

# Zum Stand der Technik im Bereich von Lagereinrichtungen

**T 3292**

T 3292

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2013

ISBN 978-3-8167-8929-1

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

**Technische Universität Dortmund  
Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen  
Lehrstuhl Stahlbau**

**Abschlussbericht**

**Zum Stand der Technik im Bereich von Lagereinrichtungen**

**Januar 2013**

**Im Auftrag des  
DIBt – Deutsches Institut für Bautechnik**

Dortmund, im Januar 2013

---

Prof. Dr.-Ing. D. Ungermann



## Kurzfassung:

Die Entwicklung von einfachen Lagereinrichtungen hin zu komplexen Lagersystemen mit großen Abmessungen stellt zunehmende Anforderungen an den Werkstoff sowie die Konstruktions- und Ausführungsqualität.

Die Landesbauordnungen regeln die Notwendigkeit der durchzuführenden Standsicherheitsnachweise und deren bautechnische Prüfung durch einen anerkannten Prüfenieur für Baustatik für die als bauliche Anlagen geltenden Lagerkonstruktionen. Eine Ausnahme hiervon bilden Regale mit einer Lagerhöhe (Oberkante Lagergut) von bis zu 7,50m, deren Errichtung genehmigungsfrei ist. Für diese Bauten entfällt zwar die Forderung nach bautechnischer Prüfung der Standsicherheit, dies entbindet aber nicht von der Verpflichtung zur Einhaltung der Standsicherheit.

Trotz der steigenden statisch konstruktiven Anforderungen an Lagereinrichtungen ist derzeit die Erstellung eines bauaufsichtlich anerkannten Standsicherheitsnachweises und die Auslegung von Lagereinrichtungen aufgrund fehlender bauaufsichtlich eingeführter Bestimmungen für freistehende Palettenregale nicht möglich. Dies kann durch die Produkthaftung der Hersteller nicht kompensiert werden.

Mit der vorliegenden Arbeit wird eine Übersicht über die derzeit auf dem Markt verfügbaren gängigen Palettenregalsysteme gegeben, welche als Entscheidungsgrundlage zu einer weiterführenden Behandlung von Lagerkonstruktionen im bauaufsichtlichen Bereich herangezogen werden kann.

Zunächst erfolgt eine Analyse des generellen Lastabtrages und der verschiedenen Aussteifungssysteme, gefolgt von einer Analyse zum konstruktiven Aufbau, bei der die einzelnen Bauteile katalogisiert, die unterschiedlichen Verbindungen erfasst und die möglichen Abmessungen und Lagerlasten gelistet werden.

Im Anschluss daran wird der Stand der Technik analysiert, indem die Regelungen der DIN EN 15512 „Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl – Verstellbare Palettenregale – Grundlagen der statischen Bemessung“; sukzessive im Detail untersucht, kritisch hinterfragt und entsprechend kommentiert werden

Die Ergebnisse der Detailanalyse werden anschließend entsprechend des prinzipiellen Lastabtrages innerhalb der Regalstruktur sortiert und zusammengefasst, so dass in Verbindung mit dem vorhergehenden Schritt jederzeit eine detaillierte Betrachtung möglich ist.

In einer anschließenden Auswertung werden die Ergebnisse der vorangegangenen Untersuchungen zu den einfachen Palettenregalsystemen in möglichen Handlungsempfehlungen zusammengefasst.

Der Abschluss der Arbeit wird durch die Analyse von Einfahr- und Durchfahrregalen gebildet, die eine besondere Form der einfachen Palettenregalsysteme darstellen.

## **Abstract:**

The development of simple racks to complex storage systems with large dimensions make high demands on the material, the product design and the quality of manufacturing.

State building codes define the frame of necessary structural calculations and their double-checking, by officially authorized checking engineers, for storage systems as building structures. Simple racking systems with a height less than 7.5m (top edge of filling mass) are an exception and can be erected without previous approval. Nevertheless even though there is no need for structural approval, structural safety is still essentially required.

Despite the higher structural requirements to racking systems it is not possible at the moment to make an officially acknowledged structural calculation due to missing regulations by construction authorities for free standing storage systems. This circumstance cannot be compensated by general product liability of the manufacturers.

The present work gives an overview about common pallet rack systems which are currently available at the market. This overview can be used as a basis for further development how storage facilities could be treated by the construction authority.

Initially the general load transmission and various bracing systems were investigated, followed by an analysis of the structural design which catalogs the individual components, the different joints, the possible dimensions and the bearing loads as well.

Subsequently, the regulations of DIN EN 15 512 "Steel static storage systems - Principles for structural design"; were successively examined in detail and critically commented to analyze the state of the art.

Thereafter, the results of detailed analysis were sorted and summarized accordingly to the principal load transmission within the storage system so that in conjunction with the previous step a detailed reflection is possible any time.

In the subsequent evaluation, the results of previous studies on the pallet rack systems were summarized and possible recommended procedures were given.

The completion of the work is made by analyzing the structural design of drive-in and drive-through racking, which are a special form of the pallet rack systems.

# Inhaltsverzeichnis

1	Anlass und Zielsetzung .....	1
2	Normative Grundlagen, Regelwerke Bestimmungen .....	2
2.1	Spezielle Regelwerke für Lagereinrichtungen.....	2
2.2	Bauaufsichtlich eingeführte Regelwerke.....	3
3	Datenerfassung-Palettenregalsysteme.....	5
3.1	Allgemeines .....	5
3.2	Genereller Aufbau/Lastabtrag .....	5
3.3	Analyse konstruktiver Aufbau - Palettenregalsysteme .....	6
3.4	Auswertung konstruktiver Aufbau - Palettenregalsysteme.....	11
3.4.1	Stützenprofile .....	11
3.4.2	Trägerprofile/Traversen.....	11
3.4.3	Anschluss Stütze-Längstraverse (Aussteifung in Ganglängsrichtung) .....	11
3.4.4	Anschluss Stützenfuss-Fussplatte.....	11
3.4.5	Anschluss Stütze-Queraussteifung.....	11
3.5	Stand der Technik/Palettenregale .....	12
3.5.1	Detailanalyse DIN EN 15512 / FEM 10.2.02.....	12
3.5.2	Analyse DIN EN 15512 sortiert nach prinzipiellem Lastabtrag.....	83
4	Zusammenfassende Auswertung Palettenregalsysteme .....	95
5	Datenerfassung – Einfahr und Durchfahrregale.....	99
5.1	Allgemeines .....	99
5.2	Genereller Aufbau/Lastabtrag Einfahrregale .....	99
5.2.1	Einfahrregale.....	100
5.2.2	Durchfahrregale .....	100
5.3	Analyse konstruktiver Aufbau – Einfahr- und Durchfahrregale.....	101
5.4	Zusammenfassung konstruktiver Aufbau - Einfahr- und Durchfahrregale.....	106
5.4.1	Stützenprofile .....	106
5.4.2	Palettenauflage .....	106
5.4.3	Anschluss Stütze - Längsverband .....	106
5.4.4	Anschluss Stützenfuß – Fußplatte.....	106
5.4.5	Anschluss Stütze - Queraussteifung.....	106
5.4.6	Ausbildung der horizontalen und vertikalen Aussteifungsverbände (Einfahrregal) .....	106
5.5	Stand der Technik/Einfahr- und Durchfahrregale.....	106

6	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	109
6.1	Zusammenfassung.....	109
6.2	Schlussfolgerungen.....	109
7	Literaturverzeichnis .....	111



# 1 Anlass und Zielsetzung

Mit der Entwicklung von einfachen Lagereinrichtungen hin zu komplexen Lagersystemen mit großen Abmessungen steigen auch die Anforderungen an das Material sowie an die Erzeugnis- und Ausführungsqualität.

Auf Grund der ursprünglichen Anwendung von Regalen als einfache Ablagesysteme unterliegen auch heute noch selbst umfangreiche Lagereinrichtungen wie Palettenregalsysteme, Einfahr- und Durchfahrregale, bis auf wenige Ausnahmen (Silos = Lagereinrichtungen zusätzlich wand- und dachtragend), lediglich der Produkthaftung der Hersteller.

Im Gegensatz dazu unterliegen in der öffentlichen Bauordnung „bauliche Anlagen“ Anforderungen an die Trag- und Gebrauchstauglichkeit, deren Einhaltung im Allgemeinen durch den Nachweis der Standsicherheit nach den anerkannten Regeln der Technik (Normen und bauaufsichtliche Zulassungen) überprüft werden.

Definiert man in der öffentlichen Bauordnung „bauliche Anlagen“ als immobil oder nicht durch technische Hilfsmittel versetzbar, so fallen Lagereinrichtungen unter diese Kategorie.

Regale mit einer Oberkante der Lagerguthöhe bis zu 7,5 m werden gemäß Landesbauordnungen als genehmigungsfreie bauliche Anlagen eingestuft. Übersteigt jedoch die Lagerguthöhe diese Grenze, werden die entsprechenden Regale in nahezu allen Landesbauordnungen als Sonderbauten eingestuft, für die entsprechende Nachweise zu führen sind.

Für den demnach notwendigen Nachweis der Standsicherheit fehlen jedoch geschlossene Regelwerke zur statisch-konstruktiven Auslegung von Lagereinrichtungen bzw. bauaufsichtlich vorgegebene Vorgehensweisen zur Errichtung von Lagersystemen.

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist zunächst eine Erfassung der derzeitigen Vorgehensweise beim Bau von Lagereinrichtungen. Aufbauend darauf werden dann die notwendigen Schritte zur Überführung der derzeitigen Baupraxis in den bauaufsichtlich geregelten Bereich aufgezeigt. Die Einzelnen Bearbeitungsschritte definieren sich dabei wie folgt:

Datenerfassung / Sichtung und Auswertung von Firmenunterlagen bezüglich:

- Art und Funktion verschiedener Lagereinrichtungen
- konstruktiver Aufbau
- Stand der Technik bei der statisch-konstruktiven Bearbeitung

Kategorisierung / Einteilung der erfassten Lagersysteme gemäß:

- Tragfunktion
- Bauhöhe
- Bauarten
- Aussteifungsarten
- Verbindungsarten

Wertung der Datenerfassung und Kategorisierung als Grundlage, ob eine bauaufsichtliche Behandlung von Lagereinrichtungen erforderlich ist, z.B. in Form von:

- Anerkannte Regeln der Technik (Normen)
- Prüfgrundsätze für Zulassungen häufig verwendeter Lagersysteme
- Zustimmungen im Einzelfall

## 2 Normative Grundlagen, Regelwerke Bestimmungen

### 2.1 Spezielle Regelwerke für Lagereinrichtungen

Für die statisch-konstruktive Berechnung und Auslegung von Lagereinrichtungen existieren momentan weder verbindliche, geschlossene Regelwerke noch bauaufsichtlich vorgegebene Vorgehensweisen.

Auf Grund fehlender normativer Grundlagen wurden seitens der Hersteller in entsprechenden Fachausschüssen eigene Regelwerke für Lagersysteme aus dünnwandigen, gelochten Stahlquerschnitten entwickelt, die eine bauaufsichtliche Regelung erfordern. Die wesentlichen Resultate mündeten 1969 in den Güte- und Prüfbestimmungen für Lagereinrichtungen RAL-RG 614 der Gütegemeinschaft Lager- und Betriebseinrichtungen e.V., die durch entsprechende Weiterentwicklungen mit Datum vom August 2000 nunmehr in der aktuellsten Ausgabe vorliegt.

Auf Grund der verschiedensten Anforderungen an die unterschiedlichen Lagereinrichtungen unterteilt sich diese RAL-RG 614 in folgende Richtlinien und Berechnungsvorschriften:

- Güte- und Prüfbestimmungen für Fachbodenregale RAL-RG 614/1, [3]
- Güte- und Prüfbestimmungen für Palettenregale RAL-RG 614/2, [4]
- Güte- und Prüfbestimmungen für mehrgeschossige Regalanlagen RAL-RG 614/3, [5]
- Güte- und Prüfbestimmungen für verfahrbare Regale und Schränke RAL-RG 614/4, [6]
- Güte- und Prüfbestimmungen für Kragarm-Regaleinrichtungen RAL-RG 614/5, [7]
- Güte- und Prüfbestimmungen für gelochte Systemprofile aus Stahl RAL-RG 614/613, [8]

Parallel zur nationalen Entwicklung bemühen sich Vertreter der deutschen Lagertechnik-Industrie als Mitglieder des Europäischen Dachverbandes für Födertechnik und Intralogistik (Fédération Européenne de la Manutention – Section X, FEM) um ein einheitliches europäisches Regelwerk. Ergebnisse dieser Arbeit sind z.B. folgende Dokumente:

FEM 10.2.02, März 1998 - Berechnungsempfehlungen für ortsfeste Paletten- und Fachbodenregale aus Stahl, inkl. Änderungen, November 1999, [1].

FEM 10.2.7, February 2011, Version 0.16 – The design of `drive-in and drive-through racking`, Drive –in design code, [2]

Die Berechnungsempfehlungen wurden unter Berücksichtigung des Eurocode 3 „Auslegung von Stahlkonstruktionen“ erstellt. Zum Zeitpunkt der Herausgabe der FEM lag der EC3 als Vornorm in einer Fassung vom April 1993 vor.

Grundsätzlich werden zur Zeit Standsicherheitsnachweise mit einer gemäß den Landesbauordnungen geforderten bautechnischen Prüfung durch einen anerkannten Prüfenieur nur für dach- und wandtragende Hochregallager, (Silos), durchgeführt. Alle anderen Lagereinrichtungen unterliegen (lediglich) der Produkthaftung des Produzenten ohne öffentliche Anforderungen an die Trag- und Gebrauchstauglichkeit. Im Umkehrschluss wird die Anwendung der RAL-RG 614 bzw. der FEM 10.2.02 nur eigenverantwortlich auf freiwilliger Basis der Hersteller angewendet.

Jeder Lagerhersteller, der jedoch die Verleihung des Gütezeichens bei der Gütegemeinschaft Lager- und Betriebseinrichtungen e.V. beantragt, hat neben der vollen Anwendung der Güte- und Prüfbestimmungen u.a. folgende Anforderungen zu erfüllen.

- Nachweis einer von einem amtlich anerkannten Prüfenieur geprüften Statik für das jeweilige Regalsystem bzw. alternativ Nachweis entsprechend überprüfter Belastungsversuche.
- Nachweis der Einhaltung der DIN 18800 Teil 7, der sich nicht nur auf sachgemäße Schweißung, sondern auch auf Betriebseignung, eingesetzte Werkstoffe und Schweißer erstreckt,
- mindestens zweimal jährlich unangemeldete Überwachung der Fertigung, Eigenüberwachung, sowie erstellter Anlagen durch ein anerkanntes Prüfinstitut.
- Nachweis von der Statik abgeleiteter Bedien- und Aufbauanleitungen.

Zusätzlich dazu gilt gemäß den Ausführungen in RAL-RG 614, Absatz 1.2:

„Für die Güte- und Prüfbestimmungen RAL-RG 614/2 gelten die Berechnungsweisen der FEM 10.2.02 ab dem 1. Oktober 2001 vorrangig“.

Mit Einführung der „DIN EN 15512 – Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl – verstellbare Palettenregale – Grundlagen der statischen Bemessung“, [13] im September 2010 steht nun erstmals eine Regelwerk für Palettenregalsysteme zur Verfügung.

## 2.2 Bauaufsichtlich eingeführte Regelwerke

Unabhängig davon können für die Auslegung von Stahlkonstruktionen folgende relevante, bauaufsichtlich eingeführte, europäische Stahlbaunormen herangezogen werden:

- Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009, Stand Dezember 2010, [9]
- Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-3: Allgemeine Regeln - Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche; Deutsche Fassung EN 1993-1-3:2006 + AC:2009, Stand Dezember 2010, [10]
- Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile; Deutsche Fassung EN 1993-1-5:2006 + AC:2009, Stand Dezember 2010, [11]

- Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009, Stand Dezember 2010, [12]

## 3 Datenerfassung-Palettenregalsysteme

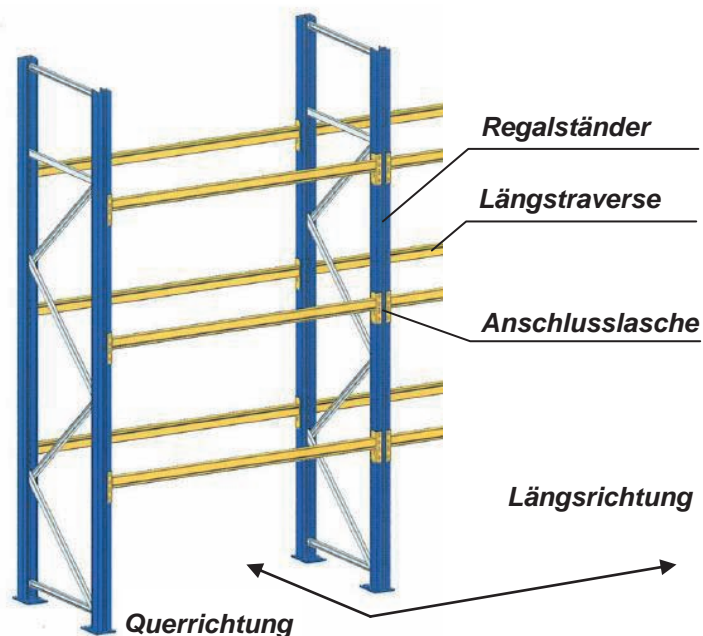
### 3.1 Allgemeines

Im Folgenden wird durch Sichtung und Auswertung von Firmenunterlagen ein genereller Überblick über die zurzeit auf dem Markt verfügbaren Palettenregale gegeben, dabei wurden die Unterlagen von folgenden Firmen berücksichtigt:

Jungheinrich AG  
 META-Regalbau GmbH & Co. KG  
 BITO-Lagertechnik Bittmann GmbH  
 Fritz Schäfer GmbH SSI SCHÄFER

### 3.2 Genereller Aufbau/Lastabtrag

Sämtliche untersuchte Palettenregalsysteme bestehen prinzipiell aus den in Bild 3.1 dargestellten Bauteilen. Die Längstraversen leiten die Palettenlasten zu den Regalständern, welche wiederum für den vertikalen Lasttransport verantwortlich sind. Die Aussteifung des Systems erfolgt in Querrichtung über unterschiedliche Rahmen- bzw. Verbandssysteme gemäß Bild 3.3, dabei dienen die Regalständer sowohl als Gurte des Queraussteifungssystems als auch zum vertikalen Lastabtrag der Fachlasten. Die Aussteifung in Längsrichtung der Regalsysteme erfolgt ausschließlich über Rahmen, die durch die Stützenprofile und Längstraversen gebildet werden. Dementsprechend können die untersuchten Palettenregalsysteme gemäß [1] in die Gruppe der nichtausgesteiften Regale eingestuft werden, bei denen die Aussteifung in Längsrichtung ausschließlich über die Einspannwirkung der Anschlußlaschen der Längstraversen in die Stützenprofile erfolgt.



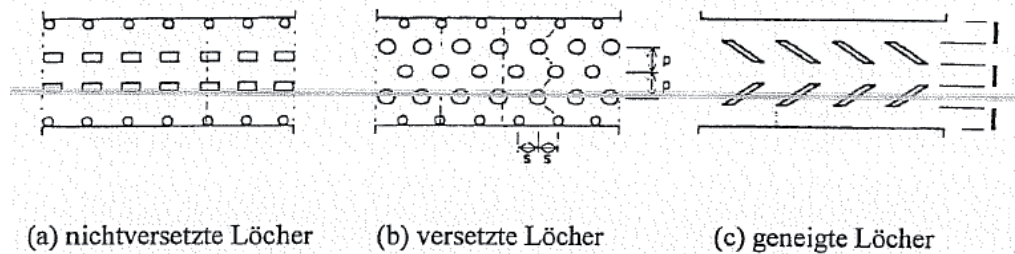
**Bild 3.1:** *Prinzipielle Ausführung Palettenregalsystem, (Bildquelle Produktinformation Fa. Jungheinrich)*

### 3.3 Analyse konstruktiver Aufbau - Palettenregalsysteme

Eine genauere Analyse des konstruktiven Aufbaus der Grundsysteme der Lagereinrichtung erfolgt in Tabelle 3.1. Diese wird in folgende Blöcke unterteilt.

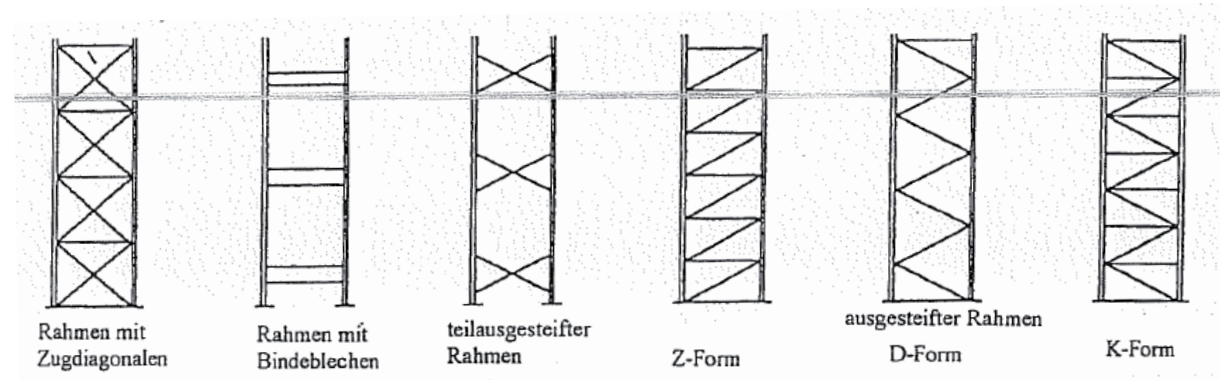
- Identifikation der horizontalen und vertikalen Tragglieder für den Lastabtrag der Fachlasten
- Identifikation der Aussteifungselemente in Regalquer- und Längsrichtung
- Bestimmung der Verbindungsarten
- Angabe der möglichen Abmessungen und Lasten bezogen auf ein Grundsystem der Lagereinrichtung

Zur Charakterisierung der Stützenprofile in Tabelle 3.1 werden folgende Bezeichnungen aus der FEM 10.2.02 (03/1998), [1] herangezogen.



**Bild 3.2:** Profilausführungen gemäß [1], Seite 3.3

Zur Charakterisierung der Aussteifung in Regalquerrichtung in Tabelle 3.1 werden folgende Bezeichnungen aus [1] herangezogen.



**Bild 3.3:** Typische Aussteifungsarten in Regalquerrichtung aus [1], Seite 1.2

Tabelle 3.1: Auswertung konstruktiver Aufbau der Palettenregalsysteme

		Palettenregal - Mehrplatzsystem									
		1.1	1.2	1.3	2	3	4	5.1	5.2	6.1	6.2
Ifd. Nr.											
Hersteller		Jungheinrich			Jungheinrich	META	BITO	SCHÄFER		SCHÄFER	
Produktname		MPE			MPB	MULTIPAL	PRO	PR 350 (CE)	PR 350 (INP)	PR 600 (CE)	PR 600 (INP)
LASTABTRAG	<b>-vertikal- (Stützenprofil)</b>										
	-warmgewalzt										
	-kaltgeformt	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	-versetzte Löcher	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	-nichtversetzte Löcher										
	-geneigte Löcher				x						
	-ungelocht										
	-Blechdicken										
	-geschlossen										
	-offen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<b>-horizontal längs- (Traverse)</b>										
	-warmgewalzt		x						x		x
	-kaltgeformt	x		x	x	x	x	x		x	
	-versetzte Löcher										
	-nichtversetzte Löcher										
	-geneigte Löcher										
	-ungelocht	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	-Blechdicken										
	-geschlossen	x			x	x	x	x		x	
-offen		x									
<b>sonstige</b>											

<b>AUSSTEIFUNG</b>	<b>quer</b>	<b>Rahmen</b>										
		-m. Bindeblechen										
		-m. Zugdiagonalen										
		<b>teilausgesteifter Rahmen</b>										
		<b>Z-Form</b>					x		x?	x?		
		<b>D-Form</b>	x	x	x	x		x			x	x
		<b>K-Form</b>							x?	x?		
		<b>Profil - horizontal -</b>										
		-warmgewalzt										
		-kaltgeformt	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		-versetzte Löcher										
		-nichtversetzte Löcher										
		-geneigte Löcher										
		-ungelocht	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		-Blechdicken										
		-geschlossen										
		-offen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		<b>Profil - diagonal -</b>										
		-warmgewalzt										
		-kaltgeformt	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	-versetzte Löcher											
	-nichtversetzte Löcher											
	-geneigte Löcher											
	-ungelocht	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	-Blechdicken											
	-geschlossen											
-offen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<b>sonstige</b>												
<b>längs</b>	<b>Rahmen</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<b>sonstige</b>											






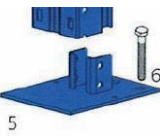
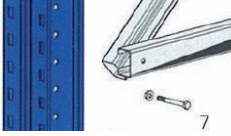



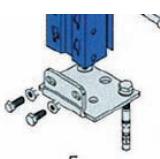
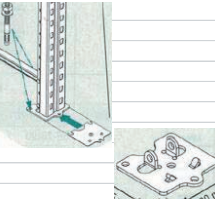
		Palettenregal - Mehrplatzsystem									
lfd. Nr.	1.1	1.2	1.3	2	3	4	5.1	5.2	6.1	6.2	
Hersteller	<i>Jungheinrich</i>			<i>Jungheinrich</i>	<i>META</i>	<i>BITO</i>	<i>SCHÄFER</i>		<i>SCHÄFER</i>		
Produktname	<i>MPE</i>			<i>MPE</i>	<i>MULTIPAL</i>	<i>PRO</i>	<i>PR 350 (CE)</i>	<i>PR 350 (INP)</i>	<i>PR 600 (CE)</i>	<i>PR 600 (INP)</i>	
<b>VERBINDUNGEN</b>	Stütze-Traverse	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	Stützenfuss - Fussplatte	1	1	1	1	1	1	2?	2?	1	
	Stütze-Stütze	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
	Stütze -Aussteifung längs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	Stütze -Aussteifung quer/h	1	1	1	1	1	1	2	2	1	
	Stütze -Aussteifung quer/d	1	1	1	1	1	1	2	2	1	
	geschraubt = 1; geschweißt =2; geclincht =3; eingehakt/gesteckt =4; genietet =5										
<b>ABMESSUNGEN / LASTEN bezogen auf ein Grundregal</b>	Regalhöhe [m]										
	-min					2,2	2,5	2,5	2,5	2,5	
	-max	10	10	10	10	12	7	7,4	7,4	7,4	
	Regaltiefe [m]										
	-min	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	6,6	8,5	8,5	8,5	
	-max	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,25	1,25	1,25	
	Regalbreite [m]										
	-min	1	1	1	1	1,8	1,35	1,8	1,8	1,8	
	-max	4,5	4,5	4,5	4,5	3,6	3,6	3,9	3,9	3,9	
	max. Einzel-Fachlast [t]	5,5	4,3	5,5	4,8	5,5	4	4,5	4,5	4,5	
max. Feldlasten [t]	32	32	32	30	25	15,9	15	15	15		

Die in Tabelle 3.1 mit einem Fragezeichen versehenen Angaben konnten durch die Sichtung der Firmenunterlagen entweder nicht eindeutig oder gar nicht ermittelt werden.

Die maximalen Abmessungen der Grundregale liegen somit in einem Bereich von  $B \times H \times T = 3600-4500 \times 7400-12000 \times 1100-1250$  mm. Je nach Ausführung variieren die maximalen Einzelfachlasten zwischen 4,3 und 5,5 t bzw. die maximalen Feldlasten zwischen 15 und 32 t.

Eine Katalogisierung der grundlegenden Verbindungskomponenten erfolgt in Tabelle 3.2.

**Tabelle 3.2: Übersicht der einzelnen Verbindungskomponenten sortiert nach Hersteller**

	A	B	C	D	E	F
VERBINDUNGEN						
GRUNDDATEN	VERTIKALER LASTABTRAG			AUSSTEIFUNG		
Lfd. Nr. Hersteller Produktname	Stütze - Traverse		Stützenfuß - Fussplatte	Stütze -Aussteifung längs	Stütze -Aussteifung quer horizontal	Stütze -Aussteifung quer diagonal
1.1 Jungheinrich MPE				siehe 1 B		
1.2 Jungheinrich MPE				siehe 1 B		siehe Spalte E
1.3 Jungheinrich MPE				siehe 1 B		
2 Jungheinrich MPB				siehe 2 B	siehe 1 E	siehe 1 E
3 META MULTIPAL				siehe 2 B	siehe 1 E	siehe 1 E
4 BITO PRO				siehe 2 B	siehe 1 E	siehe 1 E
5.1 SCHÄFER PR 350 (CE)				siehe 2 B	verschweißt	verschweißt
5.2 Schäfer PR 350 (INP)				siehe 1.1 B		
6.1 Schäfer PR 600 (CE)				siehe 2 C	siehe 1 E	siehe 1 E
6.2 Schäfer PR 600 (INP)				siehe 1.1 B		

## **3.4 Auswertung konstruktiver Aufbau - Palettenregalsysteme**

### **3.4.1 Stützenprofile**

Bei den untersuchten Regalsystemen werden für die Stützen der Lagereinrichtungen ausschließlich offene kaltgeformte Profile verwendet. Dabei werden sowohl durch Sicken, oder Lippen verstärkte als auch nicht verstärkte Profile eingesetzt. Alle verwendeten Profile weisen eine regelmäßige Lochung zur Aufnahme der Paletenträger auf. In der Regel bietet jeder Hersteller Ständerprofile in unterschiedlichen Größen je nach Anforderung an die Regaleinheit an.

### **3.4.2 Trägerprofile/Traversen**

Als Traversen zur Aufnahme der Palettenlasten werden sowohl warmgewalzte als auch kaltgeformte Profile in geschlossener und offener Form eingesetzt. Sämtliche Profile werden dabei ungelocht ausgeführt.

