

DIN EN 15512

ICS 53.080

Entwurf

Einsprüche bis 2017-03-27
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 15512:2010-09

**Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl –
Verstellbare Palettenregale –
Grundlagen der statischen Bemessung;
Deutsche und Englische Fassung prEN 15512:2017**

Steel static storage systems –
Adjustable pallet racking systems –
Principles for structural design;
German and English version prEN 15512:2017

Systèmes de stockage en acier –
Systèmes de rayonnages à palettes réglables –
Principes applicables au calcul des structures;
Version allemande et anglaise prEN 15512:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-01-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naebm@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Eisen-, Blech- und Metallwaren (NAEBM), Wiesenstr. 21 a1, 40549 Düsseldorf.

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

Gesamtumfang 392 Seiten

DIN-Normenausschuss Eisen-, Blech- und Metallwaren (NAEBM)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält sicherheitstechnische Festlegungen im Sinne des Gesetzes über die Neuordnung des Geräte- und Produktsicherheitsrechts (Produktsicherheitsgesetz – ProdSG). Sofern die Norm vom Ausschuss für Produktsicherheit ermittelt und deren Fundstelle von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben worden ist, wird bei verstellbaren Palettenregalen, die nach dieser Norm hergestellt werden, vermutet, dass sie den betreffenden Anforderungen an Sicherheit und Gesundheit von Personen genügen.

Dieses Dokument (prEN 15512:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 344 „Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl“, dessen Sekretariat von UNI (Italien) gehalten wird, erarbeitet.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 020-00-17 AA „Statische Regale aus Stahl“ im DIN-Normenausschuss Eisen-, Blech- und Metallwaren (NAEBM), der auch die Deutsche Fassung erstellt hat.

Der Anhang I, A-Abweichungen, enthält in I.2 die deutschen Abweichungen. Diese gelten anstelle der Festlegungen der Europäischen Norm so lange, bis sie zurückgezogen werden.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des prEN 15512 beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 15512:2010-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) redaktionelle Änderungen erfolgten in Bezug auf den Aufbau der Norm;
- b) die normativen Verweisungen und Literaturhinweise wurden aktualisiert;
- c) im Abschnitt 8 „Stahl“ wurden Zusatzprüfungen für Stahl aufgenommen;
- d) im Abschnitt 10 „Gesamtsystemanalyse von Palettenregalen mit Trägern“ wurden Unterabschnitte zu Toleranzen in Bezug auf Auslegung und Montage und Standfestigkeit des Regalsystems während der Montage aufgenommen;
- e) im Anhang A wurde ein neuer Unterabschnitt A.2.12 „Prüfung der Wechselwirkungen zwischen Moment und Scherkraft der Trägeranschlusslaschen“ aufgenommen;
- f) neue Anhänge J „Leitlinien zur Bestimmung der kritischen Länge für die Prüfung des Beulens in Verbindung mit Veränderungen der Querschnittsform, K „Prüfungen an Stützenfußboden-Verbindungen: Wiederverwendung von Proben“, L „Leitlinien zur Modellierung der Rückenverstrebung in ausgesteiften Palettenregalen“, M „Spielkorrektur“, N „Beispiele mit 80 % Belastung“, O „Rahmenspiel“, P „Wirkung von regelmäßig verteilten Lochungen auf die Eigenschaften der Steifigkeit“, Q „Angaben zu 2xC-Kastenprofilen für Träger“ wurden aufgenommen.

Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl — Verstellbare Palettenregale — Grundlagen der statischen Bemessung

Systèmes de stockage en acier — Systèmes de rayonnages à palettes réglables — Principes applicables au calcul des structures

Steel static storage systems — Adjustable pallet racking systems — Principles for structural design

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	7
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich.....	11
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe	12
4 Symbole	14
5 Auslegungsgrundlagen	18
5.1 Anforderungen.....	18
5.1.1 Grundanforderungen.....	18
5.1.2 Regalsysteme ohne Aussteifungsverbände	19
5.1.3 Regalsysteme mit Aussteifungsverbänden	20
5.1.4 An der Gebäudekonstruktion abgestützte Regale.....	22
5.1.5 Bemessungslebensdauer	22
5.1.6 Schnittstelle zwischen Regal und Stützboden.....	23
5.2 Auslegungsmethoden.....	26
5.2.1 Allgemeines.....	26
5.2.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit	26
5.2.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	26
5.3 Imperfektionen	27
5.3.1 Allgemeines.....	27
5.3.2 Vorverdrehungen in nicht ausgesteiften Systemen in Ganglängsrichtung	27
5.3.3 Vorverdrehung in ausgesteiften Systemen	28
5.3.4 Örtliche Aussteifungsimperfektionen	30
5.3.5 Bauteilimperfektionen	31
6 Einwirkungen und Kombinationen von Einwirkungen.....	31
6.1 Allgemeines.....	31
6.2 Permanente Einwirkungen	31
6.2.1 Allgemeines.....	31
6.2.2 Gewichte der Materialien und Konstruktionen.....	31
6.3 Veränderliche Einwirkungen	31
6.3.1 Allgemeines.....	31
6.3.2 Einzulagernde Ladeeinheiten	32
6.3.3 Vertikale Beschickungslasten	33
6.3.4 Horizontale Beschickungslasten	33
6.3.5 Horizontale Last der Aussteifung des Ständerrahmens	36
6.3.6 Auswirkungen von regalgeführten Geräten	36
6.3.7 Bühnen- und Laufgangbelastungen (siehe auch EN 1991-1-1)	38
6.3.8 Einwirkungen, die aus Montagevorgängen entstehen	40
6.4 Einwirkungen aus Stoßlasten (außergewöhnliche Lasten)	40
6.4.1 Allgemeines.....	40
6.4.2 Außergewöhnliche vertikale Einwirkungen	41
6.4.3 Außergewöhnliche horizontale Last.....	41
6.5 Windlasten	42
6.6 Schneelasten	42
6.7 Erdbebeneinwirkungen	42

6.8	Stabilität gegen Kippen	42
7	Teilsicherheitsfaktoren und Kombinationsregeln.....	42
7.1	Allgemeines	42
7.2	Kombinationen von Einwirkungen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	42
7.3	Kombination von Einwirkungen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	43
7.4	Belastungsfaktoren.....	44
7.5	Materialfaktoren	44
8	Stahl	45
8.1	Allgemeines	45
8.2	Materialeigenschaften	45
8.2.1	Bemessungsmaterialkoeffizienten (allgemeine mechanische Eigenschaften)	46
8.3	Stahltypen ohne garantierte mechanische Eigenschaften	46
8.3.1	Allgemeines	46
8.3.2	Zusatzprüfungen für Stahl	46
8.4	Ungeprüfte Stähle.....	47
8.5	Durchschnittsstreckgrenze von Profilen.....	47
8.6	Spezielle Auswahl von Produktionsmaterial	47
8.7	Bruchzähigkeit.....	47
8.8	Maßtoleranzen	47
8.8.1	Allgemeines	47
8.8.2	Materialdicke.....	48
8.8.3	Dickentoleranzen	48
8.8.4	Breite und Tiefe eines kaltgeformten Profils.....	48
8.8.5	Geradheit der Stabelemente	49
8.8.6	Verwindung.....	49
8.9	Dauerhaftigkeit	49
9	Konstruktionsanalyse.....	49
9.1	Strukturmodellierung zur Analyse und Grundvoraussetzung	49
9.2	Berechnung von Querschnittswerten	50
9.2.1	Allgemeines	50
9.2.2	Wirkung von Lochungen auf Steifigkeit.....	50
9.2.3	Wirkung von Lochungen auf Festigkeit.....	50
9.2.4	Einfluss von Querschnittsverwindung	52
9.2.5	Wirkung von örtlichem Beulen.....	53
9.2.6	Wirkung des Kaltumformens	54
9.3	Verstreuungsexzentrizitäten.....	54
9.4	Exzentrizitäten zwischen Trägern und Stützen.....	56
9.5	Träger.....	56
9.5.1	Allgemeines	56
9.5.2	Biegetragmoment von Stabelementen, die keinem Biegeknicken ausgesetzt sind.....	57
9.6	Auslegung von Trägern: Bestimmung der internen Kräfte und Durchbiegungen	57
9.6.1	Allgemeines	57
9.6.2	Belastungen auf Träger	58
9.6.3	Bemessungsbiegemomente der Trägerspannweiten	58
9.6.4	Bemessungsscherkraft für Träger	59
9.6.5	Durchbiegung von Trägern	60
9.6.6	Spielkorrektur.....	61
9.6.7	Träger als Bindeglied in ausgesteiften Palettenregalen.....	61
9.7	Auslegung von Trägern: Bemessungswiderstände	62
9.7.1	Bemessungsbiegewiderstände	62
9.7.2	Bemessungswiderstand bezogen auf Stegkrüppeln	62
9.7.3	Bemessungswiderstand bezogen auf Scherkräfte	62
9.7.4	Kombination von Scherkraft, Längskraft und Biegemoment.....	62
9.7.5	Kombination von Biegemoment und Stegkrüppeln.....	63

9.8	Auslegung von Trägeranschlusslaschen.....	63
9.8.1	Allgemeines.....	63
9.8.2	Bemessungsbiegemomente in Trägeranschlusslaschen.....	63
9.8.3	Bemessungswert der Scherkraft für Trägeranschlusslaschen.....	64
9.8.4	Bemessungswert der Scherkraft und Biegemoment für Trägeranschlusslaschen.....	64
9.8.5	Anforderungen an Trägeranschlusslaschen.....	64
9.9	Träger, die Biegung und Torsion ausgesetzt sind.....	64
9.9.1	Allgemeines.....	64
9.9.2	Biegedrillknicken in Trägern.....	64
9.10	Druck, Spannung und Biegung in Stabelementen.....	66
9.10.1	Ungelochte Druckstäbe.....	66
9.10.2	Gelochte Druckstäbe.....	66
9.10.3	Verifikation von Querschnitten.....	69
9.10.4	Bemessungstragfähigkeit in Bezug auf Biegeknicken.....	69
9.10.5	Drillknicken und Biegedrillknicken.....	77
9.10.6	Kombinierte Biegung und Längsbelastung.....	80
9.11	Auslegung von Stoßlaschen.....	83
9.12	Auslegung von Fußplatten.....	84
9.12.1	Allgemeines.....	84
9.12.2	Effektive Fläche A_{bp} für Fußplatten.....	84
9.12.3	Stützen unter Zuglast.....	85
9.13	Bodenmaterialien.....	86
9.13.1	Betonböden.....	86
9.13.2	Bitumenböden.....	86
9.13.3	Sonstige Bodenmaterialien.....	87
9.13.4	Auslegung der Fußverdübelung.....	87
9.14	Auslegung der Distanzstücke.....	88
10	Gesamtsystemanalyse von Palettenregalen mit Trägern.....	88
10.1	Allgemeine Erwägungen.....	88
10.1.1	Allgemeines.....	88
10.1.2	Torsion von kaltgeformten, dünnwandigen, offenen Profilen.....	89
10.1.3	Zweidimensionale Analyse.....	89
10.1.4	Höhere dreidimensionale Analyse.....	89
10.1.5	Toleranzen in Bezug auf Auslegung und Montage.....	90
10.1.6	Standfestigkeit des Regalsystems während der Montage.....	90
10.2	Auslegungsverfahren.....	90
10.2.1	Einwirkungen.....	90
10.2.2	Verfahren.....	90
10.2.3	Berechnung von nicht ausgesteiften Regalen in Ganglängsrichtung.....	93
10.2.4	Berechnung von ausgesteiften Regalen in Ganglängsrichtung.....	94
10.2.5	Moment/Verdrehungscharakteristiken von Träger/Stütze-Verbindungen.....	98
10.2.6	Moment/Verdrehungscharakteristiken der Bodenverbindungen.....	98
10.3	Bemessungskontrolle.....	99
10.3.1	Allgemeines.....	99
10.3.2	Stabilität außerhalb der Rahmenebene.....	99
10.3.3	Rahmenklassifizierung.....	100
10.4	Methoden der Gesamtsystemanalyse.....	102
10.5	Vereinfachte Berechnungsmethode für Stabilität in Gangquerrichtung.....	103
10.6	Auslegung von Stützen.....	103
10.6.1	Allgemeines.....	103
10.6.2	Bemessungslängskräfte und -biegemomente.....	103
11	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	104
11.1	Allgemeines.....	104
11.2	Grenzzustände der Regalgebrauchstauglichkeit.....	104

12	Kennzeichnung und Beschilderung.....	104
12.1	Kennzeichnung der Leistung von Regalanlagen.....	104
13	Prüfverfahren und Auswertung der Ergebnisse	105
13.1	Allgemeines	105
13.2	Anforderungen an Prüfungen.....	106
13.2.1	Ausrüstung	106
13.2.2	Auflagebedingungen.....	106
13.2.3	Ansetzen der Lasten	106
13.2.4	Laststufen.....	106
13.2.5	Zusammenstellen von Prüfstücken	106
13.2.6	Prüfberichte	107
13.3	Beurteilung der Prüfergebnisse	107
13.3.1	Definition der Versagenslast	107
13.3.2	Anpassung der Prüfergebnisse	107
13.3.3	Ableitung von charakteristischen Werten	110
13.3.4	Charakteristischer Wert für eine Prüfserie.....	111
13.3.5	Interpolation zwischen Prüfergebnissen	112
	Anhang A (normativ) Prüfung.....	113
A.1	Materialprüfungen.....	113
A.1.1	Zugprüfung.....	113
A.1.2	Biegeprüfungen.....	113
A.2	Prüfungen an Bauteilen und Anschlüssen.....	114
A.2.1	Druckprüfung am kurzen Stützenstück.....	114
A.2.2	Druckprüfungen an Stützen — Prüfung des Einflusses von Beulen mit Veränderung der Querschnittsform	117
A.2.3	Druckprüfungen an (langen) Stützen — Ermittlung von Knicklängen	117
A.2.4	Biegeprüfungen an Trägeranschlüssen	121
A.2.5	Ermittlung des Anschlussspiels an einer Anschlusslasche	128
A.2.6	Scherprüfung an Trägeranschlusslaschen und Sicherungselementen	131
A.2.7	Prüfungen an Stützenfußboden-Verbindungen	133
A.2.8	Schubsteifigkeitsprüfungen am Rahmen.....	140
A.2.9	Biegeprüfung an Stützenprofilen	146
A.2.10	Biegeprüfungen an Trägern.....	149
A.2.11	Prüfungen an Stützenstößen	152
A.2.12	Prüfung der Wechselwirkungen zwischen Moment und Scherkraft an Trägeranschlusslaschen.....	154
	Anhang B (informativ) Stabilitätsanalyse in Ganglängsrichtung durch die Methode der verstärkten Verschiebung	157
B.1	Allgemeines	157
B.2	Lineare elastische Berechnung.....	158
B.3	Kritischer elastischer Wert.....	158
B.4	Verstärkungsfaktor	159
	Anhang C (informativ) Näherungsgleichungen zur Bemessung eines gleichmäßigen Lagerregals in Ganglängsrichtung	160
C.1	Näherungsgleichung für regelmäßige Konstruktionen	160
C.2	Zusätzliche Biegemomente aufgrund von Schachbrettbelastung	162
C.3	Bemessungsbiegemomente	162
C.4	Bemessungslast in den Außenstützen	163
	Anhang D (informativ) Hintergrundinformationen über die Annahme von Materialien mit niedrigem Verhältnis f_u/f_y (kaltgewalzter Stahl)	164
	Anhang E (informativ) Positions-Ungenauigkeiten.....	165
	Anhang F (informativ) Äquivalente Trägerlasten	166

Anhang G (informativ) Vereinfachte Berechnungsmethode für Stabilität in Gangquerrichtung, unter der Bedingung, dass die Fachlasten gleichmäßig über die Höhe des Ständerrahmens verteilt sind	168
G.1 Allgemeines.....	168
G.2 Allgemeines Knicken der Rahmen.....	168
G.3 Schersteifigkeit des Ständerrahmens.....	169
G.4 Multiplikationsfaktor β	169
Anhang H (informativ) Werkseigene Produktionskontrolle.....	172
H.1 Allgemeines.....	172
H.2 Prüfhäufigkeit	172
H.3 Biegeprüfungen an Trägeranschlüssen	172
H.4 Biegeprüfungen	173
Anhang I (informativ) A-Abweichungen.....	174
I.1 Niederländische Abweichungen aufgrund nationaler Gesetzgebung	174
I.2 Deutsche Abweichungen aufgrund nationaler Gesetzgebung	174
Anhang J (informativ) Leitlinien zur Bestimmung der kritischen Länge für die Prüfung des Beulens in Verbindung mit Veränderungen der Querschnittsform	176
J.1 Einleitung.....	176
J.2 Länge in Relation zu den Endbedingungen im Prüfaufbau.....	176
J.3 Verfahren zur Bestimmung der kritischen Länge des Beulens in Verbindung mit Veränderungen der Querschnittsform.....	177
J.3.1 Schritt 1	177
J.3.2 Schritt 2	177
J.3.3 Schritt 3	180
J.3.4 Schritt 4	180
J.3.5 Schritt 5	181
J.3.6 Schritt 6	181
Anhang K (informativ) Prüfungen an Stützenfußboden-Verbindungen: Wiederverwendung von Proben.....	183
K.1 Einleitung.....	183
K.2 Prüfung der Wechselwirkung bei nicht verankerten Fußplatten	183
K.3 Beispiel eines Prüfverfahrens mit Wiederverwendung des Prüfstücks	183
Anhang L (informativ) Leitlinien zur Modellierung der Rückenverstrebung in ausgesteiften Palettenregalen.....	185
Anhang M (informativ) Spielkorrektur	190
Anhang N (informativ) Beispiele mit 80 % Belastung	192
Anhang O (informativ) Rahmenspiel.....	194
O.1 Allgemeines.....	194
O.2 Rahmenaussteifungstypen.....	194
O.3 Spiel	195
Anhang P (informativ) Wirkung von regelmäßig verteilten Lochungen auf die Eigenschaften der Steifigkeit.....	197
Anhang Q (informativ) Angaben zu 2xC-Kastenprofilen für Träger	199
Q.1 Allgemeines.....	199
Q.2 Ungefähre Grenzwerte	199
Literaturhinweise	201

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15512:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 344 „Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 15512:2009 ersetzen.

