	FEDERATION EUROPEENNE DE LA MANUTENTION Sektion IX SERIENHEBEZEUGE	**FEM 9.832**
	Berechnungsgrundlagen für Regalbediengeräte Toleranzen, Verformungen und Freimaße im automatischen Kleinteilelager (keine Silobauweise)	08.2001 (D)

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Einleitung und Zielsetzung 2
2 Geltungsbereich 2
3 Definitionen 3
4 Einflußfaktoren 4
4.1 Baugrund / Baugrundsetzungen 5
4.2 Bodenplatte 5
4.3 Fahrschiene 6
4.4 Obere Führungsschiene 7
4.5 Ladeeinheit 8
4.6 Konturkontrolle 10
4.7 Einlagerungsplatz 10
4.8 Regalbediengerät 11
4.9 Regalkonstruktion 12
5 Freimaße 19
5.1 Einfahrmaße 19
5.2 Fachfreimaße 20
5.3 Gangfreimaße 21
5.4 Besondere Störkanten 22
6 Wertetabelle aller Einflußfaktoren 23
7 Kontrollrechnung 27
7.1 Zusammenhänge 27
7.2 Rechenverfahren 27

Anhang:
A Berechnungsbeispiele 28
A.1 Unterfahrtechnik für Einplatzlagerung 29
A.2 Ziehtechnik für Einplatzlagerung 34
A.3 Seitliche Greiftechnik für Mehrplatzlagerung 38

B Meß- und Abnahmeprotokoll B.1

Fortsetzung Seite 2 bis 42 und B.1 bis B.16

Copyright by FEM Sektion IX

Erhältlich in deutsch (D), englisch (E), französisch (F)

Bezugsquellen siehe Ende des Dokumentes

1 Einleitung und Zielsetzung

Bei automatischen Kleinteilelagern erfolgt die Lagerung der Lagereinheiten meist mit Ladungsträgern, bzw. Ladehilfsmitteln, wie beispielsweise Kästen, Lagerwannen und Kassetten. Die Ein- und Auslagerung erfolgt automatisch mittels Regalbediengeräten (RBG). Die Lastaufnahmemittel arbeiten mittels z. B. Hebe-, Zieh- oder Greiftechnik. Die Regalanlagen werden als Ein- oder Mehrplatzsystem ausgeführt. Ihre Funktionsfähigkeit wird durch verschiedene Systemkomponenten beeinflußt. Das Zusammenspiel von Toleranzen und Verformungen im Betriebszustand bedingt ausreichende Freimaße zwischen bewegten Lasten bzw. Ladeeinheiten und festen Anlagenteilen.

Dieses Dokument soll den Zusammenhang der einzelnen Systemteile bezüglich Toleranzen und Verformungen aufzeigen. Für einige typische Systemlösungen sollen zulässige praktikable Toleranzen und Verformungen aufgeführt werden. Es soll angestrebt werden, daß die Angaben für einzelne Systemkomponenten zu klaren Abgrenzungen in den Verantwortlichkeiten bei den Schnittstellenproblemen führen.

Aufgrund der in diesem Dokument quantifizierten Toleranzen und Verformungen sowie den beizufügenden Werten für Toleranzen, Verschleiß und Verformungen des Regalbediengerätes und der Ladehilfsmittel, müssen Berechnungen für Frei- und Einfahrmaße gemacht werden. Die Methode dazu ist im Kapitel 7 beschrieben.

Die Zielsetzung dieses Dokumentes liegt darin, daß die für die Optimierung eines automatischen Kleinteilelagers zulässigen Verformungen und Toleranzen so festgelegt werden, daß der Wirtschaftlichkeit bei Dimensionierung, Fertigung und Montage sowie der Funktionssicherheit des Gesamtsystems Rechnung getragen wird.

2 Geltungsbereich

Dieses Dokument gilt für automatische Kleinteilelager (keine Silobauweise) mit Regalbediengeräten, die auf einer Fahrschiene fahren und an einer oberen Führungsschiene geführt werden. Die Lagerplätze im Regal sind einigermaßen gleichmäßig zu belegen (chaotische Einlagerung).

Wird im konkreten Fall von dieser Richtlinie abgewichen, müssen klare Vereinbarungen getroffen und der Nachweis über die Gebrauchsfähigkeit des Gesamtsystems in jedem Betriebszustand unter Berücksichtigung normaler Verschleißerscheinungen erbracht werden.

3 Definitionen

Koordinatenpositionierung: Positionierung des Regalbediengerätes anhand globaler Koordinaten.

Positionierung mittels Teach-in Verfahren: Teach-in Verfahren basieren auf der Ermittlung der Stellplatzkoordinaten durch einmaliges Ansteuern aller Stellplätze. Die ermittelten tatsächlichen Koordinaten werden in der Steuerung reproduzierbar gespeichert. Durch permanente Kontrollpunkte kann das System sich womöglich selbst überwachen und korrigieren. Je nach Lagerkonfiguration ist das Teach-in Verfahren mit einem erheblichen Aufwand zur Ermittlung der einzelnen Koordinaten verbunden.

