestehenden Normen		
	Andere Werkstoffe	Abnahmeprüfzeugnisse basierend auf bestehenden Normen		

Tabelle 24 — Spezielle Prüfung der Rohmaterialien und der Bestandteile verformungsabhängige Vorrichtungen

Abnahmeprüfzeugnis nach EN 10204	Gegenstand der Kontrolle	Kontrolle nach	Häufigkeit	WPK-Prüfung
3.1	Elastomer	6.4.3.2	jede Charge	6.4.5
	Eisenwerkstoffe	Abnahmeprüfzeugnisse basierend auf bestehenden Normen		
	Formgedächtnislegierungen	Prüfung nach 6.4.3.4		
	Andere Werkstoffe	Abnahmeprüfzeugnisse basierend auf bestehenden Normen		

Tabelle 25 — Spezielle Prüfungen für die Rohmaterialien und Bestandteile für elastomere Isolatoren einschließlich niedrige dämpfende Isolatoren für Brücken, die geringen Erdbebeneinwirkungen ausgesetzt sind

Abnahmeprüfzeugnis nach EN 10204	Gegenstand der Kontrolle	Kontrolle nach	Häufigkeit	WPK-Prüfung
3.1	Elastomer mit hoher Dämpfung	Tabelle 9 (mit Ausnahme des Weiterreißwiderstandes) Weiterreißwiderstand (Tabelle 9) Tabelle 12	Erstprüfung — einmalig Werkseigene Produktionskontrolle — jede Charge Erstprüfung — einmalig Werkseigene Produktionskontrolle — jede 5. Charge Erstprüfung — einmalig	8.2.4.1.3 8.2.4.2.3 8.2.4.3.3
	niedrige dämpfende Elastomer	Tabelle 8 (mit Ausnahme des Weiterreißwiderstandes) Weiterreißwiderstand (Tabelle 8) Tabelle 12 (außer wenn die Variation der Dämpfung nicht gefordert ist)	Erstprüfung — einmalig Werkseigene Produktionskontrolle — jede Charge Erstprüfung — einmalig Werkseigene Produktionskontrolle — jede 5. Charge Erstprüfung — einmalig	
	niedrige dämpfende Elastomer für Isolatoren für Brücken für geringe seismische Einwirkungen	EN 1337-3:2005, Tabelle 1	Erstprüfung — einmalig Werkseigene Produktionskontrolle nach EN 1337-3:2005, Tabelle 8	
	Polymerkernmaterial	8.2.4.3.2 8.2.4.3.3	Erstprüfung — einmalig jede Charge	
	Bleikern	8.2.2.3	jede Charge	
	Stahlbleche	EN 1337-3:2005, 4.4.3	jede Charge	

Tabelle 26 — Spezielle Prüfung der Rohmaterialien und Bestandteile von Gleitern mit gekrümmter und ebener Gleitfläche

Abnahmeprüfzeugnis nach EN 10204	Gegenstand der Kontrolle	Kontrolle nach	Häufigkeit	WPK-Prüfung
3.1 und 3.2	Gleitwerkstoffe und Gleitpartner, Schmierstoffe und Eisenwerkstoffe für Gleitplatten	EN 1337-2:2004, Tabelle 16, oder entsprechender ETA	nach EN 1337-2:2004, Tabelle 16, oder entsprechender ETA	8.3.4.2
3.2	Energiedissipierender Gleitwerkstoff in den Hauptgleitflächen	8.3.4.1.4	Erstprüfung — einmalig	

10.3.3 Ausrüstung

Sämtliche Wiege-, Mess- und Prüfausrüstung muss kalibriert und regelmäßig entsprechend den dokumentierten Verfahren, Häufigkeiten und Kriterien überprüft werden.

10.3.4 Probenahme

Zufallsproben müssen der laufenden Produktion entnommen werden.

11 Einbau

Alle in EN 1337-11 angegebenen maßgebenden Anforderungen für die Baulager müssen auch auf Erdbebenvorrichtungen angewandt werden.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, dass die Installation von ordnungsgemäß ausgebildetem Personal ausgeführt wird, das vorzugsweise durch den Hersteller unterstützt wird oder unter seiner Aufsicht arbeitet.

Der Hersteller der Vorrichtung muss insbesondere die folgenden Informationen zur Verfügung stellen:

- a) Eine detaillierte Einbauzeichnung, die alle für die Montage geforderten Angaben und Verfahren zeigt (die Angaben müssen Abmessungen, Höhen, Neigungen, Toleranzen, Qualität des Vergussmaterials und die Voreinstellung in Abhängigkeit von der Temperatur einschließen).
- b) Einbautoleranzen: Für Gleiter und elastomere Isolatoren müssen die Toleranzen mindestens die in den entsprechenden Teilen von EN 1337 angegebenen Werte einhalten.
- c) Beim Einbau anzufertigende Aufzeichnungen: Aufzeichnungen müssen auf ähnlichen Grundregeln wie die für Aufzeichnungen für Baulager geforderten aufgebaut sein, wie sie in EN 1337-11 angegeben sind.

12 Inspektion während des Betriebes

12.1 Allgemeine Anforderungen

Alle in EN 1337-10 angegebenen maßgebenden Anforderungen für die Baulager müssen auf die Erdbebenvorrichtungen anwendbar sein.

12.2 Regelmäßige Kontrolle

Bei der regelmäßigen Kontrolle müssen alle in EN 1337-10:2003, Abschnitt 5 aufgelisteten Eigenschaften mit dem folgenden Zusatz überprüft werden:

- Austritt von Öl (für Temporäre dynamische Verbindungsvorrichtungen (TCD), Geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen und alle Vorrichtungen, in denen Flüssigkeiten Verwendung finden).

Wenn ein Austritt von Öl festgestellt wird, muss eine Hauptprüfung durchgeführt werden.

12.3 Hauptprüfung

Die Hauptprüfung muss in geringerer Häufigkeit als die regelmäßige Überprüfung durchgeführt werden und wird üblicherweise eine von diesen ersetzen.

Die erste Hauptprüfung muss innerhalb eines Jahres nach der Inbetriebnahme des Bauwerkes durchgeführt werden.

Die Hauptprüfung muss nach jedem Erdbeben, das die Stärke der Anforderung nicht zu versagen erreicht, wie in 4.1.1 a) definiert, wiederholt werden.

Die jeweiligen Überprüfungen für die verschiedenen Typen von Erdbebenvorrichtungen müssen vom Hersteller definiert werden. Für Gleiter und Elastomerlager müssen die jeweiligen Überprüfungen mindestens die in EN 1337-10 angegebenen Anforderungen einhalten.

Die Aufzeichnungen, die bei der Hauptprüfung zu machen sind, müssen vom Hersteller definiert werden und müssen auf Grundregeln ähnlich der für Baulager geforderten Aufzeichnungen wie in EN 1337-10 angegeben, aufgebaut sein.

Anhang A **(informativ)**

Erläuterung zu Abschnitt 1: Anwendungsbereich

Die Milderung der Erdbebenantwort des Bauwerkes darf durch Erhöhung der Grundschiwingzeit des Tragwerks, durch Veränderung der Form der ersten Eigenform, durch Erhöhung der Dämpfung, durch Begrenzung der Kräfte, die auf das Tragwerk übertragen werden und/oder Einführung temporärer Verbindungen, die die gesamte Erdbebenantwort des Tragwerks verbessern, erreicht werden. Andere Wege der Veränderung dürfen ins Auge gefasst werden.

Es gibt verschiedene Arten von Vorrichtungen, die verwendet werden können, um dieses Ziel zu erreichen, jede mit anderen Möglichkeiten der Positionierung im Tragwerk.

Ein beliebter Weg, die Erdbebenantwort des Tragwerks zu verändern, ist für Erdbebenisolation zu sorgen. In diesem Fall sind die Isolationseinheiten üblicherweise unter der Hauptmasse des Tragwerks positioniert und über die Isolationsebene verteilt angeordnet. Sie können ein quasi-elastisches Verhalten haben, um die Grundschiwingzeit des Tragwerks anzuheben, oder ein nichtlineares degressives Verhalten, um die auf das Tragwerk übertragene Kraft zu begrenzen.

Eine Verringerung der Tragwerksantwort kann auch durch Dämpfungsvorrichtungen, die an verschiedenen Stellen des Tragwerks installiert werden, um Energie zu dissipieren, erreicht werden.

Die Installation temporärer Festhaltungen, die nur durch die schnellen Bewegungen infolge von Erdbebenwirkungen aktiviert werden, können auch zu einer merklichen Verbesserung der Erdbebenantwort des Tragwerks beitragen.

Kombinationen von Vorrichtungen der oben beschriebenen Typen dürfen auch verwendet werden.

Isolatoren, die zum Schutz vor Erdbeben verwendet werden, spielen für Lastfälle ohne Erdbebeneinwirkung oft die Rolle von Baulagern. Deshalb dürfen sie auch durch die Anforderungen von EN 1337-1, EN 1337-2, EN 1337-3, EN 1337-5 und EN 1337-7 geleitet sein.

Die Bemessung von Tragwerken, deren Antwort durch Erdbebenvorrichtungen abgemildert ist, ist durch die Eurocodes zur Tragwerksberechnung geregelt. Im Falle basisisolierter Tragwerke, gilt EN 1998-1:2004, Abschnitt 10, mit ergänzenden Anforderungen in EN 1998-2 für Brücken.

Diese Europäische Norm legt Regeln für die Bemessung von Erdbebenvorrichtungen speziell für den Lastfall Erdbeben fest. Diese Vorrichtungen müssen im Allgemeinen Lastfällen ohne Erdbebeneinwirkung widerstehen; in diesen Lastfällen sind sie durch Eurocodes und andere Europäischen Normen geregelt.

Anhang B (informativ)

Erläuterung zu Abschnitt 4: Allgemeine Regelungen

B.1 Nutzungsdauer einer Vorrichtung

Die Nutzungsdauer einer Vorrichtung, wie in 3.1 festgelegt, wird vom Bauherrn in den technischen Spezifikationen des Projektes angegeben. Die Zahl ist auf Erklärungen des Herstellers der Vorrichtung als Teil des Bewertungsverfahrens (siehe 4.6) gegründet oder auf den besonderen Bedingungen des Projektes, wenn die im Bewertungsverfahren angegebenen Bedingungen nicht anwendbar sind. In diesem Fall wird die Nutzungsdauer auf Basis der Ergebnisse beschleunigter Prüfungen und anderer bereitgestellter Nachweise abgeschätzt. Falls erforderlich, kann die Nutzungsdauer auch die Lebensdauer des Tragwerks berücksichtigen, wie es in den Entwurfsbeschreibungen des Projektes angegeben ist, oder, im Falle des Fehlens einer solchen Beschreibung, mit den in EN 1990 angegebenen allgemeinen Hinweisen. Die Nutzungsdauer der Vorrichtungen darf geringer sein als die Lebensdauer des Tragwerks.

B.2 Grundlegende Anforderungen

Grundlegende Anforderungen betreffen sowohl das Tragwerk als auch die Vorrichtungen, da ihr dynamisches Verhalten und ihre Grenzzustände nicht gänzlich getrennt werden können. Sie müssen vollständig mit den in EN 1998 dargelegten übereinstimmen. Anforderungen und besondere Regeln für die Bemessung von Tragwerken sind in EN 1998 angegeben, während diese Europäische Norm zusätzliche Anforderungen und besondere Regeln für die Bemessung von Vorrichtungen abdeckt.

Die grundlegenden Anforderungen an das Tragwerk gelten als erfüllt, wenn die Konformitätskriterien in EN 1998-1:2004, 2.2 eingehalten sind.

B.3 Zuverlässigkeitsunterscheidung

Nach den entsprechenden Teilen von EN 1998 ist die Zuverlässigkeitsunterscheidung für verschiedene Arten von Hochbauten oder Ingenieurbauwerken durch Klassifizierung der Bauwerke in verschiedene Wichtigkeitskategorien eingeführt. Jeder Kategorie wird ein Wichtigkeitsfaktor γ_1 zugeordnet und auf die Erdbebeneinwirkung angewandt. Die Werte des Faktors γ_1 werden in den entsprechenden Teilen von EN 1998 empfohlen.

Dieser γ_1 -Faktor ist in den Schnittgrößen infolge Erdbebeneinwirkungen für die Vorrichtungen enthalten.

B.4 Erhöhte Zuverlässigkeit

In EN 1998-1 wird ein γ_x -Faktor für Isolatoren gefordert, um eine erhöhte Zuverlässigkeit für Isolationssysteme abzudecken, und sein empfohlener Wert beträgt 1,2. Die nationalen Behörden sollten die zugehörigen Werte für die Verwendung in ihrem Staatsgebiet bestimmen. In EN 1998-2 wird der Zuverlässigkeitsfaktor γ_S genannt und sein empfohlener Wert beträgt 1,5.

In den Fällen, in denen kein Isolationssystem verwendet wird, aber Erdbebenvorrichtungen vorhanden sind, kann es immer noch gerechtfertigt sein, die Zuverlässigkeit des System durch Einführung eines Faktors γ_x größer als 1 zu erhöhen, der Wert des Faktors hängt von der Rolle, die die Vorrichtungen in der Gesamtstabilität des Tragwerks spielen, den verwendeten Vorrichtungstypen und der zukünftigen Nutzung des Tragwerks ab. Diese Europäische Norm gibt zusätzliche Empfehlungen für die Werte für γ_x entsprechend den verschiedenen Vorrichtungstypen (mit Ausnahme der Isolatoren, für die die Werte für den γ_x -Faktor in Eurocode 8 angegeben sind), um den nationalen Behörden bei ihrer Wahl zu helfen oder dem Bauherrn oder dem Tragwerksplaner, wenn keine Anforderungen vorhanden sind.

B.5 Anforderungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)

Die Vorrichtung und ihre Verbindungen zum Tragwerk sollten so bemessen sein, dass für eine Erdbebenwirkung über die Bemessungserdbebenwirkung hinaus, kein unmittelbares katastrophales Versagen eintritt oder unmittelbare Veränderung in den Eigenschaften eintreten, die genügen würden, dem dynamischen Verhalten des Tragwerks abträglich zu sein.

Nach einer Erdbebenwirkung entsprechend dem Bemessungserdbeben sollte das Auswechseln der Vorrichtung, ohne Abbruch, Ersetzen des Tragwerks oder Hinzufügung von Teilen zum Tragwerk, möglich sein. Jedoch ist ein sehr begrenzter Abbruch in der Nähe der Verankerung (das heißt, ungefähr von der gleichen Größe) erlaubt. Das Verfahren zum Auswechseln sollte in den Entwurfsunterlagen, wie in 4.3.4 gefordert, beschrieben sein. Große Eingriffe einschließlich größerer Abbrüche und/oder Austausch von Teilen des Tragwerks oder das Hinzufügen von neuen tragenden Elementen dürfen nach einer Erdbebenwirkung über das Bemessungsniveau hinaus ins Auge gefasst werden.

B.6 Anforderungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Es ist unerwünscht, ein Tragwerk zu haben, das unter häufig auftretenden Lasten, wie zeitabhängigen Lasten oder Wind, merklich reagiert. Deshalb sollten, wenn Isolationssysteme verwendet werden, zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, um eine angemessene Steifigkeit in Querrichtung gegen häufig auftretende Lasten bereitzustellen.

B.7 Tragwerksberechnung

Die Tragwerksberechnung im Lastfall Erdbeben ist im Prinzip in EN 1998-1 und EN 1998-2 behandelt.

Die Bemessungserdbebenwirkung ist die in EN 1998-1:2004, Abschnitt 3 definierte, unter Verwendung eines elastischen Antwortspektrums oder entsprechender Beschleunigungsverläufe. Immer wenn ein Verhaltensfaktor anwendbar ist, wird ein Bemessungsspektrum verwendet.

Entsprechend den betrachteten Vorrichtungstypen, wird die dynamische Tragwerksberechnung entweder unter Verwendung eines Antwortspektrums oder eines Zeitverlaufsverfahrens durchgeführt.

Die Verwendung eines Antwortspektrums in Verbindung mit einem entsprechenden linearen Verhalten ist durch in EN 1998-1:2004, 10.9.2 angegebene Bedingungen geregelt, insbesondere was die Begrenzung der Dämpfung betrifft. Wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind, sollte ein Zeitverlaufsverfahren zur Tragwerksberechnung verwendet werden. Es wird mit Nachdruck empfohlen, ein Zeitverlaufsverfahren zur Tragwerksberechnung durchzuführen, wenn die effektive Dämpfungsrate im Vergleich zur hysteretischen Energie-dissipation größer als 15 % ist

Die Hauptmerkmale einer Erdbebenvorrichtung, die sorgsam für die Verwendung im Entwurf des Tragwerks zu beurteilen sind, sind ihre Nachgiebigkeit, ihr Dämpfungsvermögen und ihr Vermögen zur Selbstzentrierung.

Schnittgrößen auf Vorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk im Lastfall Erdbeben werden durch Anwenden der Tragwerksanalyse, wie in den entsprechenden Teilen von EN 1998 definiert, bestimmt. Um die Grundsätze der Kapazitätsbemessung zu erfüllen, sollten die Bemessungsschnittgrößen zusätzliche Anforderungen berücksichtigen, die in den entsprechenden Teilen von EN 1998 angegeben sind.

Einwirkungen, die auf die Vorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk in den verschiedenen Bemessungslastfällen, einschließlich dem Lastfall Erdbeben, aufgebracht werden, bilden die Grundlage für die Bemessungsanforderungen an die Vorrichtungen und ihre Verbindungen zum Tragwerk.

B.8 Werkstoffeigenschaften

Eine passende Auswahl in den Paaren der Eigenschaften (oberer Bemessungswert der Eigenschaften (en: Upper Bound Design Properties — UBDP) und unterer Bemessungswert der Eigenschaften (en: Lower Bound Design Properties — LBDP) darf in nur zwei einhüllenden Tragwerksberechnungen münden.

Für die Bemessung von Vorrichtungen ist zu beachten, dass nach EN 1990 Teilsicherheitsbeiwerte γ_m auf die wesentliche Werkstofffestigkeit und/oder größte Dehnung angewandt werden sollten. γ_m bezieht sich auf die Verteilung der Festigkeit unter Betrachtung der Wahrscheinlichkeit und hängt vom verwendeten Werkstoff ab. In den Fällen, in denen eine rechnerische Überprüfung der Vorrichtung nicht durchgeführt wird, weil sämtliche Werkstoffe einzeln kontrolliert werden (zum Beispiel in den Fällen, in denen die Überprüfung auf der Prüfung einer ausreichenden Anzahl von Proben basiert), kann ein ähnlicher γ -Faktor auf den Widerstand der Vorrichtung als ganzes oder auf Teile davon angewandt werden. Dann wird ein anderer Index bei γ verwendet (zum Beispiel γ_b für die gesamte Vorrichtung).