### **3.4.3 Anschluss Stütze-Längstraverse (Aussteifung in Ganglängsrichtung)**

Der Anschluss der Traversen an die Stützen erfolgt durch Einhak- oder Steckverbindungen. Die an den Traversen angeschweißten Laschen greifen dabei in die gelochten Stützenprofile ein. Über den Laschenanschluss erfolgt dabei sowohl der vertikale Lastabtrag der Fachlasten, als auch die Aussteifung in Ganglängsrichtung. Es werden somit also Querkräfte und Momente im Anschluss übertragen.

### **3.4.4 Anschluss Stützenfuss-Fußplatte**

Bei der Ausbildung der Stützenfußpunkte kommen unterschiedlichste Ausführungen zum Einsatz. Allen gemein ist die Anordnung einer lastverteilenden Fußplatte, die mittels Dübeln im Fußboden verankert wird. Die, je nach Hersteller, individuell ausgeführten Fußplatten werden dabei entweder mit Einsteckprofilen (vgl. 1.2 C, Tabelle 3.2) oder gekanteten Laschen (vgl. 2.C bzw. 4.C, Tabelle 3.2) mit den Stützen verschraubt oder mit den Stützenprofilen verschweißt.

### **3.4.5 Anschluss Stütze-Queraussteifung**

Für die Aussteifung in Gangquerrichtung werden die Stützen paarweise über Verbandsstäbe gekoppelt, vgl. Bild 3.3, dabei kommen ausschließlich kaltgeformte, ungelochte, offene Profile zum Einsatz, die in die offenen Stützenprofile einbinden und zum überwiegenden Teil mit den Stützenprofilen verschraubt werden; teilweise erfolgt der Anschluss der Verbandsstäbe mit den Stützenprofilen auch in geschweißter Ausführung. Bei den gesichteten Unterlagen werden sämtliche Queraussteifungen als ausgesteifte Rahmen mit allen Varianten gemäß Bild 3.3 ausgeführt.

### 3.5 Stand der Technik/Palettenregale

Die unter 3.1 gelisteten Regalhersteller führen laut der Homepage Gütegemeinschaft Lager- und Betriebseinrichtungen e.V. für ihre Palettenregale das Gütezeichen RAL-RG 614/2. Dementsprechend wird unterstellt, dass bei der statisch-konstruktiven Auslegung der jeweiligen Regalsysteme die entsprechenden Güte- und Prüfbestimmungen gemäß den Erläuterungen in 2.1 und somit vorrangig die FEM 10.2.02 bzw. die DIN EN 15512 zugrundegelegt wurden.

#### 3.5.1 Detailanalyse DIN EN 15512 / FEM 10.2.02

Im Folgenden wird zunächst der Stand der Technik analysiert, in dem die Regelungen der Norm DIN EN 15512 zusammenfassend diskutiert werden. Dabei orientiert sich die Reihenfolge der aufgeführten Regelungen nach der Reihenfolge innerhalb der Norm. Die einzelnen Punkte werden kritisch hinterfragt und gegebenenfalls mit entsprechenden Kommentaren versehen. Zusätzlich erfolgt der Vergleich mit den Regelungen der FEM 10.2.02 eventuelle Änderungen/Abweichungen zur Norm werden herausgearbeitet.

Erläuterungen:

Der Vergleich erfolgt tabellarisch, in dem zunächst die wesentlichen Inhalte der DIN EN 15512 zusammengefasst werden (2.Spalte der Auswertungstabelle). Dieser Auswertung wird der Inhalt der FEM 10.2.02 gegenübergestellt (4.Spalte der Auswertungstabelle). Die wiedergegebenen Inhalte der 2. und 4. Spalte der folgenden Tabelle beziehen sich auf den Abschnitt der entsprechenden Norm/Berechnungsempfehlung, der in der jeweiligen linken Spalte **fett** hervorgehoben wurde. Dabei wird der Inhalt entweder zusammenfassend wiedergegeben oder genau „zitiert“. Kommentare, Hinweise bzw. Korrekturvorschläge werden kursiv dargestellt.

**Tabelle 3.3: Detailanalyse DIN EN 15512/FEM 10.2.02**

Einleitung				
Quelle	Inhalt	Quelle	Inhalt	
DIN EN 15512:2010-09 <b>0.1 Regale</b>	<p>„Regalsysteme sind tragende Konstruktionen zur Ein- und Auslagerung von Gütern in Lagern. Die zu lagernden Güter sind gewöhnlich auf Paletten oder Gitterboxen untergebracht“</p> <p>Regale werden aus Bauteilen aus Stahl, wie z.B. ....konstruiert. Diese unterscheiden sich von herkömmlichen Konstruktionen aus Stützen und Trägern durch folgende Merkmale:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) kontinuierlich gelochte Stützen;</li> <li>2) einhakende Anschlüsse</li> <li>3) Konstruktionsteile für Regale werden üblicherweise aus dünnwandigen, kaltgeformten Bauelementen hergestellt.</li> </ol>			
<b>0.2 Bedarf an EN-Normen für Regale und Fachbodenregale in Ergänzung zu den Eurocodes</b>	<p>„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.“</p>			
0.3 Zusammenarbeit <b>0.4 Regale und Arbeitsmittelvorschriften</b>	<p>„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 selbständiges Dokument und sollte zusammen mit EN 15620, EN 15629 und EN 15636 angewendet werden.</p> <p><i>DIN EN 15620 Ortsfeste Regalsysteme aus</i></p>			

	<p><i>Stahl –verstellbare Palettenregalsysteme- Grenzabweichungen, Verformungen und Freiräume; Deutsche Fassung EN 15620:2008</i></p> <p><i>DIN EN 15629 Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl –Spezifikationen von Lagereinrichtungen; Deutsche Fassung EN 15629:2008</i></p> <p><i>DIN EN 15635 Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl –Anwendung und Wartung von Lagereinrichtungen; Deutsche Fassung EN 15635:2008</i></p>			
<b>0.5 Weitere, speziell für EN 15512 anzuwendende Informationen</b>	<p>„EN 15512 ist zur Anwendung mit EN 1990 - Grundlagen der Tragwerksplanung-, EN 1991 –Einwirkungen auf Tragwerke und EN 1993 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten vorgesehen.“</p> <p>„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“</p>			

<b>Anwendungsbereich</b>				
<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	
DIN EN 15512:2010-09 <b>1 Anwendungsbereich</b>	„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.“	FEM 10.2.2 <b>1.1 Anwendungsbereich</b>	„Diese Empfehlungen gelten für sämtliche Regaltypen und Fachbodenregaltypen, die aus Stahlbauteilen hergestellt und vorwiegend statischen Lasten ausgesetzt sind. Sie gelten nicht für Gebäude, die von Regalen unterstützt sind (Regale mit Dach-	

<p><b>2 Normative Verweisungen</b></p>	<p>Sowohl Systeme mit als auch ohne Aussteifungsverbände sind berücksichtigt“</p> <p>„Diese Europäische Norm dient als Leitlinie zur statischen Bemessung von Gebäuden aus verkleideten Regalen, im Falle, dass deren Anforderungen nicht von EN 1993 abgedeckt sind. Die Anforderungen dieser Europäischen Norm gelten auch für Zusatzeinrichtungen, bei denen Regalbauteile als wichtiges Hauptbauteil eingesetzt sind.“</p> <p>„Diese Europäische Norm gilt nicht für andere Arten von Lagereinrichtungen, namentlich nicht für Verschieberegalsysteme, Einfahr- und Durchfahrregale, Kragarmregale und Fachbodenregale aus Stahl. Diese Europäische Norm stellt ferner keine bestimmten Bemessungsregeln zur Bewertung von Regalen in Erdbebengebieten auf.“</p> <p>„Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen)“</p> <p>EN 528, Regalbediengeräte – Sicherheit  EN 1990, Eurocode – Grundlagen der Tragwerksplanung  EN 1991-1-1:2002, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1:Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Dichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau  EN 1993-1-1: 2005, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für</p>	<p><b>1.2 Sonstige zu berücksichtigende Vorschriften und Normen</b></p>	<p>und Wandverkleidung, Silos) auch nicht für Durchlaufregale.  Im Falle von Anbaukonstruktionen, wo die Regalteile als Hauptkonstruktionsteile dienen, werden die entsprechenden Abschnitte dieser Empfehlung angewandt.“</p> <p>ENV 1993: EUROCODE 3: Auslegung von Stahlkonstruktionen einschl. Teil 1.1: Allgemeine Regeln für Gebäude sowie Teil 1.3 Kaltgewalztes Stahlblech und Bauteile  EN 10002.1: Zugfestigkeitsversuche von metallischen Werkstoffen:  Versuchsmethoden bei Raumtemperaturen  EN 10025: Warmgewalzte Produkte aus nichtlegierten Baustählen  prEN 10113: Warmgewalztes Stahlblech, Baustahlqualität mit hoher Streckgrenze  EN 10143: Kontinuierlich im Schmelztauchverfahren bearbeitete metallbeschichtete Stahlbelche und Bänder: Toleranzen auf Maße und Form  EN 10147: Kontinuierlich feuerverzinktes unlegiertes Stahlblech, Baustahlqualität  prEN 10149: Warmgewalztes Flachzeug von</p>	
--	--	---	---	--

<p>3 Begriffe 4 Symbole</p>	<p>den Hochbau EN 1993-1-3:2006, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Zusatzregeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche EN 10002-1, Metallische Werkstoffe – Zugversuche – Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur EN 10143, Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Blech und Band aus Stahl – Grenzabmaße und Formtoleranzen EN 10162, Kaltprofile aus Stahl – Technische Lieferbedingungen – Grenzabmaße und Formtoleranzen EN 10326, Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Blech und Band aus Stahl – Technische Lieferbedingungen 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 prEN 15878, Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl – Verstellbare Palettenregale – Begriffe EN ISO 7438, Metallische Werkstoffe – Biegeversuch (ISO 7348:2005) EN ISO 9001, Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen (ISO 9001:2000) ETAG No 001, Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors for Use in Concrete</p> <p>-</p>	<p><b>1.3 Sonstige zitierte Vorschriften und Normen worauf verwiesen wird</b></p> <p>1.4 Begriffsbestimmung</p>	<p>hoher Streckspannung ISO 4997: Kaltreduziertes Stahlblech, Baustahlqualität</p> <p>ISO 7438: Metallische Materialien - Biegeversuch</p>	
---------------------------------	--	---	--	--



--	--	--	--	--

<b>Auslegung</b>				
<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	
DIN EN 15512:2010-09 5 Auslegungsgrundlagen 5.1 Anforderungen <b>5.1.1 Grundanforderungen</b>	„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 Prüfungsverfahren festgelegt. Die entsprechenden Verfahren sind in Anhang A angegeben.“  „Die Bemessungs- und Konstruktionsanforderungen in diesem Dokument sind nach EN 1990, EN 1993-1-1 und EN 1993-1-3 einzuhalten, es sei denn dass bestimmte, abweichende Anforderungen angegeben sind.“	FEM 10.2.2 <b>1.1 Anwendungsbereich</b>	„Paletten und Fachbodenregale sind gewöhnliche Normprodukte, wo eine Auslegung ausschließlich nach Berechnung ggf. nicht angebracht ist. bzw. zu keinen wirtschaftlichen Lösungen führen. Aus diesem Grund ist es normalerweise angemessen, dass die Auslegung auf der Grundlage von Versuchen erfolgt. Die entsprechenden Versuchsverfahren sind in Kapitel 5 dargestellt.“	
<b>5.1.2 Regalsysteme ohne Aussteifungsverbände</b>	Bei Palettenregalen ohne Aussteifungsverbände wird die Stabilität in Ganglängsrichtung ausschließlich durch die Einspannwirkung der Trägeranschlusslaschen erzielt. Die Stabilität in Gangquerrichtung ist durch Aussteifung der Rahmen gegeben.	<b>1.5 Regaltypen und Aussteifungstypen</b>	-Entsprechung-	
<b>5.1.3 Regalsysteme mit Aussteifungsverbänden</b>	„Bei einem Regal mit Aussteifungsverbänden sind Kräfte in der vorderen und hinteren Ebene in die Rückenverstreben zu leiten,..“  „Die stabilisierende Wirkung der Rückenverstrebung wird üblicherweise durch Horizontalverbände in die nicht ausgesteiften vorderen und hinteren Stützen des Regals geleitet.“		-Entsprechung-	
<b>5.1.4 Bemessungslebens-</b>	„Zur Ermittlung der Lasten muss eine	<b>1.6 Bemessungslebens-</b>	-Entsprechung-	

<p><b>dauer</b></p> <p><b>keine Angaben</b></p> <p><b>5.1.5 Bodentoleranzen und – verformungen</b></p>	<p>Bemessungslebensdauer von mindestens 10 Jahren angenommen werden.“ ....“An Aufnahme- und Abgabestationen ist die Möglichkeit von Ermüdung bei niedriger Lastspielzahl in Erwägung zu ziehen.“</p> <p><i>Angaben über Art und Weise der Berücksichtigung von Ermüdungserscheinungen sind nicht vorhanden.</i></p> <p>Entspricht der Gebäudeboden den in EN 15620 festgelegten Grenzwerten, dürfen Abweichungen und Verformungen des Bodens vernachlässigt werden.</p>	<p><b>dauer</b></p> <p><b>1.7 Dauerhaftigkeit</b></p> <p><b>keine Angaben</b></p>	<p>„Um die Dauerhaftigkeit der Konstruktion unter den entsprechenden Bedingungen für die vorgesehene Anwendung und erwartetet Lebensdauer zu gewährleisten, müssen folgende Faktoren in der Entwurfsphase in Betracht gezogen werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) die Umgebung</li> <li>(b) der Grad des Ausgesetztseins</li> <li>(c) die Form der Stabelemente und die Stahlbaueinheiten</li> <li>(d) ob Wartung möglich ist</li> </ul> <p>Dort wo verschiedene Materialien miteinander Verbunden sind, muss die entsprechende Auswirkung auf die Dauerhaftigkeit der Materialien in Betracht gezogen werden.“</p>	
<p>5.2. Auslegungsmethoden <b>5.2.1 Allgemeines</b></p>	<p>„Die Auslegung der Konstruktion bzw. seiner Teile ist durch Anwendung einer in diesem Dokument angegebenen Methoden einschließlich der Anhänge durchzuführen (die Methode der verstärkten Verschiebung und Näherungsgleichungen sind in den Anhängen</p>	<p><b>2.2 Auslegungsmethoden</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	

<p><b>5.2.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit</b></p>	<p>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.“</p> <p>„Der Grenzzustand der Tragfähigkeit entspricht der maximalen Tragfähigkeit und wird üblicherweise durch einen der folgenden Fälle gekennzeichnet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.) Festigkeit (<u>einschließlich verbreitetem Nachgeben, Bruch, Knicken und einer Umwandlung in einen Mechanismus</u>);</li> <li>b.) Stabilität gegen Umstürzen und Verschiebung;</li> <li>c.) übermäßige örtliche Verformung;</li> <li>d.) Bruch aufgrund von Ermüdung.“</li> </ul> <p><i>Keine eindeutige Definition der Grenzzustände entsprechend der Eurocodes (Querschnittstragfähigkeit, Stabtragfähigkeit etc.), unverständliche Formulierung</i></p>	<p><b>2.3.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	
<p><b>5.2.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</b></p>	<p>„Es reicht aus, lediglich die Verformungen oder Durchbiegungen, die das Aussehen oder die effektive Nutzung der Konstruktion beeinflussen, zu betrachten.“</p> <p>„Bei der Berechnung der Verformungen müssen etwaige Einwirkungen II. Ordnung ausreichend berücksichtigt werden, ebenso die Drehsteifigkeit etwaiger halbsteifer Verbindungen.“</p>	<p><b>2.3.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</b></p> <p><b>2.3.3 Anforderung in Bezug auf Durchbiegung</b></p>	<p>-Entsprechung-</p> <p>-Entsprechung-</p>	
<p>5.3. Imperfektionen <b>5.3.1 Allgemeines</b></p>	<p>„Die Auswirkung von Imperfektionen muss bei der Analyse durch ausreichende Berücksichtigung folgender Imperfektionen</p>	<p><b>2.5 Einwirkungen aufgrund von Imperfektionen</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	

	<p>betrachtet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.) Rahmenimperfectionen nach 5.3.2</li> <li>b.) Imperfectionen der Verstrebungen nach 5.3.3</li> <li>c.) Imperfectionen der Stabelemente nach 5.3.5</li> </ul> <p>Imperfectionen der Stabelemente dürfen bei Modellierung der Anordnung in der Gesamtanalyse vernachlässigt werden, sie müssen jedoch für die Prüfung von Stabelementen berücksichtigt werden.“</p>		<p>„Imperfectionen der Stabelemente können bei der Gesamtanalyse vernachlässigt werden, außer bei der Verschiebung von Rahmen mit Verbindungen, die Momenten widerstehen und wo ein oder mehrere unter Längsdruck stehende Stabelemente folgender Gleichung entsprechen:</p> $\sqrt{[(N_{sd} * s^2)/EI]} > \pi/2$ <p>s = Systemlänge des Stabelementes in der Ebene des Knickens</p>	
<p><b>5.3.2 Rahmenimperfectionen in nicht ausgesteiften Systemen</b></p>	<p>„Die Auswirkungen von Rahmenimperfectionen müssen in der Gesamtsystemanalyse entweder durch einen Grundwert der Vorverdrehung oder durch ein geschlossenes System von Ersatzlasten berücksichtigt werden.“</p> <p>„Die Auswirkung des Spieles des Trägeranschlusses ist in die Berechnung der Rahmenimperfectionen einzubeziehen.“</p> <p>„Die Verschiebungs-Imperfection <math>\phi = \phi_s + \phi_l</math> Dabei ist  <math>\phi \geq 1 / 500</math> nur für die Bemessung beim Grenzzustand der Tragfähigkeit  <math>\phi_s</math> die maximal festgelegte Montage-Lotabweichung, dividiert durch die Höhe (maximale Lotabweichung gemäß 8.5.7.2 = Höhe/350)</p>	<p><b>2.5.1 Rahmenimperfectionen</b></p>	<p>-Entsprechung-</p> <p>Die Verschiebungs-Imperfection wird wie folgt ermittelt:  <math>\phi = \sqrt{(1/2+1/n_c) * \sqrt{(1/5+1/n_s) (2*\phi_s+\phi_l)}}</math>  und <math>\phi \geq (\phi_s + 0,5 \phi_l)</math> und <math>\phi \geq 1 / 500</math>  <math>n_c</math> : Anzahl der Stützen in Ganglängsrichtung bzw. Anzahl verbundener Rahmen in der Gangquerrichtung  <math>n_s</math> : Anzahl der Balkenebenen</p>	

	<p><math>\phi_1</math> Spiel des Trägeranschlusses, welches nach A.2.5 ermittelt wird“</p> <p>Die Vorverdrehungen wirken in sämtliche horizontale Richtungen, dürfen jedoch jeweils nur in eine Richtung gleichzeitig berücksichtigt werden. Die Vorverdrehungen können durch ein System horizontaler Ersatzlasten berücksichtigt werden.</p> <p><u>„Bei der Auslegung der Fußplatten und Bodenbefestigungen muss der horizontale Gegendruck an jeder Fußplatte durch die Vorverdrehung <math>\phi</math> ermittelt werden. Hierfür dürfen die Ersatzlasten nicht berücksichtigt werden.</u> Sind keine tatsächlichen horizontalen Lasten vorhanden, beträgt der horizontale Nettogegendruck null.“</p> <p><i>Die englische Version der Norm benutzt anstelle der unterstrichenen Formulierung den Hinweis, dass die Auflagerreaktionen am verdrehten System ermittelt und nicht mit Hilfe der horizontalen Ersatzlasten ermittelt werden sollten, da die Auflagerreaktionen mit den Horizontalen Ersatzlasten in der Regel größer ausfallen als bei der Berechnung am verformten System.</i></p> <p><i>Unabhängig davon resultiert aus dieser Vorgehensweise ein doppelter Aufwand. Wenn die Auflagerreaktionen am System mit Anfangsschiefstellungen ermittelt werden sollen, können auch direkt die Systemschnittgrößen an diesem System, ermittelt werden.</i></p>		<p><math>\phi_s</math> : maximal angegebene Lotabweichung, dividiert durch die Höhe</p> <p><math>\phi_1</math> : Spiel des Trägeranschlusses, welches gemäß 5.6 ermittelt wird (nur für unausgesteifte Rahmen)</p> <p>-Entsprechung-</p>	
<p>5.3.2 Imperfektionen ausgesteifter Systeme</p> <p><b>5.3.3.1 Allgemeines</b></p>	<p>-gilt sowohl für Gangquer- und</p>	<p><b>2.5.2 Imperfektionen der</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	

<p><b>5.3.3.2 Imperfektionen im vertikalen Aussteifungssystem und ihre Verbindungen</b></p>	<p>Ganglängsrichtung</p> <p>„Sowohl Gesamtimperfektionen nach 5.3.3.2 als auch örtliche Imperfektionen nach 5.3.3.3 müssen betrachtet werden. Sie überlagern sich nicht.“</p> <p>„Die beschriebenen Vorverdrehungen dieses Abschnittes sind in der Gesamtsystemanalyse einzubeziehen.“</p> <p>„Die Vorverdrehung ist zu bestimmen aus <math>\phi = \sqrt{(0,5+1/n_f) \cdot 2 \cdot \phi_s}</math>, worin <math>\phi \leq 2 \cdot \phi_s</math> und <math>\phi_s \geq 1/500</math></p> <p><i>Die Größenordnung der anzusetzenden Verdrehungen nach angegebener Formulierung liegt ca. im Mittel des Bereiches, der in EN 1993-1-1 durch die dort angegebenen Anwendungsgrenzen aufgespannt wird. Es ist davon auszugehen, dass bei Angabe von <math>\phi_s \geq 1/500</math> immer mit <math>\phi_s = 1/500</math> gerechnet wird.</i></p>	<p><b>Verstrebung</b></p> <p><b>2.5.2.1 Imperfektionen in der vertikalen Verstrebung und ihrer Verbindungen</b></p>	<p>„Sowohl Gesamtimperfektionen gemäß 2.5.2.1 sowie örtliche Imperfektionen gemäß 2.5.2.2 müssen betrachtet werden. Sie überlagern sich nicht.“</p> <p>s. o. 2.5.1 mit <math>\phi_1 = 0</math></p>	
<p><b>5.3.3.3 Örtliche Aussteifungsimperfektionen</b></p>	<p>„Örtliche Imperfektionen bewirken die Bildung im Gleichgewicht stehender Kräftesysteme, die nur für die Auslegung der horizontalen Aussteifungselemente und ihre Verbindungen angewandt werden sollen. Eine Analyse I. Ordnung ist hinreichend.“</p> <p><i>Die Angegebenen örtlichen Imperfektionen für Stützen ohne Stoßblaschen entsprechen den in EN 1993-1-1 angegebenen Imperfektionen für Stützenschiefstellungen mit <math>h = h_{min}</math>. Die örtlichen Imperfektionen für Stützen mit Stoßblaschen sind doppelt so groß.</i></p> <p>„Die geometrische Grundwertimperfektion darf</p>	<p><b>2.5.2.2 Örtliche Imperfektionen der Verstrebung</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	

	als eine horizontale Kraft $H_{sd,i}$ eingesetzt werden.			
<b>5.3.4. Imperfektionen in Regalen, die teilweise in der Ganglängsrichtung ausgesteift sind</b>	<p>„Dieser Abschnitt gilt für Rahmen, bei denen sich die in Bild 8 angezeigten Kreuzverbände auf den unteren Teil der Höhe erstrecken. Die Vorverdrehung <math>\phi</math> in 5.3.3 ist auf den ausgesteiften Abschnitt anzusetzen. Die Vorverdrehung <math>\phi</math> in 5.3.2 ist auf den nicht ausgesteiften Abschnitt anzusetzen.</p> <p>„In diesen Gleichungen ist:  <math>n_c=n_f</math> die Gesamtanzahl der Rahmen in Ganglängsrichtung;  <math>n_s</math> die Anzahl der nicht ausgesteiften Trägerebenen“</p> <p><i>Die angegebenen Variablen <math>n_c</math> und <math>n_s</math> tauchen in der Abschnitten 5.3.2 und 5.3.3 nicht auf. Diese Variablen beziehen sich offensichtlich auf die Formulierung zur Berechnung der Imperfektionen nach FEM 10.2.2., vgl. rechte Seite.</i></p>	<b>keine Angaben</b>		
<b>5.3.5 Bauteilimperfektionen</b>	„Je nach Art der statischen Analyse sind die Auswirkungen von Imperfektionen auf die Auslegung von Bauteilen entweder mit dem Ersatzstabnachweis nach 9.7.4.2 mit den Imperfektionsfaktoren der entsprechenden Knickspannungslinien oder durch Anwendung der Gesamtanalysemethode nach 10.1.3 zu berücksichtigen.“	<b>2.5.3 Imperfektionen der Stabelemente</b>	-Entsprechung-	

<b>Einwirkungen</b>				
<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	
DIN EN 15512:2010-09 6 Einwirkungen und Kombination von		FEM 10.2.2 2.4 Einwirkungen		

<p>Einwirkungen <b>6.1 Allgemeines</b></p>	<p>„Bei der Auslegung der Konstruktion sind sämtliche in Abschnitt 6 aufgeführten Einwirkungen zu berücksichtigen. Sie sind entweder individuell oder in Kombination zu betrachten.“</p>			
<p>6.2 Permanente Einwirkungen <b>6.2.1 Allgemeines</b></p> <p><b>6.2.2 Gewichte der Materialien und Konstruktion</b></p>	<p>„Die permanenten Einwirkungen sind als das Gewicht der gesamten Konstruktion, einschließlich Wände, Bühnen, Decken, Treppen und ortsfeste Versorgungseinrichtungen anzusetzen.“</p> <p>„ Bei der Schätzung der Eigengewichte zum Zweck der Auslegung müssen die tatsächlichen Gewichte der Materialien und Konstruktion berücksichtigt werden.“ Prinzipiell sind alle ortsfesten Versorgungseinrichtungen, die von der Konstruktion getragen werden zu berücksichtigen“</p>	<p>2.4.1 Totlasten (permanente Einwirkungen) <b>2.4.1.1 Definition</b></p> <p><b>2.4.1.2 Gewichte der Materialien und Konstruktionen</b> <b>2.4.1.3 Gewicht der festen Betriebseinrichtung</b></p>	<p>-Entsprechung-</p> <p>-Entsprechung-</p> <p>„Wenn das Gesamteigengewicht der Konstruktion weniger als 5% der gesamten angelegten Last beträgt, darf das Eigengewicht der Konstruktion vernachlässigt werden“</p>	
<p>6.3 Veränderliche Einwirkungen <b>6.3.1 Allgemeines</b></p>	<p>„Wo zutreffend sind folgende veränderliche Einwirkungen bei der Auslegung zu berücksichtigen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Ladeeinheiten;</li> <li>b) vertikale Beschickungslasten</li> <li>c) horizontale Beschickungslasten</li> <li>d) durch regalführte Geräte verursachte Lasten;</li> <li>e) Bühnen- und Laufgangbelastungen;</li> </ul>	<p>2.4.2 Nutzlasten (veränderliche Einwirkungen) <b>2.4.2.1 Definition</b></p>	<p>„Nutzlasten sind die Lasten, die durch die Nutzung und Ausnutzung der Anlage erzeugt sind. Sie beinhalten nicht die Lasten aus Umwelteinflüssen, wie Windlasten, Erdbebenlasten und Totlasten.“</p> <p>„Nutzlasten aus sonstigen, mit der Konstruktion verbundenen Einrichtungen müssen ermittelt und bei der Auslegung</p>	



<p><b>6.3.2 Einzulagernde Ladeeinheiten</b></p>	<p>f) Druck durch Handläufe  g) Einwirkungen aufgrund von Imperfektionen (d. h. Rahmen, Verstrebung, Stabelement Lasten);  h) Stoßlasten und außergewöhnliche Lasten;  i) Windlasten  j) Schneelaste;  k) Erdbebenlasten</p> <p>Veränderliche Einwirkungen aufgrund von sonstigen an die Konstruktion angeschlossenen Einrichtungen sind zu ermitteln und in der Auslegung zu berücksichtigen.</p> <p><i>Anmerkung k) im Widerspruch zu 1 Anwendungsbereich letzter Satz?</i></p> <p>„Ladeeinheiten sind nach den Anforderungen von EN 15629 zu bestimmen.“</p> <p>„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:</p> <p>a ) das Lagerverwaltungssystem in der Lage ist, solche Ladeeinheitslasten, die den angegebenen Wert überschreiten, zuverlässig zu erkennen und deren Verteilung innerhalb des Regals zu steuern;</p> <p>b ) ...e ).</p>	<p><b>2.4.2.2 Einzulagernde Ware</b></p>	<p>berücksichtigt werden.“</p> <p>„Für die Gesamtanalyse muss der Konstrukteur davon ausgehen, dass sowohl die Verteilung der Last innerhalb eines jeden Feldes als auch die Verteilung innerhalb des gesamten Regalumfangs gleichmäßig ist. es sei denn, eine alternative Verteilung wird zwischen dem Konstrukteur und dem Endbenutzer bzw. dem Spezifikationsersteller schriftlich vereinbart.“</p> <p>„Hinweis: Siehe FEM 10.2.03, Abschnitt 5.7. Eine Abweichung in den zulässigen Lasten für verschiedene Teile der Konstruktionsauslegung ist nur dann zulässig wenn ein Verwaltungssystem existiert, das sicherstellt, dass niedrigere Lastannahmen für z.B. die Bemessung der Stützen und die Gesamtstabilität nicht überschritten werden.“</p>	
---	--	--	--	--