Fachfeinpositionierung: Grobpositionierung des Regalbediengerätes anhand globaler Koordinaten mit anschließender Feinpositionierung am Fach mittels zusätzlicher Sensoren für die X- und/oder Y-Koordinate. Die damit erreichte höhere Genauigkeit ist mit einem Leistungsverlust verbunden.

Systemebene: Ebene ohne Toleranzen in XY-Richtung, XZ-Richtung und YZ-Richtung, definiert mittels eindeutig festgelegter Punkte oder gerader Linien.

Toleranz: Zulässige Abweichung von Sollmaßen, resultierend aus Herstellung und Montage.

Verformung: Abweichung aus der Grundposition infolge Krafteinflüsse.

Freimaß: Erforderlicher Nennabstand zwischen festen und beweglichen Teilen, der unter Berücksichtigung aller Einzeltoleranzen und Verformungen eine Kollision verhindern.

Einfahrmaß: Freimaß zwischen Lastaufnahmemittel und Ladehilfsmittel bzw. Regalkonstruktion.

Fachfreimaß: Freimaß zwischen Ladeeinheiten untereinander und zur Regalkonstruktion.

Gangfreimaß: Freimaß zwischen der äußersten Kante des Regalbediengerätes zur äußersten Störkante des Regals oder der Ladeeinheit sowie das Freimaß auf der Rückseite der eingelagerten Ladeeinheit.

Systemachse: Eindeutig festgelegte gerade Linie mittels zweier Punkte in X-Richtung (Ganglängsrichtung), Y-Richtung (Ganghochrichtung) und Z-Richtung (Gangquerrichtung).

Hilfsebene: Willkürlich vertikale oder horizontale Ebene ohne Toleranzen.

4 Einflußfaktoren

Für sämtliche Gewerke sind ein gemeinsames Höhenniveau sowie gemeinsame horizontale Achsen festzulegen und in der Regel vom Bauverantwortlichen durch Meßmarken dauerhaft und erkennbar anzubringen. Aufgrund dieser Meßmarken werden die projektbezogenen Systemebenen und -achsen festgelegt.

Bei der Ermittlung der Innenabmessungen des Gebäudes sind die negativ wirkenden Verformungen und Toleranzen zu berücksichtigen.

Der Systemverantwortliche hat die Gebrauchsfähigkeit nachzuweisen und dafür die Bedingungen (Kräfte, Toleranzen, zulässige Verformungen und Freimaße) festzulegen.

Die zuständigen Bauplaner bzw. Lieferanten müssen sicherstellen, daß die einzelnen Gewerke (z. B. Bodenplatte, Regale, Regalbediengeräte) entsprechend den vereinbarten Lastannahmen die Tragfähigkeit erbringen und die festgelegten Toleranzen und Verformungen eingehalten sind.

Toleranzen und gegebenenfalls Verformungen ergeben sich bei folgenden Funktionsbestandteilen eines automatischen Kleinteilelagers:

- Baugrund bzw. das Verhalten des Baugrundes unter Belastung
- Bodenplatte (Herstellgenauigkeit und Lastverhalten)
- Fahrschiene
- Führungsschiene
- Ladehilfsmittel evtl. einschließlich Ladung
- Konturkontrolle
- Einlagerungsplatz
- Regalbediengerät
- Regalkonstruktion

Im Gegensatz zu Hochregallagern für Paletten unterscheiden sich automatische Kleinteilelager durch eine viel größere Zahl von Lösungsmöglichkeiten bezüglich der Lastaufnahmemittel (LAM) bei den Regalbediengeräten und der Ladehilfsmittel. Bezüglich der Lastaufnahmemittel können u.a. folgende Typen eingesetzt werden:

I. Teleskoptisch (Hebevorrichtung)

II. Mechanische Ziehvorrichtungen stirnseitig am Ladehilfsmittel

III. Seitliche Greif-/Schiebeeinrichtungen

IV. Riemen- oder Bandförder-Ziehvorrichtungen

V. Alle anderen Typen: Alle Anforderungen müssen zwischen den Vertragsparteien vereinbart werden.

Als Ladeeinheiten bzw. Ladehilfsmittel werden Kunststoffbehälter, Metallbehälter, Tablare, steife Platten (z. B. Holzplatten), Kartonboxen oder ähnliches eingesetzt. In der Regel bedingt ein bestimmtes Ladehilfsmittel den Einsatz eines dazu geeigneten Lastaufnahmemittels. Die Eigenschaften dieser Systemkomponenten verlangen zum Teil unterschiedliche Freimaße.