B.9 Rückzentrierungsvermögen

Der Zweck der Anforderung nach Rückzentrierungsvermögen ist nicht so sehr die der Begrenzung der bleibenden Verschiebungen am Ende des Erdbebenereignisses, sondern stattdessen, die der Vorbeugung gegen sich aufsummierende Verschiebungen während des Ereignisses, wie in den Bildern B.1 und B.2 angedeutet.

Eine Anforderung nach Rückzentrierungsvermögen ist notwendig, um unvorhersehbare entgegenwirkende Faktoren zu berücksichtigen, wie außerhalb der Solllage eingebaute Gleitlager.

Die Rückzentrierung bekommt eine besondere Wichtigkeit in Tragwerken, die in enger Nähe zu einer Verwerfung stehen, wo Erdbeben, die durch hochgradig asymmetrische Zeitverläufe gekennzeichnet sind, zu erwarten sind (Nahfeld- oder Fling-Effekt).

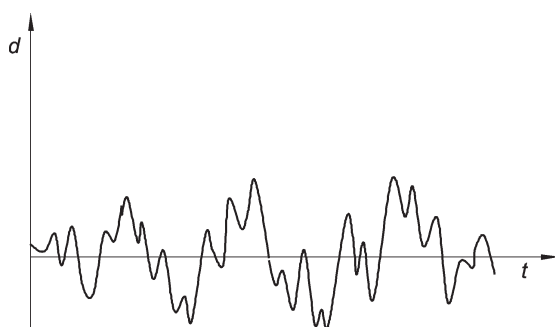


Bild B.1 — Erdbebenisolationssystem mit ausreichendem Selbstzentrierungsvermögen

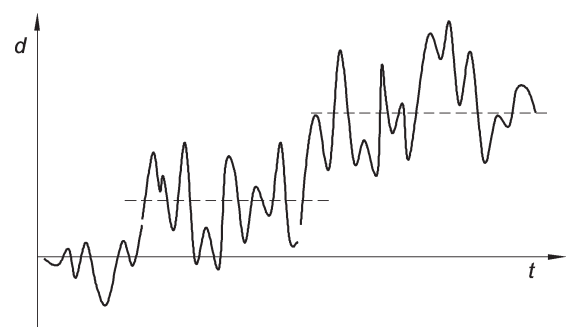


Bild B.2 — Erdbebenisolationssystem mit schwach ausgeprägtem Selbstzentrierungsvermögen

Unter den vier grundlegenden Funktionen eines Erdbebenisolationssystems sind Energiedissipation und Rückzentrierungsvermögen zwei gegensätzliche Funktionen und ihre relative Bedeutung hängt vorrangig vom untersuchten Fall ab.

Die in 4.4.3 angegebene Bedingung ist auf Energiebetrachtungen gegründet und passt folglich sehr gut mit der wirklichen Natur des betrachteten Phänomens (dem Erdbeben) zusammen. Die vorgeschlagene Nachweisbedingung kann einfach in Formeln oder Bemessungskriterien für jeden Isolatorotyp oder jedes Isolationssystem übersetzt werden.

Es sollte erwähnt werden, dass das Rückzentrierungsvermögen ein Merkmal des gesamten Isolationssystems ist, nicht notwendigerweise von jeder seiner Komponenten (zum Beispiel einem einzelnen Isolator). Die Berechnung der reversibel gespeicherten Energie E_S muss auch die Elemente des Tragwerks berücksichtigen, die seine Antwort beeinflussen, so wie ein schlanker Pfeiler, der mit dem Brückenüberbau fest verbunden ist, der während des Erdbebenereignisses Biegeverformung unterworfen ist. In diesem Falle wirkt der Pfeiler wie eine Feder und darf folglich für alle praktischen Zwecke als ergänzende rückzentrierende Vorrichtung betrachtet werden. Ein zweites Beispiel für Bauteile, die die Antwort des Tragwerks beeinflussen, sind Hänger von Hängebrücken. In diesem Falle handelt es sich bei der gespeicherten Energie um potentielle Energie.

Das vorgeschlagene Kriterium hat sich für die Vorab-Bestimmung der Merkmale eines Isolationssystems als geeignet erwiesen, bevor eine iterative nichtlineare Berechnung durchgeführt wird. Die letztgenannte stellt immer noch die zutreffendste Methode dar, das Rückzentrierungsvermögen eines Isolationssystems nachzuweisen, insofern sie die Quantifizierung der bleibenden Verschiebung als auch Aufschluss über das Anwachsen aller aufsummierten Verschiebungen während eines Erdbebenereignisses erlaubt.

Anhang C (informativ)

Erläuterungen zu Abschnitt 5: Starre Verbindungsvorrichtungen (Rigid connection devices — RCD)

C.1 Funktionelle Anforderungen

Eine temporäre Verbindungsvorrichtung (Temporary Connecting Device — TCD) ist vollständig definiert, wenn der Tragwerksplaner die folgenden Bemessungsgrößen festlegt:

- Bemessungskraft (kN);
- Aktivierungs-(Sperr-)Geschwindigkeit (mm/s);
- maximaler Widerstand bei langsamen Bewegungen, Schleppkraft (kN);
- festgelegte Schleppgeschwindigkeit (mm/s);
- maximaler Kolbenhub (\pm mm);
- temperaturinduzierter Kolbenhub (\pm mm);
- Toleranzen;
- Rotationswinkel (\pm Grad);
- Bereich der Gebrauchstemperatur

wobei der maximale Kolbenhub Verschiebung infolge jeglicher langsam auftretenden Effekte (Temperatur-effekte, Kriech- und Schwindefeffekte) und dynamischer Effekte einschließt, und zusätzlich die Justierlänge (sofern gefordert).

Die Aktivierungsgeschwindigkeit sollte zu etwa 1 % der maximal zu erwartenden Relativgeschwindigkeit an ihren Enden der TCD abgeschätzt werden.

Die erste Anforderung stellt sicher, dass die Kraft, die von der Einheit bei einer Geschwindigkeit, die gleich oder kleiner als die Aktivierungsgeschwindigkeit ist, entwickelt wird, mindestens gleich der Bemessungskraft im gesamten Bereich der Umgebungstemperatur sein muss.

Die zweite Anforderung stellt sicher, dass wenn die Vorrichtung langsam aufgebrachten Relativbewegungen an ihren Enden ausgesetzt ist, wie temperaturinduziertem Ausdehnen/Zusammenziehen, ihre Reaktion nicht die maximale Bemessungsschleppkraft über den gesamten Bereich der Umgebungstemperatur übersteigt.

Diese Anforderung zielt darauf ab, auf Bauteile einwirkende Ermüdungslasten zu vermeiden.

Die dritte Anforderung zielt darauf ab, nachzuweisen, dass immer wenn die temporären Verbindungsvorrichtungen (TCD) nicht-seismischen Stoßlasten, wie Bremskräften für in Brücken installierte Vorrichtungen, ausgesetzt sein sollten, eine zusätzliche Bewertung der Leistung unter Betrachtung von Kraft, Geschwindigkeit, Steifigkeit und Anzahl der Lastwechsel durchgeführt werden sollte.

C.2 Werkstoffeigenschaften

Silikonöle sorgen für sehr stabile rheologische Eigenschaften. In sehr wenigen Fällen, wenn die Frequenz der Bauwerksbewegungen zu gravierendem Verschleiß der Dichtungen führen kann und/oder in sehr großen Einheiten, bei denen stick-slip-Erscheinungen — bedingt durch das Gewicht und die Schlankheit der Einheit selbst — zu erwarten sein könnten, kann die Schmierwirkung von kohlenwasserstoffbasierten Ölen ausgenutzt werden, und ihre Verwendung kann mit der Zustimmung des Tragwerksplaners erlaubt werden.

C.3 Bemessungsanforderungen

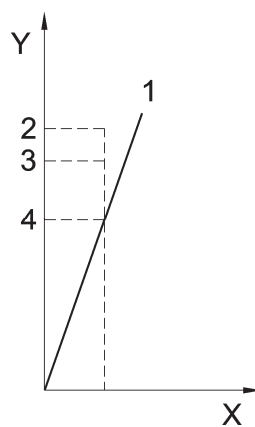
Die vorgeschlagenen Teilsicherheitsbeiwerte stehen in Bezug zur Wiederkehrperiode des Erdbebens.

Immer, wenn die temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) mit einem Überlastentlastungssystem ausgestattet ist, wie Entlastungsventilen zur Begrenzung des Druckanstiegs in der Vorrichtung, wenn die Bemessungsbedingung überschritten ist, kann ein niedrigerer Sicherheitsbeiwert verwendet werden.

Die schädlichste Beschleunigung, die auf die Vorrichtung wirkt, ist — mit Ausnahme der axial gerichteten — die vertikal gerichtete. Tatsächlich sollten das Dichtungssystem und die Vorrichtung selbst bemessen sein, um der Auswirkung des Eigengewichts der temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) zuzüglich der Vertikalbeschleunigung zu widerstehen.

Die Verbindungen zwischen der temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) und dem Tragwerk sind bemessen, um einer Kraft in Höhe von $1,1 \gamma_{Rd} F_{UB}$ oder $1,5 \gamma_{Rd} F_{UB}$, wobei γ_{Rd} gleich 1,1 ist, zu widerstehen.

Die Komponenten der temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) müssen bemessen sein, um einer Kraft in Höhe von $\gamma_{Rd} F_{UB}$ oder $1,5 \gamma_{Rd} F_{UB}$ zu widerstehen.



Legende

- X Verschiebung
- Y Kraft
- 1 Verlauf des Nennwertes
- 2 $1,1 \gamma_{Rd} F_{UB}$ oder $1,5 \gamma_{Rd} F_{UB}$
- 3 $1,1 F_{UB}$ oder $1,5 F_{UB}$
- 4 F_{UB}

Bild C.1 — Nachweis der Festigkeit

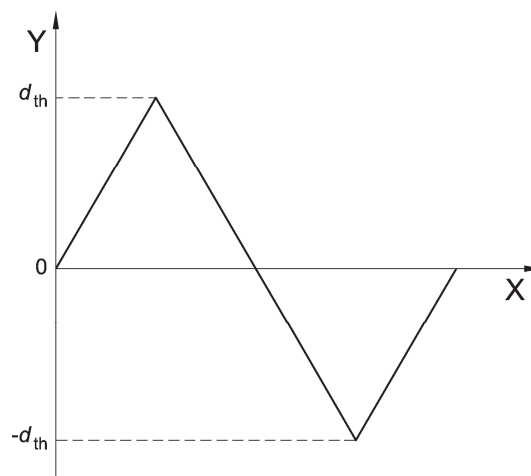
C.4 Prüfungen

C.4.1 Allgemeines

Temporäre Verbindungsvorrichtungen (TCD) stellen das erwartete Verhalten über den gesamten Bereich der Gebrauchstemperaturen zur Verfügung.

Bei Betrachtung der verfügbaren Technologien stehen die kritischsten Fragestellungen im Zusammenhang mit der Schleppkraft, die von der temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) bei der niedrigsten erwarteten Temperatur erzeugt wird (weil die Viskosität der Flüssigkeit mit sinkender Temperatur steigt) und der Bemessungssteifigkeit bei der höchsten erwarteten Temperatur (bei der die Viskosität der Flüssigkeit am geringsten sein wird).

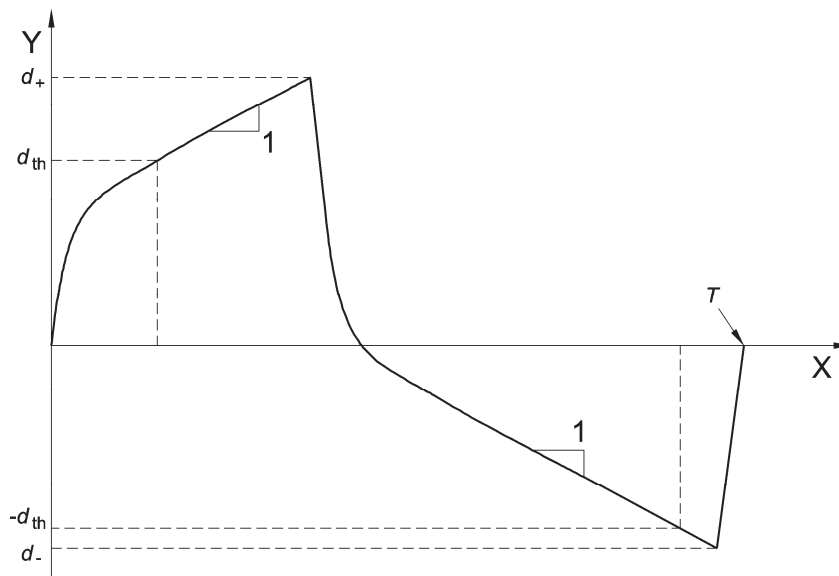
C.4.2 Prüfung bei geringer Geschwindigkeit



Legende

- X Zeit (s)
- Y Verschiebung (mm)

Bild C.2 — Belastungsverlauf für die Prüfung bei geringer Geschwindigkeit



Legende

- X Zeit (s)
- Y Verschiebung (mm)
- 1 festgelegte Schleppgeschwindigkeit (mm/s)

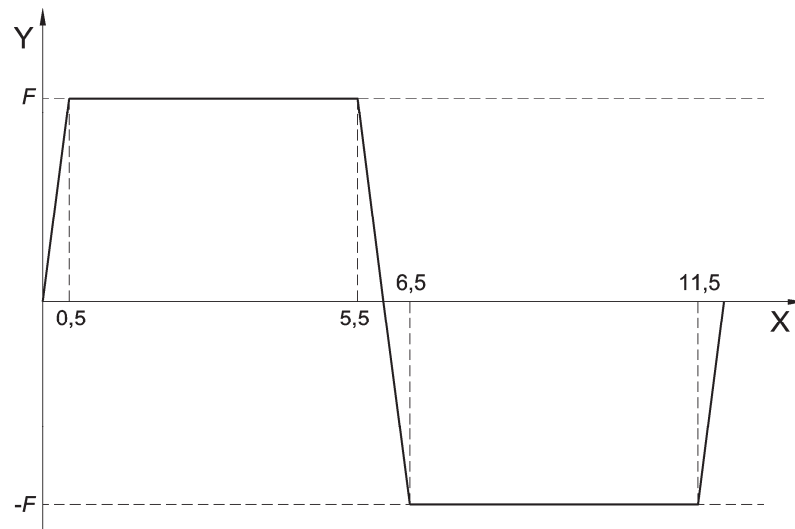
Bild C.3 — Typischer Verschiebungs-Zeit-Verlauf für eine kraftgeregelte Prüfung

C.4.3 Dichtungsverschleißprüfung

Von temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) wird typischerweise erwartet, während des Erdbebens zu funktionieren, wobei sie über Jahre nur temperaturinduzierte Bewegungen erfahren haben. Zum Zeitpunkt des Erdbebens muss das Dichtungssystem ein einwandfreies Funktionieren sicherstellen, sogar nach einer langen Ruhephase. Dichtungsverschleiß darf nicht das Verhalten des gesamten Tragwerks in Frage stellen.

C.4.4 Stoßbelastungsprüfung

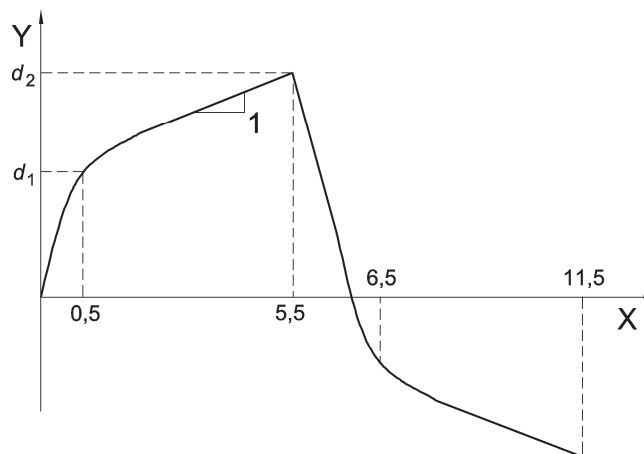
Die geforderte Zeit von 0,5 s zum Erreichen der maximalen Kraft zielt lediglich darauf ab, für einen stoß-ähnlichen Effekt auf die temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) zu sorgen. Hinsichtlich der Prüfung kann diese Belastungszeit im Allgemeinen leicht erreicht werden. Durch außergewöhnliche Lasten und Kolbenhübe gekennzeichnete temporäre Verbindungsvorrichtungen (TCD) dürfen mit einer längeren Belastungszeit geprüft werden.



Legende

- X Zeit (s)
- Y Kraft (kN)

Bild C.4 — Belastungsverlauf für die Stoßbelastungsprüfung



Legende

- X Zeit (s)
- Y Verschiebung (mm)
- 1 Aktivierungsgeschwindigkeit

Bild C.5 — Typischer Verschiebungs-Zeit-Verlauf für eine Stoßbelastungsprüfung

C.4.5 Überlastungsprüfung

Der Gegenstand dieser Prüfung ist es, das Verhalten der temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) für den Fall zu überprüfen, dass die Bemessungslast überschritten wird.

Eine temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) verhält sich wie ein dynamisch aktiviertes Federelement, deshalb darf immer, wenn das tatsächliche Erdbeben die Bemessungsannahmen übersteigt, die resultierende durch die Vorrichtung übertragene Kraft die Bemessungskraft übersteigen. Wenn die temporäre Verbindungsvorrichtung (TCD) mit duktilen Elementen verbunden ist, ist die übertragene Kraft durch das Fließen solcher Elemente begrenzt. Immer, wenn eine bestimmte Höhe der Kraft kritisch für die letztendliche Leistungsfähigkeit des Tragwerks ist, darf der Tragwerksplaner die Verwendung von Entlastungsventilen vorschreiben, um die maximale durch die Einheit übertragene Kraft zu begrenzen.

C.4.6 Zyklische Belastungsprüfung

Der Gegenstand der Prüfung ist es, die Zuverlässigkeit des Verhaltens der temporären Verbindungsvorrichtung (TCD) während des Erdbebens zu bewerten.

Ein anhaltender sinusförmiger (zeitabhängiger) Belastungsverlauf wird in 5.3.4.7 für eine ausreichende Zeitdauer gebraucht.

Anhang D (informativ)

Erläuterungen zu Abschnitt 6: Verschiebungsabhängige Vorrichtungen (Displacement Dependent Devices — DDD)

D.1 Kategorien von nichtlinearen Vorrichtungen (NLD)

Nichtlineare Vorrichtungen (NLD) werden hauptsächlich in passiven Kontrollsystemen benutzt, deren Funktionieren auf einem Anstieg der Flexibilität des Tragwerks und/oder auf dem basiert.

Es können verschiedene Kategorien von Vorrichtungen entsprechend den Hauptmerkmalen ihrer Kraft-Verschiebungs-Kurven unterschieden werden, abgeleitet von den besonderen Eigenschaften verschiedener Werkstoffe und Mechanismen.

Eine erste Klassifizierung kann entsprechend ihrem Energiedissipationsvermögen erfolgen und umfasst folgende Kategorien:

- Energie dissipierende Vorrichtungen (Energy Dissipating Devices — EDD), wenn $\zeta > 15\%$;
- nichtlineare elastische Vorrichtungen (Non Linear Elastic Devices — NLED), wenn $\zeta \leq 15\%$.