Dieses Dokument ist als Dokumentenentwurf gedacht, welcher die Erfahrungen und Probleme mit dem Arbeiten der im Jahre 2009 veröffentlichten Ausgabe konsolidiert, sodass zeitlich begrenzte Diskussionen innerhalb der CEN-Arbeitsumgebung die Qualität der endgültigen Version nicht negativ beeinflussen.

Einleitung

0.1 Regale

Regalsysteme sind tragende Konstruktionen zur Ein- und Auslagerung von Gütern in Lagern. Die zu lagernden Güter sind gewöhnlich auf Paletten oder Gitterboxen untergebracht.

Regale werden von Bauteilen aus Stahl, wie z. B. Rahmen, Träger und Facheinlagen konstruiert. Zur Bildung eines dreidimensionalen, gegen Verschiebung ausgesteiften, Rahmentragwerks aus Stahl werden Sonderverbindungen zwischen Träger und Stützen eingesetzt. Zwischen den Regalzeilen werden Gänge gebildet, die den Zugang von Kommissionierern, Gabelstaplern oder Regalförderzeugen zu den Lagerplätzen ermöglichen. Standardisierte Bauteile werden eingesetzt, die Standardisierung der Teile gilt jedoch nur für den jeweiligen Hersteller. Diese Bauteile unterscheiden sich von herkömmlichen Konstruktionen aus Stützen und Trägern durch folgende Merkmale:

- 1) kontinuierlich gelochte Stützen;
- 2) einhakende Anschlüsse;
- 3) Konstruktionsteile für Regale werden üblicherweise aus dünnwandigen, kaltgeformten Bauelementen hergestellt.

0.2 Bedarf an EN-Normen für Regale und Fachbodenregale in Ergänzung zu den Eurocodes

Aufgrund der Unterschiede in der Form der Bauteile, Konstruktionseinzelheiten und Anschlüsse, sind zusätzliche Informationen zu den Eurocodes erforderlich, um dem Konstrukteur dieses Produktes eine zuverlässige Leitlinie über den Stand der Technik für die Bemessung von Regalen zur Verfügung zu stellen.

Der Aufgabenbereich von CEN/TC 344 besteht darin, Europäische Normen zur Spezifikation, Konstruktion, Montageverfahren, Aufstellgenauigkeit und Leitlinien zur sicheren Benutzung von ortsfesten Regalsystemen aus Stahl zur Verfügung zu stellen.

Dies und die Notwendigkeit für harmonisierte Konstruktionsbestimmungen waren die Gründe, dass die europäische Regalvereinigung ERF/FEM Regale und Fachbodenregale die Initiative im Auftrag von CEN/TC 344 ergriffen hat. CEN/TC 344 arbeitet zurzeit an der Erstellung mehrerer Europäischer Normen für bestimmte Regaltypen und individuelle Anwendungen, die als vorläufige Europäische Normen (prEN) bzw. als Arbeitsgruppenaktivitäten (WG Arbeitsgruppe) wie folgt bestehen:

- EN 15512: Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl — Verstellbare Palettenregale — Grundlagen der statischen Bemessung
- EN 15620: Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl — Verstellbare Palettenregale — Grenzabweichungen, Verformungen und Freiräume
- EN 15629: Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl — Spezifikation von Lagereinrichtungen
- EN 15635: Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl — Anwendung und Wartung von Lagereinrichtungen
- EN 15878: Begriffe und Definitionen
- EN 16681: Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl — Verstellbare Palettenregale — Leitsätze für die erdbebensichere Bemessung

- WG 4: Technische Grundlagen zur Konstruktion von verstellbaren Einfahr- und Durchfahr-Regalsystemen
- WG 5a: Technische Grundlagen zur Konstruktion von Palettenregalsystemen in Erdbebengebieten
- WG 5b: Technische Grundlagen zur Konstruktion von Einfahr- und Durchfahr-Regalsystemen in Erdbebengebieten
- WG 6: Technische Grundlagen zur Konstruktion von Fachbodenregalsystemen
- WG 7: Technische Grundlagen zur Konstruktion von Kragarmregalsystemen
- WG 8: Technische Grundlagen zur Auslegung von Verschieberegalen
- WG 9: Technische Grundlagen zur Gesundheit und Sicherheit bei der Montage von Regalsystemen

Es ist geplant, diese EN-Reihe „Regale und Fachbodenregale“ aufeinanderfolgend über einen Zeitraum von 10 Jahren zu veröffentlichen.

Beim Entwurf dieser Dokumente wird Kontakt mit anderen CEN/TCs aufgenommen, soweit zutreffend.

0.3 Zusammenarbeit

Das Technische Komitee CEN/TC 344 „Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl“ unterhält Verbindungen zu den TCs CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“, CEN/TC 135 „Ausführung von Konstruktionen aus Stahl und Aluminium“ und CEN/TC 149 „Kraftbetriebene Lagereinrichtungen“.

0.4 Regale und Arbeitsmittelvorschriften

Regale sind tragende Konstruktionen, gleichwohl können sie auch von nationalen Bestimmungen als Arbeitsmittel betrachtet werden und daher der Europäischen Richtlinie 89/391/EWG unterliegen. Dieses Dokument ist kein selbstständiges Dokument und sollte zusammen mit EN 15620, EN 15629 und EN 15635 angewendet werden.

0.5 Weitere, speziell für EN 15512 anzuwendende Informationen

EN 15512 ist zur Anwendung mit EN 1990 — Grundlagen der Tragwerksplanung, EN 1991 — Einwirkungen auf Tragwerke und der Normenreihe EN 1993 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten vorgesehen.

EN 1993-1 ist der erste von sechs Teilen der Normenreihe EN 1993 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten. Er legt generische Regeln für Bemessung und Konstruktion vor, die mit den anderen Teilen EN 1993-2 bis EN 1993-6 angewendet werden sollen. Außerdem sind Zusatzregeln, die nur für Gebäude gelten, aufgeführt.

EN 1993-1 umfasst elf Unterteile EN 1993-1-1 bis EN 1993-1-11, wovon sich jeder auf bestimmte Bauteile aus Stahl, Grenzzustände oder Materialien bezieht.

EN 15512 darf auch für Bemessungs- und Konstruktionsfälle, die nicht von den Eurocodes abgedeckt sind, verwendet werden (andere Konstruktionen, andere Einwirkungen, andere Materialien) und dient als Nachschlagedokument für konstruktive Angelegenheiten anderer CEN/TCs.

EN 15512 ist für den Gebrauch vorgesehen durch

- Komitees für konstruktionsverwandte Produkt-, Prüfungs- und Ausführungsnormen;
- Konstrukteure und Hersteller;
- zuständige Behörden.

Numerische Werte für den Teilfaktorplan sowie andere Zuverlässigkeitsparameter sind Grundwerte, die einen annehmbaren Zuverlässigkeitsgrad bieten, wobei ein entsprechendes Niveau der Arbeitsausführung und des Qualitätsmanagements vorausgesetzt wurde.

Im Zuge der Bemessung und Konstruktion sollte eine Verweisung auf EN 15629 und EN 15635 notwendig sein, um sicherzustellen, dass sowohl der Verfasser des Pflichtenhefts als auch der Konstrukteur über die Beschränkungen im Verantwortungsbereich des jeweils Anderen Kenntnis haben, und um die Erstellung einer wirksamen Auslegung zu ermöglichen.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Anforderungen an die statische Bemessung für sämtliche Arten von Palettenregalen mit verstellbaren Trägern fest, welche aus Stahlelementen hergestellt und zur Lagerung von Ladeeinheiten vorgesehen und vorwiegend statischen Lasten ausgesetzt sind. Sowohl Systeme mit als auch ohne Aussteifungsverbände sind berücksichtigt.

Diese Europäische Norm dient als Leitlinie zur statischen Bemessung von Gebäuden aus verkleideten Regalen, im Falle, dass deren Anforderungen nicht von der Normenreihe EN 1993 abgedeckt sind. Die Anforderungen dieser Europäischen Norm gelten auch für Zusatzeinrichtungen, bei denen Regalbauteile als wichtiges Hauptbauteil eingesetzt sind.

Diese Europäische Norm deckt keine anderen generischen Arten von Lagerstrukturen ab. Diese Europäische Norm gilt ausdrücklich nicht für Verschieberegalsysteme, Einfahr- und Durchfahrregale, Paletten-Einfahr- und -Durchlaufregale, Einschubregale, Shuttle-Systeme, Systeme, die aus zwei oder mehr RFZ bestehen, welche über einander im selben Gang arbeiten sowie Kragarmregale oder statische Regalsysteme aus Stahl.

Zur spezifischen Auslegung von verstellbaren Palettenregalen zur Verwendung in Erdbebengebieten sollte diese Norm in Kombination mit EN 16681 *Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl — Verstellbare Palettenregale — Leitsätze für die erdbebensichere Bemessung* verwendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 1990, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991-1-1:2002¹⁾, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*

EN 1993-1-1:2005²⁾, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1993-1-3:2006³⁾, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte Teile und Bleche*

EN 10143, *Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Blech und Band aus Stahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen*

EN 10162, *Kaltprofile aus Stahl — Technische Lieferbedingungen — Grenzabmaße und Formtoleranzen*

EN 10346, *Kontinuierlich schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse aus Stahl zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen*

EN 15620, *Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl — Verstellbare Palettenregale — Grenzabweichungen, Verformungen und Freiräume*

1) einschließlich EN 1991-1-1:2002/AC 2009

2) einschließlich EN 1993-1-1:2005/AC 2009 und EN 1993-1-1:2005/A1:2014

3) einschließlich EN 1992-1-3:2006/AC 2009

EN 15629, *Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl — Spezifikation von Lagereinrichtungen*

EN 15635, *Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl — Anwendung und Wartung von Lagereinrichtungen*

EN 16681, *Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl — Verstellbare Palettenregale — Leitsätze für die erdbebensichere Bemessung*

EN ISO 6892-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1)*

EN ISO 7438, *Metallische Werkstoffe — Biegeversuch (ISO 7438)*

ETAG No 001, *Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors for Use in Concrete*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe

ANMERKUNG Die folgenden Begriffe wurden aus EN 15878 wieder aufgenommen.

3.1

außergewöhnliche Einwirkung

eine Einwirkung von üblicherweise kurzer Dauer aber signifikanter Größe, deren Auftreten in einer bestimmten Konstruktion während der vorgesehenen Lebensdauer als unwahrscheinlich erachtet wird

3.2

Grundmaterial

Stahlblech in Flachform als Tafelzuschnitt oder Stahlband in Coilform, gegebenenfalls kaltgewalzt aus dem die Regalbauteile geformt oder profiliert werden

3.3

Stahl-Charge

Stahlmenge mit denselben Materialeigenschaften, von einem Lieferanten zu einem Zeitpunkt produziert

3.4

Träger

waagerechtes Bauteil, das nebeneinanderstehende Rahmen verbindet und in der horizontalen Ebene parallel zum Arbeitsgang des Regals liegt

3.5

Trägeranschlusslasche

verbindendes Element, das an den Träger angeschraubt, angeschweißt, anderweitig verbunden oder als integrierender Bestandteil des Trägers geformt ist, mit Haken oder sonstigen Vorrichtungen versehen, die in die Lochung der Stütze eingreifen

3.6

Fachlast

Last, die in ein Fach einer Regal- oder Fachbodenkonstruktion von einer Seite geladen werden kann

3.7

Doppelregal

mit Verbindungsstücken verbundene Doppelregalzeile, von zwei Arbeitsgängen zugänglich

3.8

Gesamtsystemanalyse

Bestimmung eines geschlossenen Systems, welches das gesamte dreidimensionale Tragverhalten des Regals darstellt und bei dem die inneren Kräfte, Momente und Verschiebungen mit einer bestimmten Gruppe Einwirkungen im Gleichgewicht sind

3.9

gelochtes Profil

Element mit in der Länge gleichmäßig verteilten Mehrfachlochungen

3.10

Beschickungslast

Last, die bei Beschickung und Entnahme unter fachmännischen Bedingungen entsteht, wenn eine Last ein- oder ausgelagert wird

3.11

quasi-starr

konzeptioneller Begriff, der eine volle Steifigkeit der Bodenplatte annimmt

Anmerkung 1 zum Begriff: Grenzwerte hängen von der Art des Regals, der Montagegenauigkeit des Regals und der Betriebsweise ab.

3.12

Einfachregal

von nur einem Arbeitsgang zugängliche Regalzeile

3.13

Rückenverstrebung

Querversteifung in der vertikalen Ebene parallel zum Hauptgang des Regals, die nebeneinanderstehende Rahmen verbindet

3.14

Zurückfedern

Neigung eines kaltgewalzten Profils, sich, beim Schneiden aus einem längeren Stück, spontan im Querschnitt zu verformen

3.15

ausgesteiftes Element

ausgesteiftes Element eines Querschnitts ist der Teil des Querschnitts, der entlang der beiden Längskanten mit dem Rest des Profils verbunden ist

3.16

Verschiebung

horizontale Verschiebung einer Konstruktion ohne etwaige Anfangsschiefstellung

3.17

Systemlänge

Abstand innerhalb einer bestimmten Ebene zwischen zwei benachbarten Punkten, an welchen ein Träger in dieser Ebene gegen eine seitliche Verschiebung ausgesteift ist oder zwischen einem solchen Punkt und dem Ende eines Trägers

3.18

theoretische/angenommene Bemessungslebensdauer

bei der Bestimmung aufgebracht Lasten zu berücksichtigende Zeitdauer (falls anwendbar)

3.19

Ladeinheit

einzelne gelagerte Einheit, die in einem Arbeitsgang abgesetzt oder entnommen werden kann, z. B. eine Palette oder ein Behälter mit Waren in einem Regalsystem beziehungsweise ein einzelner Kasten oder Paket in einer Fachbodenkonstruktion

Anmerkung 1 zum Begriff: Mehr als eine Ladeinheit kann in einem Arbeitsgang verarbeitet werden.