<p><b>6.3.3 Vertikale Beschickungslast</b></p>	<p>„Falls die Beschickungsimperfectionen nicht systematisch sondern zufällig vorkommen, dürfen die erhöhten Spannungen und Verformungen aufgrund von Beschickungsimperfectionen 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:“</p> <p>Bei Imperfectionen, die zwischen 12 und 24% größere Belastungen generieren als planmäßig belastete Träger, steigt die Berücksichtigung der Abweichung linear mit einer Steigung von 2 auf den Faktor 1,24. Ab einer Imperfection die 24% größere (und mehr) Belastungen generieren entspricht der Lastvergrößerungsfaktor jeweils der Lasterhöhung aus der Imperfection.</p> <p>„Wenn Ladeeinheiten platziert werden, sind folgende vertikale Mindestbeschickungslasten anzuwenden.</p> <p>a ) Wenn Ware mit mechanischen Hilfsmitteln eingelagert wird. –Träger, Tragarme (falls vorhanden) und Verbindungsfaschen müssen für eine zusätzliche nach unten gerichtete vertikale Beschickungslast <math>Q_{pv}= 25\%</math> der maximalen Ladeeinheitslast, die in der jeweiligen ungünstigsten Position platziert wird (Moment und Scherkraft), ausgelegt werden.</p> <p>b ) Wenn Ware manuell eingelagert wird. - Träger, Tragarme (falls vorhanden) und Verbindungsfaschen müssen für eine</p>	<p><b>2.5.4 Imperfectionen auf Lasten</b></p> <p><b>2.4.5 Vertikale Beschickungslast</b></p>	<p>-Entsprechung-</p> <p>keine Angaben</p> <p>-Entsprechung-</p>	
--	---	--	--	--

<p>6.3.4 Horizontale Beschickungslasten</p> <p><b>6.3.4.1 Allgemeines</b></p> <p><b>6.3.4.2 Auswirkungen der Betriebsart</b></p> <p><b>6.3.4.3 Ansatz horizontaler Beschickungslasten in Ganglängsrichtung</b></p>	<p>zusätzliche nach unten gerichtete vertikale Beschickungslast <math>Q_{pv} = 100\%</math> der maximalen Ladeeinheitslast, die in der jeweiligen ungünstigsten Position platziert wird (Moment und Scherkraft), ausgelegt werden.</p> <p>Eine nach unten gerichtete Beschickungslast braucht bei der Überprüfung von Trägerdurchbiegungen bzw. bei der Bemessung von Ständerahmen oder anderen Bauteilen nicht angesetzt werden.</p> <p>„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.“</p> <p>Es folgen Angaben zu Lastgrößen und Lastansatzpunkte über die Regalhöhe in Abhängigkeit der Regalhöhen und Betriebsarten (manuelle Beschickung mittels Gabelstapler oder Beschickung mittels automatisch gesteuerten Regalfördergeräten)</p> <p>„In der Ganglängsrichtung entsteht die horizontale Beschickungslast nur an den Trägerebenen und verstärkt die durch die Rahmenimperfectionen verursachte Verschiebung des höchsten Punktes in Ganglängsrichtung.“</p>	<p><b>2.4.6 Horizontale Beschickungslast</b></p> <p><b>2.4.6.1 Anlegung der horizontalen Beschickungslasten in Ganglängsrichtung</b></p>	<p>-Entsprechung-</p> <p>-Entsprechung-</p> <p>-Entsprechung-</p>	
--	---	--	---	--

<p><b>6.3.4.4 Ansatz horizontaler Beschickungslasten in Gangquerrichtung</b></p>	<p>Zur Vermeidung unnötiger Belastungsfälle darf die Punktlast <math>Q_{ph}</math> durch eine gleichmäßig über alle Trägerebenen verteilte Gesamtlast von <math>2 Q_{ph}</math> ersetzt werden.“</p> <p>„In Gangquerrichtung ist die ungünstigste Stelle für die Beschickungslast als eine der folgenden Möglichkeiten einzusetzen:“</p> <p>a ) am obersten Punkt des Rahmens, um die Kräfte der Aussteifung zu maximieren, oder am Mittelpunkt zwischen zwei Verstrebungspunkten des Rahmenverbands um das Biegemoment in Gangquerrichtung zu maximieren. ...</p> <p>b ) am Spannmittelpunkt eines Trägers in der horizontalen Ebene, um das größte Biegemoment der kleinsten Achse zu bewirken. ....“</p> <p>„Falls die Anlage für den Fall ausgelegt ist, dass die Lasten in ihren Platz gerollt oder geschoben werden, sind die dabei entstehenden Beschickungslasten <math>Q_{ph}</math> festzustellen und bei der Bemessung zu berücksichtigen.“</p>	<p><b>2.4.6.2 Anlegung der horizontalen Beschickungslast in Quergangrichtung</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	
<p><b>6.3.5 Auswirkungen von regalgeführten Geräten</b></p>	<p>Angaben von Horizontallasten in Höhe der Führungsschienen zur Berücksichtigung von Auswirkungen aus regalgeführten Geräten.</p>	<p><b>2.4.7 Durch regalgeführte Geräte verursachte horizontale Lasten</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	
<p><b>6.3.6 Bühnen- und Laufgangbelastungen (siehe auch EN 1991-1-1)</b></p>	<p>Angabe von Belastungsgrößen für die Berücksichtigung von Lasten auf Treppen und Bühnen in Abhängigkeit der Treppen bzw. Laufgangbreite.</p> <p>Angabe von Lasterhöhungsfaktoren zur Berücksichtigung dynamischer Kräfte von Transporteinrichtungen.</p>	<p><b>2.4.8 Bühnen- und Laufgangbelastungen</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	

<p><b>6.3.7 Einwirkungen, die aus Montagevorgängen entstehen</b></p>	<p><i>Der Hinweis auf EN 1991-1-1 (siehe Hinweis in Kapitelüberschrift) kann nicht eindeutig nachvollzogen werden</i></p> <p>Lasten aus Stürzen von Monteuren sind zu berücksichtigen.</p>	<p><b>keine Angaben</b></p>		
<p>6.4 Einwirkungen aus Stoßlasten (außergewöhnliche Lasten) <b>6.4.1 Allgemeines</b></p>	<p>„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“</p> <p>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:</p> <p>a ) – d ) konstruktive Regeln für die Ausbildung von Stützenschutz</p> <p>e ) „die Auslegung von Regalschutz kann theoretisch betrieben werden. <u>Als Alternative sind Prüfungen zwecks Annahme durchzuführen.</u> Prüfungen sind auf Grundlage...“</p> <p><i>gemeint ist wahrscheinlich: „Auslegungen können alternativ auch auf Grundlagen von Versuchen erfolgen“</i></p>	<p><b>2.6 Stoßlasten</b></p>	<p>-Entsprechung-</p> <p>e ) Andere Stützen können in einer Richtung senkrecht zum Gang nach Wahl des Benutzers geschützt werden.</p> <p><i>Der Hinweis auf eine versuchsgestützte Auslegung fehlt somit.</i></p>	

<b>6.4.2 Außergewöhnliche vertikale Einwirkungen</b>	<p>Regalbauteile oberhalb einer Ladeinheit müssen nach oben gerichtet vertikale Kräfte aufnehmen können. Diese außergewöhnlichen veränderlichen Lasten dienen der Sicherstellung, dass sich die Verbindungsflasche nicht von der Stütze löst.</p> <p>Es folgen Angaben bezüglich der anzusetzenden Lasten in Abhängigkeit manuell bedienter oder automatisch bedienter Einlagerungsgeräte.</p> <p><u>„Die Anforderungen für nach oben gerichtete Beschickungslasten sind durch Berechnung oder Versuche nach A.2.6 zu verifizieren.“</u></p> <p><i>müsste heißen: „Die Anforderungen an die Verbindungsflaschen aus nach oben gerichteten Lasten sind durch Berechnungen oder Versuche .... oder „Die Forderungen der Lagesicherung sind für die vertikalen Beschickungsflaschen durch Berechnungen oder Versuche....“</i></p>	<b>2.6.1 Außergewöhnliche vertikale Last</b>	-Entsprechung-	
<b>6.4.3 Außergewöhnliche horizontale Lasten</b>	<p>Es folgen Angaben bezüglich der anzusetzenden außergewöhnlichen horizontalen Lasten in Abhängigkeit manuell bedienter oder automatisch bedienter Einlagerungsgeräte.</p>	<b>2.6.2 Außergewöhnliche horizontale Last</b>	-Entsprechung-	
<b>6.5 Windlasten</b>	<p>„Wo zutreffend, sind Windlasten nach den entsprechenden nationalen Bestimmungen zu ermitteln.“</p>	<b>2.4.3 Windlasten</b>	-Entsprechung-	
<b>6.6 Schneelasten</b>	<p>„Wo zutreffend, sind Schneelasten nach den entsprechenden nationalen Bestimmungen zu ermitteln.“</p>	<b>keine Angaben</b>		
<b>6.7 Erdbebenlasten</b>	<p>„Wo zutreffend, sind Erdbebeneinwirkungen nach den entsprechenden nationalen</p>	<b>2.2.4 Erdbebenlasten</b>	-Entsprechung-	

	Bestimmungen zu ermitteln.“			
<p>7. Teilsicherheitsfaktoren und Kombinationsregeln</p> <p><b>7.1 Allgemeines</b></p>	<p>„Das Gewicht sämtlicher Ladeeinheiten und Gesamtregalimperfectionen bildet eine Einzeleinwirkung. Beschickungslasten bilden eine separate Einwirkung.“</p> <p>„Gesamtimperfectionen und Beschickungslasten sind in nur einer Richtung gleichzeitig zu kombinieren. Es ist nicht erforderlich, die Kombination von Imperfectionen oder Beschickungslasten in einer Richtung, mit Imperfectionen oder Beschickungslasten in der anderen orthogonalen Richtung gleichzeitig zu berücksichtigen“</p>	<p><b>2.7 Sicherheitsfaktoren und Kombinationsregeln</b></p>	-Entsprechung-	
<p><b>7.2 Kombination von Einwirkungen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit</b></p>	<p><i>Die angegebenen Kombinationsregeln für die Einwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit entsprechen den in DIN 18800, Teil 1 angegebenen Grundkombinationen.</i></p>	<p><b>2.7.1 Kombination von Einwirkungen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit</b></p>	-Entsprechung-	
<p><b>7.3 Kombination von Einwirkungen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</b></p>	<p>„Die Sollwerte von Einwirkungen sind unter Anwendung der in EN 1990 angegebenen Kombinationsfaktoren <math>\psi_0</math> zu kombinieren. Im Falle von Palettenregalen dürfen die vereinfachten Kombinationsregeln (5), (6), und (7) angewandt werden, wobei der höchste Wert genommen wird:</p> <p>Die nachfolgend angegebenen Kombinationsregeln entsprechen den beiden Grundkombination beim Nachweis der Tragfähigkeit.</p>	<p><b>2.7.2 Kombination von Einwirkungen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</b></p>	-Entsprechung-	
<p><b>7.4 Belastungsfaktoren</b></p>	<p>Es folgt die Angabe von Belastungsfaktoren</p>	<p><b>2.7.3 Belastungsfaktoren</b></p>	-Entsprechung-	

<b>7.5 Materialfaktoren</b>	Es folgt die Angabe von Belastungsfaktoren	<b>2.7.4 Material sicherheitsfaktoren</b>	-Entsprechung- jedoch weitere Differenzierung von $\gamma_M$ in Abhängigkeit der Querschnittsklasse	
<b>7.6 Stabilität gegen Kippen</b>	<p>„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.“</p> <p>„Die horizontale Beschickungslast muss vom Eigengewicht des Regals und den Bodenankerungen getragen werden können.“</p> <p>Es folgen Angaben zur konstruktiven Ausbildung der Stützenfußanschlüsse.</p>	<b>2.8 Stabilität gegenüber Stürzen</b>	-Entsprechung-	
<b>7.7 An der Gebäudekonstruktion abgestützte Regale</b>	„Wenn Regale an der Gebäudekonstruktion verankert sind, können die beiden Konstruktionen Kräfte aufeinander ausüben. Diese Kräfte müssen berechnet werden und der Besitzer des Gebäudes bzw. sein Vertreter muss über diese Kräfte und ihre Anordnung informiert werden.“	<b>2.9 An der Gebäudekonstruktion abgestützte Regale</b>	-Entsprechung-	

<b>Material</b>				
<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	
DIN EN 15512:2010-09 8 Stahl 8.1 Allgemeines <b>8.1.1 Vorüberlegungen</b>	Festgelegte Stähle nach EN1993-1-1 Tabelle 3.1 und EN 1993-1-3 Tabelle 3.1a und 3.1b zusätzlich dürfen a.) gleichwertige Stähle nach oben genannten Normen bzw. b.) zum Kaltumformen vorgesehene Stähle, die die Anforderungen aus A.1.2 (Faltversuch nach EN ISO 7438) sowie die Gleichung $f_u/f_y \geq 1,05$ erfüllen	FEM 10.2.2 1.8 Materialien 1.8.2 Anforderungen 1.8.2 Festgelegte Stahltypen <b>1.8.3 Sonstige Stahltypen</b>	-Entsprechung- <i>Wenn die in Tabelle 1.1 angegebenen Normen durch die aktuell gültigen Normen ersetzt werden</i>	



	eingesetzt werden			
8.1.4 Stahltypen ohne garantierte mechanische Eigenschaften <b>8.1.4.2 Zusatzprüfungen für Stahl</b>	Bestimmung der mechanischen Eigenschaften durch Zugversuche nach A.1.1 (Zugversuche nach EN 10002-1), statistische Auswertung nach 13.3.3 (Beiwert basiert auf 95%-Fraktile bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von 75%)	<b>1.8.5 Prüfen von Stahltypen, die keine garantierten mechanischen Eigenschaften aufweisen</b>	-Entsprechung-	
<b>8.1.5 Ungeprüfte Stähle</b>	warmgewalzte Profile $f_{yb}=200 \text{ N/mm}^2$ sonstige Stahlbleche $f_{yb}=140 \text{ N/mm}^2$	<b>1.8.4.2 Sonstige Stahltypen</b>	-Entsprechung-	
<b>8.2 Durchschnittsstreckgrenze von Profilen</b>	„Falls gefordert, ist der Durchschnittswert der Bemessungsfestigkeit ( $f_{ya}$ ) für Stabelemente nach EN 1993-1-3 zu bestimmen“ <i><math>f_{ya}</math> entspricht einer durchschnittlichen (erhöhten) Streckgrenze infolge der Kaltverfestigung – Wenn die erhöhten Streckgrenzen angesetzt werden, <u>muß</u> die Durchschnittsstreckgrenze nach EN 1993-1-3 bestimmt werden.</i>	<b>1.9 Durchschnittsstreckgrenze von Profilen</b>	-Entsprechung-	
<b>8.4 Bruchzähigkeit</b>	-für nicht schmelztauchveredelte Stahlbleche, $t < 6 \text{ mm}$ bis $-35^\circ\text{C}$ kein Spröbruchversagen -bei ungeprüften Stählen nach 8.1.5 reduziert sich die Dickengrenze auf 2 mm -Für weitere Hinweise wird auf EN 1993-1-10 verwiesen	<b>1.10 Bruchzähigkeit</b>	„Das Material muss genügend Bruchzähigkeit aufweisen, um Spröbruch bei der niedrigsten zu erwartenden Betriebstemperatur innerhalb der geplanten Lebensdauer der Konstruktion zu vermeiden.“ -Verweis auf geeignete Prüfverfahren in Abschnitt 5.16 <i>Verweis muss heißen 5.15</i> „Das Material sollte bei einer Temperatur von weniger als $10^\circ\text{C}$ über der Umwandlungstemperatur, die von den Versuchen bestimmt wird benutzt werden <i>Formulierung macht keinen Sinn?</i> -Abschnitt 5.15 gibt Hinweise auf mögliche Bauteilversuche und Angaben zur Bestimmung der Übergangstemperatur. Nach 5.15.3 entspricht die Übergangstemperatur der Temperatur, bei der die absorbierte Energie im Bauteilversuch 75% des Wertes der	

			Raumtemperatur entspricht	
--	--	--	---------------------------	--

Tolreanzen				
Quelle	Inhalt	Quelle	Inhalt	
DIN EN 15512:2010-09 8.5 Maßtoleranzen <b>8.5.1 Allgemeines</b>	„Die Toleranzen von Querschnitten und Stabelementen sind nach EN 10162 einzuhalten.“  „Für die Konstruktionsanalyse und –auslegung sind die Nennwerte der Maße anzuwenden.“	FEM 10.2.2 1.8 Materialien 1.8.2 Anforderungen 1.8.2 Festgelegte Stahltypen		
<b>8.5.2 Materialdicke</b>	„Sofern nicht anders festgelegt, beschränken sich die Bemessungsregeln in diesem Dokument auf folgende Kerndicken $t_c$ , ausschließlich Beschichtungen, wobei $0,5 \leq t_c \leq 8,0$ mm.“	<b>1.11 Materialdicke</b>	„Die Entwurfsregeln beschränken sich auf folgende Kerndicken $t_c$ ausschließlich Beschichtungen:  Für Stabelemente von Regalkonstruktionen usw. $0,7 \leq t_c \leq 8,0$ mm  Für Fachböden und Verkleidungen: $0,5 \leq t_c \leq 8,0$ mm“	
<b>8.5.3 Dickentoleranzen</b>	„Die Bemessungsregel für kaltgeformte Stabelemente wurden auf der Grundlage von Dickentoleranzen entwickelt, die die Hälfte der in EN 10326:2004 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)“  <i>Der Verweis müsste auf DIN EN 10346 (2009-07) erfolgen. Diese wiederum verweist auf DIN EN 10143 (2006-09).</i>	<b>1.11.1 Dickentoleranzen</b>	-Entsprechung-	

<p><b>8.5.4 Breite und Tiefe eines kaltgeformten Profils</b>  <b>8.5.5 Geradheit der Stabelemente</b>  <b>8.5.6 Verwindung</b>              8.5.7 Toleranzen in Bezug auf Auslegung und Montage  <b>8.5.7.1 Allgemeines</b></p>	<p>„Bei kontinuierlich feuerverzinktem Material mit einer Nenndicke von <math>\leq 1,5</math> mm, das mit den beschränkten Sondertoleranzen von EN 10143 geliefert wird, wird die Bemessungsdicke <math>t</math> als gleich der Nennkerndicke <math>t_c</math> angenommen.“</p> <p>„Bei kontinuierlich feuerverzinktem Stahlblech und –band nach EN 10147 ist die Kerndicke <math>t_c</math> nach Angaben in EN 1993-1-3 einzuhalten.“</p> <p><i>EN 10147 ist mit Datum vom September 2004 durch EN 10236 ersetzt. Für diese Norm gilt jedoch obiger Hinweis.</i></p> <p><i>Die definierten Toleranzen sind weniger streng ausgelegt als in „DIN EN 10162 – Kaltprofile aus Stahl – Technische Lieferbedingungen – Grenzabmaße und Formtoleranzen“.</i></p> <p>„Sämtliche Toleranzen sind für den Zustand definiert, wo die Anlage montiert und das Lagersystem noch nicht in Betrieb genommen wurde. Die Verformung im belasteten Zustand ist die gemessene Verformung nach Anlegen der Nutzlast.“</p>	<p>1.12 Maßtoleranzen  <b>1.12.1 Breite und Tiefe eines Profils</b>  <b>1.12.2 Geradheit von Stabelementen</b>  <b>1.12.3 Verwindung</b>              1.13 Toleranzen in Bezug auf Auslegung und Montage</p>	<p>-Entsprechung-</p>	
<p><b>8.5.7.2. Lot</b></p>	<p>Maximale Lotabweichung für Stützen <math>\leq</math> Höhe/350</p>	<p><b>1.13.1 Lot</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	

<b>Exzentrizitäten</b>				
<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	
DIN EN 15512:2010-09 <b>8.6 Verstrebungs-exzentrizitäten</b>	„Die Auswirkungen von Verstrebungs-exzentrizitäten können vernachlässigt werden,	FEM 10.2.2 <b>1.13.2 Verstrebungs-exzentrizität</b>	<i>-teilweise Übereinstimmung der Fehler und Aussagen</i>	

<p><b>8.7 Exzentrizitäten zwischen Träger und Stützen</b></p>	<p>wenn folgende Bedingungen erfüllt werden:</p> <p>a.) Der Schnittpunkt der Mittellinien eines horizontalen Stabelements und einer Diagonale liegt innerhalb eines senkrechten Maßes „e“, das gleich dem Maß von der Hälfte der Stützenbreite „b“ ist (siehe Bild 11 a).</p> <p>b.) Die Exzentrizität „g1“ beträgt nicht mehr als 2,0 –mal die Stützbreite und „g2“ nicht mehr als 1,5-mal die Stütztiefe, siehe Bild 11b). Wo die Träger als horizontale Stabelemente verwendet werden, ist der Schnittpunkt als Kreuzpunkt der Mittellinie einer Diagonalen der oberen oder der unteren Steglinie einzusetzen.“</p> <p><i>Widersprüchliche Formulierung zwischen a.) und b.) bzw. Bild 11a.) stimmt nicht mit Aussage in a.) überein. Aussage in b.) stimmt nicht mit Bild 11b.) überein</i></p> <p>„Es kann sein, dass die Schwerpunktachse des Trägers nicht mit der Schwerpunktachse der Stütze übereinstimmt. Daraus ergibt sich eine Exzentrizität „e“ in Gangquerrichtung.“</p> <p>Diese kann vernachlässigt werden, wenn „e“ weniger als 0,25 d<sub>u</sub> (Stützentiefe beträgt).</p>	<p><b>1.13.3 Exzentrizitäten zwischen Balken und Stützen</b></p>	<p>-Entsprechung-</p> <p>Anmerkung: „Bei konventionellen verstellbaren Palettenregalen und Fachbodenregalen braucht diese Exzentrizität allgemein nicht beachtet zu werden. Sie kann von Bedeutung sein, falls zum Beispiel die Balken an der Außenseite der Stützen befestigt sind.“</p> <p>- keine Angabe von Grenzexzentrizitäten</p>	
---	---	--	--	--

Trägeranschlusslaschen				
Quelle	Inhalt	Quelle	Inhalt	
DIN EN 15512:2010-09 8.8 Anforderungen Träger- anschlusslaschen	Sämtliche Trägeranschlusslaschen müssen mit Sicherungselementen gegen eine nach oben gerichtete Schublast ausgestattet sein (Lastgröße nach 6.4.2)  <i>Im Gegensatz zur FEM 10.2.02 wird hier nicht explizit auf ENV 1993-1-1 und ENV 1993-1-3 in FEM 10.2.2 (vgl. 4. Spalte.)</i>	FEM 10.2.2 1.14 Allgemeine Anforderungen an Verbindungen	„Verbindungen müssen den Anforderungen von ENV 1993-1-1 und ENV 1993-1-3 erfüllen, es sei denn dass in späteren Klauseln dieser Empfehlungen andere Anforderungen festgelegt sind.“  Weitere Inhalte entsprechen den Ausführungen der DIN EN 15512.  <i>Mit Verweis auf ENV 1993-1-1 und ENV 1993-1-3 wird automatisch auch DIN EN 1993-1-8 Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Bemessung von Anschlüssen zu Grund gelegt.</i>	

Dauerhaftigkeit				
Quelle	Inhalt	Quelle	Inhalt	
DIN EN 15512:2010-09 8.9 Dauerhaftigkeit	<p>„Um die Dauerhaftigkeit der Konstruktion unter den entsprechenden Bedingungen für die vorgesehene Anwendung und erwartete Lebensdauer sicherzustellen, müssen folgende Faktoren in der Entwurfsphase in Betracht gezogen werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.) die Umgebung;</li> <li>b.) der Grad des Ausgesetztseins;</li> <li>c.) die Form der Stabelemente und die Stahlbaueinheiten;</li> <li>d.) ob eine Wartung der Schutzschicht möglich ist.“</li> </ul> <p>Kontaktkorrosion ist zu vermeiden.</p> <p><i>Keine weiteren Angaben wie die einzelnen Faktoren konkret berücksichtigt werden sollen.</i></p>	FEM 10.2.2 2.3 Grenzzustände <b>2.3.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit</b>	<p>„Bruch auf Grund von Ermüdung“ wird hier als einer der Grenzzustände der Tragfähigkeit aufgeführt.</p> <p>Für Verfahren zur Behandlung von Ermüdung wird auf ENV 1993, Teil 1.1 Kapitel 9 verwiesen, entspricht DIN EN 1993-1-9 entspricht.</p>	

Querschnittstragfähigkeit [Berücksichtigung lokaler Instabilitäterscheinungen Beulen und Forminstabilität („Distortional Buckling“)]				
Quelle	Inhalt	Quelle	Inhalt	
DIN EN 15512:2010-09 9 Konstruktionsanalyse 9.1 Strukturmodellierung zur Analyse und Grundvoraussetzung 9.2. Berechnung von Querschnitten 9.2.1 Allgemeines <b>9.2.2 Einfluss von Eckradien</b>	<p>-Folgende Querschnittswerte dürfen scharfkantig ohne Verminderung durch Lochung oder effektive Breiten ermittelt werden: <math>I_T, I_W, y_0, i_y, i_z, i_0</math></p> <p>-alle übrigen QS-Werte sind nach EN 1993-1-3, 5.1 zu berechnen</p>	FEM 10.2.2 3 Auslegung der Bauteile 3.1 Allgemeines 3.2 Berechnung von Querschnitten 3.2.1 Einfluss von Eckradien	-Entsprechung-	
<b>9.2.3 Wirkung von Lochungen</b>	<p><u>Für Zugglieder:</u> Verwendung von <math>A_{netto}</math> in Abhängigkeit der verschiedenen Lochbilder</p>	3.2.2 Wirkung von Lochungen	-Entsprechung-	

	<p><u>Für Druckstäbe:</u> „Im Fall von Druckstäben sind die Auswirkungen von Lochungen nach dem entsprechenden Prüfverfahren dieses Dokuments zu berücksichtigen.“</p>			
<p><b>9.2.4 Einfluss von Querschnittsverwindung</b> <b>9.2.5 Einfluss von örtlichem Beulen</b></p> <p><b>(A.2.1 Druckversuche am kurzen Stützenstück)</b></p> <p><b>(A.2.2 Druckversuche an Stützen - Den Einfluss von Beulen mit Veränderung der Querschnittsform prüfen)</b></p>	<p><u>Ungelochte Querschnitte:</u> -Nachweis örtliches Beulen bzw. Distortional Buckling bzw. Kombination nach EN 1993-1-3 und EN 1993-1-5</p> <p><u>Gelochte Querschnitte (Beulen):</u> effektive Querschnittswerte sind mittels Druckversuche am kurzen Stützenstück zu ermitteln. Hinweise zur Versuchskonfiguration werden in A.2.1 gegeben.“Die charakteristische Bruchlast ist auf einer Serie von Versuchen mit der gleichen Lastposition zu basieren.“ In Abhängigkeit der Versuchskörperlänge, können bei Stabschlankheiten <math>\lambda_{\text{quer}} &gt; 0,2</math> die Einflüsse globaler Instabilitäterscheinungen wieder eliminiert werden. <u>Gelochte Querschnitte (Distortional Buckling und Beulen):</u> effektive Querschnittswerte sind mittels Druckversuchen an Stützen zu ermitteln. Hinweise zur Versuchskonfiguration werden in A.2.2 gegeben. Die Stützenlänge wird in 9.7.2c) festgelegt und soll der Länge eines einzelnen Aussteifungsfeldes entsprechen, welches am nächsten zu einem Meter liegt. Es sind mindestens 3 Versuche durchzuführen.</p> <p>„Falls eine signifikante Verdrehung am Ende des Prüfstücks beobachtet wird, muss diese zurückgehalten werden, um dieser Verdrehung</p>	<p><b>3.2.3 Einfluss von Querschnittsverwindung</b> <b>3.3 Wirkung von örtlichem Beulen</b></p> <p><b>(5.3. Druckversuche am kurzen Stützenstück)</b></p> <p><b>(5.4.6 Prüfen des Einflusses des Beulens mit Veränderung der Querschnittsform)</b></p>	<p><u>Ungelochte Querschnitte:</u> -Entsprechung-</p> <p><u>Gelochte Querschnitte (Beulen):</u> -Entsprechung-</p> <p><u>Gelochte Querschnitte (Distortional Buckling und Beulen):</u> -Entsprechung-</p> <p>„Falls eine signifikante Verdrillung an den Enden des Probestückes beobachtet wird, ist, um dieser Verwindung zu entgegenen eine</p>	

<p><b>A.2.2.3 Ableitung der Prüfergebnisse</b></p>	<p>entgegenzutreten. Dies muss auf eine Art und Weise geschehen, dass sich kein zusätzlicher Widerstand zur Verwindung des Profils bietet“</p> <p><i>Formulierung aus FEM 10.2.2 weist eindeutiger auf die entsprechenden Verformungen hin.</i></p> <p>Eine entsprechende Bemessungstragkraft <math>N_{db,Rd}</math> kann unter Berücksichtigung von 13.3.3 aus den charakteristischen Bruchlasten berechnet werden.</p>		<p>Abstützung der Enden des Probestückes erlaubt. Voraussetzung dafür ist, dass diese keinen zusätzlichen Widerstand gegen Beulen mit Veränderung der Querschnittsform bietet“</p>	
<p><b>Träger – Allgemeines</b></p>				
<p><b>Quelle</b></p>	<p><b>Inhalt</b></p>	<p><b>Quelle</b></p>	<p><b>Inhalt</b></p>	
<p>DIN EN 15512:2010-09 9.3 Träger <b>9.3.1 Allgemeines</b></p>	<p>Folgende Faktoren müssen bei der Bemessung von biegebeanspruchten kaltgeformten Regalbauteilen berücksichtigt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.) örtliches Beulen</li> <li>b.) Stegkrüppeln</li> <li>c.) Biegeknicken</li> <li>d.) unelastisches Verhalten</li> <li>e.) Scherverzögerung</li> <li>f.) Flanschwellenbildung</li> <li>g.) Verdrehung</li> </ul> <p><i>Direkte Übersetzung aus dem Englischen, daher teilweise missverständlich. Mit e.) ist der Einfluss der Schubverzerrungen auf die mittragende Breite von Gurten gemeint. Mit f.) ist die Forminstabilität bzw. Distortional Buckling gemeint.</i></p> <p>Anmerkungen 1-3: Hinweise auf versuchsgestützte Bestimmung der Tragfähigkeit nach Anhang A.2.10, auf teilweise stabilisierende Wirkungen von Regallasten und auf ungleichmäßig verteilte Lasteinwirkung auf Grund steifer Ladeeinheiten auf Paletten.</p>	<p>3. Auslegung der Bauteile <b>3.4 Elastische Bauteile</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	