Eine zweite Klassifizierung kann entsprechend der Veränderlichkeit ihrer Steifigkeit als eine Funktion der Verschiebung erfolgen und umfasst folgende Kategorien:

- progressive Vorrichtungen (Hardening Devices — HD), wenn $K_2/K_1 > 1$;
- degressive Vorrichtungen (Softening Devices — SD), wenn $K_2/K_1 \leq 1$.

Eine dritte Klassifikation kann entsprechend des Rückzentrierungsvermögens der Vorrichtung erfolgen, das heißt der Fähigkeit, ihre ursprüngliche Form wiederzuerlangen, wenn die von außen einwirkende Kraft Null ist, oder — wenn es ein Teil eines Tragwerks ist — das Tragwerk so zu gestalten, dass es seine ursprüngliche Form wiedererlangt oder bleibende Verschiebungen am Ende eines Erdbebens begrenzt werden. Die folgenden Kategorien können hervorgehoben werden:

- dynamisch [schwach] rückzentrierende Vorrichtungen (Dynamically [weakly] Re-Centring Devices — DRD), wenn die reversibel gespeicherte Energie (elastische Dehnungsenergie und potentielle Energie) E_s größer als 25 % der durch die Hysterese dissipierten Energie E_h ist;
- statisch [stark] rückzentrierende Vorrichtungen (Statically [strongly] Re-Centring Devices — RCD), wenn die Verschiebung ohne Einwirkung einer Kraft weniger als 10 % der maximal erreichten Verschiebung ist;
- ergänzende rückzentrierende Vorrichtungen (Supplemental Re-Centring Devices — SRCD), wenn die Verschiebung ohne Einwirkung einer Kraft weniger als 10 % der maximal erreichten Verschiebung ist, selbst wenn eine äußere Kraft von mindestens 10 % der maximalen Kraft dem Wiedererlangen der ursprünglichen Konfiguration der Vorrichtung entgegensteht.

Energie dissipierende Vorrichtungen (EDD) sind üblicherweise degressive Vorrichtungen, die entweder auf den hysteretischen Eigenschaften von Metallen (Stahl, Blei, Formgedächtnislegierungen) oder auf dem Reibwiderstand zwischen in geeigneter Weise bearbeiteten Oberflächen basieren. Eine Energie dissipierende Vorrichtung (EDD) kann auch durch Verwendung spezieller Formgedächtnislegierungen gestaltet werden.

Nichtlineare elastische Vorrichtungen (NLED) können entweder degressive oder progressive Vorrichtungen sein. Sie basieren manchmal auf der elastischen Eigenschaft von speziellem hochfesten Stahl, einige andere auf Gummi unter Druck oder auf der Superelastizität von Formgedächtnislegierungen. Ihr nichtlineares Verhalten basiert manchmal auf geometrisch nichtlinearen Auswirkungen infolge der besonderen Form ihrer Kernelemente. Andere Typen von Vorrichtungen können in diese Kategorie eingeordnet werden, vorausgesetzt, dass die in diesem Abschnitt angegebenen Anforderungen erfüllt sind.

Eine degressive nichtlineare Vorrichtung (NLD), entweder eine Energie dissipierende Vorrichtung (EDD) oder eine nichtlineare elastische Vorrichtung (NLED), mit einer Steifigkeit nahe Null im zweiten Belastungsast ($K_2 \approx 0$), wie elastisch-perfekt-plastische oder starr-perfekt-plastische Vorrichtungen, können als Verbindungselemente erachtet werden, die verhindern, dass Kräfte, die größer als ihre plastische Schwelle sind, zwischen verschiedenen Tragwerksteilen übertragen werden.

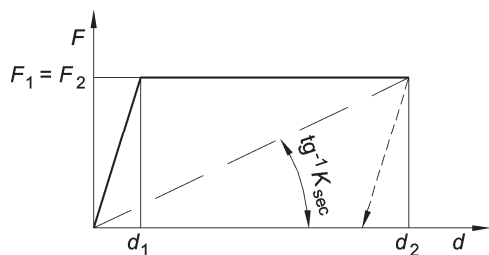


Bild D.1 — Elastisch-perfekt-plastische Vorrichtungen

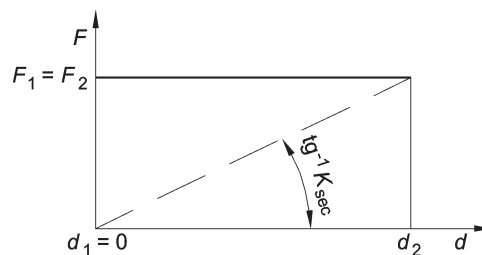


Bild D.2 — Starr-plastische Vorrichtungen

Degressive Vorrichtungen, entweder Energie dissipierende Vorrichtungen (EDD) oder nichtlineare elastische Vorrichtungen (NLED), mit einer niedrigen elastischen Anfangssteifigkeit können verwendet werden, um einen günstigen Anstieg der Grundschwingzeit des Tragsystems zu erzeugen und damit die Erdbebenauswirkungen zu reduzieren.

Progressive Vorrichtungen, üblicherweise nichtlineare elastische Vorrichtungen (NLED), werden oft als flexible Festhaltung verwendet, um im Falle von Erdbeben mit einer stark ansteigenden Kraft Verschiebungen zu begrenzen. Wenn die Anfangssteifigkeit niedrig ist, können sie eine günstige Vergrößerung der Grundschwingzeit des Tragsystems erzeugen.

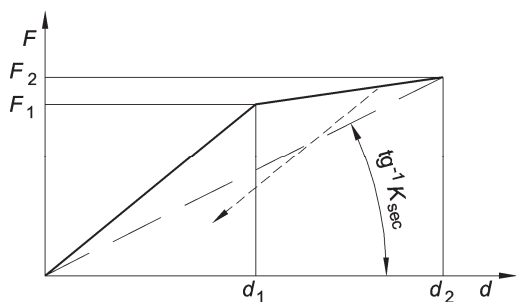


Bild D.3 — Degressive Vorrichtungen mit geringer Anfangssteifigkeit

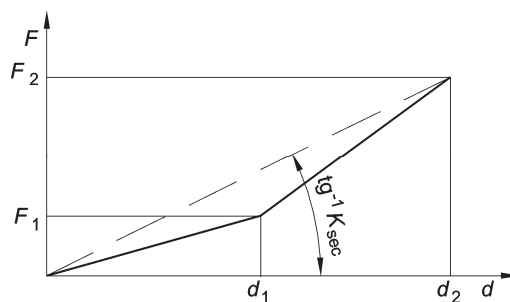
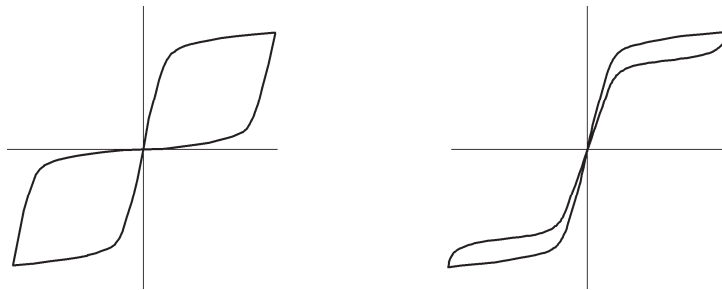


Bild D.4 — Progressive Vorrichtungen

Das Rückzentrierungsvermögen ist eine energisch diskutierte Frage. Einerseits kann sie auf das gesamte Tragsystem unter dynamischen Erdbebenbedingungen bezogen werden, das heißt, mit einem System, das am Ende der äußeren Einwirkung sowohl kinetische als auch potentielle Energie besitzt. In diesem Fall, in dem der kinetische Anteil der Energie nicht von vorn herein für eine gegebene Verschiebung bekannt ist, kann die Definition der Rückzentrierungsbedingung nur auf eine probabilistische oder statistische Grundlage bezogen werden. Andererseits kann sie entweder auf die einzelne Vorrichtung oder das gesamte Tragsystem unter statischen Bedingungen mit Bezug auf die Form der zyklischen Kraft-Verschiebungs-Kurve bezogen werden. In diesem Fall ist eine rückzentrierende Vorrichtung oder ein rückzentrierendes System, eine/eines, deren/dessen Kraft bei einer Verschiebung gleich Null ebenfalls gleich Null ist, in jedem Zustand von Belastung oder Entlastung. Wenn die Kraft in der Entlastungsphase für eine kleine Verschiebung immer noch groß ist, ist eine Vorrichtung in der Lage, das Tragsystem mit dem Rückzentrierungsvermögen auszustatten, sogar wenn nichtkonservative Nebenkräfte (gegensätzlich wirkende Kräfte) vorhanden sind. In diesem Fall bezeichnet man die Vorrichtung als mit ergänzendem Rückzentrierungsfähigkeit behaftet. Im Unterschied zu dynamisch rückzentrierenden Systemen sind statisch rückzentrierende Systeme in der Lage, das Tragsystem in einer festgelegten Art und Weise in seine ursprüngliche Konfiguration zurück zu bringen, für jede Situation, die die Bemessungsbedingungen erfüllt.



Statisch rückzentrierende Vorrichtung Ergänzennde rückzentrierende Vorrichtung

Bild D.5 — Rückzentrierende Vorrichtungen

D.2 Beispiele linearer Vorrichtungen — Elastomere schub-gedehnte Vorrichtungen

Vorrichtungen ähnlich den elastomeren Isolatoren, die keine Vertikalkraft abtragen, sind lineare Vorrichtungen. Wie elastomere Isolatoren werden sie aus einer oder mehreren Schichten Elastomer hergestellt, die auf Schub gedehnt werden, während die oberen und die unteren Endplatten der Vorrichtung, die die sich relativ zueinander bewegendenden Teile eines Tragwerks verbinden, parallel gehalten werden. Entsprechend der Eigenschaft der Elastomermischung kann diese Vorrichtung unterschiedliche Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften zeigen, die üblicherweise in den für lineare Vorrichtungen definierten Bereich fallen.

D.3 Beispiele nichtlinearer Vorrichtungen

D.3.1 Puffer

Der Puffer ist eine auf Gummi basierende elastische Vorrichtung, die in der Lage ist, das Tragwerk mit einer Kraft-Verformungskurve auszustatten. Die Vorrichtung hat deshalb ein elastisches Verhalten, aber im Allgemeinen kein lineares. Tatsächlich hängt ihre Linearität vom Verformungsbereich ab, in dem die Vorrichtung arbeitet. Dieses Verhalten wird mittels einer bestimmten Anzahl speziell konstruierter Elastomerplatten erreicht, von denen jede mit zwei äußeren Stahlplatten zusammenvulkanisiert ist. Die Vorrichtung ist so konstruiert, dass die Elastomerplatten, für Bewegungen in beiden Richtungen, immer auf Druck beansprucht werden. Dies wird mittels der speziellen Stangenanordnung erreicht, die den Elastomerplatten erlaubt, ungeachtet der Richtung der Erdbebenkräfte, immer auf Druck beansprucht zu sein.

Die Puffer werden in Brücken verwendet, um an Widerlagern und/oder zwischen aneinandergrenzenden Überbauten, wo Fahrbahnübergangskonstruktionen angeordnet sind, Horizontalkräfte aufzunehmen.

D.3.2 Energiedissipierende Stahl-Hysterese-Vorrichtungen (Stahl-Hysterese-Dämpfer)

Diese Vorrichtungen haben ein hohes Energiedissipationsvermögen, das vom hysteretischen Verhalten der Baustahlkernelemente abhängt, die auf Biegung, Schub oder Torsion, oder sogar in einer Kombination von diesen, weit über die elastische Dehngrenze gedehnt werden. Die Elemente sind so geformt, dass sie eine einheitliche Dehnungsverteilung in ihren Teilen, die der Energieumwandlung dienen, aufweisen, und außerdem, um ihren Widerstand gegenüber Ermüdung bei niedriger Lastspielzahl zu maximieren. Sie werden normalerweise als Teil eines Erdbebenisolationssystems in Brücken oder Hochbauten oder als Hauptkomponenten von energiedissipierenden Aussteifungssystemen verwendet.

Im Falle starker Erdbeben, deren Intensität größer als das Bemessungserdbeben ist, sollte die Vorrichtung überprüft werden, um zu kontrollieren, ob der Austausch der Vorrichtung oder der Kernelemente erforderlich ist.

D.3.3 Gegen Beulen ausgesteifte Aussteifungen

Diese Vorrichtungen werden üblicherweise als Hauptkomponenten von energiedissipierenden Aussteifungssystemen mit hohem Energiedissipationsvermögen verwendet. Sie basieren auf dem hysteretischen Verhalten von Baustahlelementen, die axial auf Zug und Druck weit über die elastische Dehngrenze gedehnt werden. Die Elemente sind so ausgesteift (üblicherweise durch einen außenliegenden Betonzylinder), dass Beulen auf Druck vermieden wird. Im Falle starker Erdbeben, deren Intensität größer als das Bemessungserdbeben ist, sollte die Vorrichtung überprüft werden, um zu kontrollieren, ob der Austausch der Vorrichtung oder der Kernelemente erforderlich ist.

D.3.4 Rückzentrierende Vorrichtungen aus Formgedächtnislegierungen

Diese Vorrichtungen werden üblicherweise entweder als Hauptkomponenten von Erdbebenisolationssystemen oder rückzentrierenden/energiedissipierenden Aussteifungssystemen verwendet. Sie basieren auf dem hochelastischen Verhalten von Drähten aus Formgedächtnislegierung im austenitischen Zustand. Um Beulen zu vermeiden, sind die Drähte auf eine Art und Weise angeordnet, dass sie nur unter Zugbelastungen aktiviert werden. Diese Vorrichtungen haben hauptsächlich eine rückzentrierende Aufgabe, wenn aber die Drähte aus Formgedächtnislegierung verwendet werden, um eine entgegenwirkende Feder aus Formgedächtnislegierung zu bilden, können sie auch eine deutlich wirksame Dämpfung bereitstellen.

Anhang E (informativ)

Erläuterungen zu Abschnitt 7: Geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen (Velocity Dependent Devices)

E.1 Funktionelle Anforderungen

Ein viskoser Dämpfer ist vollständig definiert, wenn der Tragwerksplaner die folgenden Hauptbemessungswerte festlegt:

- maximale Kraft (kN);
- maximaler Hub (\pm mm);
- maximale Geschwindigkeit (m/s);
- Dämpfungskonstante C ($\text{kN}/(\text{m/s})^\alpha$);
- den Exponenten α des Arbeitsgesetzes;
- Steifigkeit K (kN/m);
- Vorlast F_o ;
- Toleranzen;
- Verdrehwinkel (\pm Grad);
- Umgebungstemperaturbereich.

Ein typisches Arbeitsgesetz eines viskosen Flüssigkeitsdämpfers ist vom Typ:

$$F = Cv^\alpha \quad (\text{E.1})$$

Viskose Flüssigkeitsdämpfer mit einem sehr großen Hub werden durch ein Maxwell-Modell (Feder und Dämpfer in Reihe) besser dargestellt, dessen elastischer Kennwert die Wirkung der Kompressibilität der Flüssigkeit beschreibt.

Letzteres ist wichtig, wenn das Energiedissipationsvermögen abgeschätzt werden muss.

Ein typisches Arbeitsgesetz eines Feder-Flüssigkeitsdämpfers ist vom Typ:

$$F = F_o + kx + Cv^\alpha \quad (\text{E.2})$$

Somit werden Feder-Flüssigkeitsdämpfer besser durch ein Kelvin-Vöigt-Modell (Feder und Dämpfer in Parallelschaltung) dargestellt, wobei die elastische Steifigkeit die Wirkung der Kompressibilität der Flüssigkeit beschreibt und F_o die Vorlast ist.

Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass jede Erdbebenvorrichtung Energie in allen vier bekannten Formen des bekannten Energieerhaltungssatzes akkumuliert oder dissipiert und die Einordnung in viskose Flüssigkeitsdämpfer oder Feder-Flüssigkeitsdämpfer die dominante Energieform berücksichtigt.

Zum Beispiel ein viskoser Dämpfer:

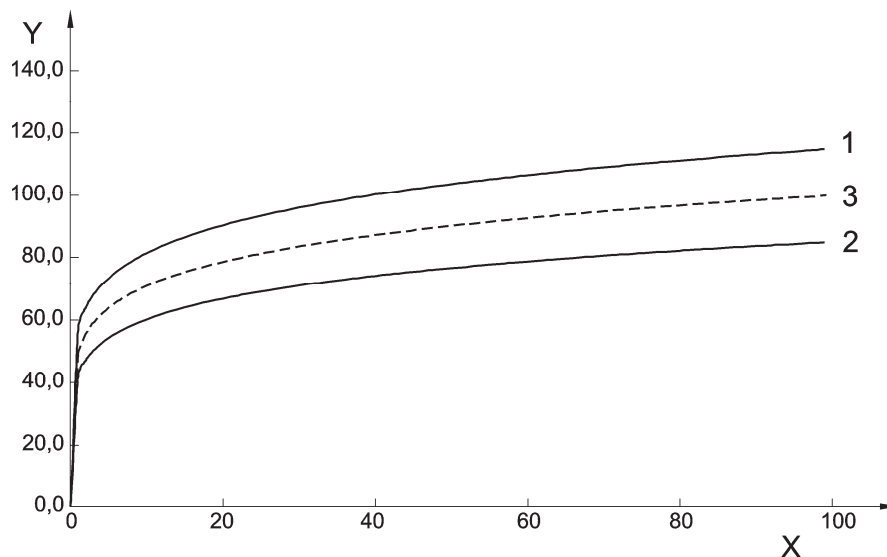
- i) akkumuliert elastische Energie durch Verformung seiner mechanischen Komponenten und die Kompressibilität der viskosen Flüssigkeit (Abhängigkeit von der Verschiebung);
- ii) akkumuliert kinetische Energie in seinen bewegten Teilen, das heißt dem Kolben (Abhängigkeit von der Geschwindigkeit);
- iii) dissipiert Energie hysteretisch in die Dichtungen durch Reibung (Abhängigkeit von der Verschiebung);
- iv) dissipiert Energie viskos durch den erzwungenen Flüssigkeitsdurchgang durch Öffnungs- oder Ventilsysteme (Abhängigkeit von der Geschwindigkeit).

Wenn der vierte Anteil dominiert, wird die Vorrichtung als „viskoser Flüssigkeitsdämpfer“ eingeordnet und die Konstanten K und F_0 dürfen vernachlässigt werden.

Wenn sowohl der erste als auch der vierte Anteil bedeutend sind, wird die Vorrichtung als „Feder-Flüssigkeitsdämpfer“ eingeordnet.