Bei der Regalkonstruktion werden verschiedenartige Auflageprofile für die Lasten verwendet. Als typische Lösungen gelten:

- Seitliche Auflagewinkel an Ständern zwischen jedem Ladehilfsmittel (Einplatzlagerung);
- Balken mit aufgesetzten Auflageträgern in der Tiefe, d.h. mehrere Lasten zwischen den Ständern (Mehrplatzlagerung).

Die Regalbediengeräte können mit verschiedenartigen Positioniersteuerungen ausgerüstet sein. Je nach System kommen zur Anwendung:

- Reine Koordinatenpositionierung in X- und Y-Richtung
- Fachfeinpositionierung in X- und/oder Y-Richtung
- Positionierung mittels Teach-in Verfahren

ANMERKUNG: Die Wahl des Positioniersystems (z. B. Fachfeinpositionierung, Teach-in Verfahren) hat erheblichen Einfluß auf die Frei- und Einfahrmaße, weil je nach Positioniersystem bestimmte Einflußfaktoren in der Berechnung der Frei- und Einfahrmaße gar nicht oder abgemildert berücksichtigt werden müssen.

4.1 Baugrund / Baugrundsetzungen

Es wird davon ausgegangen, daß Baugrundsetzungen auf die ganze Fläche der Bodenplatte einheitlich sind.

Dieses liegt in der Verantwortung des Bauherrns oder Bauingenieurs.

4.2 Bodenplatte

Es werden zwei Arten von Bodenplatten unterschieden:

a) die steife Bodenplatte, die vollflächig auf dem tragfähigen Baugrund aufliegt

b) die Bodenplatte, die als biegesteife Konstruktion auf Stützen oder Wänden aufliegt, wie z. B. Decken in Gebäuden oder Bodenplatten auf Pfählen.

Für Bodenplatten werden die im Kapitel 4.2.1 aufgeführten Herstelltoleranzen (Verwindung, Schrägstellung, Unebenheiten) gefordert. Im Anwendungsfall b) muß zudem fallbezogen eine fachliche Abklärung erfolgen, die sich vorwiegend auf das Verhalten der Platte unter Eigenlast und zunehmender Belastung bei der Füllung des Lagers bezieht. Nötigenfalls muß eine Anleitung über die Art und Weise der Füllung des Lagers erstellt werden.

Verantwortlich für die Tragfähigkeit, Steifigkeit und Ebenheit der Bodenplatte ist der Bauherr oder Bauingenieur.

4.2.1 Herstelltoleranzen der Bodenplatte

Herstelltoleranz ist die Ebenheit der Fläche auf der die Regalkonstruktion und die Fahrschiene montiert werden. Folgende Werte sind im unbelasteten Zustand der Bodenplatte einzuhalten:

Bezogen auf eine horizontale Hilfsebene ergeben sich folgende zulässige vertikalen Abweichung von der Ebenheit des Bodens:

- bis 50 m Bodenplattenlänge: ± 10 mm
- über 50 m Bodenplattenlänge: ± 15 mm

Wenn die Regalstützen mit Platten unterfuttert werden, darf die Bodenneigung im Bereich der Stützenfüße nicht zu exzentrischer Plattenauflage führen. Die Betonoberfläche muß flach ausgebildet sein.

4.2.2 Vertikalverformungen der Bodenplatte / Unterkonstruktion unter Belastung
Aus diesen Verformungen (z. B. Anpassung der Bodenplatte an die Setzungsmulde, Setzungen von Pfählen und/oder Stützen, Durchbiegung von Biegeplatten) ergeben sich Zusatzbeanspruchungen und Schiefstellungen der Regalkonstruktion und der Regalbediengeräte, auf die hier nur qualitativ hingewiesen werden kann.

Bei bestimmten Baugrund- und/oder Bodenplattenbeschaffenheiten können sich jedoch so große Verformungen ergeben (oft im cm-Bereich), daß sie zur Beurteilung der Freimaße und der Zusatzbeanspruchungen mit herangezogen werden müssen. Es sind nötigenfalls konstruktive Sondermaßnahmen zu treffen.

Alle hier folgenden Betrachtungen gehen von einer quasi-steifen Bodenplatte aus, sofern keine speziellen Informationen vom Bauingenieur oder Kunden vorliegen.

Eine Bodenplatte gilt als quasi-steif, wenn folgende Vertikalverformungen nicht überschritten werden:

- Vertikalverformungen über alles:
  - 1/3000 auf die gesamte Lagerlänge
  - 1/3000 auf die gesamte Lagerbreite
- Lokale Vertikalverformungen:
  - l/2500 für Abstände bis zu l = 3 m in Bezug auf die Referenzebene in X- und Z-Richtung im Regalbereich. l ist die Rahmentiefe und/oder Breite für Aussteifungstürme.