<p><b>(A.2.10 Biegeversuche an Trägern)</b></p>	<p>Der Zweck der Versuche ist die Ermittlung der Biegefestigkeit eines Trägers und seiner Verdrehung um die eigene Achse unter Gebrauchslast. Hinweise zur Versuchskonfiguration werden in A.2.10 gegeben. Der Versuchsaufbau beinhaltet ein Trägerpaar welches mit Standard-Anschlusslaschen in Ständerrahmen eingebaut ist. Querträger, Trägerverbinder oder andere Bauteile dürfen eingebaut werden, sofern sie die ungünstige Standardkonfiguration des Systems darstellen. Etwaige stabilisierende Effekte gegen seitliches Ausweichen der Träger auf Grund der Lasteinleitung durch Paletten dürfen berücksichtigt werden.</p>	<p><b>(5.11 Biegeversuche an Trägern)</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	
<p><b>(A.2.10.5 Ableitung der Ergebnisse)</b></p>	<p>„Als Bemessungswert der Trägerverdrehung ist der Durchschnittswert aus <u>den letzten drei Versuchen</u> zu nehmen. Der charakteristische Wert für das Biegetragmoment ist nach 13.3.3 zu ermitteln. müsste heißen: <i>..aus mindestens drei Versuchen..</i></p>		<p>„Als Bemessungswert der Verdrehung des Trägers gilt der Durchschnittswert aus <u>mindestens drei Versuchen</u>. Der charakteristische Wert für das Biegetragmoment muß gemäß Abschnitt 5.1.3 (c) ermittelt werden.“</p>	
<p><b>Träger – Querschnittstragfähigkeit [Berücksichtigung lokaler Instabilitätserscheinungen Beulen und Forminstabilität („Distortional Buckling“)]</b></p>				
<p><b>Quelle</b></p>	<p><b>Inhalt</b></p>	<p><b>Quelle</b></p>	<p><b>Inhalt</b></p>	
<p><b>9.3.2 Biegetragmoment von Stabelementen, die keinem Biegeknicken ausgesetzt sind</b></p>	<p>„Das Biegetragmoment von Trägern, die keinem Biegeknicken ausgesetzt sind, ist nach EN 1993-1-3:2006, 6.1.4 zu berechnen.“  <i>In der englischen Version der Norm ist an Stelle von Biegeknicken „lateral-torsional buckling“ -also Biegedrillknicken- aufgeführt. Im verwiesenen Abschnitt 6.1.4 der DIN EN 1993-1-3: 2006, werden lokales Beulen und Forminstabilität von Querschnitten (Distortional Buckling) berücksichtigt. Stabinstabilitäten</i></p>	<p>3. Auslegung der Bauteile <b>3.4.1 Biegetragmoment von Stabelementen, die keinem Biegeknicken ausgesetzt sind</b></p>	<p>„Folgende Bedingung muss erfüllt werden: <math>M_{sd} \leq M_{c,Rd}</math> wobei gilt <math>M_{sd}</math> = Biegemoment aus Bemessungslast <math>M_{c,Rd}</math> = Biegetragmoment des Querschnitts“  „Die Biegezugswerte von gelochten Stabelementen müssen durch Versuche gemäß Abschnitt 5.10 ermittelt werden.“ <i>Die Angaben in 5.10 („Biegeversuche an</i></p>	

	<p><i>Biegeknicke und Biegedrillknicken werden im Abschnitt 6.2 behandelt. Die Überschrift 9.3.2 müsste folglich Biegeknicke und Biegedrillknicken (also alle globalen Stabinstabilitäten) gleichermaßen ausschließen.</i></p> <p><i>Es wird anscheinend prinzipiell davon ausgegangen, dass Trägerprofile ungelocht ausgeführt werden. Deckt sich mit der Erhebung in Tabelle 2.1.</i></p>		<p><i>Stützenprofilen) entsprechen im Wesentlichen den Angaben in A.2.9 („Biegeversuche an Stützenprofilen“) der DIN EN 15512. Irreführend in beiden Fällen die Überschrift, da die Versuche prinzipiell auch für gelochte Trägerprofile durchzuführen wären.</i></p> <p><i>„Zur Berechnung der Querschnittswerte von nicht gelochten Stabelementen dient im Allgemeinen der in Anhang D ermittelte effektive Querschnitt.“</i></p> <p><i>Der Anhang D gibt im Wesentlichen die Angaben in ENV 1993-1-3 wieder, somit Entsprechung der Ermittlung der Querschnittstragfähigkeit in FEM 10.2.2 und DIN EN 15512.</i></p> <p><i>Zusätzliche Nutzung plastischer Reserven in der Druckzone bei Einhaltung bestimmter Bedingungen möglich.</i></p> <p><i>Bedingung (d) lautet: <math>V_{sd} \leq f_y A_{web} / (3 \gamma_M)</math></i></p> <p><i>Ausnutzung plastischer Reserven trotz voller Ausnutzung des Steges?!</i></p>	
--	---	--	---	--

**Träger – globale Tragfähigkeit**

Quelle	Inhalt	Quelle	Inhalt	
<p>9.4 Auslegung von Trägern <b>9.4.1 Allgemeines</b></p>	<p>Im GdT müssen Träger die Anforderungen nach 9.5 („Auslegung von Trägeranschlusslaschen“) und 9.6 („Träger, die Biegung und Torsion ausgesetzt sind“) erfüllen, wenn sie den in 10.2 („Auslegungsverfahren“) angegebenen Lasten ausgesetzt sind. Anmerkung : „Das Spiel von Trägeranschlüssen wird durch Versuche nach A.2.5 gemessen und ist üblicherweise gering</p>	<p>4.4 Auslegung der Balken <b>4.4.1 Allgemeines</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	

<p><b>9.4.2 Belastungen auf Träger</b></p> <p>9.4.3 Bemessungsbiegemomente für Träger 9.4.3.1 Allgemeines <b>9.4.3.2 Neuverteilung der Biegemomente im Falle von elastischer Berechnung</b></p>	<p>genug, um bei der Auslegung des Trägers vernachlässigt zu werden“</p> <p>Belastungen auf Träger werden gewöhnlich als gleichmäßig verteilt betrachtet. Verweis auf Anhang F –Koeffizienten zur Umwandlung von diskreten Einzellasten in äquivalente gleichmäßig verteilte Lasten.</p> <p>„Dort wo Träger axiale Lasten als Teil eines Aussteifungssystems aufnehmen, sind die Träger nach 9.4.6 zu prüfen.“</p> <p>„Wenn eine elastische Berechnung bei linearem Verhalten der Verbindungslasche zeigt, dass das Bruchbiegetragmoment von einer oder von beiden Trägeranschlusslaschen überschritten wird, darf das Biegemoment im Träger sowie in der dazugehörigen Verbindungslasche bis zu 15% des Endmomentes neu verteilt werden, ..., vorausgesetzt, dass:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.) Auch das Biegemoment an der Trägermitte neu verteilt wird, um das statische Gleichgewicht aufrechtzuerhalten;</li> <li>b.) Nach der Neuverteilung die Biegemomente an den Trägerenden nicht größer sind als das Bruchbiegetragmoment des Trägers bzw. der Trägeranschlusslasche. Siehe 9.5 und 9.6“</li> </ul> <p><i>Die Momentenumlagerung setzt eine ausreichende Rotationskapazität im</i></p>	<p><b>2.4.2.2 Einzulagernde Ware</b></p> <p><b>4.4.3.1 Neuverteilung der Biegemomente im Falle von elastischer Berechnung</b></p>	<p>„Für die Gesamtanalyse muss der Konstrukteur davon ausgehen, dass sowohl die Verteilung der Last innerhalb eines jeden Feldes als auch die Verteilung innerhalb des gesamten Regalumfangs gleichmäßig ist, es sein denn, eine alternative Verteilung wird zwischen dem Konstrukteur und dem Endbenutzer bzw. dem Spezifikationshersteller schriftlich vereinbart.“</p> <p>-Entsprechung-</p>	
---	--	---	---	--

<p><b>(A.2.4 Biegeversuche an Trägeranschlüssen A.2.4.1 Zweck der Prüfung)</b></p>	<p><i>Trägeranschluss bzw. im Stützenprofil voraus. Falls die Stütze das maßgebende versagende Bauteil ist, fehlt die entsprechende Berücksichtigung bei der Stützenbemessung.</i></p> <p>„Der Zweck der Prüfung ist es, die Steifigkeit und die Biegetragfähigkeit des Trägeranschlusses zu ermitteln. Das strukturelle Verhalten des Zusammenwirkens von Stütze und Trägeranschluss ist kritisch für das Verhalten der Gesamtkonstruktion.“ Diese wird durch folgende Faktoren beeinflusst:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.) dem Stützentyp;</li> <li>b.) der Materialdicke der Stütze</li> <li>c.) dem Trägertyp</li> <li>d.) der Position des Trägers an der Anschlusslasche</li> <li>e.) dem Anschlusslaschentyp</li> <li>f.) den Eigenschaften des verwendeten Materials</li> </ul> <p>„Für jedes Stützen- und Trägeranschlusspaar sind mindestens drei praktisch identische Versuche durchzuführen,...“</p> <p>Es folgen Angaben zur Versuchsdurchführung, Auswertung und Korrektur der Versuchsergebnisse.</p> <p><i>In der Beschreibung der Versuche erfolgt die Ermittlung der Momenten-Rotations-Charakteristik nur in einer Richtung. Die Aussteifung in Längsrichtung über Rahmenwirkung bedingt jedoch am linken und rechten Anschluss Momente mit unterschiedlichen Vorzeichen, so dass in den Versuchen prinzipiell beide Belastungsrichtungen berücksichtigt werden müssten um die unterschiedlichen Steifigkeiten</i></p>	<p><b>5.5 Biegeversuche an Trägeranschlüssen (Riegelanschlußversuche)</b></p> <p><b>5.2.2.2 Versuchsaufbau – Variante 2 - Portalrahmen - Versuch</b></p>	<p>-Entsprechung-</p> <p><i>Versuche am Portalrahmen berücksichtigen indirekt die Momenten-Rotations-charakteristik am „linken“ und „rechten“ Anschluss. Entsprechende Versuche finden sich DIN EN 15512 nicht wieder.</i></p>	
--	---	---	---	--

<p><b>9.4.3.3 Näherungs- bemessungsmethode</b></p>	<p>zu ermitteln. (vgl. 5.2.2.2 Versuchsaufbau Variante 2 in FEM 10.2.02)</p> <p>Maximale Trägermomente können für symmetrisch belastete Trägerprofile mit Formfaktoren nach Anhang G überschlägig berechnet werden.</p> <p><i>Anstelle von Anhang G müsste auf Anhang F verwiesen werden.</i></p>	<p><b>4.4.3.2 Näherungs- bemessungsmethode</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	
<p><b>9.4.4 Bemessungs- scherkraft für Träger</b></p>	<p>„Bei Regalen, die gegen Verschiebung ausgesteift sind, die Bemessungsscherkraft für den Träger und für die Verbindungsflasche aus einer Gesamtsystemanalyse I. oder II. Ordnung zu ermitteln“</p> <p>„Bei Regalen, die sich frei verschieben können, ist die Bemessungsscherkraft direkt aus einer Berechnung II. Ordnung zu berechnen.“</p> <p>Wenn eine Berechnung I. Ordnung angewandt wird, müssen die Scherkräfte im Träger durch Faktoren in Abhängigkeit des „Bemessungswertes der Vertikalen Last im Rahmen“ und dem „kritischen elastischen Wert der vertikalen Last bei Versagen im Verschiebungsmodus“ vergrößert werden.</p> <p><i>Mit letzterem ist wahrscheinlich die ideale Verzweigungslast gemeint, diese kann mit Anhang B „Stabilitätsanalyse in Ganglängsrichtung durch die Methode der verstärkten Verschiebung“ näherungsweise berücksichtigt werden.</i></p> <p>Angabe von Berechnungsvorschriften für den Bemessungswert der Scherkraft für Regale mit regelmäßiger Konstruktion und regelmäßiger</p>	<p><b>4.4.4 Bemessungs- scherkraft für Balken</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	

<p><b>9.4.5 Durchbiegung von Trägern</b></p>	<p>Belastung. „Beim Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist die maximale Durchbiegung eines Trägers durch eine Berechnung I. oder II. Ordnung, die eine Schachbrettbelastung ausreichend berücksichtigt, zu ermitteln.“</p> <p>Für Regale mit regelmäßiger Konstruktion und Belastung kann die maximale Trägerdurchbiegung mit Hilfe einer Näherungsformel ermittelt werden.</p>	<p><b>4.4.5 Durchbiegung von Balken</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	
<p><b>9.4.6 Träger als Bindeglied in ausgesteiften Palettenregalen</b></p>	<p>„Die Träger von Palettenregalsystemen mit Rückenverstreben haben eine zusätzliche Funktion indem sie die Stütze mit dem Aussteifungssystem verbinden und folglich eine zusätzliche Druck-oder Zuglast tragen“</p> <p>„Bei der Betrachtung von Durchbiegung und Axialdruck dürfen folgende Kriterien angewandt werden:“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.) wenn der Träger voll belastet ist, ist eine Prüfung auf Knicken nicht erforderlich.</li> <li>b.) ...</li> </ul> <p>Es folgen Angaben für Knicklängen in Abhängigkeit der Ladeeinheiten je Fach.</p> <p><i>Anscheinend werden die Auflagerpunkte der Paletten als seitliche Halterung gegen horizontales Ausweichen angesetzt. Hier fehlt jedoch der absolut notwendige Hinweis, dass Knicken in Richtung der vertikalen Durchbiegung sehr wohl zu überprüfen ist vgl. a.).</i></p>	<p><b>-KEINE ANGABEN-</b></p>		
<p><b>9.4.7 Bemessungswiderstand bezogen auf</b></p>	<p><i>Die jeweiligen Bemessungen sind nach den entsprechenden Anleitungen in EN 1993-1-3</i></p>	<p><b>3.4.5 Bemessungswiderstand bezogen auf</b></p>	<p>Widerstand in Anlehnung an EN 1993-1-3</p>	

<b>Stegkrüppeln</b>	<i>vorzunehmen.</i>	<b>Stegkrüppeln</b>	
<b>9.4.8 Bemessungswiderstand bezogen auf Scherkräfte</b>	s.o.	<b>3.4.5 Bemessungswiderstand in bezug auf Schub</b>	Widerstand in Anlehnung an EN 1993-1-3 jedoch mit fehlerhafter Zeichnung bzw. Variablendeklaration.
<b>9.4.9 Kombination von Scherkraft, Längskraft und Biegemoment</b>	s.o.	<b>-KEINE ANGABEN-</b>	Keine Angaben zur rechnerischen Erfassung bei Interaktion von Scherkraft, Längskraft und Biegemoment
<b>9.4.10 Kombination von Biegemoment und Stegkrüppeln</b>	s.o.	<b>3.4.8 Kombination von Biegemoment und konzentrierter Last</b>	-Entsprechnug-

<b>Trägeranschlusslaschen</b>				
<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	
9.5 Auslegung von Trägeranschlusslaschen <b>9.5.1 Allgemeines</b>	<p>Grundlegende Anforderungen: Bemessungsbiegemoment in der Verbindungslasche <math>\leq</math> Biegetragmoment der Verbindungslasche</p> <p>Bemessungsscherkraft der Verbindungslasche <math>\leq</math> Scherfestigkeit der Verbindungslasche</p> <p>„Falls Prüfungen in der umgekehrten Richtung Ergebnisse für Steifigkeit und Festigkeit aufweisen, die weniger als 50% der in der positiven Richtung gemessenen Werte betragen, so sind für die Bemessung die tatsächlichen Werte zu messen.“</p> <p><i>Letzte Bemerkung impliziert zunächst, dass</i></p>	<b>4.5 Auslegung von Verbindungslaschen</b>	<p>-Entsprechnug-</p> <p>-Entsprechnug-</p> <p>„Bemessung nach der Plastizitätstheorie ist zulässig, auch wenn die Gesamtstabilität auf der Grundlage der Elastizitätsberechnung gerechtfertigt ist, vorausgesetzt dass die Rotationskapazität des Balkenanschlussstückes ausreichend berücksichtigt wird“</p>	

	<p><i>unterschiedliche Steifigkeiten und Festigkeiten bei Momentenbelastungen mit unterschiedlichem Vorzeichen vorliegen. In den Ausführungen zu den Biegeversuchen an Trägeranschlüssen wird jedoch eine Änderung der Belastungsrichtung nicht explizit gefordert. Insbesondere bei der Untersuchung der Aussteifung in Ganglängsrichtung müssten die unterschiedlichen Steifigkeiten mit bilinearen Federsteifigkeiten berücksichtigt werden. Eine Berücksichtigung erst bei einer Abweichung von größer 50% erscheint fragwürdig.</i></p>			
<b>9.5.2 Bemessungsbiegemomente in Trägeranschlusslaschen</b>	Ausführungen analog 9.4.4 mit Biegemoment anstelle Scherkraft	<b>4.5.1 Bemessungsbiegemomente in Verbindungsglaschen</b>	-Entsprechung-	
<b>9.5.3 Bemessungswert der Scherkraft für Trägeranschlusslaschen</b>	Verweis auf 9.4.4	<b>4.5.2 Bemessungswert der Scherkräfte für Verbindungsglaschen</b>	-Entsprechung-	
<b>9.5.4 Bemessungswert der Scherkraft und Biegemoment für Trägeranschlusslaschen</b>	<p>„Wenn die Bemessungsscherkraft an der Stirnseite der Stütze <math>S_d</math> größer ist als <math>M_{Rd}/a</math> (siehe A.2.4), ist folgende Anforderung zu erfüllen:“</p> $M_d/M_{Rd} + (S_d - M_{Rd}/a)/S_{Rd} \leq 1,0$ <p>Anstelle des Verweises auf Variable <math>a</math> muss auf Variable <math>b</math> in Anhang A.2.4 verwiesen werden.</p>	<b>-KEINE ANGABEN-</b>		

<b>Träger</b>				
<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	
9.6 Träger, die Biegung und Torsion ausgesetzt sind <b>9.6.1 Allgemeines</b>	„Wenn Verwölbungsspannungen aufgrund von Torsionseinflüssen auftreten, muss die	FEM 10.2.2 <b>3.4.3 Stabelemente, die Biegung und Torsion ausgesetzt sind</b>	-Entsprechung-	



<b>9.6.2 Biegedrillknicken in Trägern</b>	Auslegung auf der Grundlage von Versuchen erfolgen, oder alternativ, durch Berechnung nach EN 1993-1-3 ermittelt werden.  Nachweis entweder mit Versuchen nach A.2.10 oder gemäß EN 1993-1-3 mit Knickkurve „b“	<b>3.4.4 Biegedrillknicken in Balken</b>	-Entsprechung-	
---	---	--	----------------	--

<b>Stützen – Stabtragfähigkeit (Druck)</b>				
<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	
DIN EN 15512:2010-09 9.7 <b>Druck, Spannung und Biegung von Stabelementen</b> <b>9.7.1 Ungelochte Druckstäbe</b>	<i>Überschrift?</i>  „Ungelochte Stabelemente sind entweder aufgrund von Berechnung oder Versuchen nach diesem Dokument auszulegen.“	FEM 10.2.2 <b>3.5 Druckstäbe</b>	-Entsprechung-	
<b>9.7.2 Gelochte Druckstäbe</b>	Die regelmäßige Anordnung von Löchern oder Schlitzern ist richtig zu berücksichtigen, durch: <ol style="list-style-type: none"> <li>a.) „Auslegung nach Versuchen A.2.1 oder A.2.3“</li> <li>b.) theoretisches Verfahren FEM unter Berücksichtigung, von Instabilitäterscheinungen sowie Imperfektionen. Verifikation der FEM durch Versuche.</li> <li>c.) Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung von <math>A_{eff}</math> nach A.2.1 (und A.2.2)</li> </ol>	<b>3.5 (1)</b>  <b>3.5 (2)</b>	-Entsprechung-  -Entsprechung-	
<b>[A.2.3 Druckversuche an (langen) Stützen – Ermittlung von Knicklängen]</b>	Zu a.): Ermittlung der Längstragfähigkeit $N_{db,Rd}$ des Stützenprofils in Ganglängsrichtung durch Versuche nach A.2.3. Versuchsergebnisse liefern Knickspannungslinien für Knicken senkrecht zur Querrichtung unabhängig von tatsächlicher Versagensart, Beulen, Knicken oder Biegedrillknicken und unabhängig von Versagensrichtung. Es sollen Versuche an 5	<b>3.5 (3)</b>  <b>(5.4 Druckversuche an (langen) Stützen)</b>	-Entsprechung-  -Entsprechung-	

<p><b>9.7.3 Verifikation von Querschnitten</b></p> <p><b>9.7.4 Bemessungstragfähigkeit in Bezug auf Biegeknicken</b></p> <p><b>9.7.4.1 Allgemeines</b></p> <p><b>9.7.4.2 Knickkurven</b></p> <p><b>9.7.4.3 Knicklänge</b></p>	<p>unterschiedlichen Profillängen bis <math>\lambda_{\text{quer}} = 1,5</math> (<math>\lambda_{\text{quer}}</math> für Knicken in Ganglängsrichtung) durchgeführt werden. Mindestens 2 Versuche pro Länge.</p> <p>Zu c.): Iteratives Verfahren mit den Eingangswerten <math>A_{\text{eff}}</math> aus A.2.1 und <math>N_{\text{db,Rd}}</math> aus A.2.2.:</p> <p>-Ermittlung der Nenntraglast <math>N_{\text{b,Rd}}</math> mit <math>A_{\text{eff}}</math> unter Berücksichtigung des Knickens bzw. Biegedrillknickens</p> <p>-Reduktion von <math>A_{\text{eff}}</math>, falls <math>\varepsilon = N_{\text{db,Rd}}/N_{\text{b,Rd}} &lt; 1,0</math> solange, bis <math>\varepsilon = 1</math>.</p> <p><u>Der modifizierte Wert <math>A_{\text{eff}}</math> wird für sämtliche weiteren Berechnungen verwendet</u></p> <p>Querschnittsnachweis für gleichmäßigen Druck mit <math>A_{\text{eff}}</math>, ohne Berücksichtigung einer etwaigen Verschiebung des Schwerpunktes des effektiven Querschnittes</p> <p><i>Gemäß letztem Satz aus vorangehendem Absatz erfolgt der Nachweis mit modifiziertem <math>A_{\text{eff}}</math></i></p> <p>Ersatzstabnachweis Nachweis analog DIN EN 1993-1-1, mit europäischen Knickspannungslinien nach DIN EN 1993-1-3 + zusätzliche Profilformen</p> <p>Es werden zwei verschiedenen Verfahren zur Berücksichtigung der Knicklängen angegeben:</p> <p>-(1)-Ermittlung der Schnittgrößen am Gesamtsystem nach Th. II. Ordnung mit globaler Anfangsschiefstellung und anschließendem Ersatzstabnachweis mit</p>	<p><b>3.5.1 Druckstäbe ohne allgemeines Beulen</b></p> <p><b>3.5.2 Bemessungstragfähigkeit in Bezug auf Biegeknicken</b></p> <p><b>3.5.2.2 Knicklänge</b></p>	<p><i>Keine Angabe über Anzahl der Versuche pro Stützenlänge</i></p> <p>„(e) Die Berechnung wird danach gemäß Abschnitt 3.5.2 und 3.5.3 fortgeführt“</p> <p>-Entsprechung-</p> <p><i>Gemäß letztem Satz aus vorangehendem Absatz erfolgt der Nachweis ohne modifiziertes <math>A_{\text{eff}}</math></i></p> <p>-Entsprechung für (1)-</p>	
---	---	---	--	--

<p>9.7.5 Drillknicken und Biegedrillknicken</p> <p><b>9.7.5.2 Allgemeines</b></p> <p><b>9.7.5.2 Bemessungswiderstand bezogen auf Drill- und Biegedrillknicken</b></p>	<p>Knicklänge=Systemlänge zur Berücksichtigung der lokalen Imperfektionen          -(2)-Ermittlung der Schnittgrößen am Gesamtsystem nach Th. II. Ordnung mit globaler Anfangsschiefstellung. Nachweis der Stäbe mit Ersatzstabnachweis und Knicklängen aus Gesamtsystemanalyse am seitlich unverschieblichen System  <i>Die im Normentext angegebenen Formulierung sind unverständlich und lassen zu viel Interpretationsspielraum</i>          Angabe von Knicklängen für gängige Aussteifungselemente in Gangquerrichtung und Ganglängsrichtung unter Berücksichtigung eventueller Exzentrizitäten nach 8.6  <i>fehlerhafte Zeichnung in Bild 22 (Fall 2), falsch aus FEM 10.2.02 übernommen</i></p> <p>Drillknicken ist beschränkt auf offene doppelt- und punktsymmetrische Profile. Für einfachsymmetrische Profile ist Biegedrillknicken zu überprüfen.</p> <p>„Der Bemessungswiderstand <math>N_{b,Rd}</math> entsprechend dem Drill- oder Biegedrillknicken, muss unter Verwendung der in 9.7.4 angegebenen Ausdrücke ermittelt werden, wobei der kleinere von <math>N_{cr,T}</math> oder <math>N_{cr,FT}</math> für <math>N_{cr}</math> eingesetzt wird,..“ Angabe von Bestimmungsgleichungen für kritische Drillknicklast (<math>N_{cr,T}</math>) und kritische Biegedrillknicklast (<math>N_{cr,FT}</math>) für einfachsymmetrische Querschnitte</p> <p>In Abhängigkeit gängiger Anschlüsse von Verstrebungen an Stützen werden Annahmen für Drillknicklängen angeben, vgl. auch DIN EN</p>	<p>3.5.5 Drillknicken und Biegedrillknicken</p> <p><b>3.5.3.1 Allgemeines</b></p> <p><b>3.5.3.2 Bemessungswiderstand bezogen auf Drill- und Biegedrillknicken</b></p>	<p>-Verfahren (2) ohne Schnittgrößenermittlung nach Theorie II. Ordnung am System mit globaler Anfangsschiefstellung-</p> <p>-Entsprechung-</p> <p>-Entsprechung-</p> <p>-Entsprechung-</p>	
---	---	---	---	--

	1993-1-3.			
<p>9.7.6 Kombinierte Biegung und Längsbelastung</p> <p><b>9.7.6.1 Allgemeines</b></p>	<p>„Dies kann behandelt werden wie folgt oder durch Verweisung auf EN 1993-1-1 und EN 1993-1-3.“</p>	<p>3.6 Kombinierte Biegung und Längsbelastung</p> <p><b>-KEINE ANGABEN-</b></p>		
<p><b>9.7.6.2 Biegung und Längsdruck</b></p>	<p>„Bei Stabelementen, welche einer Kombination von Biegung und Längslast ausgesetzt sind, muss folgende Bedingung erfüllt werden:“</p> $N_{Sd}/N_{c,Rd} + M_{y,Sd}/M_{c,y,Rd} + M_{z,Sd}/M_{c,z,Rd} \leq 1$ <p>„wobei sich <math>N_{sd}</math> und <math>M_{sd}</math> aufgrund der Bemessungslasten ergeben und <math>N_{c,Rd}</math> und <math>M_{c,Rd}</math> nach 9.3 und 9.7.3 sind.“</p> <p><i>Die Widerstände berücksichtigen zunächst ausschließlich die Querschnittstragfähigkeiten unter Berücksichtigung lokaler Instabilitäten, wie Beulen und Distortional Buckling)</i></p>	<p><b>3.6.1 Biegung und Längsdruck</b></p>	<p>Entsprechung bezüglich des Nachweisformates, es wird jedoch auf 3.5.2 (Biegeknicken - globale Instabilitätserscheinungen auf Grund Normalkraftbeanspruchung) und auf 3.4.1 (Biegetragfähigkeit des Querschnitts ohne Berücksichtigung globaler Instabilitätserscheinungen) verwiesen.</p>	
<p><b>9.7.6.3 Biegung und Längsdruck ohne Biegedrillknicken</b></p>	<p>Bei Stabelementen, die einer Kombination von Biegung und Längslast ausgesetzt sind, müssen nicht nur die Bedingungen von 9.7.6.2 erfüllt werden, sondern auch folgende zusätzliche Bedingung:</p> <p><i>Unter 9.7.6.2 fehlt somit der Verweis, dass 9.7.6.3 ebenfalls überprüft werden muss.</i></p> $N_{Sd}/(\chi_{min} A_{eff} f_y/\gamma_M) + k_y M_{y,Sd}/(W_{eff,y} f_y/\gamma_M) + k_z M_{z,Sd}/(W_{eff,z} f_y/\gamma_M) \leq 1$ <p>“<math>\chi_{min}</math> = der kleinere von <math>\chi_{db}</math>, <math>\chi_y</math> und <math>\chi_z</math>, worin <math>\chi_{db}</math> der in 9.7.2 c) berechnete Abminderungsfaktor (Abminderungsfaktor beruhend auf experimentellen Untersuchungen) und <math>\chi_y</math> und</p>	<p><b>3.6.2 Biegung mit Längsdruck ohne Biegedrillknicken</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	