Die Energiemenge, die in einem Bauwerk während eines Erdbebens auf Bemessungsniveau auftritt, kann sich zwischen 1 MJ und 50 MJ bewegen. Das mögliche Ausmaß der beteiligten Energie wirft die grundsätzliche Frage auf: „Wird die Erdbebenvorrichtung durch die Energie, die sie während eines Erdbebens in sich selbst dissipiert, gravierend beschädigt werden?“ Nur ein sehr begrenzter Bruchteil (1–5 %) der großen Menge mechanischer Energie, die sie in Form von Wärme dissipieren muss, kann durch Konvektion und Fortleitung während des Erdbebens an die Umgebung übertragen werden, und somit muss die Vorrichtung in der Lage sein, die erzeugte Wärme zu absorbieren und dem erheblichen Anstieg ihrer Temperatur standzuhalten.

In den folgenden Bildern sind typische Arbeitsgesetze für viskose Flüssigkeitsdämpfer und Feder-Flüssigkeitsdämpfer dargestellt.



Legende

- X normierte Geschwindigkeit (%)
- Y normierte Kraft (%)
- 1 obere Grenze
- 2 untere Grenze
- 3 charakteristischer Kraft-Geschwindigkeitsverlauf

Bild E.1 — Typische Einhüllende des Kraft-Geschwindigkeitsverlaufs eines viskosen Flüssigkeitsdämpfers

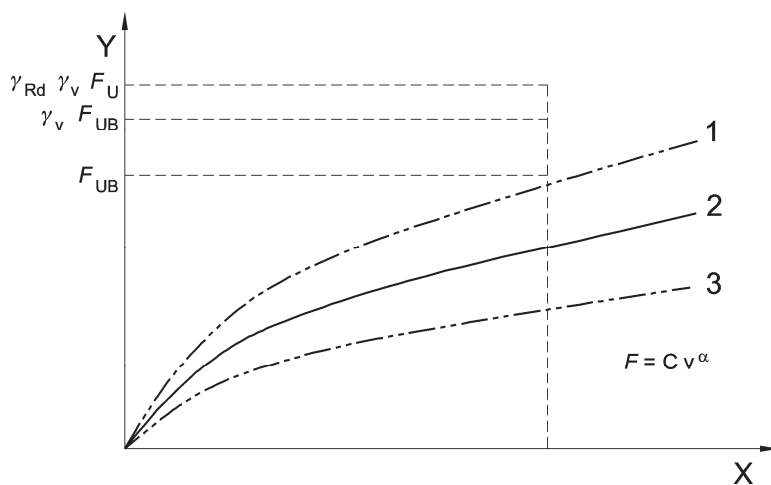
für $\alpha = 1,0$ (linearer Dämpfer) $F_{\max} = (1 + 0,15) \times 1,5^1$ $F_d = 1,725 F_d$ (E.3)

für $\alpha = 0,1$ $F_{\max} = (1 + 0,15) \times 1,5^{0,1}$ $F_d = 1,198 F_d$ (E.4)

Als Zusammenfassung gilt, der Überfestigkeitsfaktor hängt sowohl von der Toleranz als auch vom Exponenten α des Arbeitsgesetzes ab.

Die Verbindungen zwischen den FD/FSD (Flüssigkeitsdämpfern/Feder-Flüssigkeitsdämpfern) und dem Tragwerk müssen so bemessen sein, dass sie einer Kraft von $\gamma_{Rd} \cdot \gamma_v \cdot F_{UB}$ widerstehen, wobei γ_{Rd} gleich 1,1 ist.

Die Komponenten der FD/FSD (Flüssigkeitsdämpfer/Feder-Flüssigkeitsdämpfer) müssen so bemessen sein, dass sie einer Kraft von $\gamma_v \cdot F_{UB}$ widerstehen.



Legende

- X Geschwindigkeit
- Y Kraft
- 1 obere Grenze
- 2 Nennkurve
- 3 untere Grenze

Bild E.4 — Festigkeitsüberprüfung

Vorrichtungen, die durch extreme Abmessungen und extremes Gewicht ausgezeichnet sind, wie viskose Flüssigkeitsdämpfer, die einen Hub über ± 500 mm ermöglichen, können eine modale Analyse erfordern, um die zusätzliche quergerichtete Last, die durch die Erdbebenbeschleunigung entsteht, zu untersuchen. In diesem Fall muss der Tragwerksplaner die Beschleunigungsspektren am Einbauort der Einheiten zur Verfügung stellen.

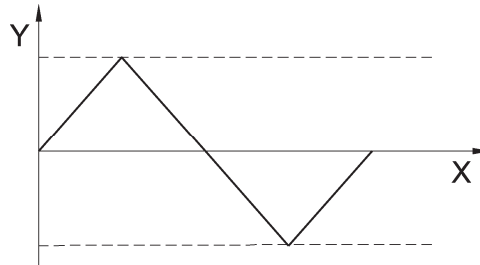
E.3 Prüfungen

E.3.1 Allgemeines

Der maximale kurzzeitige Energiebedarf für die Dämpfer tritt während eines Bemessungserdbebens auf. Abhängig von der Größe des Dämpfers und der Seismizität des Standortes, liegt die zu erwartende zu dissipierende Energie zwischen 1 MJ und 20 MJ.

E.3.2 Prüfung mit geringer Geschwindigkeit für viskose Flüssigkeitsdämpfer

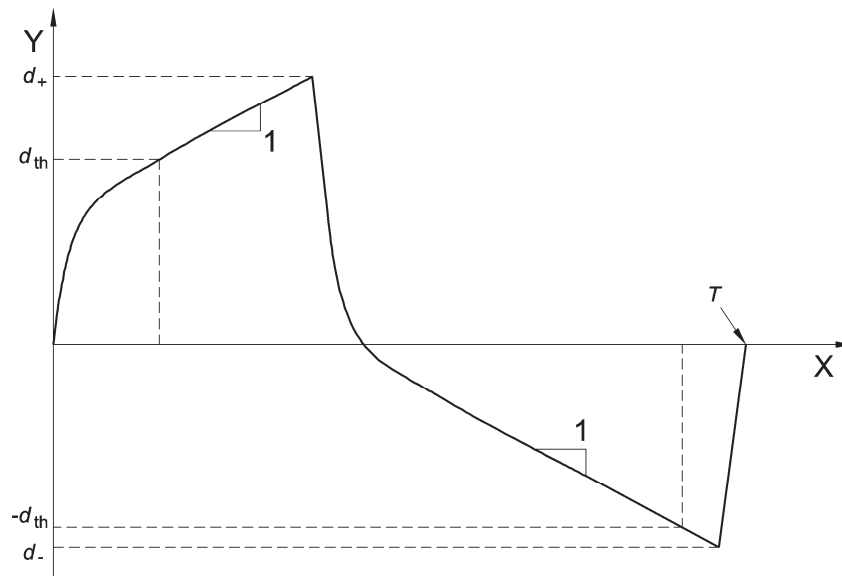
Eine typische Prüfgeschwindigkeit liegt bei 0,01 mm/s (das heißt < 0,1 mm/s). Da eine so niedrige Prüfgeschwindigkeit eine sehr lange Prüfzeit bewirkt, sind kurze aufgezwungene Hübe akzeptabel, das Ziel der Prüfung ist lediglich die Bewertung der Dämpferreaktion.



Legende

X Zeit
Y Verschiebung

Bild E.5 — Belastungsverlauf für die Prüfung mit geringer Geschwindigkeit



Legend

X Zeit (s)
Y Verschiebung (mm)
1 festgelegte langsame Bewegungsgeschwindigkeit (mm/s)

Bild E.6 — Typische Verschiebungs-Zeit-Aufnahme für eine kraftgeregelte Prüfung

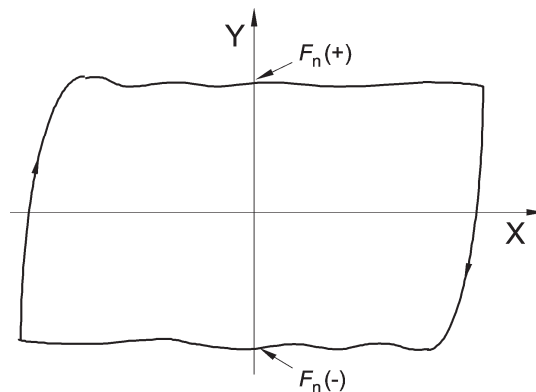
E.3.3 Prüfung mit geringer Geschwindigkeit für Feder-Flüssigkeitsdämpfer

Es sollte betont werden, dass die Reaktion eines Feder-Flüssigkeitsdämpfers sogar bei einer Prüfung mit geringer Geschwindigkeit beachtlich sein kann, da zwei Anteile seines Arbeitsgesetzes von der Geschwindigkeit unabhängig sind.

Bei einer derartigen Vorrichtung kann eine Prüfung bei niedriger Geschwindigkeit verwendet werden, um die Druckprüfung durchzuführen, indem einfach ein Hub eingetragen wird, der ausreicht, um den geforderten Innendruck zu erzeugen.

E.3.4 Prüfung des Arbeitsgesetzes für viskose Flüssigkeitsdämpfer

Zur Vereinfachung sollte die Prüfung durch Aufbringen eines wellenförmigen Dreiecksbelastungsverlaufs durchgeführt werden. Diese Belastung wird wegen des leichten Auslesens der Dämpferreaktion vorgeschlagen. Mit einer sinusförmigen Prüfbelastung wird die maximale eingetragene Geschwindigkeit nur für einen Augenblick erreicht. Trotzdem gilt, dass, wenn der wellenförmige Dreiecksbelastungsverlauf eine zu hohe Beschleunigungsspitze hervorrufen sollte, ein sinusförmiger Belastungsverlauf verwendet werden darf.



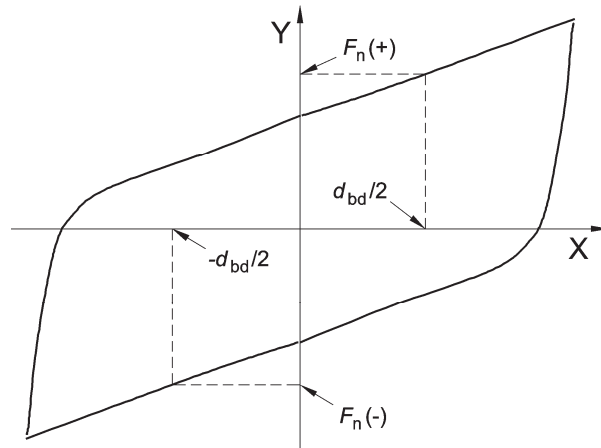
Legende

X d (mm)
Y F (kN)

Bild E.7 — Typische Kraft-Verschiebungshystereseschleife (bei konstanter Geschwindigkeit)

E.3.5 Prüfung des Arbeitsgesetzes für Feder-Flüssigkeitsdämpfer

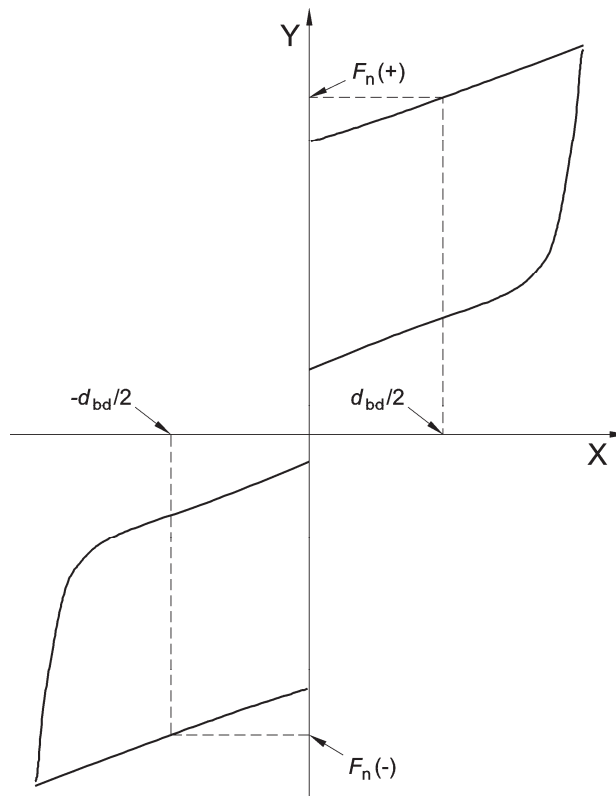
Zur Vereinfachung wird die Prüfung durch Aufbringen eines wellenförmigen Dreiecksbelastungsverlaufs durchgeführt. Diese Belastung wird wegen des Auslesens der Feder-Flüssigkeitsdämpferreaktion vorgeschlagen. Mit einer sinusförmigen Prüfbelastung wird die maximale eingetragene Geschwindigkeit nur für einen Augenblick erreicht. Trotzdem gilt, dass, wenn die wellenförmige Dreiecksbelastung eine zu hohe Beschleunigungsspitze hervorrufen sollte, ein sinusförmiger Belastungsverlauf verwendet werden darf.



Legende

X d (mm)
Y F (kN)

Bild E.8 — Typische Kraft-Verschiebungshystereseschleife (bei konstanter Geschwindigkeit, $F_0 = 0$)



Legende

X d (mm)
Y F (kN)

Bild E.9 — Typische Kraft-Verschiebungshystereseschleife (bei konstanter Geschwindigkeit, $F_0 \neq 0$)

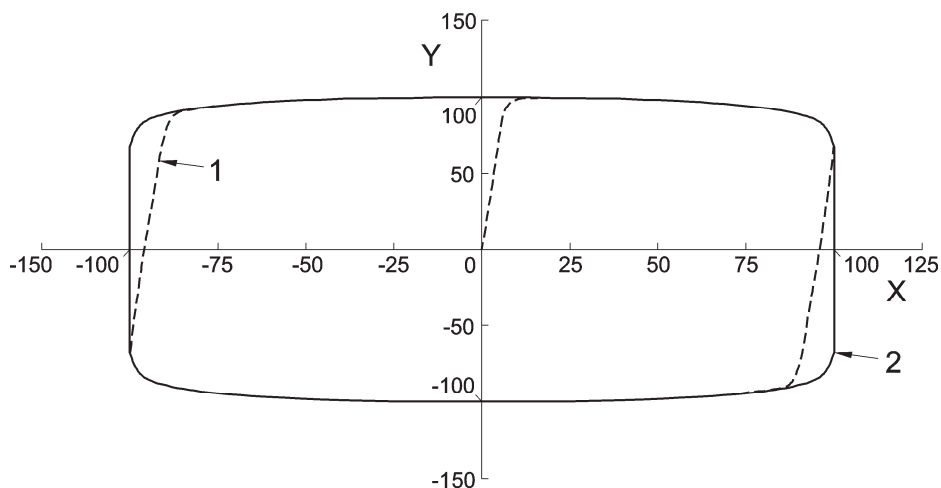
E.3.6 Prüfung des Wirkungsgrades der Dämpfung

Der dissipative Wirkungsgrad jeglicher Energie dissipierenden Erdbebevorrichtung ist als Verhältnis zwischen der Fläche innerhalb der gemessenen Kraft-Verschiebungshystereseschleife und dem zugehörigen theoretischen Wert definiert. Der Wirkungsgrad wird in mathematischen Termen ausgedrückt als:

$$\eta = \frac{\text{EDC}}{\oint F(x, v) dx} \quad (\text{E.5})$$

wobei $F(x, v)$ und x die Kraft beziehungsweise die Verschiebung sind und EDC die Energiedissipation je Zyklus (Energy Dissipation per Cycle) ist.

Im Falle viskoser Flüssigkeitsdämpfer hängt die Kraft $F(v)$ überwiegend von der eingetragenen Geschwindigkeit ab. Deshalb hängt der Wirkungsgrad der Energiedissipation η von der Art der eingetragenen Belastung ab. Der Eintrag einer sinusförmigen Verschiebung wird üblicherweise zur Bewertung des Wirkungsgrades der Energiedissipation von Flüssigkeitsdämpfern angenommen. Wie bereits erwähnt, sollte für die korrekte Bewertung der theoretischen Energiedissipation je Zyklus (Energy Dissipation per Cycle — EDC) ein Maxwell-Modell verwendet werden. Die Verwendung eines einfachen nichtlinearen Kraft-Verschiebungsarbeitsgesetzes (Dämpfermodell (dash-pot model)) überschätzt das theoretische Energiedissipationsvermögen (siehe Bild E.10).



Legende

- X normierte Verschiebung (%)
- Y normierte Kraft (%)
- 1 Maxwell-Modell
- 2 Dash-Pot-Modell

Bild E.10 — Vergleich zwischen einem einfachen nichtlinearen Dämpfer-(dash-pot-)Modell und einem Maxwell-Modell für viskose Flüssigkeitsdämpfer (*)

(*) Zur Verdeutlichung wurde die Form des zum Maxwell-Modell zugehörigen Graphen überhöht.

Anhang F (informativ)

Erläuterungen zu Abschnitt 8: Isolatoren

F.1 Alterungsbedingungen für elastomere Isolatoren

Eine Vorhersage der Alterungsbedingungen, die 60 Jahren bei der mittleren Gebrauchstemperatur gleichwertig sind, darf auf der Basis einer Reihe von Prüfungen, die über einen Bereich unterschiedlicher Temperaturen und Zeiten durchgeführt und nach einem Arrhenius-Gesetz ausgewertet werden, gemacht werden:

$$t_N = t_0 e^{Q/RT} \quad (\text{F.1})$$

Dabei ist

- t_N die Zeit, bei der sich der Modul um einem bestimmten Faktor N verändert;
- t_0 eine Referenzzeit;
- Q die Aktivierungsenergie;
- R die Gaskonstante; und
- $T^{\circ}K$ die Temperatur ist.

Die höchste Prüftemperatur sollte 70 °C betragen. Sollten die Beobachtungen nicht einer Arrheniusfunktion folgen, so macht dies die zuverlässige Vorhersage schwierig. Wenn eine Arrheniusfunktion zutrifft, kann die Zeit, nach der sich der Modul bei der mittleren Gebrauchstemperatur um einen Faktor N ändert, abgeschätzt werden.

Wenn die Probekörper nicht aus einer gealterten Vorrichtung herausgearbeitet werden, können anaerobe Alterungsbedingungen durch diese beiden Vorgehensweisen erzeugt werden:

- a) Verwenden eigens gefertigter Probekörper und Umschließen dieser mit einem undurchlässigen Material während der Alterung;
- b) Herstellen von Prüfkörperblöcken mit einer Mindestabmessung von mindestens 100 mm und Alterung des Blocks unter aeroben Bedingungen. Die gealterten Probekörper sollten so aus dem Block entnommen werden, dass sie mindestens 30 mm von jeder Außenfläche des Blocks entfernt sind.