3.20

nicht ausgesteiftes Element

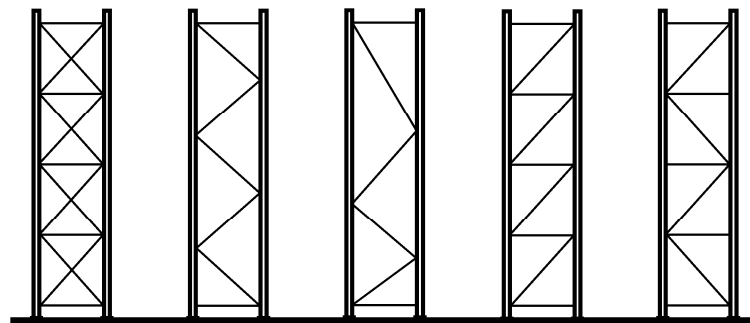
<eines Querschnitts> Teil des Querschnitts, der entlang nur einer Längskante mit dem Rest des Profils verbunden ist

3.21

Ständerrahmen

zwei oder mehrere Stützen, die durch Aussteifungselemente miteinander verbunden und mit Fußplatten ausgestattet sind, vorgesehen zur Aufnahme der Lastauflageebenen

Anmerkung 1 zum Begriff: Typische Beispiele sind in Bild 1 dargestellt.



Rahmen mit
Zugdiagonalen

ausgesteifter
Rahmen „D“-Form,
gleichmäßig

ausgesteifter
Rahmen „D“-Form,
ungleichmäßig

ausgesteifter
Rahmen „Z“-Form

ausgesteifter
Rahmen „K“-Form

Bild 1 — Typische Formen von Ständerrahmen

4 Symbole

In diesem Dokument können einige der folgenden Buchstaben mit genormten Indizes verwendet werden, die später angegeben werden.

Zusätzliche Buchstaben und Indizes werden an der Stelle definiert, wo sie zuerst benutzt werden.

Ein Buchstabe und Index darf in diesem Dokument für mehrere Bedeutungen benutzt werden.

Im Allgemeinen werden die ursprünglichen Buchstaben mit all ihren genormten Indizes nicht definiert, mit denen sie benutzt werden dürfen.

A außergewöhnliche Einwirkung

A Querschnittsfläche

A_{eff} effektive Querschnittsfläche

A_g	Bruttoquerschnittsfläche
A_{eq}	äquivalente Querschnittsfläche unter Berücksichtigung der Auswirkungen der Lochungen (nur auf Steifigkeit)
A_{ph}	außergewöhnliche horizontale Beschickungskraft
A_{pv}	außergewöhnliche vertikale Beschickungskraft
b	Stützenbreite
b_p	fiktive ebene Breite des Elements
E	Elastizitätsmodul
e	effektive Auflagenbreite einer Fußplatte
e	Exzentrizitäten
f_{ck}	charakteristische Zylinderfestigkeit von Beton
f_t	empirische Streckgrenze des Probestücks
f_u	Bruchfestigkeit
f_y	Streckgrenze
f_{ya}	Durchschnittsstreckgrenze
f_{yb}	Grundstreckgrenze ($= f_y$)
G	Schermodul
G_k	charakteristischer Wert ständiger Lasten (Totlasten)
h	Etagenhöhe
I	Trägheitsmoment
I_T	St Venant-Torsionskonstante
$I_{T,eq}$	äquivalente St Venant-Torsionskonstante unter Berücksichtigung der Auswirkungen der Lochungen (nur auf Steifigkeit)
I_w	Verwölbungskonstante
$I_{w,eq}$	äquivalente Verwölbungskonstante unter Berücksichtigung der Auswirkungen der Lochungen (nur auf Steifigkeit)
i	Trägheitsradius
i_0	polarer Trägheitsradius

K	effektiver Längenfaktor
k_b	Steifheit der Träger/Stützen-Verbindung
k_s	Koeffizient bezogen auf Anzahl der Versuche
L	Spannweite
l	Länge
ℓ	effektive Länge bzw. Knicklänge
M	Biegemoment
N	Längskraft
n	Anzahl Versuche
n_c	Anzahl Stützen in Ganglängsrichtung in einer Regalzeile
n_s	Anzahl Trägerebenen
Q	veränderliche Lasten
Q_f	konzentrierte Last auf Fußboden
Q_h	maximale vorgeschriebene horizontale Last je RFZ
Q_{ph}	horizontale Beschickungslasten
Q_{pv}	vertikale Beschickungslasten
Q_u	Gewicht der Ladeeinheit
q	verteilte Last
R_m	Mittelwert der angeglichenen Prüfungsergebnisse
R_n	berichtigte Traglastgrenze
R_t	empirische Traglastgrenze
s_n	Standardabweichung der normalisierten Prüfergebnisse
t	Materialdicke
t_c	Kerndicke des Materials außer Beschichtungen
t_t	empirische Kerndicke des Probestücks
V	Scherkraft

V	vertikale Last
V_{cr}	elastischer kritischer Wert der vertikalen Last
W	Widerstandsmoment
W	Gesamtlast auf einem Träger
α	lineare Wärmeausdehnungszahl
α	Berichtigungsfaktor für Streckgrenze
α	Imperfektionsfaktor
β	Trägerkoeffizient
β	Berichtigungsfaktor für Dicke
β	Verstärkungsfaktor für Effekte II. Ordnung
γ	Teilsicherheitsfaktor
γ_A	Teilfaktor für außergewöhnliche Lasten
γ_f	Belastungsfaktor
γ_G	Teilfaktor für ständige Lasten
γ_M	Materialfaktor
γ_Q	Teilfaktor für veränderliche Lasten
δ	Durchbiegung
θ	Verdrehung
λ	Schlankheitsgrad
$\bar{\lambda}$	dimensionsloser Schlankheitsgrad
ν	Poissonscher Beiwert
ρ	Dichte
ϕ	Vorverdrehung
ϕ^0	Anfangsschiefstellung
ϕ^1	Spiel der Trägeranschlusslasche
χ	Spannungsverminderungsfaktor

Indizes

b	knicken
c	Druck, Tragfähigkeit
cr	kritisch
d	Bemessungs..., Auslegungs...
db	Beulen in Verbindung mit Veränderungen der Querschnittsform
g	brutto...
i	Prüfnummer, Versuchsanzahl
k	charakteristisch
LT	Biegedrill...
m	Mittelwert
n	berichtigter Wert
Rd	Bemessungswiderstand
Sd	Bemessungsfestigkeit
ser	Gebrauchs...
T	Torsions...
TF	Drill- und Biegedrill...
t	empirischer Wert eines Versuchs

5 Auslegungsgrundlagen

5.1 Anforderungen

5.1.1 Grundanforderungen

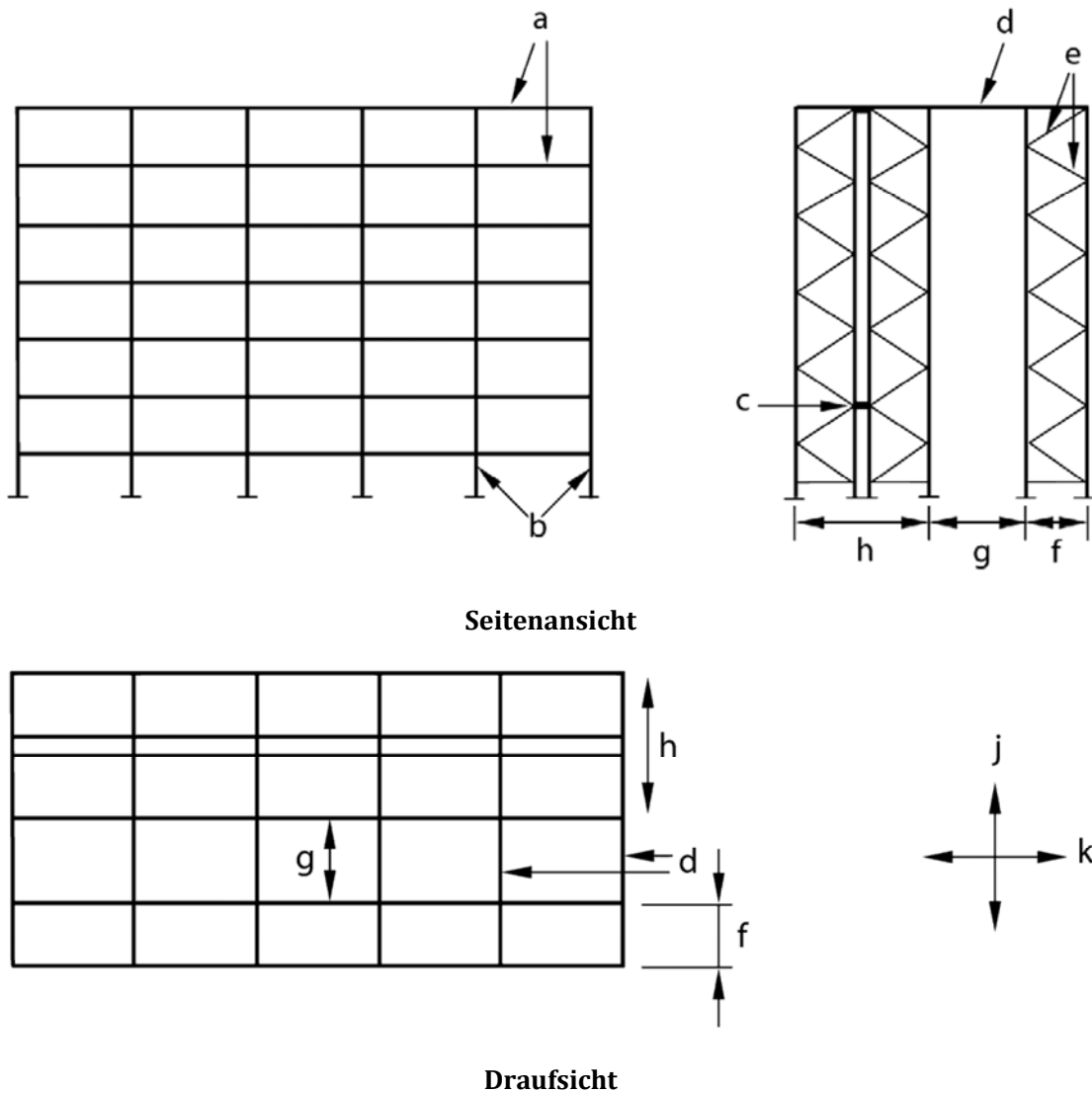
Palettenregale sind genormte Produkte, bei denen eine Berechnung allein gegebenenfalls nicht angemessen ist. Dort wo gegenwärtige analytische Methoden nicht angegeben sind bzw. nicht angebracht sind, sind Prüfverfahren festgelegt. Die entsprechenden Verfahren sind in Anhang A angegeben.

Die Bemessung und Konstruktion sind auf der Grundlage der Projektspezifikation in Übereinstimmung mit den in EN 15620 angegebenen Montagetoleranzen und der in EN 15635 beschriebenen Betriebspraxis durchzuführen.

Für Regale in Erdbebengebieten siehe EN 16681.

5.1.2 Regalsysteme ohne Aussteifungsverbände

Bild 2 zeigt die Auslegung eines typischen Palettenregals ohne Aussteifungsverbände, bei dem die Stabilität in Ganglängsrichtung ausschließlich durch die Einspannwirkung der Trägeranschlusslaschen erzielt wird. Die Stabilität in der Gangquerrichtung ist durch die Aussteifung der Rahmen gegeben. Bei Doppelregalen sind diese Rahmen in der Höhe durch Distanzstücke zu verbinden.



Legende

- a Träger
- b Ständerrahmen
- c Distanzstücke
- d obere Querverbindung (nach Bedarf)
- e Rahmenaussteifung
- f Einfachregal
- g Gang
- h Doppelregal
- j Gangquerrichtung
- k Ganglängsrichtung

Bild 2 — Beispiel einer Palettenregalkonstruktion ohne Aussteifungsverbände

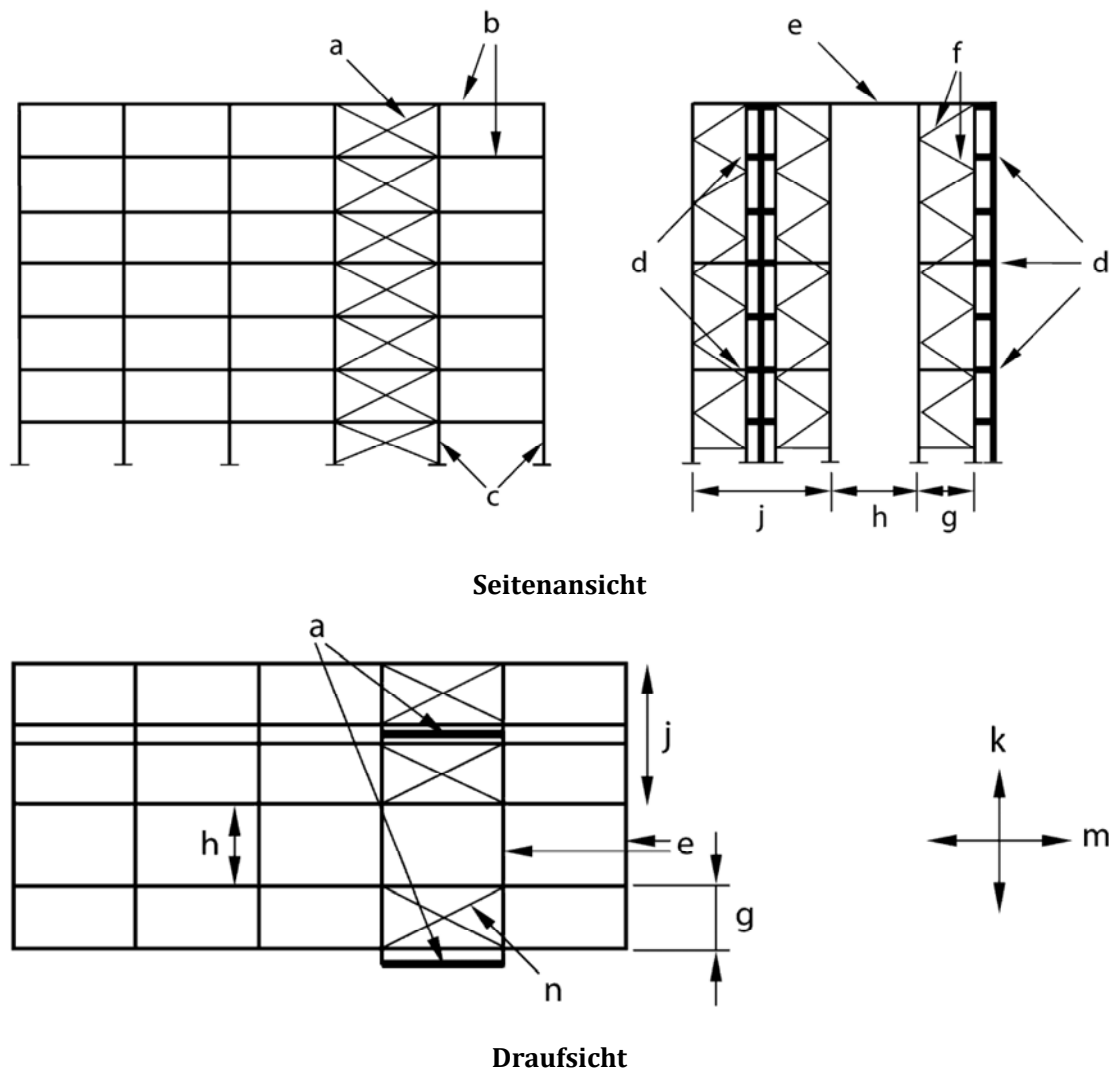
5.1.3 Regalsysteme mit Aussteifungsverbänden

Bei einem Regal mit Aussteifungsverbänden (siehe Bild 3) sind Kräfte in der vorderen und hinteren Ebene in die Rückenverstrebung zu leiten, wie in den Bildern 4, 5 und 6 gezeigt. Siehe auch Anhang L.

Die stabilisierende Wirkung der Rückenverstrebung wird üblicherweise durch Horizontalverbände in die nicht ausgesteiften vorderen und hinteren Stützen des Regals geleitet.

Stabilität in der Gangquerrichtung wird mittels Aussteifung der Rahmen sichergestellt.

Regale können in nur einem Teil der Höhe ausgesteift sein, in diesem Fall sind sowohl die ausgesteiften als auch die nicht ausgesteiften Auslegungsfaktoren zu berücksichtigen.



Legende

a	Rückenverstrebung	g	Einfachregal
b	Träger	h	Gang
c	Ständerrahmen	j	Doppelregal
d	Aussteifungshalterungen	k	Gangquerrichtung
e	obere Querverbindungen (nach Bedarf)	m	Ganglängsrichtung
f	Rahmenaussteifung	n	Horizontalverband

Bild 3 — Beispiel einer Palettenregalkonstruktion mit Aussteifungsverbänden

Bei Doppelregalen mit Aussteifungsverbänden sind die Horizontalverbände so auszulegen, dass die Entwicklung eines antisymmetrischen Modus mit nicht mehr akzeptablen Verschiebungen ausgeschlossen ist, bei der die Verschiebung eines Regals in einer Ganglängsrichtung erfolgt und die Verschiebung des anderen Regals in der anderen Ganglängsrichtung erfolgt (siehe Bilder 4 und 5), weil die Rückenverstrebung dadurch nicht mehr wirksam wäre.