	<p><math>\chi_z</math> die Abminderungsfaktoren für die y-y- bzw. z-z- Achse aus 9.7.4 sind. Der Einfluss etwaiger Auswirkungen von Beulen in Verbindung mit Veränderungen der Querschnittsform muss berücksichtigt werden.“</p> <p>...</p> <p><i>Das angegebene Nachweisverfahren entspricht im Wesentlichen der Nachweismethode I für Biegenknicken nach DIN 18800 Teil 2 (Stand November 1990) El. (321). Im Gegensatz zur DIN 18800 wird jedoch nicht gegen plastische Widerstände sondern effektive Widerstände nachgewiesen. Zur Berechnung der Beiwerte <math>k_y</math> und <math>k_z</math> werden Momentenbeiwerte <math>\beta_{M,y}</math> und <math>\beta_{M,z}</math> benötigt. Für die Bestimmung dieser Beiwerte wird auf 9.7.6.4 verwiesen.</i></p> <p>...</p> <p>„Wenn die Spannungsergebnisse aus dem Ergebnis einer Methoden-Theorie II. Ordnung mit allgemeinen Imperfektionen entstehen, dann gilt: <math>k_y</math> und/oder <math>k_z</math> ist nicht größer als 1.“</p> <p>„Wenn die Spannungsergebnisse aus dem Ergebnis einer Methoden-Theorie II. Ordnung mit allgemeinen und örtlichen Imperfektionen entstehen, ist <math>\chi_y</math> und/oder <math>\chi_z = 1</math>, wo zutreffend, vorausgesetzt, dass kein Effekt durch Beulen in Verbindung mit Veränderung der Querschnittsform entstanden ist.“</p> <p><i>- unverständliche Formulierung – die Aufteilung der Imperfektionen entspricht wahrscheinlich den Angaben der EN 1993-1-1. Imperfektionen für Gesamttragwerke und aussteifende Systeme“ (globale Anfangsschiefstellung) = allgemeine Imperfektionen. Örtliche</i></p>			
--	--	--	--	--

<p><b>9.7.6.4 Biegung und Längsdruck mit Biegedrillknicken</b></p>	<p><i>Imperfektionen = Vorkrümmungen von Einzelbauteilen</i></p> <p>„Bei Stabelementen wo Biegedrillknicken als potentieller Versagensmodus vorkommt, muss nicht nur die Bedingung 9.7.5 erfüllt werden, sondern auch folgende zusätzliche Bedingung:</p> $N_{Sd}/(\chi_{min}A_{eff} f_y/\gamma_M) + k_{LT}M_{y,Sd}/(\chi_{LT}W_{eff,y} f_y/\gamma_M) + k_zM_{z,Sd}/(W_{eff,z} f_y/\gamma_M) \leq 1$ <p>wobei die y-y-Achse die Hauptachse ist.“</p> <p><i>Unter 9.7.5 fehlt somit der Verweis, dass 9.7.6.4 ebenfalls überprüft werden muss. Das angegebene Nachweisverfahren entspricht im Wesentlichen der Nachweismethode für Biegedrillknicken nach DIN 18800 Teil 2 (Stand November 1990) El. (323). Im Gegensatz zur DIN 18800 wird jedoch nicht gegen plastische Widerstände sondern effektive Widerstände nachgewiesen. Des Weiteren erfolgt die Abminderung der Normalkraft mit dem kleinsten Abminderungswert <math>\chi_{min}</math> vgl. Ausführungen zu 9.7.6.3</i></p> <p><i>Für die Ermittlung von <math>\chi_{LT}</math> wird zunächst auf die EN1993-1-3 verwiesen, später werden dann folgende Hinweise gegeben:</i></p> <p>„Widerstandswerte in den oben aufgeführten Formeln können in der Praxis durch Versuche wie folgt ermittelt werden:</p> <p><math>A_{eff,y}</math> als charakteristischer Widerstandswert bestimmt, der durch einen Druckversuch am kurzen Stützenstück nach A.2.1 ermittelt wurde;</p> <p><math>W_{eff,y}</math>, <math>\chi_{LT}W_{eff,y}</math> als charakteristischer Widerstandswert bestimmt, der durch einen Biegeversuch nach A.2.9 durch Anwendung der</p>	<p><b>3.6.3 Biegung und Längsdruck mit Biegedrillknicken</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	
--	--	--	-----------------------	--

<p><b>[A.2.9 Biegeversuche an Stützenprofilen]</b></p> <p>9.7.6.5 Biegung und Längszuglast <b>9.7.6.5.1 Nur Zuglast</b></p> <p><b>9.7.6.5.2 Kombinierte Biegung und Zuglast</b></p>	<p>entsprechenden Anordnung ermittelt wurde;</p> <p><math>\chi_{\min} A_{\text{eff},y}</math> kann als charakteristischer Widerstandswert bestimmt werden, der von einem durch Druckversuch an Stützenprofilen nach A.2.3 ermittelt wurde. Alternativ kann dies durch eine Berechnung aufgrund von Versuchen mit kurzen Stützenstücken (siehe A.2.1) ermittelt werden, vorausgesetzt kann nachgewiesen werden, dass Beulen mit Veränderung der Querschnittsform nicht vorkommt (siehe 9.7.2).“</p> <p>Der Zweck der Prüfung ist es, das Biegetragmoment eines Stützenprofils für Biegung um seine „starke“ und „schwache“ Achse zu bestimmen. Zur Feststellung des Biegetragverhaltens um die Symmetrieachse des Stützenprofils, ist ein kompletter Rahmen zu untersuchen, dessen zwei Stützen durch das normale Vergitterungssystem verbunden sind.</p> <p>„Warmgewalzte Zugelemente sind nach EN 1993-1-1, 6.2.3 zu bemessen“</p> <p>„Kaltgewalzte Zugelemente sind nach EN 1993-1-3, 6.1.2 zu bemessen“</p> <p>„Bei Stabelementen, die kombinierter Biegung und Zugkraft ausgesetzt sind, muss folgende Bedingung erfüllt werden:“</p> $N_{Sd}/N_{t,Rd} + M_{y,Sd}/M_{c,y,Rd} + M_{z,Sd}/M_{c,z,Rd} \leq 1$ <p>„Die Widerstandsterme sind in 9.3.2 und</p>	<p>3.6.4 Biegung und Längszuglast <b>3.6.4.1 nur Zuglast</b></p> <p><b>3.6.4.2 Nur Zuglast</b></p>	<p>Entspricht Vorgehensweise gemäß EN 1993-1-1, 6.2.3</p> <p>-Entsprechung-</p>	
---	---	--	---	--

	<p>9.7.6.5.1 definiert.“</p> <p><i>In den entsprechenden Verweisen werden nur Querschnittstragfähigkeiten berücksichtigt. Es fehlt der Hinweis, dass bei kleinen Zugkräften trotzdem ein Stabilitätsnachweis erforderlich sein kann.</i></p> <p>Wenn das Biegetragmoment durch plastische Berechnungsmethoden ermittelt wird, ist die in EN 1993-1-1 angegebene Wechselwirkungsformel anzuwenden.“</p> <p><i>Hinweis, auf welche „Wechselwirkungsformel“ hier genau verwiesen wird fehlt.</i></p>			
--	---	--	--	--



Stoßlaschen				
Quelle	Inhalt	Quelle	Inhalt	
9.8 Auslegung von Stoßlaschen	<p>„Stoßlaschen sind entweder durch Berechnung oder durch Versuche nach A.2.11 zu bemessen“</p> <p>Es folgen Anmerkungen a.) bis e.)</p> <p>„Die Stoßlasche ist für folgende Bedingungen zu bemessen:“</p> $N_{sd}/(A_{sp} f_y/\gamma_M) + (M_{ecc} + M_{j,sd})/(M_{sp}/\gamma_M) \leq 1$ <p>mit</p> $M_{j,sd} = M_{y,sd} + N_{sd} [1/\chi_{LT} - 1] W_{eff}/A_{eff} \sin(\pi x/l)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\chi</math> wie in 9.7.4 angegeben;</li> <li>- <math>A_{eff}</math> die Fläche des effektiven Querschnitts des schwächeren Elements;</li> <li>- <math>W_{eff}</math> das <u>Elastizitätsmodul</u> des effektiven Querschnitts des schwächeren Elements im Biegen;</li> <li>- <math>x</math> <u>der Abstand zwischen dem Biegungspunkt und der Stoßlasche oder Endverbindung;</u></li> <li>- <math>A_{sp}</math> die Nettoquerschnittsfläche der Stoßlasche;</li> <li>- <math>M_{sp}</math> das Biegetragmoment der Stoßlasche;</li> <li>- <math>M_{ecc}</math> das Moment aufgrund von Exzentrizitäten.</li> </ul> <p><i>Muss heißen Widerstandsmoment und Abstand zwischen Wendepunkt der Verzweigungsform (Knicken) und der Stoßlasche oder Endverbindung</i></p>	3.7 Auslegung von Stoßlaschen	<p>-Entsprechung-</p> <p><i>Anstelle Verweis auf Versuche gemäß 5.15, muss auf Versuche gemäß 5.14 verwiesen werden.</i></p>	

<p><b>[A.2.11 Prüfung an Stützenstößen]</b></p>	<p>„Die internen Kräfte und Momente sind als nicht geringer anzunehmen, als ein Moment von 10% des Biegetragmomentes des schwächeren Profils um beide Achsen und einer Scherkraft von 1,5 % des normalen Kraftwiderstandes des schwächeren Profils in den Richtungen von beiden Achsen. Falls die Stoßlasche als ein gelenkiger Anschluss in der Analyse vorgesehen ist, braucht der Mindestwert des Moments nicht angesetzt werden.“</p> <p><i>-unverständliche Formulierung</i></p> <p>„Der Zweck der Prüfung ist es, die Steifigkeit und die Tragfähigkeit von Stoßlaschen zwischen Stützenprofilen zu bestimmen.“</p> <p>„Die Prüfanordnung beinhaltet zwei durch die zu untersuchende Stoßlasche verbundene Stützen, die axial über gelenkige Lagerpunkte an den Enden durch die Kraft F1 belastet sind. Die Kräfte F1 sollten in Richtung der Schwerelinie des Prüfstücks aufgebracht werden.“ Die Stoßlasche wird dabei mittig zwischen den beiden Stützenprofilen angeordnet.</p> <p>„Es müssen Prüfungen mit einer Reihe verschiedener Längslasten F1 durchgeführt werden, <math>F1 \text{ etwa} = 0,25 F_{sd}, 0,5 F_{sd}, 0,75 F_{sd}</math> und <math>1,0 F_{sd}</math>, wobei <math>F_{sd}</math> die voraussichtlich maximale Bemessungslast der Stütze ist. Es muss mindestens ein Versuch mit jedem Wert der Längslast durchgeführt werden.“</p> <p>Zusätzlich zur konstanten Last F1 wird eine Horizontale Last F2 (senkrecht zur Stabachse) in Höhe der Stoßlasche aufgebracht und stufenweise bis zum Versagen des Stoßes</p>	<p><b>5.14 Versuche an Stützenstößen</b></p>	<p>-keine entsprechende Formulierung-</p> <p>-Entsprechung-</p>	
---	--	--	---	--

<p><b>[A.2.11.5 Ableitung der Ergebnisse]</b></p>	<p>erhöht.</p> <p>Aus dem Moment an der Stoßlasche und den gemessenen Verformungen lassen sich für die Stoßlaschen Momenten-Rotationscharakteristiken in Abhängigkeit der einwirkenden Axiallasten nach (A.2.4.5) bestimmen.</p> <p>„Wenn die Abweichung vom Mittelwert in der Steifigkeit oder dem Bemessungs-Grenzmoment unter Längskraft in der Serie von Längskräften (F1) hoch bis zur Bemessungslast der Stütze nicht größer als <math>\pm 10\%</math> liegt, darf der Mittelwert angenommen und für die Berechnung und Auslegung der Konstruktion benutzt werden. Liegt eine größere Abweichung im Versagemoment und in der Steifigkeit der Stoßverbindung vor, sind geeignete Werte entsprechend der Bemessungslängslast zu verwenden.“</p>	<p><b>5.14.5 Ableitung von Ergebnissen</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	
---	---	--	-----------------------	--

<b>Fußplatten</b>				
<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	
<p>9.9 Auslegung von Fußplatten <b>9.9.1 Allgemeines</b></p>	<p>„Jede Stütze muss mit einer Fußplatte ausgestattet werden.“</p> <p>„Der Widerstand der Fußplatte, der Sohldruck und der Bodenanker sind zu prüfen.“</p> <p>„Der Sohldruck und der Fußplattenwiderstand dürfen unter der allgemeinen Einwirkung der Normalkraft ermittelt werden. Etwaige Momente durch Einspannung dürfen ignoriert werden.“</p> <p>„Anmerkung: Die Stützen-Boden-Verbindung ist üblicherweise auf Druck und Biegung</p>	<p><b>3.8 Auslegung von Fußplatten</b></p>	<p>„Jede Stütze muss mit einer Fußplatte ausgestattet werden. Die Stütze und Fußplatte müssen schlüssig aneinander angeordnet sein. In diesem Abschnitt werden Näherungsbemessungsmethoden für Fußplatten dargestellt. Als Alternative können Versuche in Übereinstimmung mit Abschnitt 5.8 durchgeführt oder, für Betonboden, Anhang L von ENV 1993-1-1 angewandt werden.“</p>	

<p><b>9.9.2 Effektive Fläche <math>A_{bas}</math>, für Fußplatten</b></p>	<p>beansprucht. Bei der Ermittlung der Konstante <math>C_{Boden}</math> nach A.2.7 wird der Einfluss dieses Biegemoments jedoch berücksichtigt. Folglich braucht bei der Bemessung der Fußplatte lediglich die Druckspannung für eine konzentrisch belastete Fußplatte geprüft zu werden.“</p> <p>„Bei der Auslegung der Fußplatte wird davon ausgegangen, dass der Auflagerdruck auf die effektive Fläche der Fußplatte über die effektive Fläche gleichmäßig verteilt wird.“</p> <p><math>e = t_b [f_y / (3 f_j)]</math></p> <p>Die Berechnung der effektiven Fläche erfolgt unter Berücksichtigung der Dicke der Fußplatte, der „Bemessungstragkraft“ <math>f_y</math> der Fußplatte sowie der Bemessungsfestigkeit des Bodenmaterials für Sohldruck sieh 9.10</p> <p>„Die Bemessungslängskraft der Stütze an der Fußplattenebene <math>V_{sd}</math> muss folgende Bedingung erfüllen:“</p> <p><math>V_{sd} \leq f_j A_{bas}</math></p> <p><b>-KEINE ANGABEN- Nachweis über Versuche nach A.2.7, vgl. 9.9.1</b></p>	<p><b>3.8.1 Effektive Fläche <math>A_{eff}</math></b></p> <p><b>3.8.2 Fußplatten, die Säulen mit Längsdruck tragen</b></p> <p><b>3.8.3 Kombination von Längslast <math>V_{sd}</math> und Bemessungs-Biegemoment <math>M_{sd}</math> auf einer Fußplatte ohne Ankerbolzen</b></p> <p><b>3.8.3.1 niedrige Werte von <math>M_{sd}</math></b></p> <p><b>3.8.3.2 Höhere Werte von <math>M_{sd}</math></b></p> <p><b>3.8.3.3 Kombination von</b></p>	<p>-Entsprechung-</p> <p>jedoch: <math>e = t_b [f_y / (2 f_j)]</math></p> <p>Bemessungsfestigkeit der des Bodenmaterials für Sohldruck sieh 3.8.4</p> <p>„Wenn die Säule in der Mitte belastet ist, muss der Bemessungswert <math>V_{sd}</math> folgende Bedingung erfüllen“</p> <p><math>V_{sd} \leq f_{cd} A_{eff}</math></p> <p>Angabe von entsprechenden Berechnungsformeln</p>	
---	---	--	---	--

		<b>Längslast <math>V_{sd}</math> und Biegemoment <math>M_{sd}</math> auf einer Fußplatte mit Ankerbolzen</b>	
--	--	--	--

<b>Bodenmaterialien</b>				
<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	
9.10 Bodenmaterialien <b>9.10.1 Betonböden</b>	<p>„Für die Bemessung der Fußplatte kann die Sollfestigkeit des Betons <math>f_j</math> auf der charakteristischen Zylinderfestigkeit <math>f_{ck}</math> basieren, so dass:</p> $f_j = 2,5 f_{ck}/1,5$ <p>Dabei ist <math>f_{ck}</math> die charakteristische Druck-Zylinderfestigkeit für Beton“</p> <p>„Falls die Beschaffenheit des Betons nicht bekannt ist und eine Sichtprüfung zeigt, dass das Material geeignet ist, darf angenommen werden, dass die Festigkeit des Betons 20/25 nach EN 1992 ist, für die gilt: <math>f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2</math></p> <p>Andernfalls müssen Versuche zur Ermittlung der tatsächlichen Festigkeit des Betons unternommen werden“</p> <p><i>Unter Berücksichtigung der Ermittlung der effektiven Fläche gemäß 9.9.2 und der Berechnung der Sollfestigkeit des Betons nach 9.10.1 ergeben sich ca. 22% größere Bemessungslängskräfte der Stützen an der Fußplattenebene gegenüber der FEM 10.2.02.</i></p>	3.8.4 Boden Materialien <b>3.8.4.1 Betonböden</b>	<p>„Für die Bemessung der Fußplatte muss die Sollfestigkeit des Betons, <math>f_{cd}</math>, auf der charakteristischen Zylinderfestigkeit <math>f_{ck}</math> basieren, so dass:</p> $f_{cd} = f_{ck}/1,5$ <p>„Falls die Beschaffenheit des Betons nicht bekannt ist und eine Sichtprüfung zeigt, dass das Material fehlerfrei ist, kann der Beton der Festigkeitsklasse 16/20 gemäß Eurocode 2 zugeordnet werden, für die <math>f_{ck} = 16 \text{ N/mm}^2</math> gilt</p> <p>Andernfalls müssen Versuche zur Ermittlung der tatsächlichen Festigkeit des Betons unternommen werden“</p>	
<b>9.10.2 Bitumenböden</b>	Die Beziehung der Bemessungsspannung für	<b>3.8.4.2 Bitumenböden</b>	-Entsprechung-	

	<p>den Grenzzustand der Tragfähigkeit <math>f_j</math> zu der zulässigen Langzeitspannung <math>f_c</math> ist:</p> $f_j = 1,5 f_c$ <p>Es folgt die Angabe von zulässigen Sohldrücken <math>f_c</math> für Bitumen-Industrieböden. Falls das Bodenmaterial nicht einwandfrei identifiziert werden kann, wird ein zulässiger Sohldruck von <math>f_c = 0,3 \text{ N/mm}^2</math> angesetzt.</p>			
<b>9.10.4 Auslegung der Fußverdübelung</b>	<p>„Die Bemessungskräfte in den Bodenankern müssen für die schwerste Lastkombination beim Grenzzustand der Tragfähigkeit berechnet werden, und die Befestigungen sind nach ETAG Nr. 001 auszulegen.“</p> <p>„Jeder Stützen-Bodenanschluss muss eine Mindesthöchstlast von 3 kN auf Zug und 5kN auf Schub übertragen können.“</p> <p><i>Mit Verweis auf ETAG Nr. 001 entfällt die Angabe von Nachweisen für Bodenanker in DIN EN 15512.</i></p>	<p>3.9 Auslegung von Verankerungen</p> <p><b>3.9.1 Allgemeines</b></p>	<p>„Die Bemessungskräfte in den Bodenankern müssen für die schwerste Lastkombination beim Grenzzustand der Tragfähigkeit berechnet werden“</p> <p>„Außerdem müssen die Anker so ausgelegt werden, daß sie die Zugkräfte aufnehmen können, die zur Aufrechterhaltung der Stabilität gegen Umstürzen gemäß den Anforderungen Abschnitt 2.8 notwendig sind, aufrechterhalten können.“</p> <p>Angabe von Nachweisen für Bodenanker unter Zug- bzw. Schubbelastung sowie kombinierter Zug- und Schubbelastung.</p>	
<b>9.10.4 Auslegung der Distanzstücke</b>	<p>„In Doppelregalen werden zwischen jedem nebenstehenden Paar Rahmen mindestens zwei Distanzstücke benötigt (siehe Bild 2). Diese müssen an den Knotenpunkten der Rahmen angebracht und dabei so weit wie möglich voneinander entfernt angeordnet sein. Ein zusätzlicher Rahmenabstandhalter wird</p>	<p><b>3.9.2 Auslegung von Ankern</b></p> <p><b>3.10 Auslegung der Abstandhalter</b></p>	<p>-Entsprechung-</p>	

	<p>nahe etwaigen Stoßlachen benötigt. Das unterste Distanzstück muss üblicherweise auf der Ebene des ersten Knotenpunktes über dem am niedrigsten Knotenpunkt über dem Boden angebracht werden.“</p> <p>„Jeder Abstandhalter muss einen Zugwiderstand aufweisen, der mindestens der horizontalen Beschickungslast entspricht“</p> <p>„Wenn die Abstandhalter in der Bemessung berücksichtigt werden, so müssen sie imstande sein, den entsprechenden Kräften zu widerstehen.“</p>		<p>-Entsprechung-</p> <p>-kein entsprechender Hinweis</p>	
--	---	--	---	--

<b>Gesamtsystemanalyse</b>				
<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Quelle</b>	<b>Inhalt</b>	
<p>10 Gesamtsystemanalyse von Palettenregalsystemen mit Trägern 10.1 Allgemeine Erwägungen <b>10.1.1 Allgemeines</b></p>	<p>„Die Auslegung des Regalsystems ist zwei Stufen zu verifizieren. In der ersten Stufe findet eine Gesamtsystemanalyse der Konstruktion statt, um die Verteilung der Kräfte und Verschiebungen festzustellen. In der zweiten Stufe werden einzelne Elemente der Konstruktion kontrolliert, um sicherzustellen, dass sie einen ausreichenden Widerstand im Grenzzustand aufweisen, und das sich unzulässige Verformungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nicht entwickeln können.“</p> <p>Nichtlineares Anschlussverhalten darf in der Analyse berücksichtigt werden, sofern die nichtlineare Charakteristik auf Versuchsergebnissen beruht, die zudem eine</p>	<p>4 Gesamtsystemanalyse von Palettenregalen mit Balken sowie von Fachbodenregalen <b>4.1 Allgemeines</b></p>	<p>-Entsprechung-</p> <p>-Entsprechung-</p>	

<p><b>10.1.2 Zweidimensionale Analyse</b></p>	<p>ausreichende Rotationskapazität nachweisen. Alternativ dürfen elastisch-plastische Berechnungsmethoden angewandt werden, wenn die Kriterien aus EN 1993-1-1 und EN 1993-1-3 erfüllt werden.</p> <p>Bei der Analyse von Palettenregalen dürfen diese in zunächst unabhängig wirkende Einzelrahmen unterteilt werden. Bei der Bemessung von Bauteilen müssen jedoch unter Anwendung geeigneter Wechselwirkungsgleichungen die Wirkungen in einer Ebene, die das Verhalten in einer anderen Ebene beeinflussen, berücksichtigt werden.</p>		-Entsprechung-	
<p><b>10.1.3 Höhere dreidimensionale Analyse</b></p>	<p>„Die Gesamtsystemanalyse ist auf einer detaillierten dreidimensionalen Finite-Elemente-Analyse II. Ordnung zu basieren, die sämtliche Anforderungen dieses Dokumentes berücksichtigt. Die angewandte Methode muss im Allgemeinen mit EN 1993-1-1, 5.3.2 (11) übereinstimmen. Die Analyse muss folgende Merkmale einschließen.“</p> <p>Gesamtimperfection in Ganglängsrichtung und Gangquerrichtung.</p> <p>Stabelementimperfection (anfangsgebogene Elemente) sind die in EN 1993-1-1, 5.3.2(11) implizierten Imperfektionen. Wenn die Knickkurve durch Versuche nach A.2.3 ermittelt wird, ist der benötigte Wert von <math>\alpha_{LT}</math> von den Versuchsergebnissen durch stochastische Kurvenermittlung zu bestimmen.</p> <p><i>-der Index LT wird im Allgemeinen für den Versagensmechanismus Biegedrillknicken verwendet. Mit den Versuchen in A.2.3 werden</i></p>	<p><b>Keine Angaben</b></p>		



	<p><i>unabhängig von der tatsächlichen Versagensform Knickspannungslinien für das Knicken in Ganglängsrichtung ermittelt (vgl. Ausführungen zu 9.7)</i></p> <p>Anschlusszentritäten, falls zutreffend.</p> <p>Biegedrillknicken der Stabelemente.</p> <p>Der Einfluss von Verwölbungsverformungen auf Drillknicken (Wagner-Effekt), Verwölbungsverdrehung und Schubmittelpunktzentrität.</p> <p>In solchen Fällen ist das Knicken des Einzelbauteils bei der detaillierten Bemessung zu vernachlässigen, d.h. der <u>Beulspannung</u>-Abminderungsbeiwert <math>\chi=1</math>.</p> <p><i>-müsste heißen Abminderungsbeiwert für Biegeknicken, da durch die Berücksichtigung oben genannter Mechanismen die Stabimperfektionen berücksichtigt werden. Der Einfluss eventueller Beulerscheinungen erfolgt durch einen Querschnittsnachweis mit <math>A_{eff}</math> (vgl. Ausführungen zu 9.2.5)</i></p>			
<p>10.2 Auslegungsverfahren 10.2.1 Einwirkungen <b>10.2.1.1 Allgemeines</b></p> <p><b>10.2.1.2 Bemessungswerte</b></p>	<p>„Regalkonstruktionen sind für die in Abschnitt 6 festgelegten Einwirkungen auszulegen.“</p> <p>„Der Bemessungswert einer Einwirkung am Grenzzustand der Tragfähigkeit sowie am Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wird durch Multiplikation der Einwirkungen durch die in 7.4 angegebenen Lastfaktoren und die in 7.2 und 7.3 angegebenen Kombinationsfaktoren ermittelt.“</p>	<p>4.2 Auslegungsverfahren <b>4.2.1 Lasten</b> <b>4.2.1.1 Belastungsfaktoren</b></p>	<p>Entsprechung-</p> <p>Entsprechung-</p>	

<p><b>10.2.2 Verfahren</b> <b>10.2.2.1 Allgemeines</b></p>	<p>„Die Berechnung eines Regal- bzw. Fachbodenregalsystems ist so durchzuführen, dass zunächst die Ganglängsrichtung und anschließend die Gangquerrichtung betrachtet wird. Um die Stützen auszulegen, werden die Kräfte, die aus diesen zwei Berechnungen entstehen unter Anwendung der Wechselwirkungsformel von 9.7 kombiniert. Wo angebracht, sind andere Elemente auf der Grundlage der einen oder anderen Berechnung für ebene Rahmen entsprechend auszulegen.“</p>	<p>4.2.2 Auslegungsverfahren</p>	<p>Entsprechung-</p>	
<p><b>10.2.2.2 Lastkombination für die Berechnung in der Ganglängsrichtung</b></p>	<p>„Die Konstruktion muss für die Berechnung in Ganglängsrichtung auf folgende Lasten in Kombination untersucht werden:“</p> <p>Es folgen anzusetzende Einzellasten a) – j).</p> <p>„Für die Gesamtstabilität in Ganglängsrichtung reicht eine Betrachtung der vollbelasteten Konstruktion zusammen mit den Einwirkungen, die aus den in 5.3 festgelegten Imperfektionen herrühren.“</p> <p><i>Bei der Berechnung des Systems in Ganglängsrichtung ist die Verbindung zwischen den Palettenträgern und den Stützen als „halbstarre Verbindung“ anzusetzen. Hier greifen die in 9.4.3.2 gemachten Hinweise, dass die unterschiedlichen Steifigkeiten der Träger-Anschlussverbindungen in die beiden vertikalen Richtungen berücksichtigt werden müssten, um das System realitätsnah abbilden zu können.</i></p>	<p><b>4.2.2.1 Lastkombination für die Berechnung in Ganglängsrichtung</b></p>	<p>Entsprechung-</p> <p>Entsprechung-</p> <p>Entsprechung-</p> <p>„Hinweis 3: Schachbrettbelastung kann einen Biegemomentenwechsel in den Balken /Stützen-Verbindungen induzieren. Wenn dies vorkommt, müssen Steifigkeit und Festigkeit der Verbindungsflaschen in der umgekehrten Richtung ausreichend berücksichtigt werden.....“</p> <p><i>Kommentar siehe linke Seite</i></p>	
<p><b>10.2.2.3 Lastkombination für die Berechnung in der Ganglängsrichtung</b></p>	<p>„Die Konstruktion muss in Gangquerrichtung auf folgende Lasten in Kombination untersucht werden.“</p>	<p><b>4.2.2 Lastenkombinationen für Berechnungen in Gangquerrichtung</b></p>	<p>Entsprechung-</p>	

<p><b>10.2.2.4 Verschiebungsgrenzwert in Ganglängsrichtung</b></p>	<p>Es folgen anzusetzende Einzellasten a) – e).</p> <p>„Es muss sichergestellt werden, dass für eine Konstruktion von einer Gesamthöhe h, die Verschiebung des vollbelasteten Regals mit den Einwirkungen aus den in 5.3 festgelegten Imperfektionen (jedoch nicht die Beschickungslasten wie in 6.3.4.3 spezifiziert) unter dem Verschiebungsgrenzwert für den in 11.2 festgelegten Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit liegt.“</p> <p>„Wo erforderlich, aufgrund von Rahmenklassifizierung nach 10.3.3, sind bei dieser Analyse die Effekte II. Ordnung zu berücksichtigen.“</p>	<p><b>4.2.3 Verschiebungsgrenzwert in Ganglängsrichtung</b></p>	<p>Entsprechung-</p>	
<p><b>10.2.3 Berechnung von nicht ausgesteiften und ausgesteiften Regalen in Ganglängsrichtung</b></p>	<p>„Die Stabilität in Ganglängsrichtung muss anhand einer rationalen Analyse dargestellt werden, die folgende Faktoren berücksichtigt:</p> <p>a ) die destabilisierenden Effekte Längsdrucklasten in den Stützen (Effekte II. Ordnung);</p> <p>b ) die Moment/Verdrehungscharakteristik der Träger/Stütze-Verbindungen;</p> <p>c ) die Moment/Verdrehungscharakteristik der Stütze/Boden-Verbindungen</p> <p>d ) die Schubsteifigkeit des Aussteifungssystems und seiner Anschlüsse;</p> <p>e ) die Moment/Verdrehungscharakteristiken der Stoßlaschen in den Stützen</p> <p>f ) Einwirkungen aufgrund von 5.3 festgelegten Imperfektionen in Ganglängsrichtung“</p> <p>„Da es nicht möglich ist, die Schubsteifigkeit des Aussteifungssystems und seiner Verbindungen zu berechnen, ist dies anhand eines Versuchs ähnlich dem in A.2.8</p>	<p><b>4.3 Gesamtsystemanalyse</b>  <b>4.3.1 Berechnung von nicht ausgesteiften Regal- und Fachbodenregalsystemen in Ganglängsrichtung</b></p>	<p>Entsprechung-</p>	