F.2 Kristallisation bei niedriger Temperatur

Einige Elastomere sind anfällig für Kristallisation, wenn die Umgebungstemperatur über einen lang anhaltenden Zeitraum niedrig ist. Hoch dämpfende Mischungen dieser Elastomere können anfälliger sein als übliche niedrig dämpfende. Der Kristallisationsprozess schließt eine Kernbildungsphase ein, während der eine geringfügige Änderung der Steifigkeit des Gummis eintritt, gefolgt von einer schnellen Versteifung, sowie die Kristalle wachsen. Die Kernbildungsphase verkürzt sich, sowie die Temperatur gesenkt wird und jegliche aufgeprägte Dehnung im Gummi vergrößert wird. Um sicherzustellen, dass die Leistungsfähigkeit des Isolators nicht beeinträchtigt wird, ist es erforderlich, dass die Kernbildungsphase bei länger anhaltenden niedrigen Temperaturen nicht überschritten wird. Die Kristalle lösen sich auf, wenn die Umgebungstemperatur des Isolators ausreichend erhöht wird (über etwa bei 5 °C für auf Naturkautschuk basierende Mischungen), und somit sind die Effekte komplett reversibel.

Die empfohlenen Prüfbedingungen für auf Naturkautschuk basierende Mischungen und für auf Chloroprenkautschuk basierende Mischungen sind in den Tabellen F.1 beziehungsweise F.2 angegeben.

Tabelle F.1 — Gebrauchs- und Prüfbedingungen für Gummi aus Naturkautschuk

Minimale Gebrauchstemperatur, T_L °C	$-10 \leq T_L < 0$	$-20 \leq T_L < -10$	$T_L < -20$
Zeit (Tage) im oben angegebenen Temperaturbereich	t_0	t_{-10}	t_{-20}
Prüftemperatur, °C	-10	-20	-25
Prüfdauer	$1,5 t_0$	$1,5 t_{-10} + 0,1 t_0$	$1,5 t_{-20} + 0,5 t_{-10} + 0,05 t_0$

Tabelle F.2 — Gebrauchs- und Prüfbedingungen für Gummi aus Chloroprenkautschuk

Minimale Gebrauchstemperatur, T_L °C	$0 \leq T_L < 5$	$-5 \leq T_L < 0$	$T_L < -5$
Zeit (Tage) im oben angegebenen Temperaturbereich	t_5	t_0	t_{-5}
Prüftemperatur, °C	0	-5	-10
Prüfdauer	$1,5 t_5$	$1,5 t_0 + 0,5 t_5$	$1,5 t_{-5} + 0,5 t_0 + 0,25 t_5$

F.3 Erläuterungen zu den Bemessungsgrundlagen

F.3.1 Formfaktor

Für Lager mit rechteckigem Grundriss:

$$S = \frac{ab}{2t_r(a+b)} \quad (\text{F.2})$$

wobei a und b die Seitenlängen der Bewehrungsbleche aus Stahl sind.

Für runde Lager mit einer ungefüllten runden Aussparung mit dem Durchmesser d_H :

$$S = \frac{(D' - d_H)}{4t_r} \quad (\text{F.3})$$

F.3.2 Bemessungsschubdehnung infolge Druck aus vertikalen Lasten

Gleichung (13) ist angegeben in:

Für größere Formfaktoren, $S > 8$, führt die Verwendung des hinsichtlich der Auswirkung der Kompressibilität unkorrigierten Wertes E'_c sogar zu einer größeren Unterschätzung von $\varepsilon_{c,E}$. Jedoch führt das Korrigieren hinsichtlich der Auswirkung der Kompressibilität zu einer größeren Überschätzung von $\varepsilon_{c,E}$. Siehe ISO 22762-2, Anhang I.

Da der Formfaktor von üblichen Baulagern im Allgemeinen kleiner als der von Erdbebenlagern ist, berücksichtigt EN 1337-3:2005 die Kompressibilität des Gummis bei der Berechnung von $\varepsilon_{c,E}$ nicht.

F.3.3 Isolatorsteifigkeiten

F.3.3.1 Vertikale Steifigkeit

Der Grund für die Auswahl des Wertes von G in der Gleichung für die Berechnung von E'_c als den Wert bei 100 % Schubdehnungsamplitude ist, das Bemessungsverfahren durch die Wahl eines einzigen Wertes für G in all den verschiedenen Gleichungen zu vereinfachen. Dieser Wert für G ist konservativ für die Berechnung von $\varepsilon_{c,Ed}$, da der Wert für G bei der Schubdehnung ausschließlich infolge von Druck aus vertikalen Lasten höher ist. Dieser Konservatismus wird durch die Tatsache ausgeglichen, dass die Moduli, die bei den dynamischen Prüfungen nach 8.2.2.1.3 gemessen werden, für eine gegebene Dehnung größer sind, als die quasistatischen Moduli entsprechend dem ständigen Anteil der Druckbelastung.

Für Vorrichtungen mit großen Formfaktoren, wie es die meisten Vorrichtungen, die als Erdbebenisolatoren verwendet werden, sind, führt die Annahme von inkompressiblem Gummi zu einer deutlichen Überschätzung des Kompressionsmoduls und der vertikalen Steifigkeit. Die Kompressibilität des Gummis darf durch den einfachen Ansatz berücksichtigt werden, der angegeben ist durch:

Danach ist der Kompressionsmodul E_c gegeben durch:

$$\frac{1}{E_c} = \frac{1}{E'_c} + \frac{1}{E_b} \quad (\text{F.4})$$

E_b ist der Kompressionsmodul des Elastomers. Wenn keine Messergebnisse vorliegen, darf E_b mit 2 000 MPa angenommen werden. Diese Gleichung wird gegenüber der empirischen Gleichung (20) in EN 1337-3 bevorzugt.

Die vertikale Gesamtsteifigkeit K_v eines bewehrten elastomeren Isolators ist die Summe der vertikalen Stauchungen der einzelnen Schichten, angegeben durch:

$$K_v = \frac{A'}{\sum \frac{t_i}{E_{ci}}} \quad (\text{F.5})$$

wobei E_{ci} der Kompressionsmodul ist, der durch die Gleichungen (15) und (F.4) für eine einzelne Elastomerschicht der Dicke t_i gegeben ist.

F.3.3.2 Horizontale Steifigkeit

Der theoretische Wert der horizontalen Steifigkeit ist angegeben durch:

$$K_b = \frac{GA}{T_q} \quad (\text{F.6})$$

Dabei ist

- A die komplette Grundfläche der Vorrichtung;
- G der Schubmodul bei der Bemessungsschubdehnung infolge erdbebeninduzierter horizontaler Verschiebung.

ANMERKUNG Die horizontale Steifigkeit hängt geringfügig von der vertikalen Last ab. Die Abhängigkeit wird deutlicher für vertikale Lasten, die größer als 1/3 der kritischen Last sind.

F.3.3.3 Verdrehsteifigkeit

Der theoretische Wert der Verdrehsteifigkeit um eine Achse durch die Mitte der Vorrichtung, parallel zur Länge (Richtung b), ist durch die folgenden Ausdrücke angegeben:

Für rechteckige Vorrichtungen:

$$K_{\phi} = \frac{G_a^5 \cdot b}{m_i^3 k_R} \tag{F.7}$$

Für runde Vorrichtungen:

$$K_{\phi} = \frac{G \pi \cdot d_o^6}{512 m_i^3} \tag{F.8}$$

Um k_R festzulegen siehe Tabelle F.3.

F.3.3.4 Kompressionsmodul E'_c für ringförmige Vorrichtungen mit ungefüllter Aussparung

E'_c für ringförmige Vorrichtungen mit ungefüllter Aussparung ist:

$$E'_c = 3G \left(1 + 2 \frac{(1 + \rho^2) \ln \rho + (1 - \rho^2) S^2}{(1 - \rho)^2 \ln \rho} \right) \tag{F.9}$$

ρ ist das Verhältnis zwischen dem inneren und äußeren Durchmesser der Bewehrungsbleche aus Stahl.

Tabelle F.3 — Werte für den Parameter k_R

b/a	0,5	0,75	1	1,2	1,25	1,3	1,4	1,5
k_R	137	100	86,2	80,4	79,3	78,4	76,7	75,3
b/a	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,5	10	∞
k_R	74,1	73,1	72,2	71,5	70,8	68,3	61,9	60

ANMERKUNG 1 Wenn $b < a$ ist, ist die Gleichung für Verdrehung um die zu b parallele Achse weiterhin anwendbar, jedoch ist in diesem Fall b die kürzere Abmessung und a die längere Abmessung, im Gegensatz zur den Definitionen.

ANMERKUNG 2 Der berechnete Wert der Verdrehsteifigkeit ist für die meisten Anwendungen ausreichend, wenn jedoch eine genaue Kenntnis ihres Wertes erforderlich ist, muss der Wert durch eine Prüfung bestimmt werden.

F.4 Bestimmung der Rückstell-Steifigkeit für Pendel- und Flachgleiter durch Prüfungen

Die Auswertung der Prüfergebnisse zur Bestimmung der Rückstell-Steifigkeit von Pendel- und Flachgleitern muss wie in Bild F.1 gezeigt ausgeführt werden.

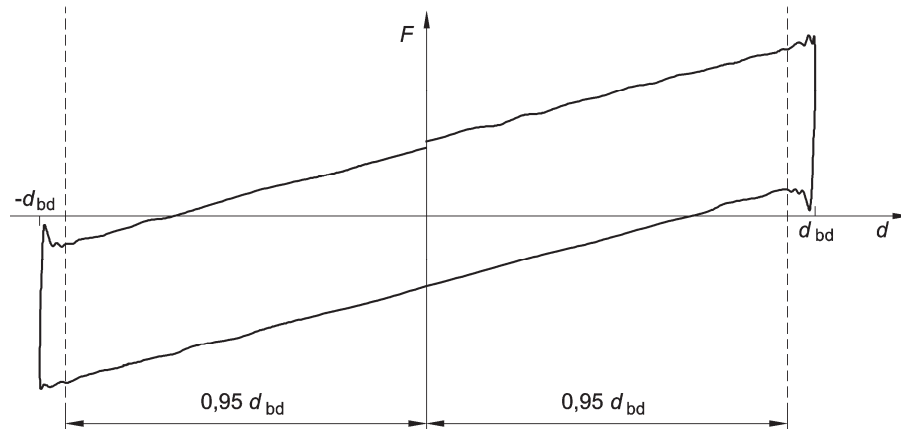


Bild F.1 — Auswertung der Rückstell-Steifigkeit

Anhang G (normativ)

Ausrüstung für kombinierten Druck und Schub

G.1 Allgemeine Anforderungen

Die Ausgabewerte der Aufnehmer müssen kalibriert sein und müssen eine Genauigkeit von $\pm 2\%$ des in einer jeweiligen Prüfung gemessenen Spitzenwertes aufweisen. Die Aufnehmer, Verstärker und Erfassungsgeräte müssen in der Lage sein, bei der Prüffrequenz ohne deutliche Abschwächung zu reagieren. Der Prüfbericht muss den Nachweis der Kalibrierung der Aufnehmer und den Nachweis über jegliche geforderte Kontrollen (zum Beispiel bezüglich der Auswirkung der Reibung im Kraftfluss) beinhalten.

Soweit festgelegt, müssen die exakte Reihenfolge der Prüfungen und die Abstände zwischen den Prüfungen strikt eingehalten werden. Die Anweisungen bezüglich der Verwendung eines Isolators für mehr als eine Prüfung müssen auch strikt eingehalten werden.

ANMERKUNG Diese Regelungen sind wegen der Auswirkungen des Belastungsverlaufs im Elastomer erforderlich.

G.2 Datenerfassung

Es darf analoge oder digitale Datenerfassung eingesetzt werden. Die Daten müssen mit einer Abtastrate von mindestens der 100-fachen Belastungsfrequenz digitalisiert oder aufgenommen werden. Ein digitales Erfassungssystem muss alle Datenkanäle so abtasten, dass die maximale Zeitabweichung zwischen den Kanälen weniger als 1 % der Abtastrate beträgt.

G.3 Kombinierte Druck- und Schubeinrichtung

Die Druckstauchung muss direkt zwischen den Krafteinleitungsplatten der Prüfeinrichtung gemessen werden. Es muss der Mittelwert von mindestens drei Aufnehmern sein, die in gleichmäßigem Abstand um die Vorrichtung herum angeordnet sind.

Wenn im Kraftfluss irgendeine Quelle für Reibung vorhanden ist, muss die gemessene Auswirkung auf die Drucklast $< 3\%$ sein.

Die Schubverschiebung muss der Mittelwert der an zwei Stellen auf gegenüberliegenden Seiten des Isolators/der Isolatoren entlang einer Linie rechtwinklig zur Richtung der Schubbelastung gemessenen Verschiebung sein. Die erreichte Schubverschiebung muss innerhalb von $\pm 5\%$ der festgelegten Schubverschiebung liegen. Die Einrichtung muss in der Lage sein, eine sinusförmige oder dreiecksförmige Verschiebung mit der festgelegten Amplitude bei der Prüffrequenz aufzubringen.

Die Schubkraft muss im Falle einer einschnittiger Prüfanordnung vorzugsweise durch einen Aufnehmer zwischen dem Isolator und den Widerlager gemessen werden. Was auch immer für eine Prüfanordnung vorliegen mag, wenn ein Aufnehmer, der im Kraftfluss des Prüfzylinders angeordnet ist, verwendet werden muss, muss die Größe jeglicher Reibungseffekte auf die Kraft dargestellt und eine Korrektur durchgeführt werden. Die Einrichtung für das Aufbringen der Schubkraft muss in der Lage sein, sowohl die Druckverschiebung des Isolators/der Isolatoren zu ermöglichen als auch die Veränderung der Höhe des Isolators/der Isolatoren während seiner/ihrer Schubverformung, sofern die Prüfungen vielmehr unter Regelung der Druckkraft als unter Wegregelung durchgeführt werden, auszugleichen. Die quergerichtete Lastebene muss innerhalb von $\pm 0,08$ rad gegenüber den unteren und den oberen Widerlagerebenen verbleiben.

Die Schubkraft und -verschiebung müssen kontinuierlich aufgezeichnet werden.

Die Vertikallast sollte vorzugsweise kraftgeregelt aufgebracht werden. Sie sollte vorzugsweise konstant gehalten werden, sodass:

- i) die mittlere Kraft innerhalb von $\pm 10\%$ der festgelegten Kraft liegt,
- ii) größte und kleinste Kräfte während der Prüfung innerhalb von $\pm 10\%$ des aufgebrauchten Mittelwertes liegen,
- iii) die Fläche innerhalb jeglicher Hystereseschleifen, die im Kraftfluss für die Druckkraft beobachtet werden, kleiner als 5% der Schubkraft-Verschiebungshystereseschleife ist,
- iv) jegliche Reibungsquelle zwischen der Druckkraftmessdose und dem Isolator/den Isolatoren Energieverluste $< 5\%$ der Schubkraft-Verschiebungshystereseschleifen beiträgt.

Wenn eine der vier Bedingungen nicht eingehalten werden kann, darf die Druckkraft während der Prüfung weggeregelt sein, sodass, nachdem die festgelegte Vertikalkraft aufgebracht wurde, der Isolator/die Isolatoren während der Schubverformung bei dieser Stauchung gehalten wird/werden. Eine Wegregelung der Druckkraft darf auch verwendet werden, wenn die Einrichtung für das Aufbringen der Schubkraft die Veränderung der Höhe des Isolators/der Isolatoren während der Verschiebung nicht ausgleichen kann. Ungeachtet obiger Aussagen muss die Prüfung des horizontalen Verschiebungsvermögens mit unter Kraftregelung konstant gehaltener Kraft durchgeführt werden. Wegregelung der Druckkraft darf bei Pendelgleitern nicht verwendet werden.

Die Druckkraft und -stauchung (sowie die Schubkraft und -verschiebung) müssen aufgezeichnet werden, um die Durchführung einer Kontrolle, dass die Bedingungen entsprechend dem oben genannten eingehalten sind, zu ermöglichen.

G.4 Krafteinleitungsplatten

Die Isolatoren müssen mit dem System, das für die eingebauten Isolatoren verwendet werden muss, an den Krafteinleitungsplatten befestigt werden.

Die Platten müssen in der Grundrissfläche größer als die Isolatoren sein und dick genug, um deutliche Verformungen zu verhindern ($< 2\%$ der Druckverformung des Isolators bei maximaler Last).

Der Winkel zwischen den oberen und den unteren Platten muss kleiner als $0,003$ rad sein.

Die Schubplatte(n) müssen derart sein, dass sie sich nicht:

- i) um eine vertikale Achse um mehr als $0,08$ rad verdrehen;
- ii) um mehr als 10% der Schubverschiebung rechtwinklig zu den Richtungen der Krafteinleitung bewegen.

G.5 Datenauswertung

Die dynamischen horizontalen Kraft-Verschiebungsdaten müssen für jeden einzelnen Zyklus auswertbar sein. Das Auswertungsverfahren muss die Steifigkeit ausdrücken als:

$$\text{Steifigkeit, } K_b = \frac{F^+ - F^-}{d^+ - d^-} \tag{G.1}$$

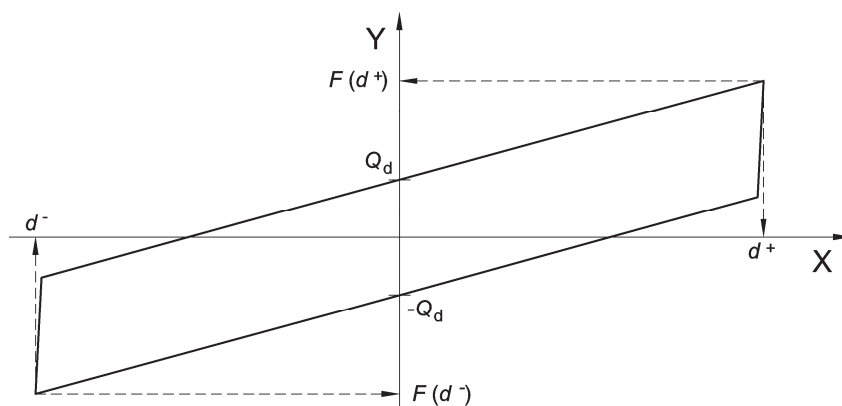
wobei F und d die horizontale Kraft beziehungsweise Verschiebung sind. d^+ und d^- sind die maximalen und minimalen Werte der Verschiebung im Zyklus, und F^+ and F^- sind die Werte der Kraft bei diesen Verschiebungen. Das effektive viskose Dämpfungsverhältnis ξ muss ausgedrückt werden als:

$$\xi = \frac{2H}{\pi K_b (d^+ - d^-)^2} \tag{G.2}$$

wobei H die Fläche innerhalb der Hystereseschleife ist.