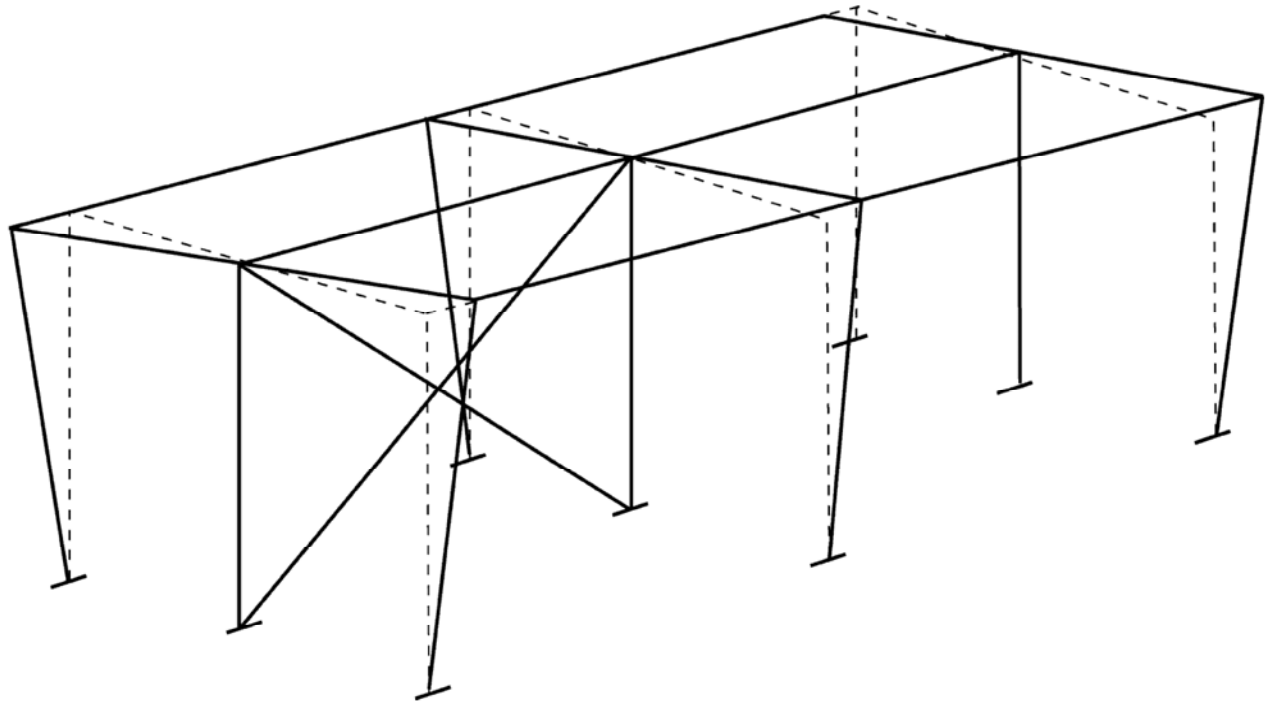
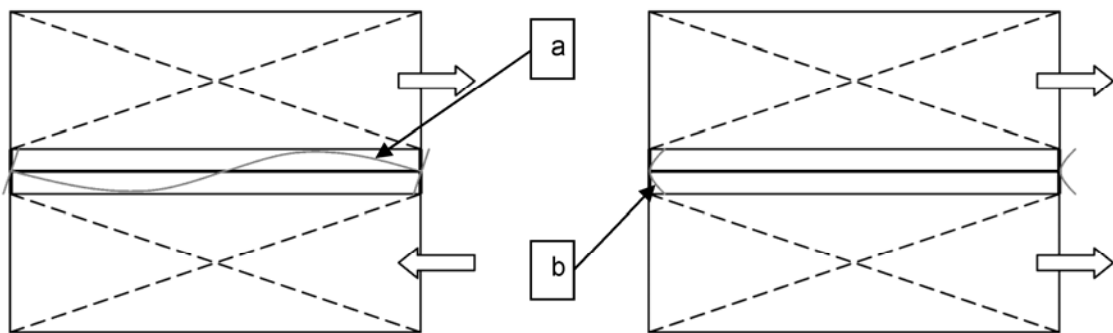


Bild 4 — Antisymmetrische Verschiebung eines Doppelpalettenregals



Legende

- a Rückenverstrebung
- b Aussteifungshalterungen

Bild 5 — Draufsicht möglicher symmetrischer und antisymmetrischer Verschiebungen

Bei Einfachregalen, insbesondere wo Paletten über die Träger hinausragen dürfen, müssen die Auslegung und die Konstruktionseinzelheiten sicherstellen, dass die Rückenverstrebung ihre volle Wirkung erzielen kann, wie in Bild 6 dargestellt. Siehe auch Anhang L.



- Bild 6 — Kraftfluss für die Aussteifungskräfte eines Einfachregals mit Aussteifungsverbänden**

Wenn Regale an der Gebäudekonstruktion verankert sind, üben die beiden Konstruktionen Kräfte aufeinander aus. Diese Wechselwirkungskräfte hängen von der Seitensteifigkeit von sowohl dem Regal als auch der betroffenen Gebäudekomponente ab. Eine entsprechende Auslegung des Gebäudes und der Regalstruktur ist erforderlich.

5.1.5 Bemessungslbensdauer

Zur Ermittlung der Lasten muss eine Bemessungslebensdauer von mindestens 10 Jahren angenommen werden, sofern nicht anders festgelegt. Dieses sollte nicht als eine etwaige Garantie der tatsächlichen Lebensdauer des Regals gesehen werden.

An Aufnahme- und Abgabestationen ist die Möglichkeit von Ermüdung bei hohen Lastspielzahlen in Erwägung zu ziehen. Bei Ermüdungserscheinungen, die durch mehrere zyklische Belastungen hervorgerufen werden, sind praktische Versuche unter Umständen die einzige zuverlässige Lösung. Siehe auch FEM 9.841 / FEM 10.2.10.

Die Lebensdauer der meisten Regalsysteme wird durch die Abnutzung und die Schäden während des Betriebs oder durch Korrosion bestimmt. Verschleiß und Schäden können in der Auslegungsphase nicht vorbestimmt werden und sind mit diesem Abschnitt nicht abgedeckt. Es wird davon ausgegangen, dass das Regal ordnungsgemäß betrieben wird, und dass jegliche Schäden repariert werden. Siehe auch EN 15629 und EN 15635.

5.1.6 Schnittstelle zwischen Regal und Stützboden

5.1.6.1 Allgemeines

Der Boden der Lagerhalle, welcher das Regal stützt, stellt das Fundament der Regalstruktur dar. Die Toleranz- und Verformungseigenschaften des Bodens müssen bei der Auslegung des Regals berücksichtigt werden. EN 15629 dient dem Planer als Hilfestellung zu Bodenbedingungen.

Den Bodentoleranzen muss bei der Regalauslegung durch den ordnungsgemäßen Einsatz von Ausgleichsscheiben oder durch Untergießen Sorge getragen werden, um den angegebenen Grenzwerten für die Anlage zu entsprechen (siehe EN 15620).

Verformungen des Bodens während des Betriebs aufgrund von Auswirkungen, die aus der Belastung des Regals, den mechanischen Einrichtungen und Windlasten (Silos) hervorgehen, müssen bei der Regalauslegung berücksichtigt werden, um den Verformungsgrenzen zur Wahrung der Funktionseigenschaften (siehe EN 15620) sowie der vorliegenden Norm hinsichtlich der baulichen Sicherheit zu entsprechen.

In Abhängigkeit der Grenzwerte für die Verformungen durch Verschiebung und die Gesamtsteifigkeit der Regalstruktur, werden die Auswirkungen von Verformungen der Bodenplatte auf die Verformungen des Regals und die inneren Kräfte des Regals unterschiedlich ausfallen. Verformungen des Bodens können die Lasten der Regalstützen verändern und veränderte Lasten der Regalstützen werden im Umkehrzug die Verformung des Bodens beeinflussen. Hierbei handelt es sich um einen iterativen Prozess zwischen der Auslegung des Bodens und des Regals. Dieser Prozess muss vom Planer/Entwickler des Lagersystems in Kooperation mit dem Endanwender koordiniert werden.

Der Lieferant des Regals muss die Bodenbelastungen, welche von der Regalstruktur im SLS (Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit) sowie ULS (Grenzzustand der Tragfähigkeit) ausgeht.

Verformungen der Bodenplatte brauchen nicht berücksichtigt werden, da deren Auswirkungen auf die Regalauslegung zu vernachlässigen sind, wenn die Auswölbung des Bodens an jedem Punkt des Bodens (siehe Bild 7) der Tabelle 2 entspricht. Der Boden kann als „quasi-starr“ eingestuft sein.

Entspricht der Boden nicht der Tabelle 2, gelten die Abschnitte 5.1.6.3 und 5.1.6.4.

ANMERKUNG 1 FEM 9.841/FEM 10.2.10 (Bedienung durch schienenengebundene Regalförderzeuge) und FEM 10.2.14 (Bedienung durch Flurförderzeuge) enthalten detaillierte Leitlinien zur Berücksichtigung der Schnittstelle zwischen Lagersystem und stützender Bodenplatte. Unter anderem zu den vom Regal und den Flurförderzeugen eingebrachten Bodenbelastungen, dem iterativen Auslegungsprozess im Falle eines nicht „quasi-starren“ Bodens sowie der horizontalen Verformung bei horizontalen Bewegungsfugen, falls vorhanden.

ANMERKUNG 2 Die Gesamtsteifigkeit des Regals wird neben anderen Einflüssen von der Scher- und Biegesteifigkeit der Ständerrahmen in Gangquerrichtung, dem Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Rückenverstrebungen und in ersterem Falle der Position der Versteifung sowie der Steifigkeit in Ganglängsrichtung und der möglichen Verbindung der Ständerrahmen oberhalb des Regalganges, z. B. durch obere Querverbindungen oder Kommissioniergeschoss (siehe Bild 7) beeinflusst.

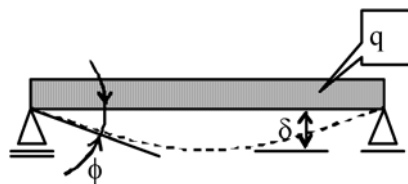


Bild 7 — Beispiel einer Bodenauswölbung ϕ bei gleichmäßiger Belastung an einem bestimmten Punkt des Bodens (hier an der Kante)

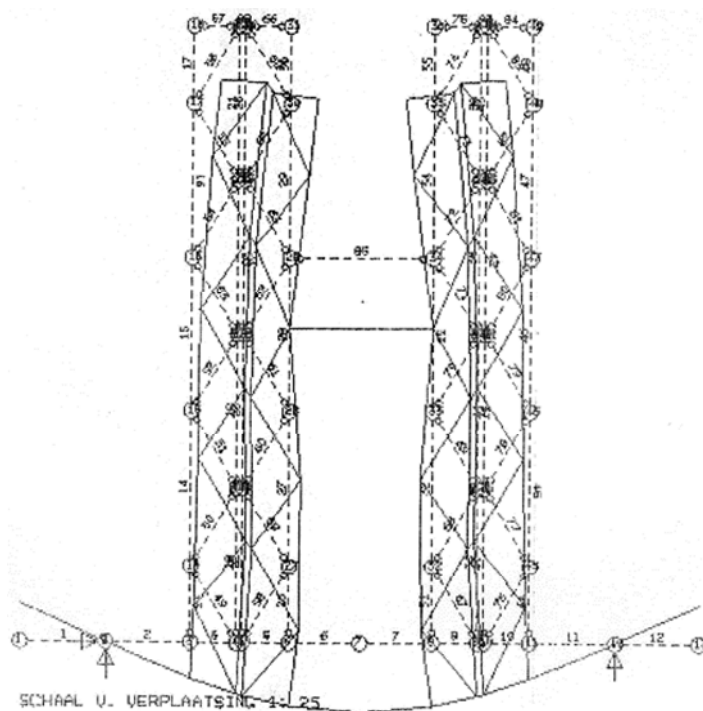


Bild 8 — Beispiel der Wechselbeziehung zwischen Bodenplatte und Durchbiegung des Regals in einer symmetrischen Situation und im Falle eines erhöhten Kommissioniergeschosses

Tabelle 1 — Grenzwerte der Bodenverformung bei der Auslegung von Lagereinrichtungen

Spezifizierte Vorverdrehung der Einrichtung	Zulässiger Wert für $\phi_{\text{Boden}}^*)$ im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (siehe Bild 8)
1 / 350	1 / 750
1 / 500	1 / 1 000
1 / 750	1 / 1 500
1 / 1 000	1 / 2 000

*) Belastungsbedingungen zur Verifizierung, siehe FEM 10.2.14 - 2.

5.1.6.2 Bedingungen des tragenden Bodens, falls noch (nicht) vom Planer festgelegt

Die für die Regalauslegung relevanten Bodeneigenschaften müssen vom Planer festgelegt werden (siehe EN 15629). Falls nichts festgelegt wurde, können die folgenden Eigenschaften des tragenden Bodens des Regals angenommen und der Planer hinsichtlich der Annahme dieser Werte unterrichtet werden:

- Betonklasse mindestens C20/25.
- Quasi-starre Eigenschaften, siehe Tabelle 2.
- Starrkörperverdrehung der Bodenplatte übersteigt 1/500 nicht.
- Ausreichende Festigkeit zur Aufnahme der von der Regalstruktur ausgehenden Lasten als konzentrierte Kräfte an den Stützen sowie der vom Aussteifungssystem ausgehenden Kräfte, falls vorhanden.
- Die Dicke des tragenden Bodens (Boden ohne Estrich, falls vorhanden) entspricht der bei der Auslegung für die Verankerung von beispielsweise Stützen, freistehenden Stützen-Anfahrerschützen und Aussteifungssystemen, falls vorhanden, angenommenen Dicke.
- Hinsichtlich der Auslegung der Verankerung wird der Boden nach ETAG 001 als „gerissener Beton“ eingestuft.
- Es liegen keine horizontalen Bewegungsfugen vor.

5.1.6.3 Modellierung der auferlegten Bodenverformungen

In Abhängigkeit der Situation muss sich für eine der folgenden Herangehensweisen, bzw. Verfahren entschieden werden, falls die Biegesteifigkeit des Bodens nicht als „quasi-starr“ (siehe Tabelle 2) in der jeweiligen Situation eingestuft werden kann:

Verfahren 1: Berücksichtigung von zusätzlichen Vorverdrehungen der Ständerrahmen lediglich in Gangquerrichtung, die durch die spezifizierte Bodenwölbung unter Regalbelastung hervorgerufen werden, wobei die Auswirkungen der Bodenverformungen nicht berücksichtigt werden.

Verfahren 2: Berücksichtigung aller zusätzlicher Vorverdrehungen in Gangquer- als auch Ganglängsrichtung, die durch die spezifizierte maximale Bodenwölbung unter Regalbelastung hervorgerufen werden, wobei die Auswirkungen der Bodenverformungen nicht berücksichtigt werden.

Verfahren 3: Interaktive Herangehensweise in Kooperation mit dem Bodenplaner.

Das Verfahren 1 ist in den folgenden Fällen nicht gestattet:

- Bodenplatte, die durch eine Pfahlkonstruktion getragen wird;
- ausgesteifte Palettenregale;
- Verbindung zwischen den Ständerrahmen auf beiden Seiten des Bedienungsganges des Regals, z. B. durch obere Verbindungsstreben oder Regal-Zwischengeschosse.

5.1.6.4 Bodenverformungen in Ganglängsrichtung

In der Ganglängsrichtung dürfen Bodenverformungen nur für ausgesteifte Regale berücksichtigt werden; diese dürfen in der Gleichung für die anfängliche Imperfektion als ϕ_f oder als auferlegte vertikale Verschiebung einer Stütze gleich ϕ_f/b , wobei b der Abstand zwischen den Achsen der Stützen ist, herangezogen werden, wobei

ϕ_f = die maximale spezifizierte Auswölbung der Bodenplatte (siehe EN 15620).