Bei der Beurteilung dieser Verformungen muß das kurz- und langzeitige Verhalten der Bodenplatte/Unterkonstruktion berücksichtigt werden.

4.3 Fahrschiene

4.3.1 Ausführungsart
Die Dimensionierung und die Festlegung der Ausführungsart der Fahrschiene und deren Verankerungsmethode und Häufigkeit obliegt dem Regalbediengerätehersteller in Verbindung mit dem Schienenlieferant und dem verantwortlichen Ingenieur der Bodenplatte.

> HINWEIS: Wenn die Fahrschiene nach der Montage der Regalanlage verlegt wird, soll sich die Höhen- und Seitenlage an den Achsen der Regalanlage orientieren.

Die hohen Ansprüche an die Verlegetoleranzen der Fahrschiene sind bereits bei der Auswahl des Fahrschienenprofils zu berücksichtigen (Herstelltoleranzen bestimmter Profile können größer als die Verlegetoleranzen sein).

Die Fahreigenschaften des Regalbediengerätes werden von der Rauhigkeit der Schiene im Bereich der Laufflächen und der Seitenführungen sowie der Herstellgenauigkeit beeinflußt. Die Oberflächenbeschaffenheit muß in diesem Bereich eben, d. h. ohne Grübchen (Rostnester, Walzlöcher u. ä.) sein.

4.3.2 Toleranzen der Fahrschiene in Z-Richtung
T19: Fluchtgenauigkeit der Fahrschiene bezogen auf eine toleranzfreie, vertikale Systemebene, die parallel zu der Systemebene der Regalanlage verlaufen muß, gemessen an der Anlagefläche der Führungsrollen.

T24: Montagetoleranzen der Fahrschiene bezogen auf eine toleranzfreie, vertikale Systemebene, die parallel zu der Systemebene der Regalanlage verlaufen muß gemessen an der Anlagefläche der Führungsrollen.

Im Bereich der Lauffläche der Führungsrollen müssen unterschiedliche Abmessungen des Stoßes beigeschliffen werden. Die Ebenheit der Schiene und Stöße bei einer Meßlänge von 200 mm muß ≤ 0,5 mm sein.

Zahlenwerte sind in Abschnitt 6 angegeben.

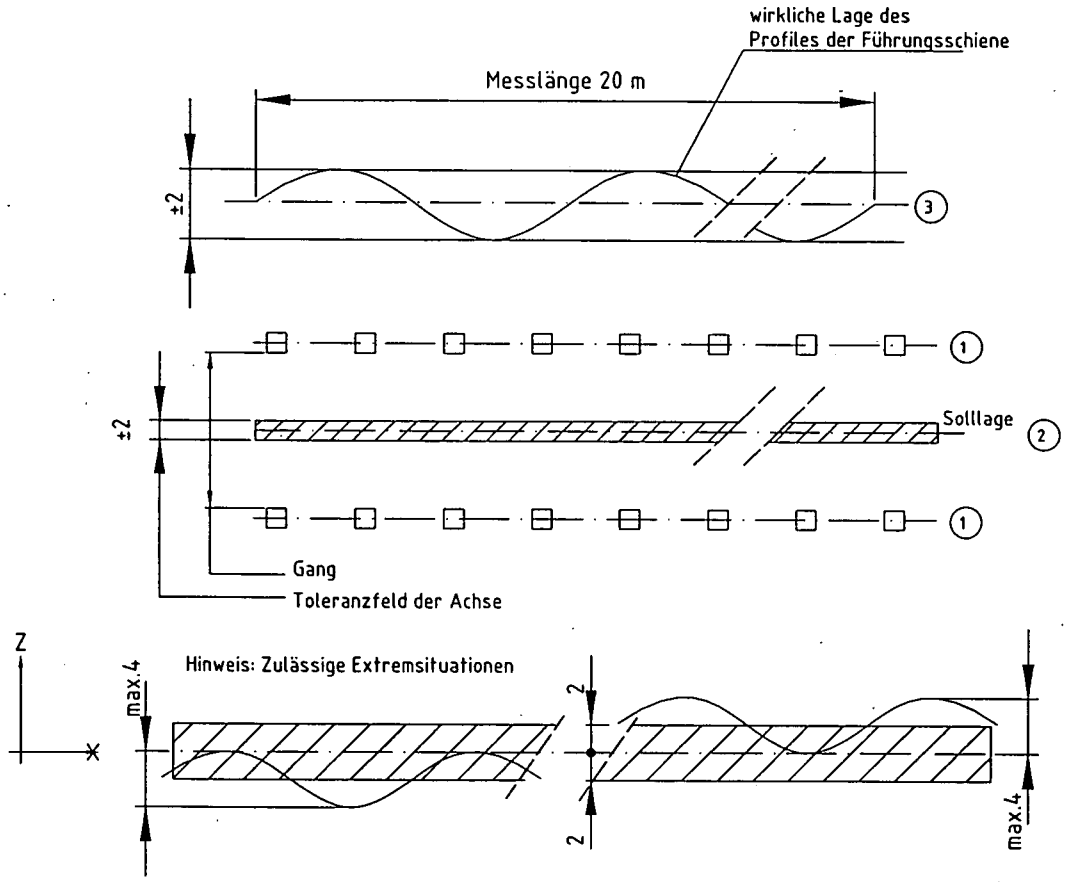
4.3.3 Toleranzen der Fahrschiene in Y-Richtung

T21: Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes, bezogen auf eine toleranzfreie, horizontale Systemebene.