Für Bleikernlager (Lead Rubber Bearings — LRB) dürfen die horizontalen Eigenschaften als Steifigkeit im zweiten Belastungsast (oder nach-elastische Steifigkeit) K_2 und die charakteristische Festigkeit Q_d bestimmt werden, siehe Bild G.1. Der Wert von Q_d muss als Mittelwert der Schnittpunkte auf der Kraftachse angenommen werden. Die Steifigkeit K_2 muss angenommen werden zu:

$$K_2 = \frac{F(d^+) - F(d^+/2)}{d^+} - \frac{F(d^-/2) - F(d^-)}{d^-} \tag{G.3}$$



Legende

- X Verschiebung
- Y Kraft

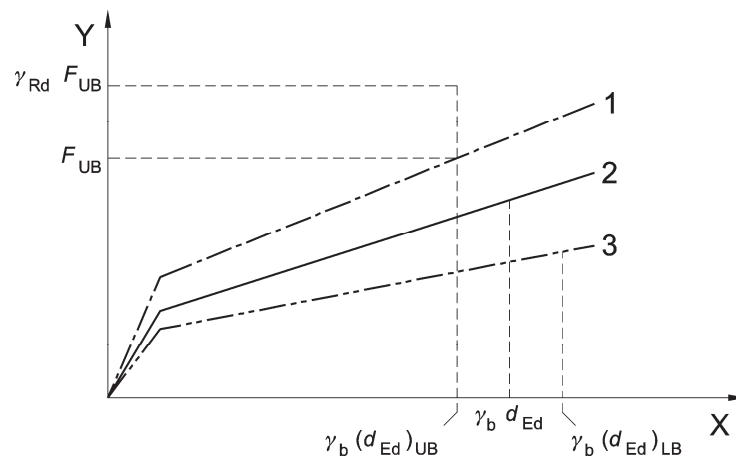
Bild G.1 — Schematische Kraft-Verschiebungshystereseschleife für Bleikernlager

Anhang H (informativ)

Bemessung der Verbindungen für Vorrichtungen

H.1 Elastomere Isolatoren

Die Verbindungen zwischen dem Isolator und der am Tragwerk befestigten Lagerplatte sind so bemessen, dass sie die Kraft $\gamma_{Rd} F_{UB}$ aufnehmen, wobei F_{UB} die zu $\gamma_b(d_{Ed})_{UB}$ gehörende Kraft ist; $(d_{Ed})_{UB}$ ist die maximale Verschiebung, die unter Verwendung der oberen Grenzwerte der Bemessungseigenschaften der Vorrichtung berechnet wird (siehe Bild H.1). γ_{Rd} ist ein Überfestigkeitsfaktor für elastomere Isolatoren, der empfohlene Wert für γ_{Rd} ist 1,1.



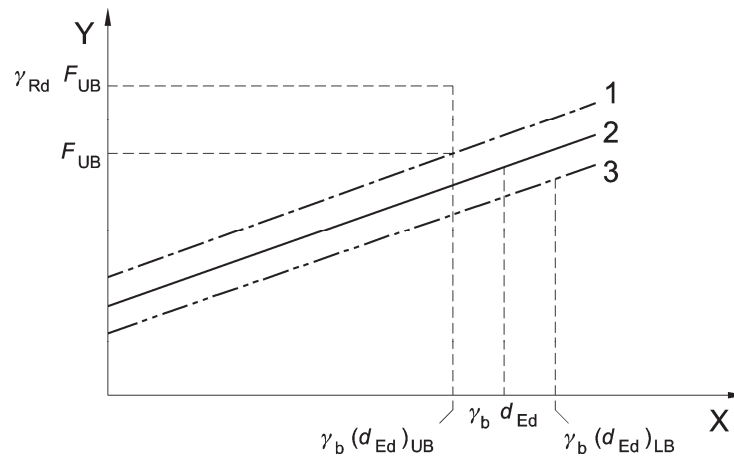
Legende

- 1 oberer Grenzwert
- 2 Verlauf des Nennwertes
- 3 unterer Grenzwert

Bild H.1 — Schematisches Diagramm zur Darstellung der Bestimmung von F_{UB} für elastomere Isolatoren

H.2 Gleiter

Die Verbindungen zwischen dem Gleiter und der am Tragwerk befestigten Platte muss so bemessen werden, dass sie einer Kraft in Höhe von $\gamma_{Rd} F_{UB}$ standhalten, wobei F_{UB} die zu $\gamma_b(d_{Ed})_{UB}$ gehörende Kraft ist; $(d_{Ed})_{UB}$ ist die maximale Verschiebung, die unter Verwendung der oberen Grenzwerte der Bemessungseigenschaften der Vorrichtung berechnet wird (siehe Bild H.2 für ein Beispiel eines Gleiters mit fast linearen Eigenschaften). γ_{Rd} ist ein Überfestigkeitsfaktor für Pendelgleiter. Der empfohlene Wert für γ_{Rd} ist 1,1.



Legende

- 1 oberer Grenzwert
- 2 Verlauf des Nennwertes
- 3 unterer Grenzwert

Bild H.2 — Schematisches Diagramm zur Darstellung der Bestimmung von F_{UB} für gleitende Isolatoren

Anhang I (informativ)

Verfahren zur Berechnung der Druckverteilung auf kugelkalottenförmigen Oberflächen

I.1 Allgemeines

Dieser Anhang beschreibt ein Verfahren zur Berechnung der Druckverteilung im tragenden Gleitwerkstoff kugelkalottenförmiger Oberflächen, die in Pendelgleitern verwendet werden. Dieses Verfahren erlaubt auch, den Nachweis der Trennung gleitender Oberflächen zu führen.

Obwohl das Verfahren streng mathematisch ist, sind die Ergebnisse physikalisch auf Grund der vereinfachenden Natur einiger Annahmen zum Werkstoffverhalten trotzdem nicht exakt. Dennoch liegen die gewonnenen Ergebnisse auf der sicheren Seite und sind genau genug für die Zwecke dieses Anhangs.

I.2 Modellannahmen

- a) Sowohl konkave als auch konvexe Gleitplatten beziehungsweise Gleitwerkstoffaufnahmen sind unendlich steif; dies ist eine konservative Annahme, die dadurch, dass Stahl einen um mindestens den Faktor 5 000 höheren E-Modul als der tragende Gleitwerkstoff hat, gerechtfertigt ist.
- b) Spannungen sind immer senkrecht zur Gleitfläche gerichtet; dies ist eine konservative Annahme, die durch den relativ geringen Reibbeiwert der Gleitflächen gerechtfertigt ist.
- c) Es entstehen keine Gleitbewegungen zwischen dem lastabtragenden Gleitwerkstoff und der Gleitplatte beziehungsweise Gleitwerkstoffaufnahme; diese Annahme trifft nur im Falle befestigter tragender Gleitwerkstoffe zu, kann jedoch auch für gekammerten Gleitwerkstoff als gültig angenommen werden.
- d) Die Reaktionskraft ist an jedem Punkt der Gleitwerkstoffplatte proportional zur Verformung; dies ist die sogenannte „Winkler-Hypothese“ — sie ist konservativ, da sie den Effekt des Zusammenhalts von benachbarten Elementen als unbedeutend betrachtet, das heißt, sie nimmt eine Querdehnzahl von $\nu = 0$ an.

I.3 Auswirkungen vertikaler Lasten

Die Gleichungen beziehen sich auf die Formelzeichen, die in Bild I.1 auf der nächsten Seite gezeigt sind.

Wenn eine vertikale Last F_z auf das konvexe Element aufgebracht wird, ist unter den oben stehenden Annahmen die Druckverteilung $\sigma(\theta)$ auf dem tragenden Gleitwerkstoff als eine Funktion des Winkels θ gegeben durch:

$$\sigma(\theta) = \frac{3}{2} \frac{F_z \cos \theta}{\pi \cdot r^2 (1 - \cos^3 \delta)} \quad (I.1)$$

welche ein Maximum für $\theta = 0$ aufweist:

$$\sigma_{\max} = \frac{3}{2} \frac{F_z}{\pi \cdot r^2 (1 - \cos^3 \delta)} = \bar{\sigma} \frac{3 \sin^2 \delta}{2 (1 - \cos^3 \delta)} \quad (1.2)$$

wobei $\bar{\sigma}$ die mittlere Pressung ist, diese ist definiert als der Quotient aus der vertikalen Last F_z und der Fläche $A = \pi \cdot L^2/4$ als der Projektion der kugelkalottenförmigen Oberfläche auf die horizontale Ebene normal zu ihren Symmetrieachsen.

Werte der Funktion:

$$f(\delta) = \frac{3}{2} \frac{\sin^2 \delta}{1 - \cos^3 \delta} \quad (1.3)$$

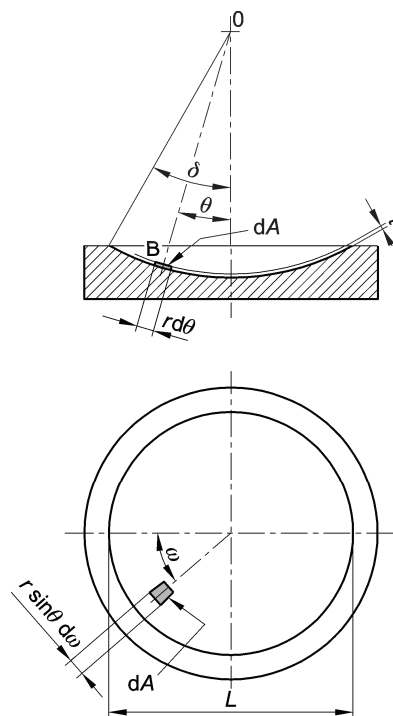


Bild I.1 — Skizze der kugelkalottenförmigen Oberfläche

die die Abweichung von der maximalen Pressung darstellen — als eine Funktion des hälftig einbezogenen Winkels δ der kugelkalottenförmigen Oberfläche des Gleitwerkstoffs — mit Beachtung des Falls einer ebenen Oberfläche. Die Werte sind in Tabelle I.1 angegeben.

Tabelle I.1 — Werte der Funktion $f(\delta)$

δ	$f(\delta)$	δ	$f(\delta)$
10°	1,008	30°	1,070
15°	1,017	35°	1,096
20°	1,031	40°	1,126
25°	1,048	45°	1,160

Die maximale Spannung (Spannungsspitze) auf einer kugelkalottenförmigen Oberfläche unterscheidet sich nicht signifikant von der einer vergleichbaren ebenen Oberfläche.

Ebenso sind die Werte der Abweichung für die Kantenpressung auf einer kugelkalottenförmigen Oberfläche ($\theta = \delta$) mit Berücksichtigung des Falls der ebenen Oberfläche in Tabelle I.2 angegeben:

Tabelle I.2 — Abweichung der Kantenpressung mit Berücksichtigung des Falls einer ebenen Oberfläche

δ	$g(\delta)$	δ	$g(\delta)$
10°	0,993	30°	0,927
15°	0,982	35°	0,898
20°	0,969	40°	0,863
25°	0,951	45°	0,820

I.4 Auswirkungen horizontaler Lasten

Wenn eine horizontale Last F_x auf das konvexe Element in der durch $\omega = 0$ definierten Richtung aufgebracht wird, wird die Pressungsverteilung $\sigma(\omega, \theta)$ auf dem tragenden Gleitwerkstoff als ein Funktion der Winkel ω und θ wie folgt angegeben:

$$\sigma(\omega, \theta) = \frac{3 F_x \sin \theta \cdot \cos \omega}{\pi r^2 [3 \cdot (1 - \cos \delta) - (1 - \cos^3 \delta)]} \quad (1.4)$$

I.5 Kombinierte Lasten

Die Summe von (I.1) und (I.4) ergibt die Pressungsverteilung im Falle, dass sowohl horizontale als auch vertikale Lasten vorhanden sind.

Es ist von Interesse, die Bedingung $\sigma > 0$ (Trennung der Gleitflächen) an der Kante ($\theta = -\delta$) in der der horizontalen Kraft F_x ($\omega = \pi$) entgegengesetzten Richtung nachzuweisen.

Die Bedingung $\sigma > 0$ ist erfüllt wenn:

$$\frac{3 F_x \cdot \sin \theta \cdot \cos \omega}{\pi r^2 [3 \cdot (1 - \cos \delta) - (1 - \cos^3 \delta)]} < \frac{3}{2} \frac{F_z \cdot \cos \theta}{\pi \cdot r^2 (1 - \cos^3 \delta)} \quad (1.5)$$

beziehungsweise:

$$\frac{F_x}{F_z} < \frac{\cos \delta [3 (1 - \cos \delta) - (1 - \cos^3 \delta)]}{2 \sin \delta (1 - \cos^3 \delta)} \quad (1.6)$$

Führt man in (I.6) die Exzentrizität e ein:

$$e = \frac{F_x}{F_z} \cdot r \quad (1.7)$$

und den Durchmesser L der projizierten Fläche (siehe Bild I.1):

$$L = 2 \cdot r \cdot \sin \delta \tag{I.8}$$

führt dies zu:

$$e < \frac{L \cdot \cos \delta [3(1 - \cos \delta) - (1 - \cos^3 \delta)]}{4 \sin^2 \delta (1 - \cos^3 \delta)} = \frac{L}{F(\delta)} \tag{I.9}$$

Die Funktion

$$F(\delta) = \frac{4 \sin^2 \delta \cdot (1 - \cos^3 \delta)}{\cos \delta [3(1 - \cos \delta) - (1 - \cos^3 \delta)]} \tag{I.10}$$

unterscheidet sich nicht signifikant (siehe Tabelle I.3) vom konstanten Wert 8, wie im Falle der ebenen Kreisfläche, für die exakt gefordert wird, dass $e < \frac{L}{8}$:

Tabelle I.3 — Nachweis der Trennung der Gleitfläche

δ	$F(\delta)$	δ	$F(\delta)$
10°	7,980	30°	7,867
15°	7,957	35°	7,846
20°	7,928	40°	7,844
25°	7,896	45°	7,873

Anhang J (informativ)

λ -Faktoren für übliche Isolatorentypen

J.1 λ_{\max} -Werte für Elastomerlager

Außer wenn andere Werte durch geeignete Prüfungen untermauert sind, dürfen die λ_{\max} -Werte, die in den Tabellen J.1 bis J.4 festgelegt sind, für die Abschätzung des oberen Bemessungswertes der Eigenschaften (Upper Bound Design Properties — UBDP) verwendet werden.

Tabelle J.1 — f_1 — Alterung

Komponente	λ_{\max, f_1} für	
	K_p	F_o
LDRB	1,1	1,1
HDRB1	1,2	1,2
HDRB2	1,3	1,3
Bleikern	–	1,0

mit der folgenden Bezeichnung für die Gummikomponenten:

LDRB: gering dämpfendes Elastomerlager (en: Low damping rubber bearing) mit einem Schubmodul größer als 0,5 MPa bei einer Schubverformung von 100 %

HDRB1: stark dämpfendes Elastomerlager (en: High damping rubber bearing) mit $\xi_{\text{eff}} \leq 0,15$ und einem Schubmodul größer als 0,5 MPa bei einer Schubverformung von 100 %

HDRB2: stark dämpfendes Elastomerlager (en: High damping rubber bearing) mit $\xi_{\text{eff}} > 0,15$ und einem Schubmodul größer als 0,5 MPa bei einer Schubverformung von 100 %

Bleikern: Bleikern für Bleikernlager (en: Lead rubber bearings (LRB))

Tabelle J.2 — f_2 — Temperatur

Bemessungs- temperatur $T_{\min, b}$ (°C)	λ_{\max, f_2} für					
	K_p			F_o		
	LDRB	HDRB1	HDRB2	LDRB	HDRB1	HDRB2
20	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1	1,2
–10	1,4	1,4	1,4	1,1	1,2	1,4
–30	1,5	2,0	2,5	1,3	1,4	2,0

$T_{\min, b}$ ist die niedrigste Isolatortemperatur für das Bemessungserdbeben, entsprechend dem Standort der Brücke (siehe EN 1998-2:2005, J.1, (2)).

Tabelle J.3 — f_3 — Verunreinigung

$\lambda_{\max, f3} = 1,0$

Tabelle J.4 — f_4 — Häufung von Verkehr

Gummi	$\lambda_{\max, f4} = 1,0$
Bleikern	durch Prüfung zu ermitteln

J.2 λ_{\max} -Werte für gleitende Isolatoreinheiten

Außer, wenn andere Werte durch geeignete Prüfungen untermauert sind, dürfen die λ_{\max} -Werte, die in den folgenden Tabellen J.5 bis J.8 festgelegt sind, für die Abschätzung der maximalen Kraft F_0 bei einer Verschiebung von Null entsprechend des oberen Bemessungswertes der Eigenschaften (Upper Bound Design Properties — UBDP) verwendet werden. Die für ungeschmiertes PTFE angegebenen Werte dürfen auch für die Anwendung für Reibpendellager (Curved Surface Sliders) genommen werden.

Tabelle J.5 — f_1 — Alterung

Komponente	$\lambda_{\max, f1}$					
	Ungeschmiertes PTFE		Geschmiertes PTFE		Grenzfläche aus zwei Metallen	
Umgebungsbedingungen	abgedichtet	nicht abgedichtet	abgedichtet	nicht abgedichtet	abgedichtet	nicht abgedichtet
Normal	1,1	1,2	1,3	1,4	2,0	2,2
Verschärft	1,2	1,5	1,4	1,8	2,2	2,5

Die Werte in Tabelle J.5 beziehen sich auf die folgenden Bedingungen:

- Edelstahlgleitbleche werden vorausgesetzt;
- nicht abgedichtete Bedingungen werden vorausgesetzt, um die Aussetzung der Gleitfläche gegenüber Wasser und Salz zu erlauben;
- verschärfte Umgebungsbedingungen schließen Meeres- und Industriebedingungen mit ein.

Die Werte für Grenzflächen aus zwei Metallen gelten für Edelstahl- und Bronzegrenzflächen.

Tabelle J.6 — f_2 — Temperatur

Bemessungstemperatur $T_{\min,b}$ (°C)	$\lambda_{\max,f2}$		
	Ungeschmiertes PTFE	Geschmiertes PTFE	Grenzfläche aus zwei Metallen
20	1,0	1,0	durch Prüfung zu ermitteln
0	1,1	1,3	
-10	1,2	1,5	
-30	1,5	3,0	

Tabelle J.7 — f_3 — Verunreinigung

Installation	$\lambda_{\max,f3}$		
	Ungeschmiertes PTFE	Geschmiertes PTFE	Grenzfläche aus zwei Metallen
Abgedichtet, mit nach unten gerichteter Edelstahloberfläche	1,0	1,0	1,0
Abgedichtet, mit nach oben gerichteter Edelstahloberfläche	1,1	1,1	1,1
Nicht abgedichtet, mit nach unten gerichteter Edelstahloberfläche	1,2	3,0	1,1

Die Werte in Tabelle J.7 beziehen sich auf die folgenden Bedingungen:

- Abdichtung der Lager wird vorausgesetzt, um einen Verschmutzungsschutz unter allen Gebrauchsbedingungen zu bieten.

Table J.8 — f_4 — Häufung von Verkehr

Häufung von Verkehr (km)	$\lambda_{\max, f4}$		
	Ungeschmiertes PTFE	Geschmiertes PTFE	Grenzfläche aus zwei Metallen
$\leq 1,0$	1,0	1,0	durch Prüfung zu ermitteln
$1,0 < \text{und} \leq 2$	1,2	1,0	durch Prüfung zu ermitteln

Anhang ZA (informativ)

Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie

ZA.1 Anwendungsbereich und maßgebende Eigenschaften

Diese Europäische Norm wurde gemäß dem von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone an CEN erteilten Mandat M/104 Lager im Bauwesen, ergänzt durch M/132, erarbeitet.