<p><b>10.2.4 Moment/Verdrehungscharakteristiken von Träger/Stütze-Verbindungen</b></p> <p><b>10.2.5 Moment/Verdrehungscharakteristiken der Bodenverbindungen</b></p>	<p>beschriebenen Versuch zu bestimmen.</p> <p><i>Über die Art und Weise, wie die in den Versuchen ermittelte Schubsteifigkeit des Aussteifungssystems in der rationalen Analyse berücksichtigt werden soll, werden keine Angaben gemacht.</i></p> <p>„Im Allgemeinen sind die Moment/Verdrehungscharakteristiken der Träger/Stütze-Verbindungen als Bemessungswerte der Steifigkeit und des Biegetragmoments durch Versuche nach A.2.4 zu ermitteln.“</p> <p>„Die Steifigkeit der Stützen/Boden-Verbindung kann als eine gelenkige Verbindung angenommen werden.“</p> <p>„Für eine Stütze mit einer flachen Endkante kann die Steifigkeit der Stützen/Boden-Verbindung = <math>EI/h</math> angenommen werden. Dabei ist  <math>EI</math> die Biegesteifigkeit der Stütze in Ganglängsrichtung;  <math>h</math> die Höhe der ersten Trägerebene, wobei der Mindestwert 1m beträgt.“</p> <p>„Die Bemessung des Stützenprofils und der Fussplatte hängt von den internen Kräften der Gesamtanalyse ab.“</p> <p>„Wird ein höherer Wert der Steifigkeit der Stützen/Boden-Verbindung in der Berechnung eingesetzt, so muss sie anhand von Versuchen nach A.2.7 ermittelt werden. Hierzu wird eine passende Längslast entsprechend der Grenzzustand der Tragfähigkeit für die zu bemessende Konstruktion eingesetzt.“</p>	<p><b>4.3.1.1 Moment-Verdrehungscharakteristiken von Balken/Stütze Verbindungen</b></p> <p><b>4.3.1.2 Moment/Verdrehungscharakteristiken der Bodenverbindungen</b></p>	<p>Entsprechung-</p> <p>Entsprechung-</p>	
--	---	--	---	--

<p>10.3 Berechnung von nicht ausgesteiften und ausgesteiften Regalen in Gangquerrichtung <b>10.3.1 Allgemeines</b></p>	<p>„Die Stabilität in Gangquerrichtung muss durch eine rationale Analyse nachgewiesen werden, die folgende Faktoren berücksichtigt:</p> <p>a ) die Schubelastizität des Verstrebungssystems einschließlich der Elastizität der Verbindungen zwischen Stützen und Aussteifungselementen. Diese muss durch Versuche nach A.2.8 ermittelt werden; b ) die Moment/Verdrehungscharakteristik der Stoßlaschen der Stützen; c ) von Fördereinrichtungen verursachte Lasten; d ) die Moment/Verdrehungscharakteristik der Stützen/Boden-Verbindungen; e ) die Gesamtstabilität des ausgesteiften Rahmens; f ) Einwirkungen, die aufgrund von den in 5.3.3 festgelegten Imperfektionen in Gangquerrichtung verursacht sind.</p> <p><i>Es fehlen Angaben in welcher Art und Weise die Schubelastizität des Verstrebungssystems (a ) berücksichtigt werden soll.</i></p> <p>„Eine Moment/Verdrehungscharakteristik, die ungleich null ist, darf eingesetzt werden, wenn sichergestellt ist, dass voller Kontakt mit dem Boden bestehen bleibt.“</p> <p><i>Angabe con konstruktiven Bedingungen für „vollen Kontakt“, Überprüfung in der Praxis?</i></p>	<p><b>4.3.2 Berechnung von nichtausgesteiften und ausgesteiften Regalen in Gangquerrichtung</b></p>	<p>Entsprechung-</p>	
<p><b>10.3.2 Stabilität außerhalb</b></p>	<p>„Ungleiche Druckbelastung der beiden Stützen</p>	<p><b>Keine Angaben</b></p>		

<p><b>der Rahmenebene</b></p>	<p>eines Ständerrahmens wird verursacht durch:</p> <p>a ) Grundwert der vertikalen Imperfektion  b ) angelegte horizontale Last;  c ) Effekte II. Ordnung</p> <p>Die höchstbelastete Stütze ist auf Biegeknicken und Drillknicken außerhalb der Ebene (in Ganglängsrichtung) zu kontrollieren. Es kann angenommen werden, dass diese Kontrolle für nicht ausgesteifte Regale nicht bestimmend ist.“</p>			
<p><b>10.3.3 Rahmenklassifizierung</b></p>	<p>„Eine Rahmenklassifizierung basiert auf dem kritisch elastischen Lastverhältnis <math>V_{Sd}/V_{cr}</math>.</p> <p>Wenn <math>V_{Sd}/V_{cr} \leq 0,1</math>, ist ein Rahmen als verschiebungsfrei zu klassifizieren, d.h. seine Reaktion auf horizontale Kräfte in Rahmenebene ist steif genug für die Erfüllung folgender Bedingung: bei Vernachlässigung etwaiger zusätzlicher interner Kräfte oder Momente, die aus horizontaler Verschiebung der Knotenpunkte entstehen, wird eine annehmbare Genauigkeit erzielt. In einem solchen Fall ist eine Berechnung I. Ordnung ausreichend. Jeglicher andere Rahmen ist als Verschiebungsrahmen einzustufen, und die Auswirkungen der horizontalen Verschiebung seiner Knotenpunkte müssen bei der Auslegung berücksichtigt werden.</p> <p>Methoden der Schätzung von <math>V_{cr}</math> mit</p>	<p><b>4.3.3 Gesamtsystemanalyse</b></p> <p><b>4.3.3.1 Rahmenklassifizierung</b></p>	<p>„Für den Zweck der Gesamtsystemanalyse werden Systemlinien verwendet, die mit den Schwerelinien des Bruttoquerschnitts der Stabelemente koinzidieren.</p> <p>Entsprechung-</p>	

	<p>ausreichender Genauigkeit für Rahmenklassifizierung sind in den Anhängen B, C und G zu finden.</p> <p>„<u>Berechnungsniveaus</u> sind in 10.4 angegeben.“</p> <p><i>Sollte heißen Berechnungsmethoden?</i></p> <p>„Wenn <math>0,1 \leq V_{Sd}/V_{cr} \leq 0,3</math>, darf eine Stufe-2-Berechnung angewendet werden, bei der Effekte II. Ordnung indirekt behandelt werden.</p> <p>„Wenn <math>V_{Sd}/V_{cr} \geq 0,3</math>, ist eine Stufe-1-Berechnung erforderlich, bei der Effekte II. Ordnung direkt behandelt werden.</p> <p><i><math>V_{Sd}</math> ist gemäß Abschnitt 9.4.4 der Bemessungswert der vertikalen Last auf den Rahmen; und <math>V_{cr}</math> der kritische elastische Wert der vertikalen Last bei Versagen im Verschiebungsmodus, vgl. Hinweise zu 9.4.4.</i></p> <p><i>Die Ordnungsnummern der Überschriften suggeriert zunächst, dass eine Rahmenklassifizierung nur für die Berechnung in Gangquerrichtung relevant ist. Je nach Klassifizierung erfolgt eine Stufe 1 bzw. Stufe 2 Berechnung, vgl. Abschnitt 10.4., die jedoch sowohl für die Berechnung in Ganglängsrichtung als auch in Gangquerrichtung angewendet werden.</i></p>			
<p><b>10.4 Methoden der Gesamtsystemanalyse</b></p>	<p>„Eine umfassende Gesamtanalyse eines kompletten Rahmens oder bei einem langen Regal mit einer repräsentativen Anzahl Felder in der Ganglängsrichtung oder Gangquerrichtung muss in einer der zwei Methoden durchgeführt werden:</p> <p>Stufe 1: Die Anwendung elastischer oder</p>	<p><b>4.3.3.2 Methoden der Gesamtsystemanalyse</b></p>	<p>Entsprechung-</p>	

	<p>elastisch-plastischer Berechnung II. Ordnung, wobei die Bauteile durch prismatische Stäbe und die Anschlüsse mit passenden Moment/Verdrehungscharakteristiken dargestellt sind.</p> <p>Es gibt zwei alternative Verfahren für die Flexibilität der Trägeranschlüsse:</p> <p>1 ) Die Träger/Stützen-Verbindungen dürfen als Rotationsfedern mit konstanter Steifigkeit betrachtet werden. In diesem Fall muss nach 5.3.2 das Spiel der Träger/Stützen-Verbindungen in die Rahmenimperfectionen mit einbezogen werden.</p> <p>2 ) Die Träger/Stützen-Verbindungen dürfen als nichtlineare Rotationsfedern betrachtet werden. In diesem Fall darf das Spiel der Träger/Stützen-Verbindungen entweder in der Gesamtsystemanalyse integriert werden, indem ein angemessenes Anfangsspiel in die nichtlineare Federcharakteristik aufgenommen wird oder nach 5.3.2 in die Rahmenimperfection mit einbezogen werden muss.</p> <p><i>Die Variante 1 ) und der letzte Teil von Variante 2 ) unterscheidet sich nur in der angesetzten Federcharakteristik (linear in Variante 1 und nichtlinear in Variante 2). Setzt voraus, dass die lineare Federcharakteristik zu konservativen Ergebnissen führt.</i></p> <p>„Stufe 2: Die Anwendung elastischer Berechnung I. Ordnung, wobei die Bauteile durch prismatische Stäbe und die Anschlüsse durch Federn dargestellt sind. Die Effekte II. Ordnung werden indirekt durch eine der folgenden Methoden behandelt.</p>			
--	---	--	--	--



	<p>3 ) Anwendung vergrößerter Verschiebungsmomente, wie in Anhang B beschrieben, wobei die aus einer elastischen Berechnung I. Ordnung ermittelten Verschiebungsmomente durch multiplizieren mit folgendem Quotient vergrößert werden:</p> $V_{cr} / (V_{cr}/V_{Sd})$ <p>Wenn die Methode der vergrößerten Verschiebungsmomente angewandt wird, müssen zur Auslegung der Stabelemente Knicklängen in Rahmenebene für den verschiebungsfreien Modus eingesetzt werden.</p> <p>4 ) Die in Anhang C angegebene Methode, bei der vereinfachte Gleichungen verwendet werden, darf als eine Version der vergrößerten Verschiebungsmethode betrachtet werden und unterliegt den gleichen Anforderungen.</p> <p>5 ) Anwendung sonstiger rationaler Vereinfachung von Effekten II. Ordnung, vorausgesetzt, dass die Methode gegenüber einer vollen Berechnung II. Ordnung kalibriert wird, und dass sie für die Konstruktionsreihe, für die sie angewandt wird, als <u>vorsichtig</u> nachgewiesen werden kann.“</p> <p><i>vorsichtig sollte heißen konservativ</i> Es folgen Anmerkungen.</p> <p>...</p> <p>„Anmerkung 2: Wenn sämtliche Felder die gleiche Konfiguration von Trägerebenen aufweisen, beträgt die Mindestanzahl der Felder fünf oder die tatsächliche Anzahl, wobei die kleinere Zahl genommen wird.“</p>			
--	---	--	--	--

	<p>.....  <i>Anmerkung 2 macht keinen Sinn. Müsste heißen: „Wenn sämtliche Felder die gleiche Konfiguration aufweisen reicht es aus maximal fünf Felder anzusetzen oder die tatsächliche Anzahl, wobei die kleinere Zahl genommen wird. Vgl. englische Version der Norm bzw. Intention der FEM.</i></p>			
<b>10.5 Vereinfachte Berechnungsmethode für Stabilität in Gangquerrichtung</b>	„Eine Beschreibung einer Stufe-2-Methode auf der Grundlage der vergrößerten Verschiebungen befindet sich in Anhang G.“	<b>4.3.4 Vereinfachte Berechnungsmethode für Stabilität in Gangquerrichtung</b>	Entsprechung-	
10.6 Auslegung von Stützen <b>10.6.1 Allgemeines</b>	„Es muss sichergestellt werden, dass beim Grenzzustand der Tragfähigkeit die Anforderungen in 9.7 von den Stützen erfüllt werden, wenn sie den in Abschnitt 6 angegebenen Lasten ausgesetzt sind.“	4.6 Auslegung von Stützen <b>4.6.1 Allgemeines</b>	Entsprechung-	
<b>10.6.2 Bemessungslängskräfte und –biegemomente</b>	<p>„Die Längskräfte und Biegemomente, die für den Grenzzustand der Tragfähigkeit ermittelt werden, sind direkt in die entsprechenden in 9.7.6 angegebenen Wechselwirkungsformeln einzusetzen, aber etwaige außerhalb der Ebene auftretende Effekte, die aus der Gesamtverhalten der Konstruktion entstehen, sind zu berücksichtigen.“</p> <p>Es folgen Anmerkungen.</p> <p>.....          „Anmerkung 2: Der kritische Bemessungsfall für eine Stütze kann aufgrund der Tatsache, dass Effekte II. Ordnung in einer Ebene durch Effekte II. Ordnung in der anderen Ebene vergrößert werden können, verkompliziert werden. Es ist im Allgemeinen nicht erforderlich, diese Wechselwirkung zu berücksichtigen. Die Bemessungslängslast für eine Stütze darf daher durch Effekte II.</p>	<b>4.6.2 Bemessungslängskräfte und Biegemomente</b>	Entsprechung-	

	<p>Ordnung mit Imperfektionen in einer Ebene und Effekte II. Ordnung ohne Imperfektionen in der anderen Ebene vergrößert werden. Wenn diese Auslegung zu einer höheren Längslast führt, als diejenige, die in der entsprechenden Berechnung II. Ordnung verwendet wurde, ist es nicht erforderlich, diese Berechnung zu wiederholen.“</p> <p><i>Formulierung?</i></p>			
<p>11 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit 11.1 Allgemeines <b>11.2 Grenzzustand der Regalgebrauchstauglichkeit</b></p>	<p>„Bei der Berechnung der Durchbiegungen sind die in Abschnitt 6 festgelegten Lasten und die in 5.2.3, 7.3 und 7.4 angegebenen Lasten und Kombinationsfaktoren am Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu berücksichtigen.“</p> <p>„Die Grenzwerte der Durchbiegung sind bei jedem Projekt mit dem Verfasser der Spezifikation zu vereinbaren, wobei die individuellen Anforderungen der Anlage zu berücksichtigen sind.“</p> <p>„Verformungsgrenzwerte bezogen auf sichere Betriebsbedingungen sind in EN 15620 angegeben.“</p> <p>„In Ermangelung spezifischer Anforderungen sind folgende Grenzwerte der Durchbiegung einzusetzen:</p> <p>a ) maximale Verdrehung eines Trägers (siehe 8.5.6): 6 Grad</p> <p>b ) maximale vertikale Durchbiegung in der Stützkonstruktion eines Laufganges bzw. einer vom Regal abgesetzten Bühne: Spannweite/250</p>	<p><b>2.3.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</b></p> <p><b>2.3.2 Anforderung in Bezug auf Durchbiegung</b></p>	<p>„Die Verifizierung des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit gewährleistet das richtige Funktionieren der Elemente unter Betriebsbedingungen. Im Allgemeinen reicht es aus, lediglich die Verformungen oder Durchbiegungen, die das Aussehen oder die effektive Nutzung der Konstruktion beeinflussen, zu betrachten.“</p> <p>„Regal- und Fachbodenraglanlagen müssen so bemessen sein, dass die Durchbiegungen innerhalb der Grenzen liegen, die zwischen dem Kunden, dem Konstrukteur und der zuständigen Behörde als geeignet für die Nutzung sowie die Art der Beschickungsgeräte vereinbart wurden.“</p> <p>„Empfohlene Grenzen für die Durchbiegung sind in Abschnitt 2.3.4 angegeben. In bestimmten Fällen sind engere Grenzen (oder ausnahmsweise weniger strenge Begrenzungen) angemessen, um sich dem jeweiligen Verwendungszweck der Anlage anzupassen.“</p> <p>„Bei der Berechnung der Durchbiegung müssen die Einwirkungen II. Ordnung ausreichend berücksichtigt werden, ebenso</p>	

		<b>2.3.4 Grenzwerte für Durchbiegung</b>	<p>die Drehsteifigkeit etwaiger halbsteifer Verbindungen“</p> <p>„Bei den in Abschnitt 2.4 festgelegten Belastungen und den in Abschnitt 2.7.2 festgelegten Kombinationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind die Grenzwerte für Durchbiegung wie folgt:“</p> <p>maximale vertikale Durchbiegung eines Balens: Spannweite/200</p> <p>maximale Verdrehung eines Balkens (siehe Abschnitt 5.11): 6 Grad</p> <p>maximale vertikale Durchbiegung an der Kante eines Fachbodens: Spannweite/200</p> <p>maximale vertikale Durchbiegung in der Stützkonstruktion eines Laufgangs: Spannweite/250</p>	
<b>12 Kennzeichnung und Beschilderung</b> 12.1 Kennzeichnung der Leistungen von Regalanlagen	-entsprechende Angaben zum Ort und Inhalt der Kennzeichnung	<b>keine Angaben</b>		
13 Prüfverfahren und Auswertung der Ergebnisse <b>13.1 Allgemeines</b>	<p>„Dort wo Prüfungen zur Ermittlung von Leistungsdaten zur Anwendung in der Auslegung durchgeführt werden, sind sie nach Anhang A auszuführen.“</p> <p>„Liegen keine spezifischen Anforderungen an der Prüfung vor, ist jeder zu ermittelnde Wert von Festigkeit, Steifigkeit oder Verformung von mindestens drei Versuchen abzuleiten. <u>Die Prüfbauteile sind in Form von Fertigprodukten nach der normalen Spezifikation aus der</u></p>	<p>5 Versuche</p> <p>5.1 Allgemeines</p> <p><b>5.1.1 Zweck der Versuche</b></p>	<p>„Versuche werden mit der Absicht durchgeführt, Basisleistungsdaten zu erhalten, welche bei Entwurf und Bemessung benötigt werden (Auslegungsversuche) und mit der Absicht der Qualitätssicherung während der laufenden Produktion (Qualitätssicherungsversuche), um sicherzustellen, dass Produktspezifikationen eingehalten werden.</p> <p>Die in diesem Abschnitt beschriebenen Versuche können für beide Zwecke durchgeführt werden.</p> <p>(a ) Auslegungsversuche</p>	

	<p><u>normalen Produktion zu entnehmen.“</u></p> <p><i>Sollte heißen: Die Prüfbauteile sollten mit der Standardausführung übereinstimmen und der Serienfertigung entnommen werden.</i></p>		<p>Auslegungsversuche werden normalerweise als Teile eines Produktentwicklungsprozess mit dem Ziel durchgeführt, Basisdaten zu erhalten und um theoretische oder praktische Leistungsmerkmale einzelner Komponenten oder ganzer Konstruktionen zu bestätigen. Auslegungsversuche müssen nur dann wiederholt werden, wenn wesentliche Änderungen in der technischen Spezifikation auftreten.</p> <p>Jeder zu ermittelnde Wert einer Festigkeit, Steifigkeit oder Verformung soll aus mindestens drei Versuchsergebnissen ermittelt werden. Die Versuchsstücke sind aus der normalen Produktion zu entnehmen; und zwar zufällig ausgewählt aus verschiedenen Produktionsserien sowie vollständig fertiggestellt in Übereinstimmung mit der normalen Produktspezifikation. Ungeachtet dessen darf der Hersteller Materialgüten auswählen, welche Nahe dem Nennwert der Streckgrenze liegen.“</p> <p>(b ) Qualitätssicherungsversuche          Qualitätssicherungsversuche sollen vom Hersteller auf einer regelmäßigen Grundlage durchgeführt werden als Teil eines Qualitätssicherungsplanes welcher sicherstellt, dass das Produkt jederzeit mit seiner Produktspezifikation übereinstimmt. Im Allgemeinen wird es ausreichend sein, regelmäßig zu prüfen, dass die Materialeigenschaften korrekt sind und das Endprodukt mit den Produktzeichnungen übereinstimmt. ...“</p> <p><u>Für die Bestimmung der mechanischen Eigenschaften des verwendeten Stahls sowie für die Ermittlung der charakteristischen</u></p>
--	--	--	--

	<p>Folgende Bemessungsprüfungen sind in Anhang A festgelegt.</p> <p><u>Materialprüfungen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zugprüfungen</li> <li>• Falprüfungen</li> </ul> <p><u>Prüfungen an Bauteilen und Anschlüssen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Druckprüfungen an kurzen Stützenstücken</li> <li>• Druckprüfungen an Stützen</li> <li>• Biegeprüfungen an Trägeranschlusslaschen</li> <li>• Prüfungen zur Ermittlung des Anschlussspiels</li> <li>• Scherprüfungen an Trägeranschlusslaschen und Sicherungsklemmen</li> <li>• Fußanschlussprüfungen</li> <li>• Schubsteifigkeitsprüfungen an Ständerrahmen</li> <li>• Stützenbiegeprüfungen</li> <li>• Biegeprüfungen an Trägern</li> <li>• Prüfungen an Stützenstoßlaschen</li> </ul>		<p><u>Steifigkeit, Traglast und Rotationskapazität von Trägeranschlüssen (Hakenlaschen) sind regelmäßig Versuche durchzuführen.</u></p> <p><u>Es folgen Angaben über Häufigkeit, Dokumentation, Auswertung und zulässige Abweichungen.</u></p> <p>Folgende Versuche sind angegeben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialprüfung (Zugversuche, Falversuche)</li> <li>• Druckversuche an kurzen Stützenstücken</li> <li>• Stützendruckversuche (lange Stützen)</li> <li>• Riegelanschlussversuche</li> <li>• Versuche zur Ermittlung des Anschlussspiels</li> <li>• Versuche zur Ermittlung des Anschlussspiels</li> <li>• Querkraftversuche an Riegelanschlüssen</li> <li>• Fußanschlussversuche</li> <li>• Schubsteifigkeitsversuche an Ständerrahmen</li> <li>• Stützenbiegeversuche</li> <li>• Biegeversuche an Trägern</li> <li>• Fachbodenversuche</li> <li>• Biegeversuche an der Verbindung Fachboden/Stütze</li> <li>• Versuche an Stützenstoßlaschen</li> <li>• Stoßlastversuche</li> <li>• Versuche an Gesamtsystemen natürlicher Größe</li> </ul>	
--	--	--	--	--

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zugversuche an Boden/Stütze – Verbindungen</li> </ul>	
<p>13.2 Anforderungen an Prüfungen</p> <p><b>13.2.1 Ausrüstung</b></p>	<p>„Prüfungen zum Nachweis der Übereinstimmung des Fertigproduktes mit diesem Dokument sind mit Einrichtungen nach den in diesem Dokument aufgeführten Prüfungen durchzuführen.“</p> <p>„Sämtliche Wäge-, Mess-, und Prüfeinrichtungen sind so zu kalibrieren, dass dies auf die einschlägigen Normen zurückverfolgt werden kann. Dort wo keine entsprechenden Normen bestehen, ist die Grundlage der internen Versuche und Kalibrierung zu dokumentieren.“</p> <p>Es folgen Angaben zu Behandlung, Wartung, Kalibrierung und Messgenauigkeit der Prüfeinrichtungen</p>	<p><b>5.1.2 Anforderungen</b></p> <p><b>(a ) Ausführung von Versuchen</b></p>	<p>„Die Ausführung von experimentellen Bewertungen soll nur Organisationen anvertraut werden, deren Mitarbeiter über ausreichende Kenntnisse und Erfahrung zur Planung, Durchführung und Bewertung von Versuchen verfügen.“</p> <p>„Das Versuchslabor muss entsprechend eingerichtet sein und der Versuchsablauf muss eine sorgfältige Durchführung und Dokumentation aller Versuche sicherstellen.“</p> <p>Angaben zur Messgenauigkeit entsprechen den in Angaben in „(e ) Messgenauigkeit“</p>	
<p><b>13.2.2 Auflagebedingungen</b></p>	<p>„Die Prüfbedingungen müssen die normalen Auflagebedingungen widerspiegeln, wie sie in der realen Konstruktion vorhanden sind. Ist dies nicht der Fall, muss der Prüfenieur darlegen, dass die gewählten Bedingungen zu konservativen Ergebnissen führen.“</p>	<p><b>(b ) Auflagerbedingungen</b></p>	<p>-Entsprechung</p>	
<p><b>13.2.2 Ansetzen der Lasten</b></p>	<p>Die Prüflast muss so aufgebracht werden, dass keine anormalen Einflüsse auf oder Verhinderung von Verformungen auftreten können.“</p>	<p><b>(c ) Ansetzen der Last</b></p>	<p>-Entsprechung</p>	
<p><b>13.2.4 Laststufen</b></p>	<p>„Die Lasten müssen entweder stufenweise oder kontinuierlich aufgebracht werden. Wird die Last stufenweise aufgebracht, <u>müssen die ersten vier Stufen jeweils ungefähr 5% der</u></p>	<p><b>(d ) Laststufen</b></p>	<p>-Entsprechung</p>	

<p><b>13.2.5 Zusammenstellen von Prüfstücken</b></p>	<p><u>erwarteten Versagenslast betragen</u> und die übrigen Stufen müssen so gewählt werden, dass das zu beobachtende Verhalten klar definiert ist.“</p> <p><i>Sollte heißen: müssen die ersten vier Stufen in Schrittweiten von jeweils ungefähr 5% der erwarteten Versagenslast betragen (vgl. auch Formulierung aus FEM).</i></p> <p>„Prüfstücke für Prüfungen sind nach den Montageanleitungen des Herstellers zusammenzustellen.“</p>	<p><b>(f ) Zusammenstellen von Versuchsproben</b></p>	<p>„Probeexemplare für Versuche sind in Übereinstimmung mit den beim Hersteller üblichen Abläufen zusammenzustellen, jedoch derart, dass auch der schlechteste Fall erfasst wird. Zum Beispiel sind Schrauben nur soweit anzuziehen, wie es dem niedrigsten in der Praxis vorkommenden Wert entspricht.“</p>	
<p><b>13.2.6 Prüfberichte</b></p>	<p>Es folgen Angaben zur Gestaltung und Inhalt von Prüfberichten.</p>	<p><b>(g ) Versuchsberichte</b></p>	<p>-Entsprechung</p>	
<p>13.3 Beurteilung der Prüfergebnisse <b>13.3.1 Definition der Versagenslast</b></p>	<p>„Versagen des Bauteils gilt als eingetreten wenn:</p> <p>a ) die aufgebrachte Versuchslast die obere Grenze erreicht</p> <p>b ) Verformungen in einer Größenordnung aufgetreten sind, dass das Bauteil nicht länger seine vorgesehene Funktion erfüllen kann.“</p>	<p><b>5.1.3 Beurteilung der Versuchsergebnisse</b> <b>(a ) Definition der Versagenslast</b></p>	<p>-Entsprechung</p>	
<p><b>13.3.2 Korrektur der Prüfergebnisse</b></p>	<p>„<u>Grobe</u> Prüfergebnisse sind zu berichtigen, um Unterschieden in der tatsächlichen Materialdicke im Versuch und der vom Hersteller spezifizierten Nenndicke des Materials Rechnung zu tragen und um Unterschiede zwischen der Streckgrenze des</p>	<p><b>(b ) Korrektur der Versuchsergebnisse</b></p>	<p>-Entsprechung</p>	



<p><b>13.3.3 Ableitungen von charakteristischen Werten</b> <b>13.3.4 Charakteristischer Wert für eine Versuchsserie</b></p> <p><b>13.3.5 Korrekturen an Bruchlast oder –moment</b></p>	<p>Prüfmaterials und der vom Hersteller garantierten Mindeststreckgrenze zu berücksichtigen. Die Art und Weise, wie solche Berichtigungen durchzuführen sind, ist abhängig von der Art der Versuche und ist in A.2 für jeden Versuch getrennt beschrieben.“</p> <p><i>Sollte heißen: reine (unbearbeitete) Prüfergebnisse sind zu berichtigen...</i> „Wenn Prüfstücke für Zugversuche zur Bestimmung der Streckgrenze des Materials vorbereitet werden, müssen diese immer aus einem unbeschädigten Bereich des Versuchskörpers herausgeschnitten werden, der außerhalb von Wärmeeinflusszonen, Abkantungen des Querschnitts sowie außerhalb anderer Flächen liegt, bei denen Kaltverformungen das Ergebnis beeinflussen können.“</p> <p>Angabe statistischer Methoden zur Ermittlung charakteristischer Werte einer Versuchsserie.</p> <p>Die Fraktilefaktoren zur Berechnung der charakteristischen Werte basieren auf einer 95%-Fraktile bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von 95 Prozent, vgl. DIN EN 1990.</p> <p>Angabe eines Verfahrens zur Korrektur der Bruchlast bzw. des Bruchmoments aufgrund von Schwankungen der Streckgrenze des Materials und der Dicke des Prüfstücks bei Prüfungen gemäß Anhang A.</p>	<p><b>(c ) Ableitung von charakteristischen Werten</b> <b>(d ) Charakteristischer Wert für eine Versuchsschar</b></p> <p><b>5.3.4 Korrektur der Beobachtungen</b></p>	<p>-Entsprechung</p> <p>-Entsprechung für prinzipielle Vorgehensweise, jedoch mit abweichenden anderen Korrekturfaktoren</p>	
--	--	---	--	--

In DIN EN 15512 folgen die aufgeführten Anhänge:

Anhang A (normativ)

„Prüfung“

Anhang B (informativ)

„Stabilitätsanalyse in Ganglängsrichtung durch die Methode der verstärkten Verschiebung“

Anhang C (informativ)	„Näherungsgleichungen zur Bemessung eines gleichmäßigen Lagerregals in Ganglängsrichtung“
Anhang D (informativ)	„Hintergrundinformationen über die Annahme von Materialien mit niedrigem Verhältnis $f_u / f_y$ (kaltgewalzter Stahl)“
Anhang E (informativ)	„Positions-Ungenauigkeiten“
Anhang F (informativ)	„Äquivalente Trägerlasten“
Anhang G (informativ)	„Vereinfachte Berechnungsmethode für Stabilität in Gangquerrichtung, unter der Bedingung, dass Fachlasten gleichmäßig über die Höhe des Ständerrahmens verteilt sind“
Anhang H (informativ)	„Werkseigene Produktionskontrolle“
Anhang I (informativ)	„Abweichungen“

### **3.5.2 Analyse DIN EN 15512 sortiert nach prinzipiellem Lastabtrag**

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Detailanalyse nach 3.5.1 derart zusammengestellt, dass eine Übersicht über die grundlegenden Nachweise der DIN EN 15512 entsprechend des prinzipiellen Lastabtrages innerhalb der Regalstruktur gegeben wird.