Zahlenwerte sind in Abschnitt 6 angegeben.

Im Bereich der Lauffläche der Laufräder müssen unterschiedliche Abmessungen des Stoßes beigeschliffen werden. Die Ebenheit der Schiene und der Stöße bei einer Meßlänge von 100 mm muß ≤ 0,1 mm sein.

4.4 Obere Führungsschiene



Legende:

① Gemittelte Referenzgerade der gangseitigen Steherköpfe
② Theoretische Achse der oberen Führungsschiene bezüglich der Steherachsen
③ Wirkliche Achse der oberen Führungsschiene. Diese Achse muß innerhalb des Toleranzfeldes von ± 2 mm gegenüber der Solllage liegen

Bild 1: Toleranzen der oberen Führungsschiene (Grundriß)

4.4.1 Die Lage der Längsachse der oberen Führungsschiene darf, bezogen auf die gemittelten Geraden der gangseitigen Steherköpfe, auf einer Meßlänge von 20 m die Toleranz von ± 2 mm nicht überschreiten (siehe Bild 1).

4.4.2 Die horizontale Abweichung der oberen Führungsschiene von ihrer Längsachse darf im Bereich der Führungsrollen in unbelastetem Zustand ± 2 mm nicht überschreiten (siehe Bild 1). Auf einer Meßlänge von 2 m muß die horizontale Abweichung innerhalb ± 1 mm liegen.

4.4.3 Unterschiedliche Abmessungen beim Stoß sind im Laufbereich der Rollen über eine Länge von 200 mm gleichmäßig beizuschleifen. Die Ebenheit bei einer Meßlänge von 200 mm muß ≤ 1 mm sein.

4.4.4 Im Führungsrollenbereich dürfen keine Walzaufschriften vorhanden sein.

4.4.5 Die maximale seitliche Verformung (Durchbiegung und Verdrillung) im Bereich der Führungsrollen darf aus den Reaktionskräften des Regalbediengerätes zwischen zwei Befestigungspunkten 3 mm (V11) nicht überschreiten.

4.4.6 Die Unterkante der oberen Führungsschiene darf gegenüber einer toleranzfreien horizontalen Systemebene im unbelasteten Zustand des Regals das Toleranzfeld + 5/-2 mm (T22) nicht überschreiten (siehe Bild 3).

4.4.7 Die Dimensionierung und die Festlegung der Ausführungsart der oberen Führungsschiene und deren Verankerung obliegt dem Regabediengerätehersteller in Absprache mit dem Schienenlieferant (z. B. Regalhersteller).

Die hohen Ansprüche an die Verlegetoleranzen der oberen Führungsschiene sind bereits bei der Auswahl des Führungsschienenprofils zu berücksichtigen (Herstelltoleranzen bestimmter Profile können größer als die Verlegetoleranzen sein).

4.5 Ladeeinheit

4.5.1 Ladehilfsmittel

Wegen der Vielzahl verschiedener Ladehilfsmittel oder Ladeeinheiten können keine Richtwerte für Toleranzen und Verformungen angegeben werden.

Qualitativ wird z.B. auf folgende Punkte hingewiesen:

- Verformung der 4 Seiten von Ladehilfsmitteln (z. B. Kartons, Behälter) bei der Befüllung mit loser Ware
- Durchhang des Ladehilfsmittels oder Bodens unter Last
- Rechtwinkligkeit der Grundfläche des Ladehilfsmittels
- Rechtwinkligkeit der Seitenwände zum Boden des Ladehilfsmittels
- zusätzliche Verformungen während längerer Lagerdauer
- Gießansätze, Unebenheiten aus der Herstellung bei Kunststoffbehältern
- vorstehende oder eingeprägte Schriften und Signets
- Beschädigungen oder Abnutzungserscheinungen aus der Benutzung

Der Regalbediengerätehersteller, Regalhersteller und Nutzer müssen sich über die Art des Ladehilfsmittels, sowie über dessen Stabilität und Qualität abstimmen. Ohne anderslautende Informationen werden die Kanten des Ladehilfsmittels als biegesteif, die Grundfläche jedoch nicht als verwindungssteif vorausgesetzt.