Die in diesem Anhang aufgeführten Abschnitte dieser Europäischen Norm erfüllen die Anforderungen des Mandats, das auf der Grundlage der EG-Bauproduktenrichtlinie (89/106/EWG) erteilt wurde.

Die Übereinstimmung mit diesen Abschnitten berechtigt zur Annahme, dass die von diesem Anhang abgedeckten Erdbebenvorrichtungen für die vorgesehenen Verwendungszwecke geeignet sind. Es wird auf die Angaben verwiesen, die der CE-Kennzeichnung beigefügt sind.

WARNHINWEIS — Für die Erdbebenvorrichtungen, die in den Anwendungsbereich dieser Europäischen Norm fallen, können weitere Anforderungen und EG-Richtlinien, welche die Eignung des Produktes für die vorgesehenen Verwendungszwecke nicht beeinflussen, gelten.

ANMERKUNG 1 Zusätzlich zu den konkreten Abschnitten dieser Norm, die sich auf gefährliche Stoffe beziehen, kann es weitere Anforderungen an die Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, geben (zum Beispiel umgesetzte europäische Rechtsvorschriften und nationale Rechts- und Verwaltungsvorschriften). Um die Bestimmungen der EG-Bauproduktenrichtlinie zu erfüllen, ist es notwendig, die besagten Anforderungen, sofern sie Anwendung finden, ebenfalls einzuhalten.

ANMERKUNG 2 Eine Informations-Datenbank über europäische und nationale Bestimmungen über gefährliche Stoffe ist auf der Website der Kommission EUROPA (Zugang über <http://europa.eu.int/comm/enterprise/construction/internal/dangsub/dangmain.htm>) verfügbar.

Dieser Anhang gibt die Bedingungen für die CE-Kennzeichnung von Erdbebenvorrichtungen für die in den Tabellen ZA.1.a bis ZA.1.f angegebenen Verwendungszwecke an und führt die einschlägigen geltenden Abschnitte auf.

Dieser Anhang hat den gleichen Anwendungsbereich wie Abschnitt 1 dieser Norm und ist in den Tabellen ZA.1.a bis ZA.1.f festgelegt.

Tabelle ZA.1.a

Produkt: Starre Verbindungsvorrichtungen entsprechend dem Anwendungsbereich dieser Norm			
Verwendungszweck: In Hochbauten und Ingenieurbauwerken			
Wesentliche Eigenschaften	Abschnitte mit Anforderungen in dieser und (einer) anderen Europäischen (Norm) Normen	Stufen und/oder Klassen	Anmerkungen
Tragfähigkeit (Druck und Zug) (Fähigkeit zur Übertragung axialer Lasten)	nicht anwendbar	Keine	nicht anwendbar
Widerstand gegen Erdbebenlasten/Stoßabsorption (Widerstandsfähigkeit gegenüber wiederholten Lastzyklen)	5.1 5.2.1, 5.2.2 5.3.1, 5.3.3	Keine	Bemessungswert, in kN
Schubmodul (Steifigkeit)	nicht anwendbar	Keine	nicht anwendbar
Rotationsvermögen/in Radian (Rückzentrierungsvermögen)	5.1 5.3.1	Keine	Bemessungswert, in Radian
Reibungszahl (Energiedissipationsvermögen)	nicht anwendbar	Keine	nicht anwendbar
Horizontales Verformungsvermögen (horizontale Nachgiebigkeit)	5.2.1, 5.2.2, 5.2.4.3 5.3.1, 5.3.3	Keine	Bemessungswert, in mm (soweit anwendbar)
Dauerhaftigkeitsaspekte entsprechend der Norm	5.2.4.3, 5.3.4.4	Keine	Bestanden/ nicht bestanden

Tabelle ZA.1.b

Produkt: Verschiebungsabhängige Vorrichtungen entsprechend dem Anwendungsbereich dieser Norm			
Verwendungszweck: In Hochbauten und Ingenieurbauwerken			
Wesentliche Eigenschaften	Abschnitte mit Anforderungen in dieser und (einer) anderen Europäischen (Norm) Normen	Stufen und/oder Klassen	Anmerkungen
Tragfähigkeit (Druck und Zug) (Fähigkeit zur Übertragung axialer Lasten)	nicht anwendbar	Keine	–
Widerstand gegen Erdbebenlasten/Stoßabsorption (Widerstandsfähigkeit gegenüber wiederholten Lastzyklen)	6.4.4 a)	Keine	Bestanden/ nicht bestanden
Schubmodul (Steifigkeit)	6.2 6.4.4	Keine	Bemessungswert, in kN/m
Rotationsvermögen (Rückzentrierungsvermögen)	7.1 (soweit anwendbar)	Keine	Bemessungswert, in Radian
Reibungszahl (Energiedissipationsvermögen)	6.2 Tabelle 3 (soweit anwendbar) 6.4.4 a)	Keine	effektiver Dämpfungswert in Prozent
Horizontales Verformungsvermögen (horizontale Nachgiebigkeit)	6.4.4 b)	Keine	–
Dauerhaftigkeitsaspekte (Beständigkeit gegenüber Alterung, Temperatur, Korrosion)	6.2, Tabellen 3 und 4 6.4.4	Keine	Steifigkeit (kN/m) und Dämpfung (%) Streuung

Tabelle ZA.1.c

Produkt: Geschwindigkeitsabhängige Vorrichtungen entsprechend dem Anwendungsbereich dieser Norm			
Verwendungszweck: In Hochbauten und Ingenieurbauwerken			
Wesentliche Eigenschaften	Abschnitte mit Anforderungen in dieser und (einer) anderen Europäischen (Norm) Normen	Stufen und/oder Klassen	Anmerkungen
Tragfähigkeit (Fähigkeit zur Übertragung axialer Lasten)	7.1, 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3	Keine	Bestanden/ nicht bestanden
Widerstand gegen Erdbebenlasten/Stoßabsorption (Widerstandsfähigkeit gegenüber wiederholten Lastzyklen)	7.1, 7.4.2.5, 7.4.2.6, 7.4.2.8	Keine	Bemessungswert, in kN
Steifigkeit (horizontale Nachgiebigkeit)	7.1, 7.4.2.6	Keine	Bemessungswert, in kN/mm (nur für Feder- Flüssigkeits- dämpfer)
Rotationsvermögen	7.1	Keine	Angaben zu den Eigenschaften
Reibungszahl (Energiedissipationsvermögen)	7.4.2.7	Keine	Angaben zu den Eigenschaften
Horizontales Verformungsvermögen (Hub)	7.1, 7.4.2.10	Keine	Bemessungswert in mm
Dauerhaftigkeitsaspekte (Beständigkeit gegenüber Alterung, Temperatur, Korrosion)	7.1, 7.4.2.8, 7.4.2.9	Keine	Bestanden/ nicht bestanden

Tabelle ZA.1.d

Produkt: Elastomere Isolatoren entsprechend dem Anwendungsbereich dieser Norm			
Verwendungszweck: In Hochbauten und Ingenieurbauwerken — für niedrig dämpfende elastomere Isolatoren siehe Tabelle ZA.1.d			
Wesentliche Eigenschaften	Abschnitte mit Anforderungen in dieser und (einer) anderen Europäischen (Norm) Normen	Stufen und/oder Klassen	Anmerkungen
Tragfähigkeit (Druck und Zug) (Fähigkeit zur Übertragung axialer Lasten)	8.2.1.2.6 8.2.1.2.7 8.2.3.4.2 8.2.3.4.3 8.2.3.4.4/8.2.3.4.5 Nur für Isolatoren in Brücken: EN 1337-3:2005, 4.3.4	Keine	Bestanden/ nicht bestanden
Widerstand gegen Erdbebenlasten/Stoßabsorption (Widerstandsfähigkeit gegenüber wiederholten Lastzyklen)	8.2.1.2.5	Keine	Bestanden/ nicht bestanden
Schubmodul (Steifigkeit)	8.2.1.2.2 8.2.1.2.3 8.2.1.2.4 8.2.2.1.5	Keine	Bemessungswert, kN/mm Bestanden/ nicht bestanden Bestanden/ nicht bestanden
Rotationsvermögen (Rückzentrierungsvermögen)	8.2.3.4.2	Keine	Bestanden/ nicht bestanden
Energiedissipationsvermögen	8.2.1.2.2 8.2.1.2.3 8.2.1.2.4	Keine	Bemessungswert, Anteil der kritischen Dämpfung, in % Bestanden/ nicht bestanden Bestanden/ nicht bestanden
Horizontales Verformungsvermögen (horizontale Nachgiebigkeit)	8.2.1.2.7 8.2.2.1.4 8.2.3.4.1 8.2.3.4.2	Keine	Bestanden/ nicht bestanden
Dauerhaftigkeitsaspekte (Beständigkeit gegenüber Alterung)	8.2.1.2.9 8.2.2.1.3.5 8.2.2.1.4.2 8.2.2.1.6 Nur für Isolatoren in Brücken: EN 1337-3:2005, 4.3.6	Keine	Bestanden/ nicht bestanden

Tabelle ZA.1.e

Produkt: Niedrig dämpfende Elastomere Isolatoren entsprechend dem Anwendungsbereich dieser Norm			
Verwendungszweck: Für Brücken, die niedriger Erdbebenaktivität ausgesetzt sind — für andere Anwendungen siehe Tabelle ZA.1.d Elastomere Isolatoren			
Wesentliche Eigenschaften	Abschnitte mit Anforderungen in dieser und (einer) anderen Europäischen (Norm) Normen	Stufen und/oder Klassen	Anmerkungen
Tragfähigkeit (Druck und Zug) (Fähigkeit zur Übertragung axialer Lasten)	8.2.1.2.7 8.2.3.4.2 8.2.3.4.3 8.2.3.4.4/8.2.3.4.5 Nur für Isolatoren in Brücken: EN 1337-3:2005, 4.3.4	Keine	Bestanden/ nicht bestanden
Widerstand gegen Erdbebenlasten/Stoßabsorption (Widerstandsfähigkeit gegenüber wiederholten Lastzyklen)	nicht anwendbar		nicht anwendbar
Schubmodul	8.2.1.2.2/8.2.1.2.11 8.2.1.2.4 EN 1337-3, 4.3.1	Keine	Bemessungswert, kN/mm Bestanden/ nicht bestanden Bestanden/ nicht bestanden
Rotationsvermögen (Rückzentrierungsvermögen)	8.2.3.4.2	Keine	Bestanden/ nicht bestanden
Energiedissipationsvermögen	nicht anwendbar		nicht anwendbar
Horizontales Verformungsvermögen (horizontale Nachgiebigkeit)	8.2.1.2.7/8.2.1.2.11 8.2.3.4.1 8.2.3.4.2 EN 1337-3, 4.3.2	Keine	Bestanden/ nicht bestanden
Dauerhaftigkeitsaspekte (Beständigkeit gegenüber Alterung)	EN 1337-3:2005, 4.3.6, 4.4.2	Keine	Bestanden/ nicht bestanden

Tabelle ZA.1.f

Produkt: Pendelgleiter und Flachgleiter entsprechend dem Anwendungsbereich dieser Norm			
Verwendungszweck: In Hochbauten und Ingenieurbauwerken			
Wesentliche Eigenschaften	Abschnitte mit Anforderungen in dieser und (einer) anderen Europäischen (Norm) Normen	Stufen und/oder Klassen	Anmerkungen
Tragfähigkeit (Druck und Zug) (Fähigkeit zur Übertragung axialer Lasten)	EN 1337-2:2004, 5, 6.2, 6.3, 6.4, 6.6, 6.8, 6.9, 7.1, 7.2 oder entsprechende ETA	Temperatur	Angaben zu den Eigenschaften
	8.3.4.1.2	Keine	Bestanden/nicht bestanden
	Zusätzlich für Pendelgleiter: 8.3.3.1	Keine	Angaben zu den Eigenschaften
Widerstand gegen Erdbebenlasten/Stoßabsorption (Widerstandsfähigkeit gegenüber wiederholten Lastzyklen)	nicht anwendbar		nicht anwendbar
Schubmodul (Steifigkeit)	nicht anwendbar		nicht anwendbar
Rotationsvermögen (Rückzentrierungsvermögen)	Für Pendelgleiter: 8.3.3.3 Für Flachgleiter: 8.4.1	Keine	Angaben zu den Eigenschaften
Reibungszahl (Energiedissipationsvermögen)	EN 1337-2:2004, 4, 5, 6.1, 6.5, 6.7, 7.5 oder entsprechende ETA	Temperatur, Gleitweg	Angaben zu den Eigenschaften
	8.3.1.2.5	Temperatur, Gleitweg	Angaben zu den Eigenschaften
	8.3.1.2.6	Keine	Bestanden/nicht bestanden
Horizontales Verformungsvermögen (horizontale Nachgiebigkeit)	8.3.3.2	Keine	Angaben zu den Eigenschaften
Dauerhaftigkeitsaspekte (Beständigkeit gegenüber Alterung, Temperatur, Korrosion)	8.3.1.2.7	Keine	Bestanden/nicht bestanden

Die Anforderung an eine bestimmte Eigenschaft gilt nicht in denjenigen Mitgliedstaaten, in denen es keine gesetzliche Bestimmung für diese Eigenschaft für den vorgesehenen Verwendungszweck des Produkts gibt. In diesem Fall sind Hersteller, die ihre Produkte auf dem Markt dieser Mitgliedstaaten einführen wollen, nicht verpflichtet, die Leistung ihrer Produkte in Bezug auf diese Eigenschaft zu bestimmen oder anzugeben und es darf die Option „Keine Leistung festgestellt“ (KLF) in den Angaben zur CE-Kennzeichnung (siehe ZA.3) verwendet werden. Die KLF-Option darf jedoch nicht verwendet werden, wenn für die Eigenschaft ein einzuhaltender Grenzwert angegeben ist.

ZA.2 Verfahren der Konformitätsbescheinigung von Erdbebenvorrichtungen

ZA.2.1 System(e) der Konformitätsbescheinigung

Die Systeme der Konformitätsbescheinigung für Erdbebenvorrichtungen nach den Tabellen ZA.1.a bis ZA.1.f sind für den (die) dort vorgesehenen Verwendungszweck(e) und einschlägige(n) Stufe(n) und Klasse(n) in der Tabelle ZA.2 angegeben. Dies entspricht der Kommissionsentscheidung 95/467/EG vom 1995-10-24, wie durch die Entscheidung 01/596/EC vom 08. Januar 2001 (veröffentlicht als Dokument L209 vom 02.08.01) und 2002/592/EC vom 15. Juli 2002 (veröffentlicht als Dokument L192 vom 20.07.02) geändert und im Anhang III des Mandats für „Lager im Bauwesen“ abgedruckt.

Tabelle ZA.2 — System(e) der Konformitätsbescheinigung

Produkt(e)	Verwendungszweck(e)	Stufe(n) oder Klasse(n)	System(e) der Konformitätsbescheinigung
Erdbebenvorrichtungen	In Hochbauten und Ingenieurbauwerken mit kritischen Anforderungen an einzelnen Vorrichtungen ^a	Keine	1
	In Hochbauten und Ingenieurbauwerken mit nichtkritischen Anforderungen an einzelnen Vorrichtungen ^b		3
System 1: Siehe Richtlinie 89/106/EWG (BPR), Anhang III, Abschnitt 2 (i), ohne Stichprobenprüfung			
System 3: Siehe Richtlinie 89/106/EWG (BPR), Anhang III, Abschnitt 2 (ii), Möglichkeit 2			
^a Kritisch in dem Sinne, dass diese Anforderungen im Versagensfall der Vorrichtung für das Bauwerk oder Teile davon zur Folge haben können, dass die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit überschritten werden.			
^b Nichtkritisch in dem Sinne, dass diese Anforderungen im Versagensfall der Vorrichtung für das Bauwerk oder Teile davon nicht zur Folge haben, dass die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit überschritten werden.			

Die Konformitätsbescheinigung von Erdbebenvorrichtungen nach den Tabellen ZA.1.a bis ZA.1.f muss auf den in den Tabellen ZA.3.a und ZA.3.b angegebenen Verfahren zur Konformitätsbewertung beruhen, die sich aus der Anwendung der dort angegebenen Abschnitte dieser Europäischen Norm oder anderer Europäischer Normen ergeben.

Tabelle ZA.3.a — Zuordnung der Aufgaben der Beurteilung der Konformität von Erdbebenvorrichtungen unter System 1

Aufgaben		Inhalt der Aufgabe	Anzuwendende Abschnitte zur Bewertung der Konformität	Häufigkeit
Aufgaben des Herstellers	Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)	Parameter, bezogen auf alle maßgebenden Eigenschaften in Tabelle ZA.1	10.3 Tabellen 16 bis 21	
	Zusätzliche Prüfungen an im Werk entnommenen Proben	Alle maßgebenden Eigenschaften in Tabelle ZA.1	10.2.2	
	Erstprüfung durch den Hersteller	Widerstand gegeben Erdbebenlasten/Stoßabsorption (Widerstandsfähigkeit gegenüber wiederholten Lastzyklen) Dauerhaftigkeitsaspekte (Beständigkeit gegenüber Alterung, Temperatur, Korrosion)	10.2.1	
Aufgaben der Produktzertifizierungsstelle	Erstprüfung	Tragfähigkeit (Druck und Zug) (Fähigkeit zur Übertragung axialer Lasten) Schubmodul (Steifigkeit) Rotationsvermögen (Rückzentrierungsvermögen) Reibungszahl (Energiedissipationsvermögen) Horizontales Verformungsvermögen (horizontale Nachgiebigkeit)	10.2.1	
	Erstinspektion des Werkes und der werkseigenen Produktionskontrolle	Tragfähigkeit (Druck und Zug) (Fähigkeit zur Übertragung axialer Lasten) Schubmodul (Steifigkeit) Rotationsvermögen (Rückzentrierungsvermögen) Reibungszahl (Energiedissipationsvermögen) Horizontales Verformungsvermögen (horizontale Nachgiebigkeit)	10.3 Tabellen 16 bis 21	
	Laufende Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle	Tragfähigkeit (Druck und Zug) (Fähigkeit zur Übertragung axialer Lasten) Schubmodul (Steifigkeit) Rotationsvermögen (Rückzentrierungsvermögen) Reibungszahl (Energiedissipationsvermögen) Horizontales Verformungsvermögen (horizontale Nachgiebigkeit)	10.3 Tabellen 16 bis 21	zweimal je Jahr

Tabelle ZA.3.b — Zuordnung der Aufgaben der Beurteilung der Konformität von Erdbebenvorrichtungen unter System 3

Aufgaben		Inhalt der Aufgabe	Anzuwendende Abschnitte zur Bewertung der Konformität
Aufgaben des Herstellers	Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)	Parameter, bezogen auf alle maßgebenden Eigenschaften in Tabelle ZA.1	10.3 Tabellen 16 bis 21
	Erstprüfung durch den Hersteller	Widerstand gegeben Erdbebenlasten/Stoßabsorption (Widerstandsfähigkeit gegenüber wiederholten Lastzyklen) Dauerhaftigkeitsaspekte (Beständigkeit gegenüber Alterung, Temperatur, Korrosion)	10.2.1
	Erstprüfung durch eine notifizierte Prüfstelle	Tragfähigkeit (Druck und Zug) (Fähigkeit zur Übertragung axialer Lasten) Schubmodul (Steifigkeit) Rotationsvermögen (Rückzentrierungsvermögen) Reibungszahl (Energiedissipationsvermögen) Horizontales Verformungsvermögen (horizontale Nachgiebigkeit)	10.2.1

ZA.2.2 EG-Zertifikat und Konformitätserklärung

(Im Falle von Produkten mit System 1):

Wenn Übereinstimmung mit den Bedingungen dieses Anhangs erzielt worden ist, muss die Zertifizierungsstelle ein Konformitätszertifikat (EG-Konformitätszertifikat) ausstellen, welches es dem Hersteller erlaubt, die CE-Kennzeichnung anzubringen. Das Zertifikat muss Folgendes beinhalten:

- Name, Anschrift und Kennnummer der Zertifizierungsstelle; Name und Anschrift des Herstellers oder seines im EWR ansässigen Bevollmächtigten und Herstellungsort;

ANMERKUNG 1 Der Hersteller darf auch die für das Inverkehrbringen des Produktes auf dem Markt des EWR verantwortliche Person sein, wenn er die Verantwortung für die Anbringung des CE-Zeichens trägt.