ANMERKUNG Es wird angenommen, dass eine örtliche maximale Auswölbung der Platte durch die Flexibilität der Trägeranschlüsse in Kombination mit der relativ langen Länge der Felder von etwa 10 m bis 15 m und mehr neutralisiert wird.

Im Falle mehrerer vertikaler Aussteifungen muss ϕ_f als eine gespielte Auswölbung des Bodens durch die auferlegten Lasten angenommen werden (siehe Bild 9).

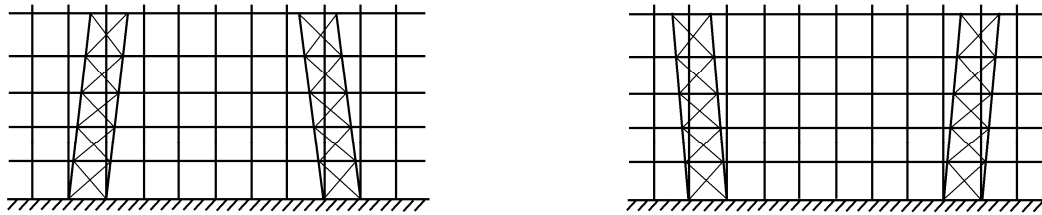


Bild 9 — Gespiegelte Auswölbung des Bodens

5.2 Auslegungsmethoden

5.2.1 Allgemeines

Die Auslegung der Konstruktion bzw. seiner Teile ist durch Anwendung einer der in diesem Dokument angegebenen Methoden einschließlich der Anhänge durchzuführen (die Methode der verstärkten Verschiebung und Näherungsgleichungen sind in den Anhängen B und C dargestellt). In allen Fällen müssen die Einzelheiten der Bauteile und Verbindungen so ausgelegt werden, dass die Annahmen der Auslegung ohne Beeinträchtigung jeglicher anderer Teile der Konstruktion realisiert werden.

5.2.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit

Der Grenzzustand der Tragfähigkeit entspricht der maximalen Tragfähigkeit und wird üblicherweise durch einen der folgenden Fälle gekennzeichnet:

- a) Festigkeit (einschließlich verbreitetem Nachgeben, Bruch, Knicken und einer Umwandlung in einen Mechanismus);
- b) Stabilität gegen Umstürzen und Verschiebung;
- c) übermäßige örtliche Verformung;
- d) Bruch aufgrund von Ermüdung.

Es gibt in diesem Dokument keinen weiteren Hinweis auf Ermüdung. Dadurch wird impliziert, dass normale Regalkonstruktionen Dauerschwingbelastungen nicht ausgesetzt sind. Das heißt, dass dieses Dokument ohne ausreichende Berücksichtigung der Auswirkung wiederholter Belastungen nicht angewendet werden sollte. Hierbei handelt es sich um die Auslegung von Anlagen, die vielen Belastungszyklen ausgesetzt sind, bzw. Konstruktionselemente beinhalten, die gegebenenfalls empfindlich gegen Dauerschwingbelastungen niedriger Frequenzen reagieren. Ermüdung bei niedriger Lastspielzahl wird wahrscheinlich dort von Bedeutung sein, wo Übergabestationen oder Schienen für Satellitenfahrzeuge im Regal vorkommen.

5.2.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Die Verifizierung des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit stellt das richtige Funktionieren der Elemente unter Betriebsbedingungen sicher. Es reicht aus, lediglich die Verformungen oder Durchbiegungen, die das Aussehen oder die effektive Nutzung der Konstruktion beeinflussen, zu betrachten.

Bei der Berechnung der Verformungen müssen etwaige Einwirkungen II. Ordnung ausreichend berücksichtigt werden, ebenso die Drehsteifigkeit etwaiger halbsteifer Verbindungen.

5.3 Imperfektionen

5.3.1 Allgemeines

Die Auswirkung von Imperfektionen muss bei der Analyse durch ausreichende Berücksichtigung folgender Imperfektionen betrachtet werden:

- a) Imperfektionen durch Verschiebungen in nicht ausgesteiften Systemen in Ganglängsrichtung nach 5.3.2.
- b) Vorverdrehungen in ausgesteiften Systemen nach 5.3.3.
- c) Örtliche Imperfektionen durch Aussteifungen nach 5.3.4.
- d) Imperfektionen der Stabelemente nach 5.3.5.

Imperfektionen der Stabelemente dürfen bei Modellierung der Anordnung in der Gesamtanalyse vernachlässigt werden, sie müssen jedoch für die Prüfung von Stabelementen berücksichtigt werden.

Die angenommene Form der Gesamtimperfektionen und örtlichen Imperfektionen kann von der elastischen Knickart der Struktur in der Ebene der betrachteten Knickung abgeleitet werden.

5.3.2 Vorverdrehungen in nicht ausgesteiften Systemen in Ganglängsrichtung

Die Auswirkungen von Rahmenimperfektionen müssen in der Gesamtsystemanalyse entweder durch einen Grundwert der Vorverdrehung oder durch ein geschlossenes System von Ersatzlasten berücksichtigt werden.

Ein ausgeklügeltes Modellieren der Gesamtimperfektionen ist möglich, aber bei der Generierung eines solchen Modells ist große Sorgfalt erforderlich, um den praktischen Anwendungsfall richtig darzustellen.

Die Auswirkung des Spiels des Trägeranschlusses ist in die Berechnung der Imperfektionen von Verschiebungsrahmen einzubeziehen.

Die Gesamtvorverdrehung ϕ_{uls} ist für den Grenzzustand der Tragfähigkeit zu bestimmen aus

$$\phi_{uls} = \phi_0 \alpha_h \alpha_m + \phi_{l,BEC} \quad (1)$$

$$\phi_0 \alpha_h \alpha_m \geq \frac{1}{500}$$

dabei ist ϕ_0 der Grundwert: $\phi_0 = \frac{3}{2} \phi_s$

ϕ_s die maximal festgelegte Montage-Lotabweichung, dividiert durch die Höhe (siehe 10.1.5.2)

$\phi_{l,BEC}$ Spiel des Trägeranschlusses, welches nach A.2.5 ermittelt wird

α_h der Abminderungsfaktor für die Anzahl der Trägerebenen

$$\alpha_h = 1$$

α_m der Abminderungsfaktor für die Anzahl der Ständerrahmen in einer Reihe

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{n_c}\right)}$$

n_c die Anzahl der Ständerrahmen in einer Reihe

Die Gesamtvorverdrehung ϕ_{sls} ist für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu bestimmen aus

$$\phi_{sls} = \phi_s + \phi_{l,BEC}$$

5.3.3 Vorverdrehung in ausgesteiften Systemen

5.3.3.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt gilt sowohl für die Ständerrahmenverstrebung als auch für die Verstrebung der Rahmen in der Ganglängsrichtung.

Die Auswirkungen von Imperfektionen in Aussteifungssystemen, die für die Seitenstabilität der Konstruktion erforderlich sind, müssen durch den Einsatz eines Grundwertes der geometrischen Imperfektion des Aussteifungssystems berücksichtigt werden (siehe Bild 10).

Sowohl Gesamtimperfektionen nach 5.3.3.2 sowie örtliche Imperfektionen nach 5.3.3.3 müssen betrachtet werden. Sie überlagern sich nicht.

5.3.3.2 Vorverdrehungen von Ständerrahmen

Die beschriebenen Imperfektionen dieses Abschnitts sind in der Gesamtsystemanalyse einzubeziehen.

Die Auswirkung des Spiels der Rahmenaussteifung ist in die Berechnung der Vorverdrehungen einzubeziehen.

Die Gesamtvorverdrehung ϕ_{uls} ist für zu den Grenzzustand der Tragfähigkeit zu bestimmen aus

$$\phi_{uls} = \phi_0 \alpha_h \alpha_m + \phi_{l,fr} \quad (2)$$

$$\phi_0 \alpha_h \alpha_m \geq \frac{1}{500}$$

Dabei ist ϕ_0 der Grundwert: $\phi_0 = \frac{3}{2} \phi_s$

ϕ_s die maximal festgelegte Montage-Lotabweichung, dividiert durch die Höhe (siehe 10.1.5.2);

$\phi_{l,fr}$ das Spiel der Rahmenaussteifung/Stützen-Verbindung, welches nach Anhang O ermittelt wird

α_h der Abminderungsfaktor für die Anzahl der Trägerebenen

$$\alpha_h = 1$$

α_m der Abminderungsfaktor für die Anzahl der verbundenen Ständerrahmen in Gangquerrichtung (z. B. durch obere Querverbindungen, Reihen-Abstandhalter oder Zwischengeschosse)

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{n_c}\right)}$$

n_c die Anzahl der verbundenen Ständerrahmen in Gangquerrichtung

Die Gesamtvorverdrehung ϕ_{sls} ist für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu bestimmen aus

$$\phi_{sls} = \phi_s + \phi_{l,fr}$$

5.3.3.3 Vorverdrehungen in ausgesteiften Systemen in Ganglängsrichtung

Die beschriebenen Imperfektionen dieses Abschnitts sind in der Gesamtsystemanalyse einzubeziehen.

Die Gesamtvorverdrehung ϕ_{uls} ist für zu den Grenzzustand der Tragfähigkeit zu bestimmen aus

$$\phi_{uls} = \phi_0 \alpha_h \alpha_m \quad (3)$$

$$\phi_0 \alpha_h \alpha_m \geq \frac{1}{500}$$

Dabei ist ϕ_0 der Grundwert: $\phi_0 = \frac{3}{2} \phi_s$

ϕ_s die maximal festgelegte Montage-Lotabweichung, dividiert durch die Höhe (siehe 10.1.5.2);

α_h der Abminderungsfaktor für die Anzahl der Trägerebenen

$$\alpha_h = 1$$

α_m der Abminderungsfaktor für die Anzahl der Ständerrahmen in einer Reihe von Feldern

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{n_c}\right)}$$

n_c die Anzahl der Ständerrahmen in einer Reihe von Feldern

Die Gesamtvorverdrehung ϕ_{sls} ist für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu bestimmen aus

$$\phi_{sls} = \phi_s$$

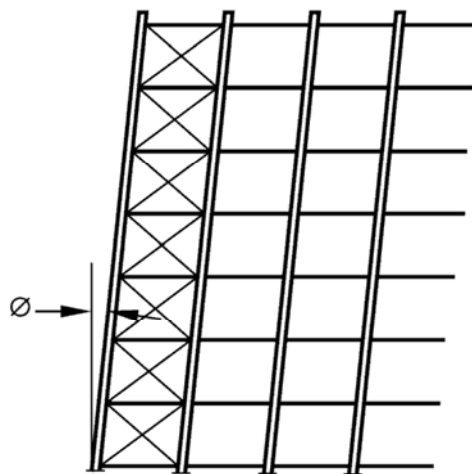


Bild 10 — Gesamtimperfektionen der Verstrebung

5.3.3.4 Vorverdrehungen in Regalen, die teilweise in der Ganglängsrichtung ausgesteift sind

Dieser Abschnitt gilt für Rahmen, bei denen sich die in Bild 10 angezeigten Kreuzverbände auf den unteren Teil der Höhe erstrecken. Die Vorverdrehung ϕ_{uls} in 5.3.3 ist auf den ausgesteiften Abschnitt anzusetzen. Die Vorverdrehung ϕ_{uls} in 5.3.2 ist auf den nicht ausgesteiften Abschnitt anzusetzen.

5.3.4 Örtliche Aussteifungsimperfectionen

Örtliche Imperfectionen bewirken die Bildung im Gleichgewicht stehender Kräftesysteme (siehe Bild 11), die nur für die Auslegung der horizontalen Aussteifungselemente und ihre Verbindungen angewandt werden sollen. Eine Analyse I. Ordnung ist hinreichend.

Die örtlichen Imperfectionen an einer Stoßlasche müssen in Kombination mit dem antisymmetrischen Modus nicht berücksichtigt werden.

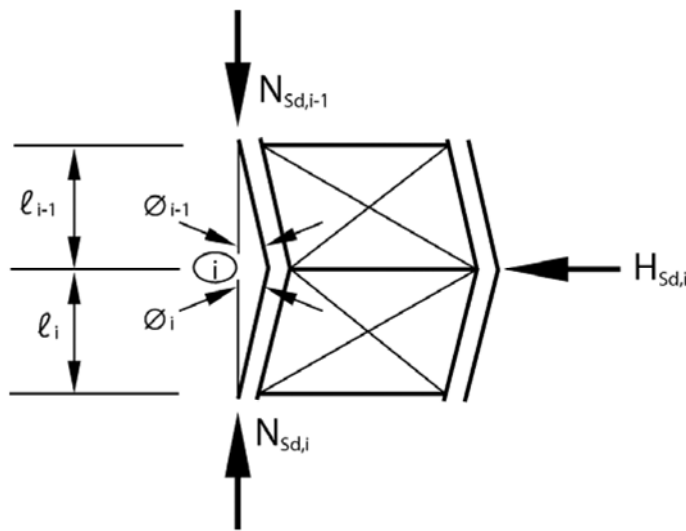


Bild 11 — Örtliche Aussteifungsimperfectionen

Für Stützen ohne Stoßlaschen $\phi_0 = 1/400$

Für Stützen mit Stoßlaschen $\phi_0 = 1/200$

$$\ell_i \geq \ell_{i-1}; \varphi_{i-1} = \sqrt{0,5 \times \left(1 + \frac{1}{n_u}\right) \phi_0} \quad (4)$$

$$\text{und } \varphi_i = \varphi_{i-1} \frac{\ell_{i-1}}{\ell_i}$$

Dabei ist n_u = die Anzahl der Stützen je Aussteifungssystem

$$\ell_i \leq \ell_{i-1}; \varphi_i = \sqrt{0,5 \times \left(1 + \frac{1}{n_u}\right) \phi_0} \quad (5)$$

$$\text{und } \varphi_{i-1} = \varphi_1 \frac{\ell_i}{\ell_{i-1}}$$

Die geometrische Grundwertimperfection darf als eine horizontale Kraft $H_{Sd,i}$ eingesetzt werden.

Dabei ist

$$H_{Sd,i} = N_{Sd,i-1} \phi_{i-1} + N_{Sd,i} \phi_i;$$

$H_{Sd,i}$ über sämtliche verbundene Stützen summiert;

N_{Sd} = Bemessungslängskraft in einem Träger.

Wenn $l_i = l_{i-1}$; $N_{Sd,i} = N_{Sd,i-1}$; $\phi_i = \phi_{i-1}$; dann $H_{Sd,i} = 2 N_{Sd,i} \phi_i$

5.3.5 Bauteilimperfektionen

Je nach Art der statischen Analyse sind die Auswirkungen von Imperfektionen auf die Auslegung von Bauteilen entweder mit dem Ersatzstabnachweis nach 9.10.4.2 mit den Imperfektionsfaktoren der entsprechenden Knickspannungslinien oder durch Anwendung der Gesamtanalysemethode nach 10.1.3 zu berücksichtigen.

6 Einwirkungen und Kombinationen von Einwirkungen

6.1 Allgemeines

Bei der Auslegung der Konstruktion sind sämtliche in Abschnitt 6 aufgeführten Einwirkungen zu berücksichtigen. Sie sind entweder individuell oder in Kombination zu betrachten.

6.2 Permanente Einwirkungen

6.2.1 Allgemeines

Die permanenten Einwirkungen sind als das Gewicht der gesamten Konstruktion, einschließlich Wände, Bühnen, Decken, Treppen und ortsfeste Versorgungseinrichtungen anzusetzen.

6.2.2 Gewichte der Materialien und Konstruktionen

Bei der Schätzung der Eigengewichte zum Zweck der Auslegung müssen die tatsächlichen Gewichte der Materialien und Konstruktionen berücksichtigt werden. Die Gewichte von ortsfesten Versorgungseinrichtungen, wie z. B. Sprinkler, Versorgungsleitungen, Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnischen Anlagen sind zu ermitteln und falls solche Einrichtungen von den tragenden Elementen der Konstruktion getragen werden, sind sie stets zu berücksichtigen.