Eventuelle Kritikpunkte, Verbesserungen bzw. Lücken im Nachweiskonzept werden benannt, so dass in Verbindung mit 3.5.1 jederzeit eine detaillierte Betrachtung möglich ist. Die Übersicht erfolgt wiederum in tabellarischer Form.

**Tabelle 3.4: Detailanalyse DIN EN 15512 sortiert nach Lastabtrag**

Inhalt	Quelle	Bemessungsverfahren/Versuch/ Festlegung	Kommentar
Material	DIN EN 15512:2010-09 8 Stahl	-festgelegte Stähle nach EN1993-1-1 und EN 1993-1-3, gleichwertige Stähle oder Stähle, die festgelegte Anforderungen erfüllen (Faltversuch nach EN ISO 7438 – A.1.2; Zugversuche nach EN 10002-1; A.1.1)	

Inhalt	Quelle	Bemessungsverfahren/Versuch/ Festlegung	Kommentar
Träger – Allgemeines	DIN EN 15512:2010-09 9.3 Träger 9.3.1 Allgemeines	Hinweis auf Berücksichtigung von folgenden Faktoren: örtliches Beulen, Stegkrüppeln, Biegeknicken, unelastisches Verhalten, Scherverzögerung, Flanschwellenbildung, und Verdrehung  -falls keine analytische Behandlung möglich ist, wird auf entsprechende Versuche gemäß A.2.10 verwiesen.	<i>-teilweise direkte Übersetzung aus dem Englischen, daher sind scheinbar unbekannte Einflüsse wie „Scherverzögerung“ (Schubverzerrungen) und „Flanschwellenbildung“ (Forminstabilität bzw. Distortional Buckling) zu berücksichtigen.</i>
Träger – Querschnittstragfähigkeit	9 Konstruktionsanalyse 9.2.2 Einfluss von Eckradien  9.3.2 Biegetragmoment von Stabelementen, die keinem Biegeknicken ausgesetzt sind.	-scharfkantige Berechnung von $I_T$ , $I_W$ , $y_0$ , $i_y$ , $i_z$ , $i_0$ -für alle übrigen QS-Werte Verweis auf EN 1993-1-3 bzw. EN 1993-1-5, gelten also auch für <u>ungelochte</u> Querschnitte  Berechnung nach EM 1993-1-3, 6.1.4  <i>Im verwiesenen Abschnitt 6.1.4 der DIN EN 1993-1-3, werden lokales Beulen und Forminstabilität von Querschnitten (Distortional Buckling) berücksichtigt.</i>	<i>In der englischen Version der Norm ist in der Kapitelüberschrift 9.3.2 an Stelle von Biegeknicken „lateral-torsional buckling“ -also Biegedrillknicken- aufgeführt. Stabinstabilitäten Biegeknicken und Biegedrillknicken werden in DIN EN 1993-1-3 erst im Abschnitt 6.2 behandelt. Die Überschrift 9.3.2 müsste folglich Biegeknicken und Biegedrillknicken (also alle globalen Stabinstabilitäten) gleichermaßen ausschließen.</i>

			<i>Es wird anscheinend prinzipiell davon ausgegangen, dass Trägerprofile ungelocht ausgeführt werden. Deckt sich mit der Erhebung in Tabelle 2.1.</i>
<b>Träger – globale Tragfähigkeit</b>	<p>9.4 Auslegung von Trägern 9.4.1 Allgemeines</p> <p>9.4.2 Belastungen auf Träger</p> <p>9.4.4 Bemessungsbiegemomente für Träger 9.4.3.1 Allgemeines 9.4.3.2 Neuverteilung der Biegemomente im Falle von elastischer Berechnung</p> <p>9.4.3.3 Nährengsbemessungsmethode</p> <p>9.4.4 Bemessungsscherkraft für Träger</p> <p>9.4.5 Durchbiegung von Trägern</p> <p>9.4.6 Träger als Bindeglied in ausgesteiften Palettenregalen</p>	<p>-im GdT müssen Anschlußtragfähigkeiten der Laschen nach 9.5 und Biegung in Kombination mit Torsion nach 9.6 berücksichtigt werden.</p> <p>-Belastungen werden als gleichmäßig verteilt betrachtet -axiale Lasten in Kombination mit Biegung werden in 9.4.6 berücksichtigt</p> <p>-Bei elastischer Schnittgrößenberechnung ist eine Momentenumlagerung von der Trägeranschlußlasche in den Feldbereich der Palettenträger um bis zu 15 % möglich.</p> <p>-für symmetrische Trägerprofile Ermittlung maximaler Trägermomente mit Überschlagsformel</p> <p>-für Regale von regelmäßiger Konstruktion und Belastung Ermittlung der maximalen Scherkraft mit Überschlagsformel</p> <p>-für Regale mit regelmäßiger Konstruktion und Belastung Ermittlung der maximalen Trägerdurchbiegung mit Überschlagsformel</p> <p>-Berücksichtigung von Axialdruck und Biegung bei Trägern, die Normalkräfte aus Aussteifungsverbänden erhalten. Angabe von Knicklängen in Abhängigkeit der Belastung. z.B. a) <u>Wenn der Träger voll belastet ist, ist</u></p>	<p><i>Die Momentenumlagerung setzt eine ausreichende Rotationskapazität im Trägeranschluss bzw. im Stützenprofil voraus. Falls die Stütze das maßgebende versagende Bauteil ist, fehlt die entsprechende Berücksichtigung bei der Stützenbemessung.</i></p> <p><i>Anscheinend werden die Auflagerpunkte der Paletten als seitliche Halterung gegen horizontales Ausweichen angesetzt. Hier fehlt jedoch der absolut notwendige Hinweis, dass Knicken in Richtung der vertikalen Durchbiegung</i></p>

	<p>9.4.7 Bemessungswiderstand bezogen auf Stegkrüppeln</p> <p>9.4.8 Bemessungswiderstand bezogen auf Scherkräfte</p> <p>9.4.9 Kombination von Scherkraft, Längskraft und Biegemoment</p> <p>9.4.10 Kombination von Biegemoment und Stegkrüppeln</p> <p>9.6 Träger, die Biegung und Torsion ausgesetzt sind</p> <p>9.6.1 Allgemeines</p> <p>9.6.2 Biegedrillknicken in Trägern</p>	<p><u>eine Prüfung auf Knicken nicht erforderlich.</u></p> <p>- jeweils Verweis auf EN 1993-1-3</p> <p>-Nachweis entweder mit Versuchen nach A.2.10 oder gemäß EN 1993-1-3 mit Knickkurve „b“</p>	<p><i>sehr wohl zu überprüfen ist vgl. a.).</i></p>
--	---	---	---

Inhalt	Quelle	Bemessungsverfahren/Versuch/ Festlegung	Kommentar
<b>Trägeranschlusslaschen</b>	9.5 Auslegung von Trägeranschlusslaschen 9.5.1 Allgemeines	<p>-Nachweis gegenüber Bemessungsbiegemoment und Bemessungsscherkraft</p> <p>„Falls Prüfungen in der umgekehrten Richtung Ergebnisse für Steifigkeit und Festigkeit aufweisen, die weniger als 50% der in der positiven Richtung gemessenen Werte betragen, so sind für die Bemessung die tatsächlichen Werte zu messen.“</p>	<p><i>Die letzte Bemerkung impliziert zunächst, dass unterschiedliche Steifigkeiten und Festigkeiten bei Trägeranschlusslaschen unter Momentenbeanspruchungen mit unterschiedlichen Vorzeichen vorliegen. In den Ausführungen zu den Biegeversuchen an Trägeranschlüssen (A.2.4) wird jedoch eine Änderung der Belastungsrichtung nicht explizit gefordert. Insbesondere bei der Untersuchung der Aussteifung in Ganglängsrichtung müssten die unterschiedlichen Steifigkeiten mit bilinearen Federsteifigkeiten berücksichtigt werden. Eine</i></p>

	<p>9.5.2 Bemessungsbiegemomente in Trägeranschlusslaschen</p> <p>9.5.3 Bemessungswert der Scherkraft für Trägeranschlusslaschen</p> <p>9.5.4 Bemessungswert der Scherkraft und Biegemoment für Trägeranschlusslaschen</p>	<p>Ermittlung der maximalen Biegemomente mit Überschlagsformeln</p> <p>Verweis auf 9.4.4</p> <p>-Nachweis mit Interaktion zwischen Moment und Scherkraft falls Bemessungsscherkraft größer ist, als die im „Biegeversuch an Trägeranschlüssen (2.4)“ angelegte Scherkraft.</p>	<p><i>Berücksichtigung erst bei einer Abweichung von größer 50% erscheint fragwürdig.</i></p> <p><i>Die in 9.5.4 angegebene Interaktionsformel beinhaltet die Variable a, hierfür wird auf Anhang A.2.4 verwiesen. Anstelle auf Variable a muß auf Variable b verwiesen werden.</i></p>
--	---	--	---

Inhalt	Quelle	Bemessungsverfahren/Versuch/ Festlegung	Kommentar
<b>Stützen – Querschnittstragfähigkeit</b>	<p>DIN EN 15512:2010-09 9 Konstruktionsanalyse 9.2.2 Einfluss von Eckradien</p> <p>9.2.3 Wirkung von Lochungen</p> <p>9.2.5 Wirkung von örtlichem Beulen (gelochte QS)</p> <p>9.2.4 Einfluss von Querschnittsverwindungen (gelochte QS)</p>	<p>-scharfkantige Berechnung von <math>I_T</math>, <math>I_W</math>, <math>y_0</math>, <math>i_y</math>, <math>i_z</math>, <math>i_0</math></p> <p>-für alle übrigen QS-Werte Verweis auf EN 1993-1-3 bzw. EN 1993-1-5, gelten also auch für <u>ungelochte</u> Querschnitte</p> <p>-Zugglieder rechnerisch mit <math>A_{\text{netto}}</math></p> <p>-Druckstäbe mit entsprechenden Prüfverfahren</p> <p>-Ermittlung von <math>A_{\text{eff}}</math> über „A.2.1 Druckversuche am kurzen Stützenstück“</p> <p>-Ermittlung der Tragfähigkeit über „A.2.2 Druckversuche an Stützen – Den Einfluss von Beulen mit Veränderung der Querschnittsform</p>	

	9.7.3 Verifikation von Querschnitten	prüfen“ Spannungsnachweis mit $A_{eff}$	
<b>Stützen – Stabtragfähigkeit</b>	9.7 Druck Spannungen, und Biegung von Stabelementen 9.7.1 Ungelochte Druckstäbe  9.7.2 Gelochte Druckstäbe  9.7.4 Bemessungstragfähigkeit in Bezug auf Biegeknicken 9.7.4.1 Allgemeines 9.7.4.2 Knickkurven 9.7.4.3 Knicklängen	Berechnungsverfahren mit Berücksichtigung des Biegeknickens (9.7.4) sowie des Drill- und Biegedrillknickens (9.7.5) mit Knickspannungslinien  -Ermittlung der Tragfähigkeit über Versuche: A.2.3 - Druckversuche an (langen) Stützen– Ermittlung von Knicklängen -Ermittlung der Tragfähigkeit über FE-Analysen -Ermittlung der Tragfähigkeit über iteratives Verfahren, Eingangswerte bilden die Ergebnisse aus A.2.1 und A.2.2  Ersatzstabnachweis Nachweis analog DIN EN 1993-1-1, mit europäischen Knickspannungslinien nach DIN EN 1993-1-3 + zusätzliche Profilformen  Es sind zwei verschiedenen Verfahren zur Berücksichtigung der Knicklängen angegeben.	<i>unverständliche Formulierung – zu viel Interpretationsspielraum fehlerhafte Zeichnung in Bild 22 (Fall 2), falsch aus FEM 10.2.02 übernommen</i>
	9.7.5 Drillknicken und Biegedrillknicken 9.7.5.2 Bemessungswiderstand bezogen auf Drill- und Biegedrillknicken	Ersatzstabnachweis Nachweis analog DIN EN 1993-1-1 und DIN EN 1993-1-3 mit Berücksichtigung der Knicklängen nach 9.7.4.3 (s.o.)	



	<p>9.7.6 Kombinierte Biegung und Längsbelastung</p> <p>9.7.6.1 Allgemeines</p> <p>9.7.6.2 Biegung und Längsdruck</p> <p>9.7.6.3 Biegung und Längsdruck ohne Biegedrillknicken</p> <p>9.7.6.4 Biegung und Längsdruck mit Biegedrillknicken</p>	<p>Verweisung auf EN 1993-1-1 und EN 1993-1-3</p> <p>Folgende Bedingung muss erfüllt werden:  <math display="block">N_{Sd}/N_{c,Rd} + M_{y,Sd}/M_{c,y,Rd} + M_{z,Sd}/M_{c,z,Rd} \leq 1</math></p> <p>Zusätzlich zu 9.7.6.2 muss folgender Nachweis geführt werden</p> $N_{Sd}/(\chi_{min} A_{eff} f_y/\gamma_M) + k_y M_{y,Sd}/(W_{eff,y} f_y/\gamma_M) + k_z M_{z,Sd}/(W_{eff,z} f_y/\gamma_M) \leq 1$ <p>“<math>\chi_{min}</math> = der kleinere von <math>\chi_{db}</math>, <math>\chi_y</math> und <math>\chi_z</math>, worin <math>\chi_{db}</math> der in 9.7.2 c) berechnete Abminderungsfaktor (Abminderungsfaktor beruhend auf experimentellen Untersuchungen) und <math>\chi_y</math> und <math>\chi_z</math> die Abminderungsfaktoren für die y-y- bzw. z-z- Achse aus 9.7.4 sind. Der Einfluss etwaiger Auswirkungen von Beulen in Verbindung mit Veränderungen der Querschnittsform muss berücksichtigt werden.“</p> <p>Zusätzlich zu 9.7.5 muss folgender Nachweis geführt werden.</p> $N_{Sd}/(\chi_{min} A_{eff} f_y/\gamma_M) + k_{LT} M_{y,Sd}/(\chi_{LT} W_{eff,y} f_y/\gamma_M) + k_z M_{z,Sd}/(W_{eff,z} f_y/\gamma_M) \leq 1$	<p><i>Die Widerstände berücksichtigen zunächst ausschließlich die Querschnittstragfähigkeiten unter Berücksichtigung lokaler Instabilitäten, wie Beulen und Distortional Buckling)</i></p> <p><i>Unter 9.7.6.2 fehlt somit der Verweis, dass 9.7.6.3 ebenfalls überprüft werden muss.</i></p> <p><i>Das angegebene Nachweisverfahren entspricht im Wesentlichen der Nachweimethode I für Biegeknicken nach DIN 18800 Teil 2 (Stand November 1990) EI. (321). Im Gegensatz zur DIN 18800 wird jedoch nicht gegen plastische Widerstände sondern effektive Widerstände nachgewiesen. Zur Berechnung der Beiwerte <math>k_y</math> und <math>k_z</math> werden Momentenbeiwerte <math>\beta_{M,y}</math> und <math>\beta_{M,z}</math> benötigt. Für die Bestimmung dieser Beiwerte wird auf 9.7.6.4 verwiesen.</i></p> <p><i>- unverständliche Formulierung für die Bestimmung der Beiwerte <math>k_y</math> und <math>k_z</math> sowie <math>\chi_y</math> und <math>\chi_z</math> – die Aufteilung der Imperfektionen entspricht wahrscheinlich den Angaben der EN 1993-1-1.</i></p> <p><i>Unter 9.7.5 fehlt somit der Verweis, dass 9.7.6.4 ebenfalls überprüft werden muss. Das angegebene Nachweisverfahren entspricht im Wesentlichen der Nachweimethode für Biegedrillknicken nach DIN 18800 Teil 2 (Stand November 1990) EI. (323). Im Gegensatz zur DIN 18800 wird jedoch nicht gegen plastische</i></p>
--	---	---	--

	[A.2.9 Biegeversuche an Stützenprofilen]	<p>wobei die y-y-Achse die Hauptachse ist.“</p> <p>Ermittlung des Biegetragmomentes eines Stützenprofils für Biegung beide Aschen. Für Biegung um die Symmetrieachse des Profils, ist ein kompletter Rahmen bestehend aus zwei Stützen und Vergitterungssystem zu prüfen.</p>	<p><i>Widerstände sondern effektive Widerstände nachgewiesen. Des Weiteren erfolgt die Abminderung der Normalkraft mit dem kleinsten Abminderungswert <math>\chi_{\min}</math> vgl. Ausführungen zu 9.7.6.3</i></p>
	<p>9.7.6.5 Biegung und Längszuglast 9.7.6.5.1 Nur Zuglast</p> <p>9.7.6.5.2 Kombinierte Biegung und Zuglast</p>	<p>„Warmgewalzte Zugelemente sind nach EN 1993-1-1, 6.2.3 und kaltgewalzte Zugelemente nach EN 1993-1-3, 6.1.2 zu bemessen“</p> <p>„Bei Stabelementen, die kombinierter Biegung und Zugkraft ausgesetzt sind, muss folgende Bedingung erfüllt werden:“</p> $N_{Sd}/N_{t,Rd} + M_{y,Sd}/M_{c,y,Rd} + M_{z,Sd}/M_{c,z,Rd} \leq 1$ <p>„Die Widerstandsterme sind in 9.3.2 und 9.7.6.5.1 definiert.“</p> <p>Wenn das Biegetragmoment durch plastische Berechnungsmethoden ermittelt wird, ist die in EN 1993-1-1 angegebene Wechselwirkungsformel anzuwenden.“</p>	<p><i>In den entsprechenden Verweisen werden nur Querschnittstragfähigkeiten berücksichtigt. Es fehlt der Hinweis, dass bei kleinen Zugkräften trotzdem ein Stabilitätsnachweis erforderlich sein kann.</i></p> <p><i>Hinweis, auf welche „Wechselwirkungsformel“ hier genau verwiesen wird fehlt.</i></p>

Inhalt	Quelle	Bemessungsverfahren/Versuch/ Festlegung	Kommentar
<b>Gesamtsystem-analyse</b>	10 Gesamtsystemanalyse von Palettenregalen mit Trägern 10.1 Allgemeine Erwägungen 10.1.1 Allgemeines  10.1.2 Zweidimensionale Analyse  10.1.3 Höhere dreidimensionale Analyse	Zweistufige Berechnung: 1 Gesamtanalyse zur Schnittgrößenermittlung und Verformungsberechnung. <ul style="list-style-type: none"> <li>• elastische Berechnungsmethode unter Berücksichtigung des nichtlinearen Anschlußverhaltens</li> <li>• elastisch-plastische Berechnungsmethode falls Duktilitätsanforderungen aus EN1993-1-1 und EN1993-1-3 erfüllt</li> </ul> 2 Elementnachweise für GdT und GdG  -Unabhängige Berechnung der Ganglängsrichtung und Gangquerrichtung -Bauteilbemessung durch Anwendung von Wechselwirkungsgleichungen die Einflüsse der der beiden Ebenen berücksichtigen.  Gesamtsystemanalyse mit detaillierter dreidimensionalen Finite-Elemente-Analyse II. Ordnung in Übereinstimmung mit EN 1993-1-1, 5.3.2 (11) übereinstimmen.	
<b>Auslegungsverfahren in Ganglängsrichtung</b>	10.2 Auslegungsverfahren 10.2.2.2 Lastkombination für die Berechnung in der Ganglängsrichtung	Untersuchung für Lastkombinationen aus: <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Eigengewicht;</li> <li>b) Auflast aus gelagerten Waren;</li> <li>c) Auflast aus Laufgängen oder Bühnen;</li> <li>d) Einwirkungen aus Imperfektionen in Ganglängsrichtung</li> <li>e) Auflast aus Fördereinrichtungen</li> </ol>	<i>Bei der Berechnung des Systems in Ganglängsrichtung ist die Verbindung zwischen den Palettenträgern und den Stützen als „halbstarre Verbindung“ anzusetzen. Hier greifen die in 9.4.3.2 gemachten Hinweise, dass die unterschiedlichen Steifigkeiten der Träger-Anschlussverbindungen in die beiden vertikalen Richtungen berücksichtigt werden müssten, um</i>

	10.2.8 Berechnung von nicht ausgesteiften und ausgesteiften Regalen in Ganglängsrichtung	<p>Das jeweils ungünstigste Belastungsschema für die Auflasten aus gelagerten Waren ist für:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>g) Gesamtstabilität in Ganglängsrichtung;</li> <li>h) Biegen und Knicken der Stützen;</li> <li>i) Durchbiegungen und Biegemoment an der Spannmitte</li> <li>j) Momente in den Träger/Stützen-Verbindungsstellen</li> </ul> <p>Stabilitätsuntersuchung durch rationale Analyse unter Berücksichtigung folgender Faktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) die destabilisierenden Effekte Längsdrucklasten in den Stützen (Effekte II. Ordnung);</li> <li>b) die Moment/Verdrehungscharakteristik der Träger/Stütze-Verbindungen;</li> <li>c) die Moment/Verdrehungscharakteristik der Stütze/Boden-Verbindungen</li> <li>d) die Schubsteifigkeit des Aussteifungssystems und seiner Anschlüsse;</li> <li>e) die Moment/Verdrehungscharakteristiken der Stoßstellen in den Stützen</li> <li>f) Einwirkungen aufgrund von 5.3 festgelegten Imperfektionen in Ganglängsrichtung</li> </ul>	<p><i>das System realitätsnah abbilden zu können.</i></p> <p><i>Die Einflüsse aus den Steifigkeiten der Faktoren b) bis e) werden aus Bauteilversuchen ermittelt.</i></p> <p><i>Über die Art und Weise, wie die in den Versuchen ermittelte Schubsteifigkeit des Aussteifungssystems in der rationalen Analyse berücksichtigt werden soll, werden keine Angaben gemacht.</i></p>
<b>Auslegungsverfahren in Gangquer-richtung</b>	10.2.2.3 Lastkombination für Berechnung in Gangquer-richtung	<p>Untersuchung für Lastkombinationen aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Eigengewicht;</li> <li>b) Auflast aus gelagerten Waren;</li> <li>c) Auflast aus Laufgängen oder Bühnen;</li> <li>d) Auflast aus Fördereinrichtungen (einschl. Beschickungslasten nach 6.3.3 bis 6.3.4)</li> <li>e) Einwirkungen aus Imperfektionen in</li> </ul>	

	10.3 Berechnung von nicht ausgesteiften und ausgesteiften Regalen in Gangquerrichtung	<p>Gangquerrichtung</p> <p>Stabilitätsuntersuchung durch rationale Analyse unter Berücksichtigung folgender Faktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) die Schubelastizität des Verstrebungssystems einschließlich der Elastizität der Verbindungen zwischen Stützen und Aussteifungselementen. Diese muss durch Versuche nach A.2.8 ermittelt werden.</li> <li>b) die Moment/Verdrehungscharakteristik der Stoßlaschen der Stützen;</li> <li>c) von Fördereinrichtungen verursachte Lasten;</li> <li>d) die Moment/Verdrehungscharakteristik der Stütze/Boden-Verbindungen</li> <li>e) die Gesamtstabilität des ausgesteiften Rahmens;</li> <li>f) Einwirkungen, die aufgrund von den in 5.3.3 festgelegten Imperfektionen in Gangquerrichtung verursacht sind.</li> </ul>	<p><i>Die Einflüsse aus den Steifigkeiten der Faktoren a), b) und d) werden aus Bauteilversuchen ermittelt.</i></p> <p><i>Über die Art und Weise, wie die in den Versuchen ermittelte Schubsteifigkeit des Aussteifungssystems in der rationalen Analyse berücksichtigt werden soll, werden keine Angaben gemacht.</i></p>
<b>Berechnungsmethoden (Ganglängs und Gangquerrichtung)</b>	10.4 Methoden der Gesamtsystemanalyse	<p>In Abhängigkeit der Rahmenklassifizierung <math>V_{sd}/V_{cr}</math> ist eine Stufe 1 oder Stufe 2 Berechnung durchzuführen.</p> <p><u>Stufe 1:</u> Die Anwendung el. oder el.-pl. Berechnung II. Ordnung, wobei die Bauteile durch prismatische Stäbe und die Anschlüsse mit passenden Moment/Verdrehungscharakteristiken dargestellt sind.</p> <p><u>Stufe 2:</u> Die Anwendung el. Berechnung I. Ordnung, wobei die Bauteile durch prismatische Stäbe und die Anschlüsse durch Federn dargestellt sind. Die Effekte II.</p>	

		<p>Ordnung werden indirekt durch eine der folgenden Methoden behandelt.</p> <p>3 ) Anwendung vergrößerter Verschiebungsmomente, wie in Anhang B beschrieben, wobei die aus einer elastischen Berechnung I. Ordnung ermittelten Verschiebungsmomente durch multiplizieren mit folgendem Quotient vergrößert werden:</p> $V_{cr} / (V_{cr}/V_{Sd})$ <p>4 ) Die in Anhang C angegebene Methode, bei der vereinfachte Gleichungen verwendet werden, darf als eine Version der vergrößerten Verschiebungsmethode betrachtet werden und unterliegt den gleichen Anforderungen.</p> <p>5 ) Anwendung sonstiger rationaler Vereinfachung von Effekten II. Ordnung, vorausgesetzt, dass die Methode gegenüber einer vollen Berechnung II. Ordnung kalibriert wird, und dass sie für die Konstruktionsreihe, für die sie angewandt wird, als <u>vorsichtig</u> nachgewiesen werden kann.</p>	
--	--	--	--

## 4 Zusammenfassende Auswertung Palettenregalsysteme

Aus der Analyse der vorhandenen Regelwerke für Palettenregalsysteme, lassen sich insgesamt folgende Ergebnisse zusammenfassen.

### formell:

- Prinzipiell zeigt der Vergleich der DIN EN 15512 mit der FEM 10.2.02 in Abschnitt 3.5.1, dass sich die Formulierungen und Berechnungsvorschriften der DIN EN 15512 (Stand der Technik) sehr stark an den Ausführungen in der FEM 10.2.02 orientieren.
- Die „Nähe“ zur FEM 10.2.02 führt dazu, dass in der DIN in einigen Fällen Variablen aus der FEM verwendet werden, die nicht weiter definiert sind, vgl. Kommentar zu DIN EN 15512, 5.3.4 „Imperfektionen in Regalen, die teilweise in der Ganglängsrichtung ausgesteift sind“.
- Partiiell erschweren mehrdeutige bzw. unverständliche Formulierungen die richtige Interpretation und Anwendung der DIN EN 15512, vgl. z.B. 9.8 „Auslegung von Stoßlaschen“ oder 9.7.6.3 „Biegung und Längsdruck ohne Biegedrillknicken“ – jeweils letzter Absatz. Im Vergleich mit der englischen Version der DIN EN lassen sich diese unverständlichen Formulierungen nur teilweise auf direkte Übersetzungen in die Deutsche Sprache zurückführen, die insbesondere im fachlichen Zusammenhang keine sinnvolle Aussage bilden, vgl. Kommentar zu 5.2.2 „Grenzzustand der Tragfähigkeit“ und 10.1.3 „Höhere dreidimensionale Analyse“

### inhaltlich:

Derzeit existieren keine eingeführten technischen Regeln zum Nachweis von:

- stabilitätsgefährdeten gelochten Profilen
- Einhakverbindungen (Anschlusslaschen) zwischen Längstraverse und Regalständer
- Stützenfußverbindungen
- Laschenverbindungen an Stützenstößen
- Längs- und Queraussteifungen

Der „Nachweis“ der oben genannten Komponenten erfolgt in DIN EN 15512 versuchsgestützt durch umfangreiche Bauteilversuche. Für die entsprechenden Versuchsdurchführungen sind im Anhang A (normativ) der DIN EN 15512 Angaben zur Prüfanordnung und Versuchsauswertung sowie zur Ableitung der Prüfergebnisse zu finden. Einige dieser Angaben sollten konkretisiert und an die tatsächlichen Anforderungen in der Praxis angepasst bzw. auf die Ausführungen im Normtext abgestimmt werden. Dies betrifft insbesondere folgende Punkte:

- Auslegung von Trägeranschlusslaschen: zwingende Berücksichtigung der unterschiedlichen Steifigkeiten von Trägeranschlüssen in entgegengesetzte Belastungsrichtungen zur realitätsnahen Erfassung der Aussteifung in Ganglängsrichtung, vgl. auch Kommentare zu 9.4.3.2 „Neuverteilung der Biegemomente im Falle von elastischer Berechnung“ und 9.5 „Auslegung von Trägeranschlusslaschen“ in Tabelle 3.3.
- Bei der experimentellen Ermittlung der Steifigkeiten der Trägeranschlusslaschen nach DIN EN 15512 A.2.4 bleiben Normalkräfte in den Stützen unberücksichtigt. Die Normalkraft in der Stütze hat jedoch insbesondere in den Fällen Einfluss auf die Anschlusssteifigkeit, wenn es sich bei dem Stützenprofil um das maßgebende versagende Bauteil handelt.
- Das Bruchbiegetragmoment der Trägeranschlusslasche kann gemäß Versuchsbeschreibung DIN EN 15512, A.2.4. auch durch das Versagen des Stützenprofils gekennzeichnet sein. Gemäß 9.4.3.2 „Neuverteilung der Biegemomente im Falle von elastischer Berechnung“ darf bei einer Überschreitung des Bruchbiegetragmomentes einer Trägeranschlusslasche eine Umlagerung von 15% des Endmomentes an der Lasche in den Feldbereich des Trägers erfolgen. Für den Fall, dass sich in den Versuchen das Stützenprofil als das maßgebende Bauteil für die Anschluss Tragfähigkeit erwiesen hat, müsste eine entsprechende Berücksichtigung beim Nachweis der Stützen erfolgen.
- Explizite, für alle Hersteller allgemeingültige, Angabe zur rechnerischen Berücksichtigung der in Versuchen ermittelten Schubsteifigkeit von Ständerrahmen bei der Berechnung der Regalsysteme in Gangquerrichtung: Während die Aussteifung von Palettenregalen in Ganglängsrichtung, vgl. Bild 3.1 prinzipiell mit den Anschlusssteifigkeiten der Trägeranschlusslaschen in entsprechenden Berechnungsprogrammen berücksichtigt werden kann, stellt sich die Frage, wie die experimentell ermittelten Schubsteifigkeiten/-Weichheiten (vgl. DIN EN 15512 A.2.8) der Ständerrahmen, die für die Aussteifung in Gangquerrichtung wesentlich sind, in einer Tragwerksberechnung zweifelsfrei und eindeutig berücksichtigt werden. Die DIN EN 15512 gibt in Anhang G (informativ) zwar eine „Vereinfachte Berechnungsmethode für Stabilität in Gangquerrichtung, unter der Bedingung, dass die Fachlasten gleichmäßig über die Höhe des Ständerrahmens verteilt sind“ an, diese ist jedoch an spezielle Bedingungen geknüpft und somit nicht allgemeingültig anwendbar.
- Die Bestimmung der Schubsteifigkeit eines Ständerrahmens erfolgt an einem liegenden Rahmensystem gemäß der im Anhang zur DIN EN 15512 aufgeführten Versuchsbeschreibung. Hierbei ist zu beachten, dass die gemessene Verformung ebenfalls die Dehnverformungen der Fachwerkstäbe beinhaltet. In der Regel sind beim statischen Nachweis sämtliche Stäbe im Berechnungsmodell einschließlich ihrer Dehnverformungen erfasst. Bei der Berechnung der Schubsteifigkeit sind diese folglich von den gemessenen Verformungen auszuschließen. Die somit folgenden Restverformungen beschreiben die Schubsteifigkeit folgend aus Anschlussverformungen und Profilverformungen im Anschlussbereich Gurt-Diagonale. Der Versuchsaufbau zur Feststellung der Schubsteifigkeit sollte daher in



Hinsicht auf eine wirklichkeitsnahe Erfassung der Schubsteifigkeit und einer effizienteren Auswertung der Versuchsergebnisse überarbeitet werden.