- Beschreibung des Produkts (Art, Kennzeichnung, Verwendung, ...);
- Bestimmungen, denen das Produkt genügt (das heißt Anhang ZA dieser EN);
- besondere Verwendungshinweise (zum Beispiel Hinweise für die Verwendung unter bestimmten Bedingungen);
- Nummer des Zertifikats;

- Bedingungen der Gültigkeitsdauer des Zertifikats, falls zutreffend;
- Name und Funktion der zur Unterzeichnung des Zertifikats ermächtigten Person.

Zusätzlich muss der Hersteller eine Konformitätserklärung (EG-Konformitätserklärung) mit folgenden Informationen ausstellen:

- Name und Anschrift des Herstellers oder seines im EWR ansässigen Bevollmächtigten;
- Name und Anschrift der Zertifizierungsstelle;
- Beschreibung des Produkts (Art, Kennzeichnung, Verwendung, ...) und eine Kopie der Begleitinformationen zum CE-Zeichen;

ANMERKUNG 2 Soweit Teile der geforderten Information für die Konformitätserklärung bereits in der Information zur CE-Kennzeichnung angegeben sind, brauchen sie nicht wiederholt zu werden.

- Bestimmungen, denen das Produkt genügt (das heißt Anhang ZA dieser EN), und einen Verweis auf den Erstprüfbericht/die Erstprüfberichte und die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrolle (wenn anwendbar);
- besondere Verwendungshinweise (zum Beispiel Hinweise für die Verwendung unter bestimmten Bedingungen);
- Nummer des zugehörigen EG-Konformitätszertifikates;
- Name und Funktion der zur Unterzeichnung der Erklärung im Namen des Herstellers oder seines Bevollmächtigten ermächtigten Person.

(Im Falle von Produkten unter System 3):

Wenn Übereinstimmung mit den Bedingungen dieses Anhangs erzielt worden ist, muss der Hersteller oder sein im EWR ansässiger Bevollmächtigter eine Konformitätserklärung (EG-Konformitätserklärung) ausstellen, welche es dem Hersteller erlaubt, die CE-Kennzeichnung anzubringen. Diese Erklärung muss Folgendes beinhalten:

- Name und Anschrift des Herstellers oder seines im EWR ansässigen Bevollmächtigten, und Herstellungs-ort;

ANMERKUNG 3 Der Hersteller darf auch die für das Inverkehrbringen des Produktes auf dem Markt des EWR verantwortliche Person sein, wenn er die Verantwortung für die Anbringung des CE-Zeichens trägt.

- Beschreibung des Produkts (Art, Kennzeichnung, Verwendung, ...) und eine Kopie der Begleitinformationen zum CE-Zeichen;

ANMERKUNG 4 Soweit Teile der geforderten Information für die Konformitätserklärung bereits in der Information zur CE-Kennzeichnung angegeben sind, brauchen sie nicht wiederholt zu werden.

- Bestimmungen, denen das Produkt genügt (das heißt Anhang ZA dieser EN), und einen Verweis auf den Erstprüfbericht/die Erstprüfberichte und die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrolle (wenn anwendbar);
- besondere Verwendungshinweise (zum Beispiel Hinweise für die Verwendung unter bestimmten Bedingungen);
- Name und Anschrift der notifizierten Prüfstelle(n);
- Name und Funktion der zur Unterzeichnung der Erklärung im Namen des Herstellers oder seines Bevollmächtigten ermächtigten Person.

Die oben genannte Erklärung und das Zertifikat sind in der (den) offiziellen Sprache(n) des Mitgliedsstaates vorzulegen, in dem das Produkt zur Verwendung gelangen soll.

ZA.3 CE-Kennzeichnung und Etikettierung

Der Hersteller oder sein im EWR ansässiger Bevollmächtigter ist verantwortlich für das Anbringen der CE-Kennzeichnung. Das CE-Konformitätszeichen muss der Richtlinie 93/68/EWG entsprechen und ist auf der Erdbebenvorrichtung selbst (oder, falls dies nicht möglich ist, auf einem am Produkt befestigten Etikett, auf der Verpackung oder in den Begleitdokumenten, zum Beispiel im Lieferschein) anzubringen. Dem CE-Zeichen sind die folgenden Angaben hinzuzufügen:

- Kennnummer der Zertifizierungsstelle (nur für Produkte unter System 1);
- Name oder Bildzeichen und eingetragene Anschrift des Herstellers;
- die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde;
- Nummer des EG-Konformitätszertifikats oder des Zertifikats über die werkseigene Produktionskontrolle (falls maßgebend);
- Verweisung auf diese Europäische Norm;
- Beschreibung des Produkts: Oberbegriff, Werkstoff, Maße, ... und vorgesehener Verwendungszweck;
- Angaben zu den maßgebenden wesentlichen Eigenschaften, die in den Tabellen ZA.1.a bis ZA.1.f aufgeführt sind:
 - deklarierte Werte und, falls maßgebend, Stufe oder Klasse (einschließlich „bestanden“ bei den entsprechenden Anforderungen, falls erforderlich), die für jede wesentliche Eigenschaft, wie in den „Anmerkungen“ zu Tabelle ZA.1.a bis ZA.1.f aufgeführt, anzugeben sind;
 - „Keine Leistung festgestellt“ für Eigenschaften, für die dies maßgebend ist;
 - als Alternative eine genormte Bezeichnung oder alle maßgebenden Eigenschaften (wenn die Bezeichnung nur einige Eigenschaften abdeckt, muss sie durch Nennwerte für weitere Eigenschaften, wie oben angegeben, ergänzt werden).


Die Option „Keine Leistung festgestellt“ (KLF) darf nicht angewendet werden, wenn für die Eigenschaft ein obligatorischer Grenzwert angegeben ist. Die KLF-Option darf hingegen angewendet werden, sofern die Eigenschaft für einen bestimmten Verwendungszweck nicht Gegenstand gesetzlicher Anforderungen im Bestimmungsmitgliedstaat ist.

ZA.3.1 Angabe der Produkteigenschaften

Das Verfahren 2 dient der Bestimmung der auf die wesentlichen Anforderungen „Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen und Standsicherheit“ und „Feuerwiderstand“ (falls maßgebend) bezogenen Eigenschaften.

Bild ZA.1 enthält ein Beispiel für die CE-Kennzeichnung mit Verfahren 2.

ANMERKUNG Das Verfahren 2 dient der Angabe von Produkteigenschaften, die nach dieser Norm und nach den EN Eurocodes bestimmt wurden. Das Verfahren 1 deckt normalerweise die CE-Kennzeichnung für Lager im Bauwesen ab, basierend auf der Erklärung von geometrischen Daten, und den Eigenschaften der Werkstoffe und Komponenten. Dieses Verfahren ist im Allgemeinen für Erdbebenvorrichtungen nicht anwendbar.

 01234	
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 09 01234-CPD-00234	
EN 15129 Starre Verbindungsvorrichtungen Widerstand gegen Erdbebenlasten/ Stoßabsorption 3 000 kN Rotationsvermögen ± 0,035 rad Horizontales Verformungsvermögen ± 200 mm Dauerhaftigkeit: Entspricht der Norm	

<i>CE-Konformitätskennzeichnung, bestehend aus dem CE-Symbol nach der Richtlinie 93/68/EWG</i>
<i>Kennnummer der Zertifizierungsstelle (nur für System 1)</i>
<i>Name oder Bildzeichen und eingetragene Anschrift des Herstellers</i>
<i>Die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde</i>
<i>Nummer des Zertifikats (nur für System 1)</i>
<i>Nummer der Europäischen Norm</i>
<i>Beschreibung des Produktes und Angaben über Eigenschaften, für die gesetzliche Bestimmungen gelten</i>

Bild ZA.1 — Beispiel für die CE-Kennzeichnung nach Verfahren 2

ZA.3.2 Erklärung der Übereinstimmung mit einer vorgegebenen Bemessungsspezifikation

Das Verfahren 3 dient der Bestimmung der auf die wesentlichen Anforderungen „Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen und Standsicherheit“ und „Feuerwiderstand“ (sofern maßgebend) bezogenen Eigenschaften.

Das Verfahren 3 gilt für folgende Situationen:

- a) In Fällen, in denen ein tragendes Bauteil oder ein Bausatz nach den Konstruktionsdetails (Zeichnungen, Festlegungen in Bezug auf die Baustoffe usw.), die von dem für das Bauwerk zuständigen Bemessungsingenieur erstellt wurden, hergestellt wird;
- b) in Fällen, in denen der Hersteller ein tragendes Bauteil oder einen Bausatz nach den im Auftrag des Kunden enthaltenen Festlegungen herstellt.


Die Bilder ZA.2.a bis ZA.2.d und ZA.3 enthalten Beispiele für die CE-Kennzeichnung für Erdbebenvorrichtungen für den Fall, dass das Produkt nach einer Bemessungsspezifikation hergestellt wurde, in der die auf die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen und Standsicherheit mithilfe der für die Konstruktionen geltenden Bemessungsvorschriften bestimmt werden.

Unter Bezugnahme auf die entsprechende Tabelle ZA.1 sind die folgenden Eigenschaften anzugeben:

- Tragfähigkeit (Druck und Zug) (Fähigkeit zur Übertragung axialer Lasten);
- Widerstand gegen Erdbebenlasten/Stoßabsorption (Widerstandsfähigkeit gegenüber wiederholten Lastzyklen);
- Schubmodul (Steifigkeit);

- Rotationsvermögen (Rückzentrierungsvermögen);
- Reibbeiwert (Energiedissipationsvermögen);
- horizontales Verformungsvermögen (horizontale Nachgiebigkeit);
- Dauerhaftigkeitsaspekte (Beständigkeit gegenüber Alterung, Temperatur, Korrosion).

ANMERKUNG Dieses Verfahren ist auf Fälle, die nicht durch Verfahren 1 (für handelsübliche und serienmäßig hergestellte Produkte. Dieses Verfahren scheint nicht auf Erdbebenvorrichtungen anwendbar zu sein) und 2 abgedeckt sind, anwendbar.

 01234	
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 09 01234-CPD-00234	
EN 15129 Starre Verbindungsvorrichtungen Widerstand gegen Erdbebenlasten/ Stoßabsorption 3 000 kN Rotationsvermögen ± 0,035 rad Horizontales Verformungsvermögen ± 200 mm Dauerhaftigkeit: Entspricht der Norm	

CE-Konformitätskennzeichnung, bestehend aus dem CE-Symbol nach der Richtlinie 93/68/EWG

Kennnummer der Zertifizierungsstelle (nur für System 1)

Name oder Bildzeichen und eingetragene Anschrift des Herstellers


Die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde

Nummer des Zertifikats (nur für System 1)

Nummer der Europäischen Norm

Beschreibung des Produktes und Angaben über Eigenschaften, für die gesetzliche Bestimmungen gelten

Bild ZA.2.a — Beispiel für die CE-Kennzeichnung nach Verfahren 3, für System 1

 01234	
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 09 01234-CPD-00234	
EN 15129 Flüssigkeitsdämpfer	
Tragfähigkeit	Entspricht der Norm
Widerstand gegen Erdbebenlasten/ Stoßabsorption	1 000 kN
Rotationsvermögen	± 0,035 rad
Horizontales Verformungsvermögen	± 300 mm
Dauerhaftigkeit:	Entspricht der Norm

<i>CE-Konformitätskennzeichnung, bestehend aus dem CE-Symbol nach der Richtlinie 93/68/EWG</i>
<i>Kennnummer der Zertifizierungsstelle (nur für System 1)</i>
<i>Name oder Bildzeichen und eingetragene Anschrift des Herstellers</i>
<i>Die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde</i>
<i>Nummer des Zertifikats (nur für System 1)</i>
<i>Nummer der Europäischen Norm</i>
<i>Beschreibung des Produktes und Angaben über Eigenschaften, für die gesetzliche Bestimmungen gelten</i>

Bild ZA.2.b — Beispiel für die CE-Kennzeichnung nach Verfahren 3, für System 1

 01234	
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 09 01234-CPD-00234	
EN 15129 Feder-Flüssigkeitsdämpfer	
Tragfähigkeit	Entspricht der Norm
Widerstand gegen Erdbebenlasten/ Stoßabsorption	2 000 kN
Steifigkeit	7 000 kN/m
Rotationsvermögen	± 0,035 rad
Horizontales Verformungsvermögen	± 300 mm
Dauerhaftigkeit:	Entspricht der Norm

CE-Konformitätskennzeichnung, bestehend aus dem CE-Symbol nach der Richtlinie 93/68/EWG

Kennnummer der Zertifizierungsstelle (nur für System 1)

Name oder Bildzeichen und eingetragene Anschrift des Herstellers


Die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde

Nummer des Zertifikats (nur für System 1)

Nummer der Europäischen Norm


Beschreibung des Produktes und Angaben über Eigenschaften, für die gesetzliche Bestimmungen gelten

Bild ZA.2.c — Beispiel für die CE-Kennzeichnung nach Verfahren 3, für System 1

 01234	
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 09 01234-CPD-00234	
EN 15129 Pendelgleiter	
Tragfähigkeit	5 400 kN
Rotationsvermögen	± 0,01 rad
Reibbeiwert	0,05
Horizontales Verformungsvermögen	± 0,5 m
Dauerhaftigkeit:	Entspricht der Norm

<i>CE-Konformitätskennzeichnung, bestehend aus dem CE-Symbol nach der Richtlinie 93/68/EWG</i>
<i>Kennnummer der Zertifizierungsstelle (nur für System 1)</i>
<i>Name oder Bildzeichen und eingetragene Anschrift des Herstellers</i>
<i>Die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde</i>
<i>Nummer des Zertifikats (nur für System 1)</i>
<i>Nummer der Europäischen Norm</i>
<i>Beschreibung des Produktes und Angaben über Eigenschaften, für die gesetzliche Bestimmungen gelten</i>

Bild ZA.2.d — Beispiel für die CE-Kennzeichnung nach Verfahren 3, für System 1

	
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050	
09	
EN 15129	
Starre Verbindungsvorrichtungen	
Widerstand gegen Erdbebenlasten/ Stoßabsorption	3 000 kN
Rotationsvermögen	± 0,035 rad
Horizontales Verformungsvermögen	± 200 mm
Dauerhaftigkeit	Entspricht der Norm

<i>CE-Konformitätskennzeichnung, bestehend aus dem CE-Symbol nach der Richtlinie 93/68/EWG</i>
<i>Name oder Bildzeichen und eingetragene Anschrift des Herstellers</i>
<i>Die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde</i>
<i>Nummer der Europäischen Norm</i>
<i>Beschreibung des Produktes und Angaben über Eigenschaften, für die gesetzliche Bestimmungen gelten</i>

Bild ZA.3 — Beispiel für die CE-Kennzeichnung nach Verfahren 3, für System 3

Zusätzlich zu den oben angegebenen speziellen Angaben zu gefährlichen Stoffen sollten dem Produkt, sofern erforderlich und in geeigneter Form, Dokumente beigefügt werden, in denen alle übrigen gesetzlichen Bestimmungen über gefährliche Stoffe aufgeführt werden, deren Einhaltung gefordert wird, sowie alle Informationen, die auf Grund dieser gesetzlichen Bestimmungen erforderlich sind.

ANMERKUNG 1 Europäische gesetzliche Bestimmungen ohne nationale Abweichungen brauchen nicht angegeben zu werden.

ANMERKUNG 2 Falls ein Produkt mehr als einer Richtlinie unterliegt, bedeutet das Anbringen der CE-Kennzeichnung, dass dieses Produkt mit allen geltenden Richtlinien übereinstimmt.

Literaturhinweise

- [1] EN 1998-3, *Eurocode 8 — Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 3: Beurteilung und Ertüchtigung von Gebäuden (als Ersatz für ENV 1998-1-4:1996 vorgesehen)*
- [2] EN 1998-4, *Eurocode 8 — Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen*
- [3] EN 1998-5, *Eurocode 8 — Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 5: Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte*
- [4] EN 1998-6, *Eurocode 8 — Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 6: Türme, Maste und Schornsteine*
- [5] EN 10113-1, *Bestimmung des Oberflächenkeimgehaltes auf Einrichtungs- und Bedarfsgegenständen im Lebensmittelbereich — Teil 1: Quantitatives Tupferverfahren*
- [6] EN 10137-1, *Blech und Breitflachstahl aus Baustählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten oder im ausscheidungsgehärteten Zustand — Teil 1: Allgemeine Lieferbedingungen*
- [7] EN 10137-2, *Blech und Breitflachstahl aus Baustählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten oder im ausscheidungsgehärteten Zustand — Teil 2: Lieferbedingungen für vergütete Stähle*
- [8] EN 10137-3, *Blech und Breitflachstahl aus Baustählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten oder im ausscheidungsgehärteten Zustand — Teil 3: Lieferbedingungen für ausscheidungsgehärtete Stähle*
- [9] EN 1337-4, *Lager im Bauwesen — Teil 4: Rollenlager*
- [10] EN 1337-5, *Lager im Bauwesen — Teil 5: Topflager*
- [11] EN 1337-6, *Lager im Bauwesen — Teil 6: Kipplager*
- [12] EN 1337-9, *Lager im Bauwesen — Teil 9: Schutz*
- [13] ISO 6446, *Rubber products — Bridge bearings — Specification for rubber materials*
- [14] James M. Kelly, *Earthquake-Resistant Design with Rubber*, 2nd edition, Springer-Verlag, London
- [15] Gent, A.N., Lindley, P.B. (1959). The compression of bonded rubber blocks. *Proc. Instn Mech. Eng.*, Vol. 173, No. 3, pp. 111–122