6.3 Veränderliche Einwirkungen

6.3.1 Allgemeines

Wo zutreffend, sind folgende veränderliche Einwirkungen bei der Auslegung zu berücksichtigen:

- a) Ladeeinheiten;
- b) vertikale Beschickungslasten;
- c) horizontale Beschickungslasten;
- d) durch regalführte Geräte verursachte Lasten;
- e) Bühnen- und Laufgangbelastungen;

- f) Vorstöße an Geländern, siehe 6.3.7 für die Geländerlasten;
- g) Einwirkungen aufgrund von Imperfektionen (d. h. Rahmen, Verstrebung, Stabelement, Lasten);
- h) Belastung aufgrund unterschiedlicher Verformungen der Bodenplatte;
- i) Stoßlasten und außergewöhnliche Lasten;
- j) Windlasten;
- k) Schneelasten;
- l) Erdbebenlasten.

Veränderliche Einwirkungen aufgrund von sonstigen an die Konstruktion angeschlossenen Einrichtungen sind zu ermitteln und in der Auslegung zu berücksichtigen.

6.3.2 Einzulagernde Ladeeinheiten

Ladeeinheiten sind nach den Anforderungen von EN 15629 zu bestimmen.

Die Gesamtsystemanalyse und Auslegung dürfen unter Verwendung des angegebenen Wertes des Gewichtes der Ladeeinheit durchgeführt werden, unter der Annahme, dass das Regal in jedem Feld gleichmäßig belastet ist. Diese Vorgehensweise ist nur erlaubt, wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt werden:

- a) das Lagerverwaltungssystem ist in der Lage, solche Ladeeinheitslasten, die den angegebenen Wert überschreiten, zuverlässig zu erkennen und deren Verteilung innerhalb des Regals zu steuern.
- b) die in der Gesamtsystemanalyse eingesetzte Feldlast wird niemals überschritten.
- c) sämtliche Träger sind zum Tragen der maximalen Ladeeinheitslasten für diese Trägerebene ausgelegt.
- d) bei der Auslegung der Stütze wird der ungünstigste Fall der Lastverteilung berücksichtigt, wo die Höchstlast in die oberen Lagerplätze bis zu der definierten Feldlast angesetzt wird.

Es wird empfohlen, die festgelegten Ladeeinheitslasten 80 % der maximalen Ladeeinheitslasten nicht übersteigen zu lassen, da im Falle eines Ausfalles der Verwaltungssysteme der tatsächliche Lastfaktor $0,8 \times 1,4 = 1,12 > 1,0$ übersteigen würde (siehe Beispiel im informativen Anhang N).

Falls die Beschickungsimperfektionen nicht systematisch sondern zufällig vorkommen, dürfen die erhöhten Spannungen und Verformungen aufgrund von Beschickungsimperfektionen am Grenzwert der Beschickungstoleranz vernachlässigt werden, vorausgesetzt, dass sie 12 % der Werte von symmetrisch beladenen Trägern nicht überschreiten. Beträgt die Erhöhung mehr als 12 %, ist die Auswirkung auf die Bemessung des Trägers wie folgt zu berücksichtigen:

Dort wo Beschickungsimperfektionen nicht systematisch vorkommen und zufällige Beschickungsgenauigkeit erwartet wird, ist die Auswirkung auf die Bemessung des Trägers wie folgt zu berücksichtigen:

$$Q' = \eta Q \quad (6)$$

$$\text{wenn } \rho \leq 1,12 \quad \eta = 1$$

$$\text{wenn } 1,12 \leq \rho \leq 1,24 \quad \eta = 2 \rho - 1,24$$

$$\text{wenn } \rho \geq 1,24 \quad \eta = \rho$$

Dabei ist

$$\rho = Q_e / Q$$

Q die Last auf den Träger bei Platzierung der Palette in die geplante Position.

Q_e die Last auf den Träger bei Platzierung der Palette mit maximaler Versetzung.

6.3.3 Vertikale Beschickungslasten

Wenn Ladeeinheiten mit mechanischen Einrichtungen platziert werden, sind folgende vertikale Mindestbeschickungslasten anzuwenden.

Bei Anlagen mit Einzelladeeinheiten (d. h. nur eine Ladeeinheit je Ebene und Feld) bzw. bei gleichzeitig platzierten Mehrfachlasten, müssen die tragenden Träger, Tragarme (falls vorhanden) und Trägeranschlusslaschen so ausgelegt werden, dass sie eine zusätzliche nach unten gerichtete vertikale Beschickungslast aufnehmen können. Diese Beschickungslast Q_{pv} von 25 % der maximalen Ladeeinheitslast, wird in der ungünstigsten Position für die jeweilige Ermittlung platziert (Moment oder Scherkraft).

6.3.4 Horizontale Beschickungslasten

6.3.4.1 Allgemeines

Wenn Ladeeinheiten eingelagert werden, müssen die folgenden horizontalen Mindestbeschickungslasten (veränderliche Einwirkungen) sowohl in Gangquerrichtung als auch in Ganglängsrichtung an der ungünstigsten Stelle angelegt werden. Sie dürfen nur in einer Richtung angewendet werden, nicht aber in beiden Richtungen gleichzeitig und nicht gleichzeitig auf mehr als einer Ebene.

ANMERKUNG Es ist nicht vorgesehen, dass die Mindestbeschickungslast in horizontaler Richtung eine Stoßlast darstellt, die aufgrund falscher Bedienung entstanden ist.

Eine zufällige Überlastung ist in Betracht zu ziehen (siehe 6.4), braucht aber nicht gleichzeitig mit der horizontalen Last berücksichtigt zu werden.

6.3.4.2 Auswirkungen der Betriebsarten

Folgende Betriebsarten sind zur Ermittlung der horizontalen Beschickungslast anzuwenden.

- a) Wenn die Waren mittels manuell bedienter mechanischer Einrichtungen eingelagert werden (z. B. Gabelstapler) gilt:
 - 1) für Trägerebenen bis zu 3 m Höhe, ist Q_{ph} eine Last von 0,5 kN, die auf jeder Trägerebene aufgebracht wird (unter 3 m);
 - 2) für Trägerebenen über 6 m Höhe, ist Q_{ph} eine Last von 0,25 kN, die auf jeder Trägerebene aufgebracht wird (über 6 m);
 - 3) für Trägerebenen zwischen 3 m und 6 m, ist Q_{ph} eine Last, die auf jeder Trägerebene aufgebracht wird und basierend auf den oben in 1) und 2) angegebenen Grenzwerten interpoliert wird.
- b) Wenn die Waren mittels automatisch gesteuerten Regalfördergeräten eingelagert werden, ist Q_{ph} vom Lieferant des Gerätes festzulegen. Sie darf jedoch nie weniger als 0,25 kN betragen.
- c) Wenn Palettensicherungen eingesetzt werden, muss klar festgelegt werden, ob diese Durchschubsicherungen oder Palettenanschlätze sind und die Bemessungslast Q_{ph} vom Verfasser der

Spezifikation eindeutig definiert werden. Bei manuell bedienten mechanischen Einrichtungen muss diese einen Mindestwert von $0,25 Q_u$ in der Ebene des Ständerrahmens betragen, wobei Q_u das Gewicht der Ladeeinheit ist. Im Falle automatischer Systeme müssen Palettensicherungen so ausgelegt werden, dass die jeweils nachteiligere Einwirkung von entweder der quasi-statischen Kraft infolge der kinetischen Energie aus einem Ausfall des Regalfördergeräts oder aus 25 % der Ladeeinheit als Horizontalkraft beaufschlagt wird.

Ein Verfahren zur Auslegung von Palettensicherungen ist in FEM 9.842-1 / FEM 10.2.10-1 enthalten. Die Einwirkungen auf Palettensicherungen und Übergabe- und Übernahmepunkte mit Positioniervorrichtungen sind als veränderliche Einwirkungen, aber auf Durchschubsicherungen als zufällige Einwirkungen zu betrachten. Die Einwirkungen aus diesen beiden Einrichtungen sind mit den entsprechenden Belastungsfaktoren anzuwenden.

ANMERKUNG Palettenanschlüsse sind unerwünscht, denn sie fördern den Missbrauch. Sie werden unter Umständen für verstellbare Palettenregale vorgeschrieben, um dem Fahrer bei der Positionierung zu helfen. Die Größenordnung der Kräfte, die aus diesen Vorgängen entstehen, ist jedoch hoch und sehr schwierig zu quantifizieren.

Um die Anforderungen aus EN 528 zu erfüllen, können gegebenenfalls Durchschubsicherungen für automatische Systeme (Regale für Regalförderzeuge) vorgeschrieben werden.

- d) Bei der Auslegung folgender Regalbauteile, die in der unmittelbaren Nähe der Palettensicherung sind, ist Q_{ph} , wie oben angegeben, zu berücksichtigen. Diese Wirkungen sind ausschließlich örtliche Auswirkungen.
- 1) Die eigentliche Palettensicherung.
 - 2) Die Verbindung der Palettensicherung mit dem beteiligten Regalbauteil (Träger oder Stütze).
 - 3) Der Teil der Stütze, mit dem die Palettensicherung bzw. der Träger, an dem die Palettensicherung angeschlossen ist, unmittelbar verbunden ist.
 - 4) Die Aussteifung des Ständerrahmens in der unmittelbaren Nähe dieses Stützenteils.

Bei Bauteilen, welche nicht in unmittelbarer Nähe zu einer Palettensicherung stehen, darf ein reduzierter Wert Q_{ph} berücksichtigt werden, weil die Dämpfung/Trägheit infolge der Auswirkungen der Einlagerung bzw. Beschickung und Verteilung wie folgt ausfallen:

Auswirkungen aus der Verteilung entstehen nur dann, wenn eine ausreichende Membranwirkung durch die Ladeeinheiten in einem Fach vorhanden ist, wie z. B. im Falle hölzerner Paletten angenommen werden kann.

Hinreichende Auswirkungen der Dämpfung/Trägheit bestehen nur in dem Falle, dass ausreichend Ladeeinheiten unterhalb der Höhe der betroffenen Sicherungsebene angeordnet sind.

Im Falle

- manuell bedienter Palettenregale,
- dem Fehlen einer Verbindung zwischen den Ständerrahmen in Gangquerrichtung,
- der Verwendung hölzerner Paletten,

darf Folgendes für die Auslegung der Verankerung und der Gesamtbelastungssituation des Rahmens angenommen werden:

$$Q_{ph;Backstop} = 0,25 \times \alpha_{red} \times Q_u \text{ mit:}$$

$\alpha_{\text{red}} = 0,4$ für Sicherungsebenen ≥ 10 m

$\alpha_{\text{red}} = 1,0$ für die niedrigste Sicherungsebene

(allgemein $\leq 2,5$ m)

Sicherungsebenen dazwischen: lineare Interpolation

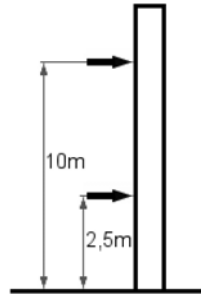


Bild 12 — Sicherungslasthöhe

ANMERKUNG Die Situation auf der niedrigsten Sicherungsebene bestimmt die Scherbelastung der Rahmenverankerung.

6.3.4.3 Ansatz horizontaler Beschickungslasten in Ganglängsrichtung

Eine Gesamtlast von $2 Q_{\text{ph}}$ (wobei Q_{ph} mit der höchsten Trägerebene berechnet wird), welche gleichmäßig über alle Trägerebenen verteilt wird, kann als Ersatz für die konzentrierte Last Q_{ph} verwendet werden.

ANMERKUNG In der Ganglängsrichtung entsteht die horizontale Beschickungslast nur an den Trägerebenen und verstärkt die durch Rahmenimperfectionen verursachte Verschiebung des höchsten Punktes in Ganglängsrichtung. Wenn die konzentrierten Lasten durch gleichmäßig verteilte Lasten ersetzt werden, verhindert dies die Erstellung unnötiger Lastfälle.

6.3.4.4 Ansatz horizontaler Beschickungslasten in Gangquerrichtung

In Gangquerrichtung ist die ungünstigste Stelle für die Beschickungslast als eine der folgenden Möglichkeiten einzusetzen:

- a) am obersten Punkt des Rahmens, um die Kräfte der Aussteifung zu maximieren, oder am Mittelpunkt zwischen zwei Verstrebungsknoten des Rahmenverbands, um das Biegemoment in Gangquerrichtung zu maximieren. Für diesen Fall liegt die kritische Stelle der Last im Allgemeinen im untersten Teil der Stütze zwischen den Verstrebungspunkten. Falls der Abstand der Verstreibungen nicht gleichmäßig ist, sind andere Stellen auch zu überprüfen.

ANMERKUNG Um die Bemessungs-Biegemomente zu bestimmen, ist es nicht notwendig, eine Gesamtsystemanalyse des gesamten Rahmens durchzuführen. Es ist ausreichend, positive und negative Biegemomente der Größe $Q_{\text{ph}} \cdot \ell/6$ hinzuzufügen.

- b) am Spannmittelpunkt eines Trägers in der horizontalen Ebene, um das größte Biegemoment der kleinsten Achse zu bewirken. Dieser Fall braucht nicht in die Gesamtsystemanalyse der Gangquerrichtung einbezogen werden. Hierbei kann angenommen werden, dass eine Belastung von $0,5 Q_{\text{ph}}$ durch einen einzigen Träger in der horizontalen Ebene durch die neutrale Achse getragen wird. Es ist zulässig, Wechselwirkungen mit der vertikalen Last, die Q_{ph} verursacht, zu vernachlässigen.

Falls die Anlage für den Fall ausgelegt ist, dass die Lasten in ihren Platz gerollt werden, sind die dabei entstehenden Beschickungslasten Q_{ph} festzustellen oder durch den Planer der Einrichtung anzugeben und bei der Bemessung zu berücksichtigen.

6.3.5 Horizontale Last der Aussteifung des Ständerrahmens

Die horizontale Last auf die Aussteifung des Ständerrahmens wird bestimmt durch:

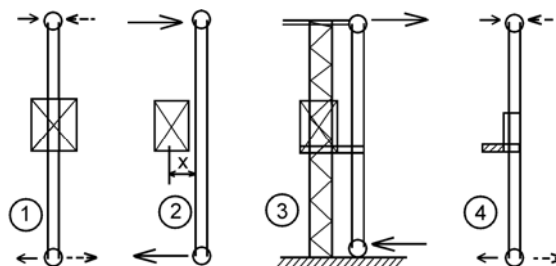
- die Anfangsschiefstellung (siehe 5.3.3).
- die veränderlichen horizontalen Einwirkungen.
- die vertikale Last auf den Ständerrahmen, aufgrund
 - der zusätzlichen Auswirkungen auf weitere horizontale Kräfte infolge der dünnen Bemessung der Ständerrahmen;
 - die seitlichen Stützkkräfte an der Stütze zur Erhaltung der Biegeknicklänge, welche der Systemlänge entspricht.

Aufgrund der Funktion im Hinblick auf die Biegeknicklänge, muss die Aussteifung des Ständerrahmens auf eine horizontale Kraft von mindestens dem 0,01-Fachen der vertikalen Last des Ständerrahmens ausgelegt sein. Diese Kraft muss nicht mit anderen Lasten und/oder Auswirkungen kombiniert werden.

6.3.6 Auswirkungen von regalgeführten Geräten

Bei Anlagen, die durch regalgeführte RFZs bedient werden, sinkt mit ansteigender Anzahl der Förderzeuge die Wahrscheinlichkeit, dass sämtliche Fahrzeuge gleichzeitig horizontale Lasten in der gleichen Richtung und an der gleichen Stelle im Regal ausüben.

Die horizontalen Kräfte, die von den Regalbediengeräten an der oberen Führungsschiene ausgeübt werden, können je nach Projekt und Einwirkungen der RFZ anders ausfallen. Siehe Bild 13:



Legende

- ① wenn das RFZ sich bewegt: Schwerpunkt des RFZ und Grenzzustand in der Ebene durch Mast und Führungsschiene. Leitkräfte ungefähr gleich Null, schwankend aufgrund dynamischer Auswirkungen und Toleranzen zur rechten und linken Seite
- ② wenn das RFZ sich bewegt: Schwerpunkt exzentrisch zur Ebene, führt zu stetigen Leitkräften, die unter dynamischen Auswirkungen schwanken
- ③ RFZ bei Beschickung/Entnahme
- ④ alle RFZ in Parkstellung am Eingang der Ladeeinheit des Regalblocks. RFZ werden entladen. Dies entspricht der Situation (1) oder (2), allerdings ohne Ladeeinheit

Bild 13 — Mögliche Situationen der RFZ-Führung bei sich bewegenden RFZ

Der Lieferant der RFZ muss die Leitkräfte im ungünstigsten Fall („Worst Case“) sowie pro RFZ-Typ und pro verbundenem Regalblock in Quergangrichtung angeben für:

- Situation (1) oder (2), abhängig vom RFZ-Typ.
- Situation (3).
- Situation (4).

