

Forschungsvorhaben: Zum Stand der Technik im Bereich von Lagereinrichtungen

## Zusammenfassung des Schlussberichtes

### 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,
- Güte- und Prüfbestimmungen für Palettenregale RAL-RG 614/2,
- Güte- und Prüfbestimmungen für mehrgeschossige Regalanlagen RAL-RG 614/3,
- Güte- und Prüfbestimmungen für verfahrbare Regale und Schränke RAL-RG 614/4,
- Güte- und Prüfbestimmungen für Kragarm-Regaleinrichtungen RAL-RG 614/5,
- Güte- und Prüfbestimmungen für gelochte Systemprofile aus Stahl RAL-RG 614/613,

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

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 Prüfsachverständigen 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“, 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.
- 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.
- Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile; Deutsche Fassung EN 1993-1-5:2006 + AC:2009, Stand Dezember 2010.
- 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.

# 3 Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

## 3.1 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.

## 3.2 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.