4.5.2 Ladung

Wenn durch physische Mittel oder beriebliche Maßnahmen nicht sichergestellt ist, daß das Ladegut innerhalb der Abmessungen des Ladehilfsmittels liegt (Länge, Breite, Höhe), sind diese Maße zu berücksichtigen und durch eine Konturkontrolle (siehe 4.6) zu kontrollieren.

Der Regalbediengerätehersteller, Regalhersteller und Nutzer müssen sich über die Lage des Schwerpunktes der Ladung abstimmen. Besonders zu beachten sind Flüssigkeiten oder rutschende Ladungen, die bezüglich ihrer Stabilität kritisch sind.

4.5.3 Einführzentrierungen

Wenn die in der Toleranzrechnung ermittelten Freimaße unterschritten werden, können Abschrägungen oder Radien an den Auflageprofilen, Lastaufnahmemitteln oder Ladehilfsmitteln unter bestimmten Bedingungen das Ein- und Auslagern ermöglichen. Die wesentlichen Bedingungen dazu sind:

- eine form- oder zumindest starke kraftschlüssige Verbindung zwischen Lastaufnahmemittel und Ladehilfsmittel. Eventuell auftretende Kippbewegungen des Ladehilfsmittels sind zu beachten.
- Abschrägungen mit kleinem Ablenkwinkel, so daß das Ladehilfsmittel beim Auftreffen nicht durch den Aufprallstoß in unkontrollierte Bewegungen gerät oder sich vom Lastaufnahmemittel trennt.
- ausreichend groß dimensionierte Radien, damit sie als Einführzentrierung wirken.
- Reibkoeffizienten zwischen den verwendeten Materialien, die ein sicheres Gleiten in den Einführzentrierungen zulassen.
- kein Auftreten von Verklemmungen durch die Querverschiebung des Ladegutes auf dem Lastaufnahmemittel beim Ein- und Auslagern.

Wieweit diese Einflußfaktoren in die Freimaßberechnung mit einbezogen werden können, ist ausschließlich dem Hersteller des Regalbediengerätes überlassen, der für die Funktionssicherheit verantwortlich ist. Die Kräfte, die aus dieser Entscheidung abgeleitet werden, sind dem Regalhersteller mitzuteilen.

Bild 2 zeigt eine Empfehlung für die Berechnung von Abschrägungen und Radien zu den Freimaßen.

Es wird empfohlen, den noch zulässigen Auftreffpunkt zu etwa 2/3 der Abschrägung "e" zu wählen. Der Abschrägungswinkel sollte maximal 30° betragen.

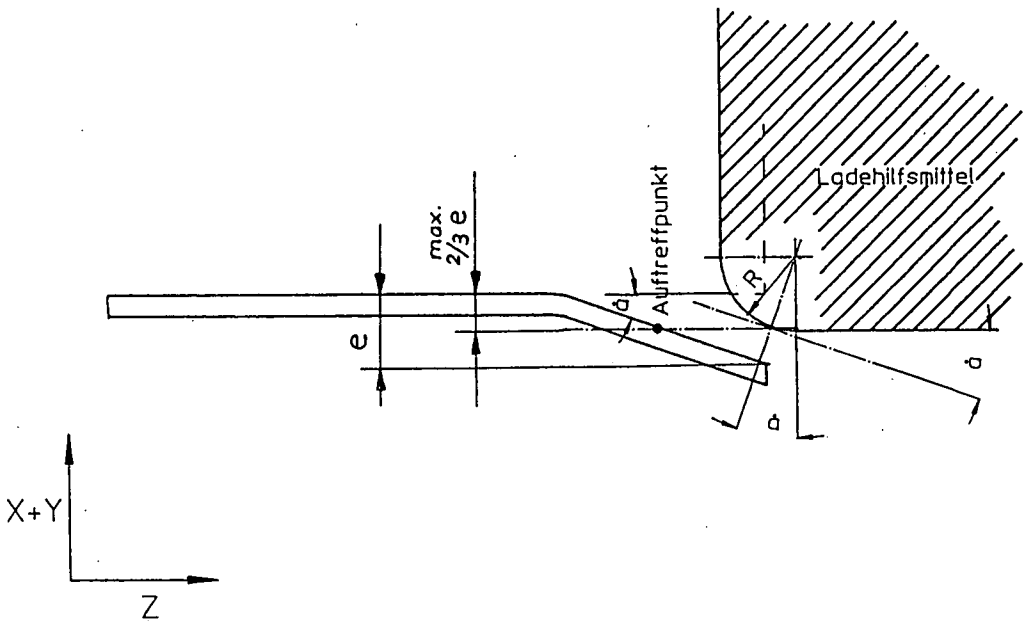


Bild 2: Einführzentrierungen (Seite und Höhe)