Für die Situationen (1) bis (3) und wenn die Rahmen oberhalb des Gangs miteinander verbunden sind, muss die gesamte reduzierte Horizontalkraft $Q_{h,t}$ in der Höhe der Führungsschiene den in Tabelle 2 angegebenen Wert betragen. Wenn mehr als ein RFZ-Typ im betroffenen Regalblock betrieben werden, gilt Tabelle 1 für jede Gruppe der RFZ-Typen.

Für die Situation (4) besteht keine Reduzierung.

Tabelle 2 — Gesamtheit der horizontalen Einwirkungen in Höhe der Führungsschienen

Anzahl RFZ	$Q_{h,t}$
1 oder 2	ΣQ_h
3	$0,85 \Sigma Q_h$
4	$0,70 \Sigma Q_h$
5	$0,6 \Sigma Q_h$
≥ 6	$0,5 \Sigma Q_h$

Dabei ist
 Q_h die maximale festgelegte Seitenstützungslast je RFZ;
 $Q_{h,t}$ die verminderte Summe (Σ) der Q_h -Kräfte, die an der oberen Führungsschiene wirken, welche mit einem Bauteil verbunden ist, das alle Ständerrahmen zusammenfügt, wie in Bild 14 gezeigt.

Werte in der Tabelle gelten für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS).

ANMERKUNG Für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS), siehe FEM 9.831-1 und FEM 9.832.

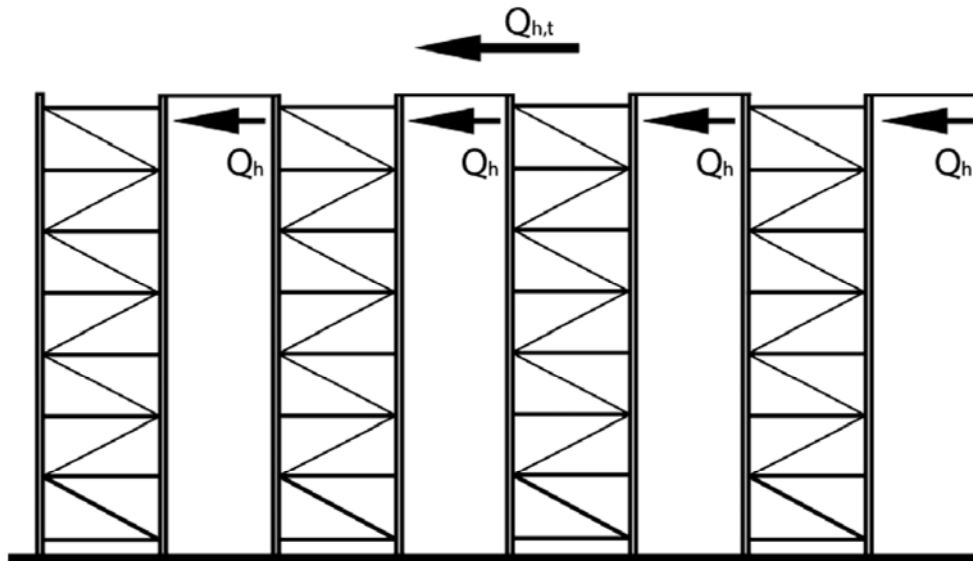


Bild 14 — Horizontale Lasten von regalgeführten Geräten

$Q_{h,t}$ muss für die ungünstigste Anordnung der RFZ berechnet werden. Sie darf jedoch auf mehrere Rahmen in der Ganglängsrichtung durch horizontale Verstrebung verteilt werden.

Die horizontale Last von regalgeführten Bediengeräten und die Beschickungslast sind gleichzeitig zu berücksichtigen, wenn dies den ungünstigsten Fall bildet.

Wenn eine Anlage regalgeführte Geräte RFZ beinhaltet, die über das Ende des Regals hinausfahren bzw. auf kurvenförmigen Schienen fahren, müssen Empfehlungen des Herstellers der RFZ über die vom Regal aufzunehmenden Horizontalkräfte eingeholt werden.

Wenn ein Regalbediengerät benutzt wird, sind außergewöhnliche Kräfte, die entstehen, wenn ein Regalbediengerät eine Kurve, falls vorhanden, bei Sollgeschwindigkeit durchläuft, zu berücksichtigen.

Außergewöhnliche Stoßkräfte in der Ganglängsrichtung, die aus einem Aufprall des RFZ gegen einen regalmontierten Puffer resultieren (falls zutreffend), müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

6.3.7 Bühnen- und Laufgangbelastungen (siehe auch EN 1991-1-1)

Folgende minimal verteilte oder Punktlasten (der weniger günstige Fall wird genommen) sind für die Auslegung von Bühnen und Laufgängen einzusetzen. Siehe Anmerkung unten zu den nationalen Bauvorschriften, welche Priorität haben und zu EN ISO 14122.

- a) Auf Bühnen und Laufgängen, die nur als Zugangswege dienen und nicht breiter als 1,2 m sind.

$$q = 2,5 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{verteilte Last})$$

$$Q_f = 2,0 \text{ kN} \quad (\text{Punktlast auf einem Quadrat von } 50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \text{ verteilt})$$

Die oben genannten Lasten stellen die Sollbelastung für die örtliche Bemessung der Träger und Stützen dar. Die Gesamtlast auf die Konstruktion darf auf $q = 1,0 \text{ kN/m}^2$ für die Verifizierung der Gesamtstabilität eingesetzt werden.

- b) Auf Treppen und Bühnen von mehr als 1,2 m Breite oder die für Lagerung vorgesehen sind oder auf denen Handwagen laufen können.

$q = 3,5 \text{ kN/m}^2$ (verteilte Last)

$Q_f = 2,0 \text{ kN}$ (Punktlast auf einem Quadrat von $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ verteilt)

c) Auf Treppen mit einer Breite unter $1,2 \text{ m}$

$q = 3,0 \text{ kN/m}^2$ (verteilte Last)

$Q_f = 2,0 \text{ kN}$ (Punktlast auf einem Quadrat von $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ verteilt)

Auf Treppen mit einer Breite über $1,2 \text{ m}$

$q = 3,5 \text{ kN/m}^2$ (verteilte Last)

$Q_f = 3,0 \text{ kN}$ (Punktlast auf einem Quadrat von $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ verteilt)

d) Dort, wo Transporteinrichtungen dynamische Kräfte auf die Konstruktion ausüben, sind solche Auswirkungen als quasistatische Einwirkungen mit dem entsprechenden Belastungsfaktor zu berücksichtigen, siehe EN 1991-1-1:2002⁴⁾ 6.3. Um zwischen den effektiven senkrechten Radlasten der verschiedenen Geräte zu unterscheiden, sind die entsprechenden statischen Kräfte mit folgenden dynamischen Faktoren zu multiplizieren:

- 1) Wagen mit Gehlenkung und einer Geschwindigkeit unter 5 km/h : 1,2.
- 2) Wagen mit Fahrer an Bord und einer Geschwindigkeit unter $7,5 \text{ km/h}$: 1,4.
- 3) Wagen mit Fahrer an Bord und einer Geschwindigkeit unter 10 km/h : 2,0.

Die Punktlast muss auf die ungünstigste Stelle angelegt und die Konfiguration vom Planer geliefert werden.

Bei Bühnen und Laufgängen braucht etwaige Schachbrettbelastung nicht berücksichtigt zu werden.

Die Auswirkungen von horizontalen Kräften, die von den Einrichtungen auf die Konstruktion ausgeübt werden, und wie diese Kräfte von der Konstruktion aufgenommen werden, sind ausreichend in Erwägung zu ziehen.

Wenn die Belastungen aus gelagerter Ware oder vom Boden getragenen Regalsystemen die oben angegebenen Werte überschreiten, muss die tatsächliche Belastung eingesetzt werden.

Laufgang- und Geländerlasten können unter die Bestimmungen der nationalen Bauvorschriften fallen, welche unter Umständen andere Werte für die Lasten erfordern. Jedoch gelten die folgenden Mindestwerte in jedem Fall:

horizontale Geländerlasten;

Instandhaltung $0,3 \text{ kN/m}$;

Lager- oder Arbeitsbereiche $0,5 \text{ kN/m}$;

Besucherbereich oder Bereiche mit hoher Personendichte $1,0 \text{ kN/m}$;

Instandhaltungsebenen $2,0 \text{ kN/m}^2$.

4) einschließlich EN 1991-1-1:2002/AC:2009

Bühnen- und Laufgangflächen werden oft für inoffizielle Lagerung benutzt. Die in 6.3.6 angegebenen Werte sollten deshalb als Mindestsolllasten betrachtet werden. Auf Flächen mit überdurchschnittlichen Durchgangshöhen sollte der Einsatz von höheren Solllasten als angegeben in Erwägung gezogen werden. Siehe EN ISO 14122-1, EN ISO 14122-2 und EN ISO 14122-3.

6.3.8 Einwirkungen, die aus Montagevorgängen entstehen

In Fällen, wo die Montageanleitung den Einsatz von Auffanggurten für die Monteure vorsieht, sind geeignete Zurrpunkte vorzusehen, die in der Lage sind, einen Sturz aufzufangen. Im Falle eines Sturzes ist eine bleibende Verformung der Bauteile möglich. Nach einem solchen Ereignis muss der Verankerungspunkt untersucht werden. Im Falle einer Beschädigung des (der) Bauteils(e), muss dieses ersetzt werden.

6.4 Einwirkungen aus Stoßlasten (außergewöhnliche Lasten)

6.4.1 Allgemeines

Es wird angenommen, dass die in 6.3 festgelegten Nutzlasten und Beschickungslasten eine ausreichende Berücksichtigung gewöhnlicher Stoßbedingungen beinhalten. Die Statik muss solche Anwendungen und Lasten berücksichtigen, die ungewöhnliche Schwingungen oder dynamische Kräfte mit sich bringen.

Stöße gegen die Stützen, die von Staplern oder sonstigen beweglichen Geräten verursacht sind, müssen durch entsprechende Fahrerausbildung und Sicherheitsmaßnahmen vermieden werden. Die Mindestanforderungen zum Schutz der Eckstützen sind wie folgt:

- a) freistehend;
- b) ein Stützenschutz mit einer Mindesthöhe von 300 mm muss an der Endstütze einer jeden Regalzeile zwischen den Quergängen angeordnet werden;
- c) ein Stützenschutz muss an den Stützen angeordnet werden, die sich an sämtlichen Kreuzungen von Regalgängen und anderen Gängen befinden; Bei Regalen, die von mechanisch geführtem Fördermittel bedient werden, ist es nicht erforderlich, die Stützen zu schützen. Bei drahtgelenkten Fördermitteln ist dies allerdings erforderlich;
- d) falls keine Stützen-Anfahrerschütze an den Kreuzungen von Gängen und Fahrwegen vorliegen, darf der Gang nicht durch Flurförderzeuge, die einen Schutz erfordern, verwendet werden;

ANMERKUNG Dies kann auch bei Schmalgangstaplern der Fall sein, die zur Übertragung von Einrichtungen zwischen Gängen eingesetzt werden.

- e) der Stützenschutz muss für eine Energieaufnahme von mindestens 400 Nm in jeder Richtung bei einer beliebigen Höhe zwischen 0,10 m und 0,30 m ausgelegt werden;
- f) der Stützenschutz muss so angeordnet sein, dass nach seiner vom Stoß verursachten Verformung die Stütze nicht beschädigt wird;
- g) die Auslegung vom Regalschutz kann theoretisch betrieben werden. Als Alternative sind Prüfungen zwecks Annahme durchzuführen. Prüfungen sind auf der Grundlage einer Masse durchzuführen, die auf den Regalschutz fällt bzw. gegen den Schutz geschwenkt wird, um die geforderte Energieaufnahme von mindestens 400 Nm zu erzeugen.

ANMERKUNG 1 Der Planer kann Werte festlegen, welche 2- bis 5-mal oder noch höher sind. SEMA Bulletin Nr. 3 „Rack Protection“ kann als Leitlinie dienen.

Andere Stützen als Eckstützen können nach Wahl des Benutzers geschützt werden.

ANMERKUNG 2 Außergewöhnliche Einwirkungen von Gabelstaplern sind in EN 1991-1-7 angegeben. Bei Flurförderzeugen mit der Auslegung, den Freiräumen und der Betriebsweise nach EN 15620 und EN 15635 gelten solche Einwirkungen gegebenenfalls nicht.

6.4.2 Außergewöhnliche vertikale Einwirkungen

Regalbauteile direkt oberhalb einer Ladeinheit müssen so ausgelegt werden, dass sie eine außergewöhnliche vertikale Kraft A_{pv} aufnehmen können. Im Allgemeinen ist diese Kraft am Ende eines Trägers anzusetzen, um zu prüfen, dass sich die Trägeranschlusslasche nicht von der Stütze löst. Nach oben gerichtete Beschickungslasten sind außergewöhnliche veränderliche Einwirkungen. Diese sind mit einem Belastungsfaktor γ_A nach 7.4 zu berücksichtigen.

- a) Wenn die Waren mittels manuell bedienter mechanischer Einrichtungen eingelagert werden (z. B. Gabelstapler)

$$A_{pv} = 5,0 \text{ kN}$$

- b) Wenn die Waren mittels automatisch bedienter mechanischer Einrichtungen eingelagert werden: (z. B. Regalförderzeuge, Regalbediengeräte)

$$A_{pv} = 0,5 Q_u$$

$$\text{aber } A_{pv} \geq 0,25 \text{ kN}$$

$$\text{und } A_{pv} \leq 5,0 \text{ kN}$$

dabei ist Q_u = das Gewicht der Ladeinheit.

Die Anforderungen für nach oben gerichtete Beschickungslasten sind durch Berechnung oder durch Prüfungen nach A.2.6 zu verifizieren.

6.4.3 Außergewöhnliche horizontale Last

Eine außergewöhnliche Überlastung in horizontaler Richtung ist wie folgt zu berücksichtigen:

- a) Wenn die Waren mittels manuell bedienter mechanischer Einrichtungen eingelagert aber nicht geführt werden (z. B. Gabelstapler):

Vom Boden bis zu 0,4 m Höhe, an der Stütze an der Gangseite:

$$\text{— } A_{ph} = 2,5 \text{ kN in Gangquerrichtung;}$$

$$\text{— } A_{ph} = 1,25 \text{ kN in Ganglängsrichtung.}$$

Diese Lasten sind so zu behandeln, als ob sie getrennt auftreten. Eine Abweichung von den Anforderungen von EN 1991-1-7 in Bezug auf Gabelstapler ist zulässig, falls die Betriebsbedingungen diese Abweichung rechtfertigen. Siehe EN 15635.

Die oben erwähnte außergewöhnliche Überbelastung kann von der Stütze selbst getragen werden oder es kann notwendig sein, dass jede Stütze verstärkt oder mit einem Schutz versehen werden muss.

- b) Wenn die Waren mit automatischen Geräten (z. B. Regalförderzeuge bzw. -bediengeräte) oder mit manuell geführten Fördermitteln (z. B. Schmalganggeräten) eingelagert werden:

Der Wert und die Lastfälle von A_{ph} müssen vom Systemplaner festgelegt werden. Jedoch muss A_{ph} entweder in Ganglängs- oder Gangquerrichtung mindestens $= 0,5 \text{ kN}$ sein (außergewöhnliche Überbelastung).

6.5 Windlasten

Windlasten sind nach den entsprechenden nationalen Bestimmungen zu ermitteln. Auch Windeinwirkungen während der Konstruktionsphase müssen berücksichtigt werden.

Wenn ein Regal einer Windlast ausgesetzt ist, sind die Abschirmungseffekte völlig oder teilweise beladener Regale, die auf der Windseite des betroffenen Regals angeordnet sind, zu ignorieren. Jede einzelne Regalzeile (zwischen nebenstehenden Gängen) muss daher so ausgelegt werden, dass sie den vollen Winddruck, den Windsog und den Windreibungskräften standhält.

ANMERKUNG Wenn Abschirmwirkungen durch Gebäude von den Windbestimmungen erlaubt sind, dann können diese auf das Regal angewandt werden.

6.6 Schneelasten

Wo zutreffend, sind Schneelasten nach den entsprechenden nationalen Verordnungen zu ermitteln.