- Im Nachweiskonzept für gelochte Druckstäbe wird die Versagensform des Distortional Bucklings über Versuche an mittellangen Stützen verifiziert. „Die Länge der Stütze ist der Länge des einzelnen Aussteifungsfeldes gleichzusetzen, das am nahesten zu einem Meter liegt.“ Die Berücksichtigung des Distortional Bucklings erfolgt nur, wenn die Traglast aus dem Versuch geringer ist als eine „theoretisch“ ermittelte Last, bei der sowohl Beulen als auch Biegeknicken und Biegedrillknicken berücksichtigt werden muss. Die Biegeknicksicherheit wird über den Ersatzstabnachweis mit den Europäischen Knickspannungslinien berücksichtigt, wobei für die offenen Stützenprofile die Knickspannungslinie b angesetzt wird. Variieren die Längen der Aussteifungsfelder, ist jede Aussteifungsfeldlänge je Stützenkombination (auch experimentell) zu prüfen. Sicherheitslücken ergeben sich falls sich die Knickspannungslinie b als die nicht maßgebende erweist und falls die Hersteller auf Grund der u.U. großen Anzahl der durchzuführenden Versuche nicht jede auftretende Variation experimentell überprüfen.



## 5 Datenerfassung – Einfahr- und Durchfahrregale

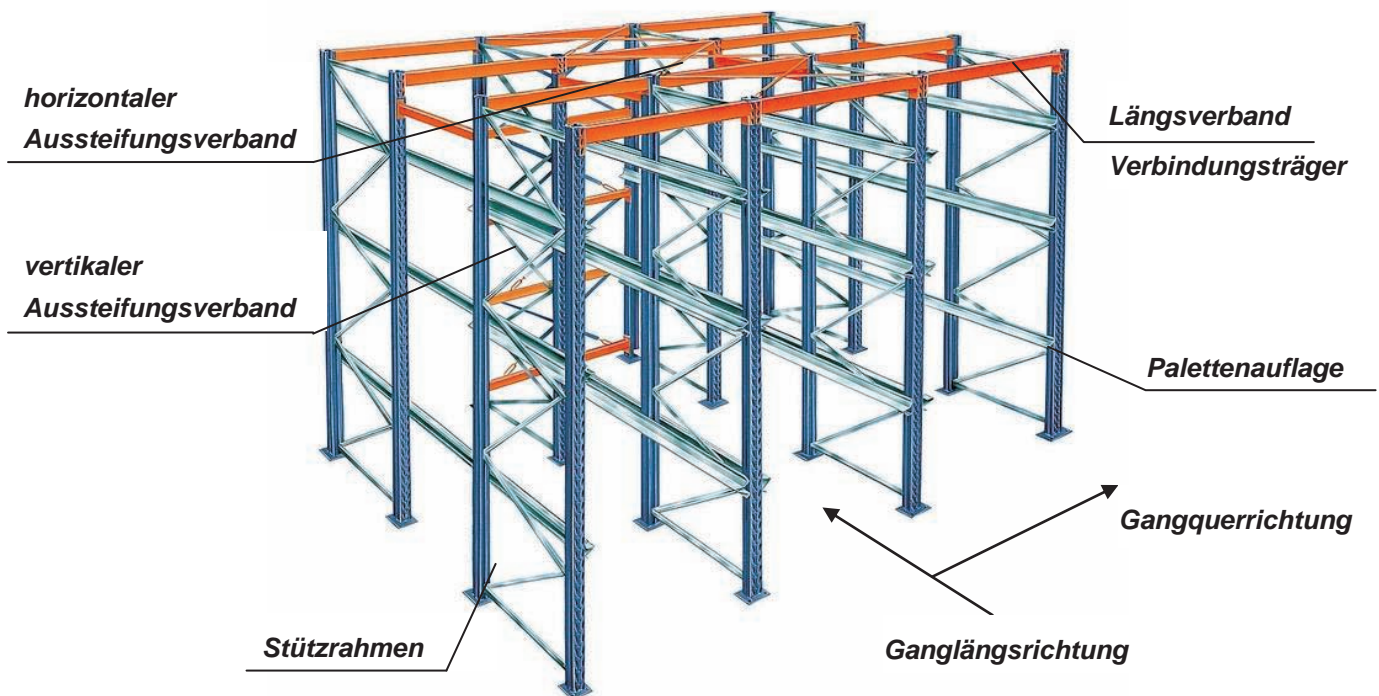
### 5.1 Allgemeines

Im Folgenden wird durch Sichtung und Auswertung von Firmenunterlagen ein genereller Überblick über die zurzeit auf dem Markt verfügbaren Einfahr- und Durchfahrregalsysteme gegeben, dabei wurden wieder die Unterlagen von folgenden Firmen berücksichtigt:

Jungheinrich AG  
 META-Regalbau GmbH & Co. KG  
 BITO-Lagertechnik Bittmann GmbH  
 Fritz Schäfer GmbH SSI SCHÄFER

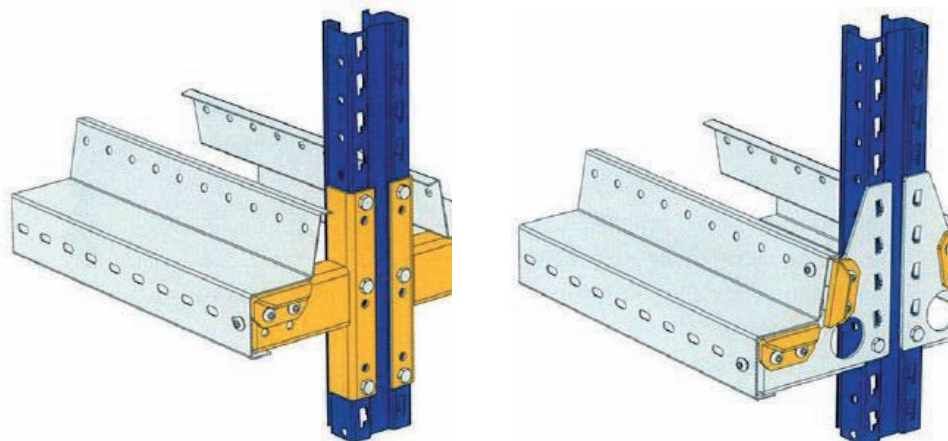
### 5.2 Genereller Aufbau/Lastabtrag Einfahrregale

Sämtliche untersuchte Regalsysteme bestehen prinzipiell aus den in Bild 5.1 dargestellten Bauteilen.



**Bild 5.1:** *Prinzipielle Ausführung Einfahrregalsysteme*

Die Aufnahme der vertikalen Palettenlasten erfolgt zunächst über die horizontal angeordneten Palettenauflagen (Tiefenauflagen), die parallel zur Ganglängsrichtung über Konsolen in die Ständer der Stützrahmen eingehängt werden (Einhängekonsolen), vgl. Bild 5.2.



**Bild 5.2:** Ausführungen Einhängekonsolen, (Bildquelle Produktinformation Fa. Jungheinrich)

Die Tiefenauflagen leiten die Lasten zu den Stützrahmen/Regalständern weiter, wobei diese aus in der Regel C-förmigen, mit Versteifungssicken ausgebildeten Ständerprofilen bestehen. Die Ständerprofile sind für den vertikalen Lastabtrag verantwortlich und sind zur Aussteifung in Ganglängsrichtung mit einem Fachwerk aus C-Profilen zu einer Baugruppe verschraubt. Das prinzipiell Konstruktions- und Aussteifungsprinzip in Ganglängsrichtung ist somit identisch mit den Regalständern der einfachen Palettenregale, vgl. Abschnitt 3.2.

### 5.2.1 Einfahrregale

Die Aussteifung des Systems erfolgt in Ganglängsrichtung über die vertikalen Stützrahmen/Regalständer. In Gangquerrichtung werden die einzelnen Stützebenen zunächst über eine Kopplung der Stützenköpfe durch einen biegesteif angeschlossenen Längsverband verbunden. Zusätzlich dazu wird das System durch vertikale Aussteifungsverbände in der Rückebene ausgesteift, wobei die einzelnen Längsverbände in der Dachebene durch einen horizontalen Aussteifungsverband an diese Rückenverstrebung angeschlossen werden.

### 5.2.2 Durchfahrregale

Der wesentliche Unterschied zu den Einfahrregalen besteht in der Aussteifung der Konstruktion in Gangquerrichtung. Die Be- und Entladung des Regals von zwei Seiten verhindert die Aussteifung des Regals über einen an einer der Querseite angeordneten Aussteifungsverband. Die Aussteifung der Konstruktion erfolgt somit ausschließlich über die an den Stützenköpfen biegesteif angeschlossenen Verbindungsträger und über eventuelle Einspannungen, die durch den Anschluss der Stützenfüße an den Hallenboden realisiert werden. Je nach Höhe des jeweiligen Regalsystems ergeben sich somit in Gangquerrichtung relativ „weiche“ Konstruktionen.

### **5.3 Analyse konstruktiver Aufbau – Einfahr- und Durchfahrregale**

Wie auch schon bei den einfachen Palettenregalsystemen erfolgt zunächst eine Analyse des konstruktiven Aufbaus der Grundsysteme der Einfahr- bzw. Durchfahrregale in den Blöcken:

- Horizontale und vertikale Tragglieder für den Lastabtrag der Fachlasten
- Aussteifungselemente in Regalquer und Regallängsrichtung
- Bestimmung der Verbindungsarten

Prinzipiell werden für die Grundkomponenten der Einfahr- und Durchfahrregale die Selben Komponenten verwendet wie bei den einfachen Palettenregalen. In der folgenden Tabelle sind somit die Angaben zu den Stützen und Aussteifungselementen identisch mit den jeweiligen Angaben der Tabelle 3.1. Lediglich die Angaben zu den Tiefenauflagen und zu den Einhängekonsolen liefern neue Erkenntnisse.

Tabelle 5.1: Auswertung konstruktiver Aufbau - Einfahr- und Durchfahrregale

		Einfahr - Durchfahrregale				
		1	2	3	4	5
Ifd. Nr.						
Hersteller		Jungheinrich	Jungheinrich	META	BITO	SCHÄFER
Produktname		EFE	EFB	MULTIPALE/D	PRO	PR 600
LASTABTRAG	<b>-horizontal längs- Tiefenauflage</b>					
	-kaltgeformt	x	x	x	x	x
	-nichtversetzte Löcher	x	x	x		
	-ungelocht				x	x
	-offen	x	x	x	x	x
	<b>-Konsole/Tiefenauflagenhalter</b>					
	-"gepresst", eingehakt/gesteckt	x	x	x		
	-gekantet			x	x	x
	-U-Profil m. angeschweißtem Winkel, angeschraubt		x			
	-U-Profil, angeschraubt					x
	<b>-(vertikal)- Stützenprofile</b>					
	-warmgewalzt					
	-kaltgeformt	x	x	x	x	x
	-versetzte Löcher	x	x	x	x	x
	-nichtversetzte Löcher					
	-geneigte Löcher		x	x		
	-offen	x	x	x	x	x
	<b>sonstige</b>					

<b>AUSSTEIFUNG</b>	<b>Ganglänsgrichtung</b>	<b>teilausgesteifter Rahmen</b>						
		<b>Z-Form</b>			<b>x</b>			
		<b>D-Form</b>	<b>x</b>	<b>x</b>		<b>x</b>	<b>x</b>	
		<b>K-Form</b>						
		<b>Profil - horizontal -</b>						
		-kaltgeformt	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	
		-ungelocht	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	
		-offen	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	
		<b>Profil - diagonal -</b>						
		-warmgewalzt						
		-kaltgeformt	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	
		-ungelocht	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	
		-offen	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	
		<b>sonstige</b>						
		<b>Gangquer- richtung</b>	<b>beigesteife Verbindung der Stützenköpfe</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>"Fußeinspannung" (Teileinspannung)</b>	<b>(x)</b>		<b>(x)</b>	<b>(x)</b>	<b>(x)</b>	<b>(x)</b>		

		<b>Einfahr - Durchfahrregale</b>				
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	<b>lfd. Nr.</b>					
	<b>Hersteller</b>	<i>Jungheinrich</i>	<i>Jungheinrich</i>	<i>META</i>	<i>BITO</i>	<i>SCHÄFER</i>
	<b>Produktname</b>	<i>EFE</i>	<i>EFB</i>	<i>MULTIPAL E/D</i>	<i>PRO</i>	<i>PR 600</i>
<b>VERBINDUNGEN</b>	<b>Stütze-Längsverband</b>	<b>?</b>	<b>?</b>	<b>4</b>	<b>1?</b>	<b>4</b>
	<b>Stützenfuss - Fussplatte</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
	<b>Stütze-Stütze</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
	<b>Stütze -Einhängekonsole</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
	<b>Stütze -Aussteifung quer horizontal</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
	<b>Stütze -Aussteifung quer diagonal</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
	geschraubt = 1; geschweißt =2; geclincht =3; eingehakt/gesteckt =4; genietet =5					

Die Angabe der Abmessungen und Lasten bezogen auf ein Grundsystem der Lagereinrichtung kann hier nicht vorgenommen werden. Die Hersteller verweisen in Ihren Unterlagen auf das jeweilige Grundmodul des jeweils angebotenen Palettenregalsystems, vgl. Bezeichnung der Produkte in Tabelle 3.1. Die jeweiligen Ausführungen werden mit den

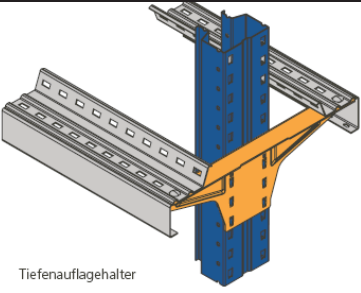
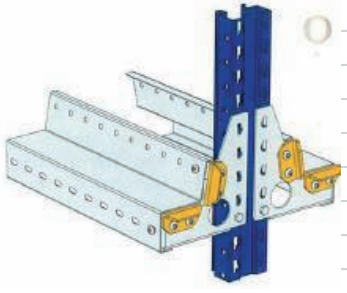
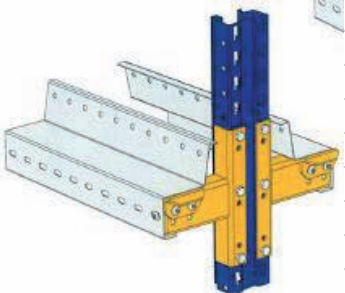
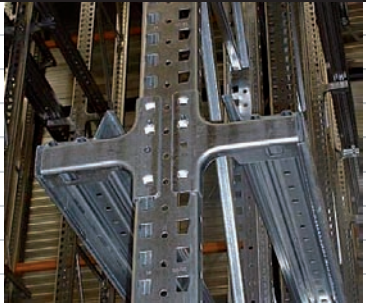
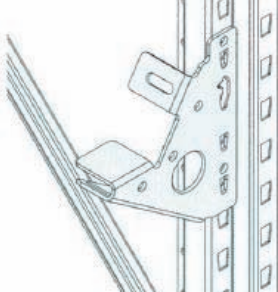
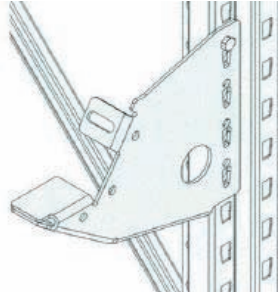


genannten Grundkomponenten jeweils auf den spezifischen Kundenwunsch zugeschnitten. Durch die Auswertung realisierter Projekte und nach Rücksprache mit den Herstellern, lassen sich die Regalabmessungen auf die maximalen Größen  $H \times T = 11000 \times 16100$  [mm] eingrenzen. Die Breite der Regalanlagen ist dabei prinzipiell nicht begrenzt und abhängig von den örtlichen Gegebenheiten beim Kunden.

Die Plattenlasten variieren dabei zwischen 0,6 und 1,0 t.

Eine Katalogisierung der grundlegenden Verbindungskomponenten erfolgt in Tabelle 5.2, wobei hier lediglich die Tiefenauflagen und die Tiefenauflagenhalter aufgeführt werden. Die weiteren Konstruktionselemente sind Tabelle 3.2 zu entnehmen.



**Tabelle 5.2: Übersicht der einzelnen Hakenkonsolen und Tiefenauflagen sortiert nach Hersteller**

	A	C
VERBINDUNGEN		
GRUNDDATEN	VERTIKALER LASTABTRAG	
Lfd. Nr. Hersteller Produktname	Tiefenauflagenhalter/Hakenkonsole + Tiefenauflage	
	standard	Sonderabmessungen
1 Jungheinrich EFE	 <p>Tiefenauflagehalter</p>	
2 Jungheinrich MPE		
3 META Multipal E/D		
4 BITO Pro		
5 SCHÄFER PR 600		

## 5.4 Zusammenfassung konstruktiver Aufbau - Einfahr- und Durchfahrregale

### 5.4.1 Stützenprofile

Vgl.3.4.1.

### 5.4.2 Palettenauflage

Als Palettenauflagen kommen ausschließlich katgeformte, offene Profile zu Einsatz, die je nach Hersteller entweder gelocht oder ungelocht ausgeführt werden.

### 5.4.3 Anschluss Stütze - Längsverband

Der biegesteife Anschluss der Stützen an die Längsverbände wird i. d. R. analog der Anschlüsse der Stützen an die Längstraversen durch Einhak- oder Einsteckverbindungen wie bei den einfachen Palettenregalen ausgeführt, vgl. 3.4.3.

### 5.4.4 Anschluss Stützenfuß – Fußplatte

Vgl. 3.4.4.

### 5.4.5 Anschluss Stütze - Queraussteifung

Vgl. 3.4.5

### 5.4.6 Ausbildung der horizontalen und vertikalen Aussteifungsverbände (Einfahrregal)

Die in der Dach- und Rückebene angeordneten Aussteifungsverbände bei Einfahrregalen werden i.d.R. durch kreuzweise angeordnete Zugdiagonalen realisiert.

## 5.5 Stand der Technik/Einfahr- und Durchfahrregale

Für Einfahr- und Durchfahrregale existiert derzeit kein vergleichbares Normenwerk, wie die für die Bemessung von Palettenregalen gültige DIN EN 15512. Für die Dimensionierung und Berechnung steht der Praxis die FEM 10.2.07 Drive-In Design Code – The Design of `Drive-In and Drive-Through Racking` (Februar 2011/Version 0.16), [2] , zur Verfügung.

Die FEM 10.2.07, erhält jedoch größtenteils ergänzende Bemessungsregeln zur DIN EN 15512, [13], welche den Besonderheiten der Einfahr- und Durchfahrregale in Bezug auf anzusetzende Imperfektionen und Lasten Rechnung trägt.

Insgesamt verweist der 38 –seitige „Normtext“ der FEM 10.2.07 (inkl. Einleitung, Inhaltsverzeichnis, Begriffsbestimmung etc.) in folgenden Punkten vollständig auf die DIN EN 15512:

- Abschnitt 5.1.4      Bemessungslebensdauer
- Abschnitt 5.2        Auslegungsmethoden
- Abschnitt 6.2        Permanente Einwirkungen

- Abschnitt 6.3.1 Veränderliche Einwirkungen
- Abschnitt 6.3.7 Einwirkungen, die aus Montagevorgängen bestehen
- Kapitel 7 Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsregeln
- Kapitel 8 Stahl
- Kapitel 9.2 Berechnung von Querschnitten
- Abschnitt 9.4.7 Bemessungswiderstand bezogen auf Stegkrüppeln
- Abschnitt 9.4.8 Bemessungswiderstand bezogen auf Scherkräfte
- Abschnitt 9.4.9 Kombination von Scherkraft, Längskraft und Biegemoment
- Abschnitt 9.4.10 Kombination von Biegemoment und Stegkrüppeln
- Kapitel 9.6 Träger, die Biegung und Torsion ausgesetzt sind
- Kapitel 9.7 Druck, Spannung und Biegung in Stabelementen
- Kapitel 9.8 Auslegung von Stoßlaschen
- Kapitel 9.9 Auslegung von Fußplatten
- Kapitel 9.10 Bodenmaterialien

Eine alleinige Anwendung der FEM 10.2.07 zur Berechnung von Einfahr- und Durchfahrregalen ist somit nicht möglich.

Da die Grundkomponenten der Einfahr- und Durchfahrregale im Wesentlichen den Grundkomponenten der einfachen Palettenregalsysteme gleichen, macht die Kopplung der beiden Normenwerke FEM 10.2.07 und DIN EN 15512 prinzipiell Sinn, auch wenn die Verweisungen der FEM 10.2.07 mit den in Abschnitt 4 angegebenen formellen Kritikpunkten nicht zur Übersichtlichkeit beiträgt, und die Anwendung zusätzlich erschwert.



## 6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

### 6.1 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird eine Übersicht über die aktuell auf dem Markt angebotenen Palettenregalsysteme erarbeitet und die Vorschriften analysiert, die für die statische Berechnung und konstruktive Durchbildung von Palettenregalen zur Verfügung stehen.

In einem ersten Schritt wird die Tragwirkung und Aussteifung der Regale untersucht sowie die verwendeten Konstruktionselemente und Baugruppen von Regalsystemen verschiedener Hersteller katalogisiert, so dass im Ergebnis eine Übersicht der realisierten Verbindungen zur Verfügung steht und eine Aussage über mögliche Abmessungen und zulässige Lagerlasten erfolgen kann.

Der Wesentliche Teil der Arbeit liegt in der sukzessiven Analyse und kritischen Auseinandersetzung mit den vorhandenen Berechnungsvorschriften insbesondere der DIN EN 15512 „Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl – Verstellbare Palettenregale – Grundlagen der statischen Bemessung“. Hierbei werden die prinzipiellen Schwierigkeiten bei der Anwendung der Berechnungsvorschrift herausgearbeitet, Empfehlungen zu einer eventuellen Modifikation angegeben und dem jeweiligen Normtext tabellarisch zugeordnet. In einer Gesamtauswertung erfolgt anschließend die Formulierung von Handlungsempfehlungen zur Modifikation der aktuellen Normung.

Der Abschluss der Arbeit wird durch die Analyse des konstruktiven Aufbaus von Einfahr- und Durchfahrregalen gebildet, die eine Sonderform der einfachen Palettenregale darstellen.

### 6.2 Schlussfolgerungen

Im Ergebnis der einzelnen Arbeitsschritte zeigt sich für die untersuchten einfachen Palettenregalsysteme, dass die konstruktive Durchbildung der Regale unabhängig vom Hersteller auf den Selben Konstruktionselementen und Baugruppen beruht. Die prinzipiellen Fragestellungen bei der konstruktiven Durchbildung und statischen Berechnung gleichen sich somit anbieterunabhängig. Aufgrund mangelnder Nachweisformate/Konzepte erfolgt die Erfassung der einzelnen Steifigkeiten der Komponenten von z.B. Stützen-Riegel-Anschlüssen sowie die Ermittlung der Tragfähigkeiten von z.B. gelochten Stützenprofilen in der Praxis mit Hilfe von umfangreichen Bauteilversuchen. Die DIN EN 15512 gibt hierfür entsprechende Angaben zur Prüfanordnung, Versuchsauswertung und Ableitung von Ergebnissen vor.

Die Bauteilversuche die aktuell bei der Erteilung der bauaufsichtlichen Zulassung für Palettenregale durch das Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) zu Grunde gelegt werden, orientieren sich ebenfalls an der DIN EN 15512. Dies scheint vor dem Hintergrund ähnlicher Konstruktionsprinzipien trotz unterschiedlicher Hersteller gerechtfertigt.

Die Analyse der Konstruktionsprinzipien der Einfahr- und Durchfahrregale zeigte, dass bei deren Aufbau im Wesentlichen die gleichen Baugruppen verwendet werden wie bei den einfachen Palettenregalen. Die Ähnlichkeit der Konstruktionsprinzipien von einfachen Palettenregalen und Einfahr- und Durchfahrregale hat zur Folge, dass die entsprechende Berechnungsvorschrift für Einfahr- und Durchfahrregale (FEM 10.2.07 -Einfahr- und Durchfahrregale), in großen Teilen auf die DIN EN 15512 verweist. Insbesondere vor diesem Hintergrund scheint die intensive Auseinandersetzung und Weiterentwicklung bzw. Konkretisierung der DIN EN 15512 sinnvoll, um für die anspruchsvolle konstruktive Durchbildung und statische Berechnung von Palettenregalen ein effektives Regelwerk für die praktische Anwendung zur Verfügung zu stellen. Als Grundlage hierfür können die Ergebnisse dieser Arbeit dienen.

Aufgrund der möglichen großen Lagerabmessungen und der hohen realisierbaren Lasten bei gleichzeitig vorliegenden komplexen Bauteilgeometrien sind die Forderungen der Landesbauordnungen nach entsprechenden Standsicherheitsnachweisen für Regalsysteme, deren Oberkante der Lagerguthöhe 7,5 m übersteigt, zwingend einzuhalten.

Auf der Grundlage der DIN EN 15512 ist die Durchführung entsprechender bautechnischer Nachweise möglich, wenn die Tragfähigkeiten und Steifigkeiten spezifischer Regalkomponenten auf der Grundlage der im Anhang der Norm genannten Versuchsdurchführung bestimmt und bauaufsichtlich zugelassen sind.

Es wird empfohlen, die DIN EN 15512 bezüglich der im vorliegenden Bericht aufgeführten formalen und inhaltlichen Kritikpunkte zu überarbeiten.

Eine Homogenisierung auf Grundlage der Form und des Aufbaus des Eurocodes wird vor dem Hintergrund einer durchgängigen einheitlichen Normenfamilie und einer eindeutigen praxisorientierten Anwendbarkeit empfohlen.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] FEM 10.2.02  
Berechnungsempfehlungen für ortsfeste Paletten- und Fachbodenregale aus Stahl, Fédération Européene de la Manutention, Section X, 03/1998, inkl. Änderungen vom November 1999.
- [2] FEM 10.2.07  
`Drive-in and drive-through racking`, Drive-in design code, Fédération Européene de la Manutention, Section X ,February 2011, Version 0.16
- [3] RAL-RG 614/1  
Güte- und Prüfbestimmungen für Fachbodenregale, RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., August 2000
- [4] RAL-RG 614/2  
Güte- und Prüfbestimmungen für Palettenregale, RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., August 2000
- [5] RAL-RG 614/3  
Güte- und Prüfbestimmungen für mehrgeschossige Regalanlagen, RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., August 2000
- [6] RAL-RG 614/4  
Güte- und Prüfbestimmungen für verfahrbare Regale und Schränke, RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., August 2000
- [7] RAL-RG 614/5  
Güte- und Prüfbestimmungen für Kragarm-Regaleinrichtungen, RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., August 2000
- [8] RAL-RG 614/613  
Güte- und Prüfbestimmungen für gelochte Systemprofile aus Stahl, RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., August 2000
- [9] EN 1993-1-1  
Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Deutsches Institut für Normung e.V., 12/2010
- [10] EN 1993-1-3  
Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-3: Allgemeine Regeln - Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche, Deutsches Institut für Normung e.V., 12/2010

- [11] EN 1993-1-5  
Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile,  
Deutsches Institut für Normung e.V., 12/2010
- [12] EN 1993-1-8  
Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von  
Anschlüssen, Deutsches Institut für Normung e.V., 12/2010
- [13] DIN EN 15512  
Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl – Verstellbare Palettenregale – Grundlagen der  
statischen Bemessung, Deutsches Institut für Normung e.V., September 2010