4.5.4 Reibung zwischen Ladehilfsmittel und Auflageprofile im Regal

Bei allen Systemen, wo das Ladehilfsmittel gleitet, treten zwischen Auflageprofloberfläche im Regal und Ladehilfsmittel Reibungskräfte auf. Durch entsprechende Materialwahl (evtl. durch Versuche abzuklären) sind Reibpaarungen und damit der entsprechende Reibkoeffizient festzulegen. Vorzugsweise sind diese Koeffizienten möglichst niedrig zu halten, um die entstehenden Kräfte und Verformungen zu begrenzen. Besonderer Beachtung bedürfen Farbanstriche und Kunststoffe. Es ist auch zu berücksichtigen, daß sich der Reibkoeffizient bei bestimmten Betriebsbedingungen (z. B. Frost, Kunststoffpackbänder) verändern kann.

Es ist insbesondere auch zu beachten, daß beim Übergang von der Haft- in die Gleitreibung Stöße und daraus Schwingungen am Regalbediengerät und im Regal entstehen können.

In der detaillierten Berechnung der Freimaße können die Regalschwingungen vernachlässigt werden.

4.6 Konturkontrolle

Eine Konturkontrolle kann für die Höhen-, Seiten- und Bodenüberwachung nötig sein.

Einrichtungen mit photoelektrischen Sensoren messen im Allgemeinen die Konturen mit folgenden Toleranzen:

- Höhe: ± 2 mm
- Breite: ± 3 mm pro Seite
- Länge: ± 3 mm pro Seite evtl. größer bei Durchlaufmessung
- Boden: ± 2 mm

Das Maß der unteren Toleranzgrenze soll der maximalen, vertraglich festgelegten Lastabmessung entsprechen.

4.7 Einlagerungsplatz

Am Einlagerungsplatz ist die Ladeeinheit mit folgenden Toleranzen zu positionieren, sofern keine Positionierung auf dem Gerät erfolgt:

Tabelle 1

Lastaufnahmemittel	in X-Richtung	in Z-Richtung
Typ I	± 2 mm	± 3 mm
Typ II,III,IV	± 5 mm	LL ≤ 500 mm: ± 1 % von LL LL > 500 mm: ± 5 mm

mit:

LL = Länge des Ladehilfsmittels in Z-Richtung

4.8 Regalbediengerät

Die Summe der in X-, Y- und Z-Richtung auftretenden Toleranzen durch Einflüsse des Regalbediengeräts werden in den folgenden Abschnitten 4.8.1 bis 4.8.3 behandelt.

Wegen oft beträchtlicher Unterschiede zwischen den Regalbediengeräten verschiedener Hersteller in Abmessungen, Steifigkeit und sonstigen konstruktiven Merkmalen sind hier keine allgemein gültigen Zahlenangaben möglich. Diese werden im Einzelfall durch den Gerätehersteller gemacht. Der Gerätehersteller bzw. Systemverantwortliche hat mit diesen Angaben die Gesamttoleranzen so zu überprüfen, daß die Funktion des Systems gewährleistet ist.

In den Berechnungsbeispielen (siehe Anhang A) sind die genannten Regalbediengeräte-Toleranzen nur beispielhaft, um damit die Auswirkungen auf das Gesamtsystem aufzuzeigen.

4.8.1 Systemtoleranzen aus dem Regalbediengerät

Die Freimaße werden z.B. beeinflußt durch:

- Toleranzen des Mastes bzw. der Führungen für den Hubwagen am Mast
- Führungsspiel des Hubwagens
- Toleranzen des Lastaufnahmemittels
- Spiel in Z-Richtung zwischen den Spur- und Führungsrollen gegenüber der Fahr- bzw. Führungsschiene
- Mechanische Abnutzung

4.8.2 Elastische Verformungen

Während der Fahr- und Hubbewegung sowie beim Aufnehmen und Abgeben der Ladeeinheit treten Lastwechselverformungen u.a. bei Mast, Hubwagen und Lastaufnahmemitteln auf, die für Freimaße (z. B. Fachfreimaße, Einfahrmaße) von Bedeutung sind.

4.8.3 Positioniertoleranzen

Die Positioniergenauigkeiten in X-, Y- und Z-Richtung sind z. B. von folgenden Einflußgrößen abhängig:

- Positioniersystem und Motorsteuerung
- Positioniergeschwindigkeit
- Verzögerungszeit der Steuerung
- Einfallzeit der Bremse
- Unterschiedliche Bremswege aus Verschleiß, Temperatur und Reibwertänderungen
- Spiel in den Antrieben
- Einseitiges oder wechselseitiges Anfahren der Haltepunkte
- Schaltgenauigkeit (z. B. Hysterese) der Positioniersensoren (Schalter, Lichtschranken, Initiatoren)
- Abweichung eines Inkrementalgebersystems vom absoluten Maß
- Bei Verwendung von Positioniermarken (Schaltnocken, Reflexfolien, induktive Schaltfahnen usw.) sind diese mit einer Toleranz von ± 1 mm (T23), bezogen auf ihre Sollage, anzubringen.