6.7 Erdbebeneinwirkungen

Wo zutreffend, sind Erdbebeneinwirkungen in Übereinstimmung mit EN 16681 und nach den entsprechenden nationalen Verordnungen zu ermitteln.

6.8 Stabilität gegen Kippen

Unter Verwendung eines Belastungsfaktors entsprechend des Grenzzustandes der Tragfähigkeit muss sichergestellt werden, dass das leere Regal während der Beschickung mit einer einzigen horizontalen Beschickungslast an der ungünstigsten Stelle stabil bleibt.

Die horizontale Beschickungslast muss vom Eigengewicht des Regals und den Bodenankerungen getragen werden können.

In jedem Ständerrahmen sind die Fußplatten im rechten Winkel zu den Stützen am Boden so zu befestigen, dass die Stützen über die gesamte Fläche der Fußplatte getragen werden. Hierbei ist auch das notwendige Unterlegmaterial oder der notwendige Vergussmörtel einzusetzen. Das Unterlegmaterial muss aus Stahl sein, eine Einheit mit der Fußplatte bilden und sich nicht relativ zur Fußplatte verschieben lassen.

7 Teilsicherheitsfaktoren und Kombinationsregeln

7.1 Allgemeines

Das Gewicht sämtlicher Ladeeinheiten und Gesamtregalimperfektionen bildet eine Einzeleinwirkung. Beschickungslasten bilden eine separate Einwirkung.

Gesamtimperfektionen und Beschickungslasten sind in nur einer Richtung gleichzeitig zu kombinieren. Es ist nicht erforderlich, die Kombination von Imperfektionen oder Beschickungslasten in einer Richtung, mit Imperfektionen oder Beschickungslasten in der anderen orthogonalen Richtung gleichzeitig zu berücksichtigen.

7.2 Kombinationen von Einwirkungen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die Sollwerte von Einwirkungen sind nach folgenden Regeln zu kombinieren, wobei der höchste Wert genommen wird:

- bei Berücksichtigung von nur der ungünstigsten veränderlichen Einwirkung

$$\sum \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_{k,1} \quad (7)$$

- bei Berücksichtigung sämtlicher ungünstigen veränderlichen Einwirkungen, die gleichzeitig vorkommen können

$$\sum \gamma_G G_k + 0,9 \sum_{i \geq 1} \gamma_Q Q_{k,i} \quad (8)$$

- Auslegung für außergewöhnliche Einwirkungen

$$\sum \gamma_{GA} G_k \pm \sum_{i \geq 1} \gamma_{QA} Q_{k,i} + \gamma_A A_k \quad (9)$$

Dabei ist

G_k der charakteristische Wert einer ständigen Einwirkung (Totlast);

$Q_{k,1}$ der charakteristische Wert einer der veränderlichen Lasten;

$Q_{k,i}$ der charakteristische Wert einer typischen veränderlichen Last;

A_k der charakteristische Wert einer außergewöhnlichen Last;

γ_G der Teilkfaktor für ständige Lasten;

γ_Q der Teilkfaktor für veränderliche Lasten;

γ_A der Teilkfaktor für außergewöhnliche Lasten.

7.3 Kombination von Einwirkungen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Die Sollwerte von Einwirkungen sind unter Anwendung der in EN 1990 angegebenen Kombinationsfaktoren ψ_0 zu kombinieren. Im Falle von Palettenregalen dürfen die vereinfachten Formeln (10) und (11) angewandt werden, wobei der höchste Wert genommen wird:

- bei Berücksichtigung von nur der ungünstigsten veränderlichen Einwirkung

$$\sum \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_{k,1} \quad (10)$$

- bei Berücksichtigung aller ungünstigen veränderlichen Einwirkungen

$$\sum \gamma_G G_k + 0,9 \gamma_Q \sum_{i \geq 1} Q_{k,i} \quad (11)$$

mit den in 7.2 festgelegten Bezeichnungen.

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit brauchen die Beschickungslasten nicht berücksichtigt zu werden.

Die Imperfektionen der Montage dürfen für Kombinationen der Einwirkungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit verwendet werden.

ANMERKUNG Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass die einzulagernde Ware zuzüglich der Gesamtimperfektionen die Einwirkung mit der größten Auswirkung darstellt, es sei denn, es herrschen ungewöhnliche Bedingungen.

7.4 Belastungsfaktoren

Die Belastungsfaktoren γ_f sind in Tabelle 3 angegeben und müssen unabhängig von der Auslegunglebensdauer angewandt werden.

ANMERKUNG Nationale Vorschriften können andere Belastungsfaktoren erfordern.

Tabelle 3 — Belastungsfaktoren γ_f

Einwirkungen	Grenzzustand der Tragfähigkeit	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
Ständige Lasten γ_G		
– mit ungünstiger Auswirkung	1,3	1,0
– mit günstiger Auswirkung	1,0	1,0
veränderliche Lasten γ_Q		
Ladeeinheiten	1,4	1,0
Ladeeinheiten in RFZ-Systemen	1,4 oder 1,3 ^a	1,0
Beschickungslasten	1,4	-
sonstige Nutzlasten	1,5	1,0
Außergewöhnliche Einwirkungen		
γ_A	1,0	
γ_{GA}	1,0	
γ_{QA}	1,0	
^a Gilt für ein Lagersystem mit RFZ, einschließlich des Wiegens sämtlicher Ladeeinheiten und die Rückweisung aller Ladeeinheiten, die mehr als die Sollast des Regals wiegen. Der Belastungsfaktor für Ladeeinheiten kann von 1,4 auf 1,3 für die Gesamtsystemanalyse reduziert werden. Für die Bemessung von Trägern muss ein Lastfaktor von mindestens 1,4 angewandt werden.		

7.5 Materialfaktoren

Die Belastungsfaktoren γ_M für die Verifizierungen des Grenzzustandes der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit sind in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4 — Materialsicherheitsfaktoren γ_M

Widerstand	Grenzzustand der Tragfähigkeit	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
Widerstand der Träger	1,1	1,0
Widerstand der Anschlüsse	1,25	1,0
Widerstand der Anschlüsse, die Prüf- und Qualitätskontrollen unterliegen (z. B. Trägeranschlusslaschen), siehe Anhang H	1,1	1,0
Widerstand anderer Bauteile	1,0	1,0

8 Stahl

8.1 Allgemeines

Als charakteristische Werte für die Herstellung von Palettenregalen aus Stahl sollten die in diesem Abschnitt angegebenen Nennwerte der Materialeigenschaften in den Auslegungsberechnungen übernommen werden. Wo angebracht, müssen die Stähle für Kaltformen, Schweißen und Verzinkung geeignet sein.

Festgelegte Stähle nach EN 1993-1-1:2005, Tabelle 3.1,⁵⁾ und EN 1993-1-3:2006, 3.1a und 3.1b, deren Eigenschaften und chemische Zusammensetzung mit den entsprechenden Normen übereinstimmen, erfüllen die Anforderungen dieses Abschnitts.

Andere Stähle dürfen eingesetzt werden vorausgesetzt, dass

- a) ihre Eigenschaften und chemische Zusammensetzung den Stählen, deren Normen in EN 1993-1-1:2005, Tabelle 3.1,⁶⁾ und EN 1993-1-3: 2006, 3.1, aufgeführt sind, mindestens gleichwertig sind.
- b) wenn der Stahl zum Kaltumformen vorgesehen ist, er die Anforderungen der in A.1.2 beschriebenen Biegeprüfung erfüllt, und das Verhältnis charakteristische Mindestzugfestigkeit zur charakteristischen Mindeststreckgrenze die Gleichung $f_u/f_y \geq 1,05$ erfüllt, wobei f_y, f_u = die charakteristische Streckgrenze bzw. die Zugfestigkeit des Grundmaterials ist.

ANMERKUNG 1 Das Mindestverhältnis in 8.1 weicht von dem in EN 1993-1-1 ab, ist jedoch für Regalprodukte annehmbar.

ANMERKUNG 2 Siehe Anhang D zu Untersuchungen über die Anwendung von Materialien mit einem knappen Verhältnis von f_u und f_y .

ANMERKUNG 3 Nationale Verordnungen können die Verwendung anderer Stähle einschränken.

8.2 Materialeigenschaften

Die Nennwerte der Streckgrenze f_y und der Zugfestigkeit f_u für Baustahl sind wie folgt zu ermitteln:

- a) durch Übernahme der Werte $f_y = R_{eh}$ und $f_u = R_m$ direkt aus der entsprechenden Produktnorm;
- b) durch Anwendung der in 8. 4 angegebenen Vereinfachung;

5) einschließlich EN 1993-1-1:2009 AC:2009

6) einschließlich EN 1993-1-1:2009 AC:2009

c) durch Anwendung des Prüfverfahrens in 8.3.

8.2.1 Bemessungsmaterialkoeffizienten (allgemeine mechanische Eigenschaften)

Der Bemessung sind folgende Stahleigenschaften zugrunde zu legen:

- | | |
|------------------------------|---|
| a) Elastizitätsmodul | $E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$ |
| b) Schermodul | $G = E/[2(1+\nu)] \text{ N/mm}^2$ |
| c) Poissonscher Beiwert | $\nu = 0,3$ |
| d) lineare Wärmedehnungszahl | $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ je } ^\circ\text{C}$ |
| e) Dichte | $\rho = 7\,850 \text{ kg/m}^3$ |

8.3 Stahltypen ohne garantierte mechanische Eigenschaften

8.3.1 Allgemeines

Stahltypen ohne garantierte mechanische Eigenschaften sind jene Typen der folgenden Fälle:

- Werkstoffe, deren Mindestwerte für die Streckgrenze und Zugfestigkeit nicht definiert oder von der Produktnorm garantiert sind (d. h. Baustahl für die Kaltumformung);
- Werkstoffe mit mechanischen Eigenschaften, die durch Nacharbeit verbessert werden (d. h. kaltgewalzter Stahl);
- Werkstoffe, die verwendet werden, weil die garantierten mechanischen Eigenschaften besser sind als jene von der Referenzproduktnorm definierten.

Für Stähle in dieser Kategorie kann eine Testreihe von Zugversuchen durchgeführt werden, um die einzusetzenden Werte zu bestätigen, oder ein niedriger Wert der Streckgrenze darf eingesetzt werden.

8.3.2 Zusatzprüfungen für Stahl

Die mechanischen Eigenschaften des Grundmaterials müssen durch Zugversuche nach A.1.1 gemessen werden. Die Prüfergebnisse von Zugversuchen müssen einer statistischen Kontrolle unterzogen werden, siehe 13.3.2.

Wenn die folgenden Prüfverfahren für Coils durchgeführt werden:

- a) Versuche zur Feststellung der garantierten mechanischen Mindesteigenschaften des in der Produktion verwendeten Stahls;
- b) um die Anwendung einer höheren Streckspannung als der garantierte Wert zu begründen;
- c) um ausreichende Verformbarkeit vorzuweisen;

Von jedem Originalcoil (nach dem Spalten und der Kaltreduzierung, falls Kaltreduzierung Bestandteil des Prozesses ist) muss mindestens ein Versuch durchgeführt werden. Die Prüfstücke müssen in der Längsrichtung aus der Mitte des Bandes nahe dem Coilende entnommen werden.

Die Ergebnisse der mechanischen Versuche sind nach 13.3.2 statistisch zu analysieren, damit die charakteristischen Werte der Streckgrenze oder der Zugfestigkeit des Materials für Auslegungszwecke abgeleitet werden können. Dort, wo mindestens 100 Prüfergebnisse über einen längeren Zeitraum

zusammengetragen wurden, werden diejenigen, welche die 100 Stück überschreiten und die älter als 1 Jahr sind, aus der Analyse ausgelassen (siehe Anhang A).

Für Bleche und Profile sind die in 8.4 angegebenen mechanischen Eigenschaften für nichtspezifizierte Stahltypen anzuwenden.

8.4 Ungeprüfte Stähle

Falls die Stahlgüte nicht spezifiziert ist bzw. das Grundmaterial nicht für eine Prüfung zur Verfügung steht, sind folgende Werte für f_{yb} anzunehmen:

- warmgewalzte Profile 200 N/mm²;
- sonstige Stahlbleche 140 N/mm².

8.5 Durchschnittsstreckgrenze von Profilen

Falls gefordert, ist der Durchschnittswert der Bemessungsfestigkeit (f_{ya}) für Stabelemente nach EN 1993-1-3 zu bestimmen.

8.6 Spezielle Auswahl von Produktionsmaterial

Eine Charge von Werkstoffen, die speziell in Anbetracht der tatsächlichen durch Prüfung nach EN 1993-1-3:2006, 3.2.1(2)⁷⁾ bestimmten mechanischen Eigenschaften für eine bestimmte Anwendung ausgewählt wurden; die Nennwerte für die Streckgrenze und Zugfestigkeit für die Bemessung dürfen 90 % der Werte aus den Prüfungen nicht übersteigen.

Dieses Verfahren darf nicht auf Werkstoffe zur Prüfung von Bauteilen in Übereinstimmung mit Anhang A angewandt werden.

8.7 Bruchzähigkeit

Der Werkstoff muss eine ausreichende Bruchzähigkeit aufweisen, um Spröddbruch bei der niedrigsten Gebrauchstemperatur, die über die geplante Lebensdauer der Struktur zu erwarten ist, zu vermeiden.

Spröddbruch des Materials in Übereinstimmung mit dieser Norm braucht bei Stählen, die nicht feuerverzinkt sind und eine Dicke von nicht mehr als 5 mm bei Temperaturen über – 50 °C aufweisen, nicht berücksichtigt werden.

Bei ungeprüften Stählen nach 8.4 muss sich die Dickegrenze von 5 mm auf 2 mm reduzieren.

ANMERKUNG 1 Werkstoffe des Gütegrads J2 nach EN 10025 oder MC nach EN 10149 gelten unter den oben angegebenen Bedingungen als tauglich.

ANMERKUNG 2 Weitere Hinweise hierzu sind in EN 1993-1-10 aufgeführt.

8.8 Maßtoleranzen

8.8.1 Allgemeines

Die Toleranzen von Querschnitten und Stabelementen sind nach EN 10162 einzuhalten.

7) einschließlich EN 1993-1-3:2006/AC:2009

Die Maß- und Massentoleranzen von Walzprofilen, Konstruktionshohlprofilen und Konstruktionsblechen müssen die Anforderungen der entsprechenden Produktnorm erfüllen, es sei denn, strengere Toleranzen sind angegeben.

Für die Konstruktionsanalyse und -auslegung sind die Nennwerte der Maße anzuwenden.

8.8.2 Materialdicke

Sofern nicht anders festgelegt, beschränken sich die Bemessungsregeln in diesem Dokument auf folgende Kerndicken t_c , ausschließlich Beschichtungen, dabei ist

$$— 0,5 \leq t_c \leq 8,0 \text{ mm}$$

Die Verwendung von dünneren Materialien wird nicht ausgeschlossen, aber in diesem Fall muss die Tragfähigkeit durch geeignete Versuche ermittelt werden. Sollten Bauteile mit dickeren Stählen eingesetzt werden, sind sie nach EN 1993-1-1 auszulegen. Auslegungsausdrücke für Fußplatten (siehe 9.12) dürfen mit einer Dicke von mehr als 8 mm angewendet werden.

8.8.3 Dickentoleranzen

Die Bemessungsregeln für kaltgeformte Stabelemente wurden auf der Grundlage von Dickentoleranzen entwickelt, die die Hälfte der in EN 10326 als normal bezeichneten Toleranzen ausmachen. Falls größere Toleranzen verwendet werden, müssen die Nennwerte so berichtigt werden, dass eine gleichwertige Zuverlässigkeit erhalten bleibt (siehe EN 1993-1-3).

Bei kontinuierlich feuerverzinktem Material mit einer Nenndicke von $\leq 1,5$ mm, das mit den beschränkten Sondertoleranzen von EN 10143 geliefert wird, wird die Bemessungsdicke t als gleich der Nennkerndicke t_c angenommen.

Bei kontinuierlich feuerverzinktem Stahlblech und -band nach EN 10436 ist die Kerndicke t_c nach den Angaben in EN 1993-1-3 einzuhalten.

ANMERKUNG Die Gesamtdicke der Zinkschutzschicht beträgt üblicherweise 0,04 mm bei 275 g/m².

8.8.4 Breite und Tiefe eines kaltgeformten Profils

Die Breite und Tiefe der Flächenelemente eines Profils müssen die Anforderungen nach Tabellen 5 und 6 erfüllen.