Bei Umlagerungen ohne jeweils neue Zentrierung müssen Positioniertoleranzen mehrfach berücksichtigt werden.

4.9 Regalkonstruktion

Die folgenden Angaben gelten für die Regalkonstruktion gemäß Bild 3.

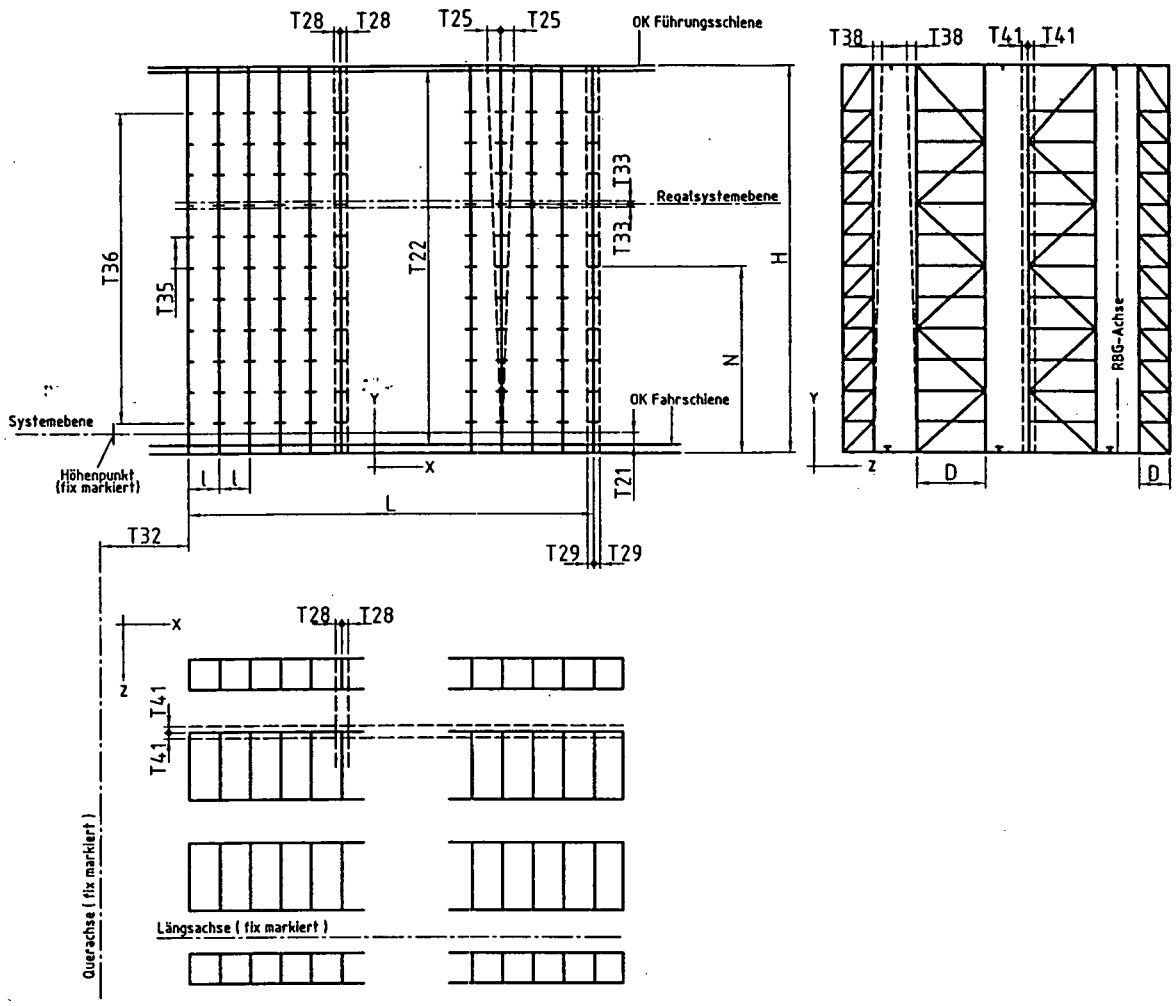


Bild 3: Regalkonstruktion (Beispiel Einplatzlagerung)

Alle Angaben beziehen sich auf freistehende Regalkonstruktionen.

Die Ladehilfsmittel werden auf Auflageprofilen, z. B. Auflagewinkel wie in den Bildern 4 und 5 dargestellt, eingelagert.

Eine Mindestauflagebreite von 5 mm muß unter Berücksichtigung der maßgeblichen Toleranzen des Regals und Ladehilfsmittels eingehalten werden.

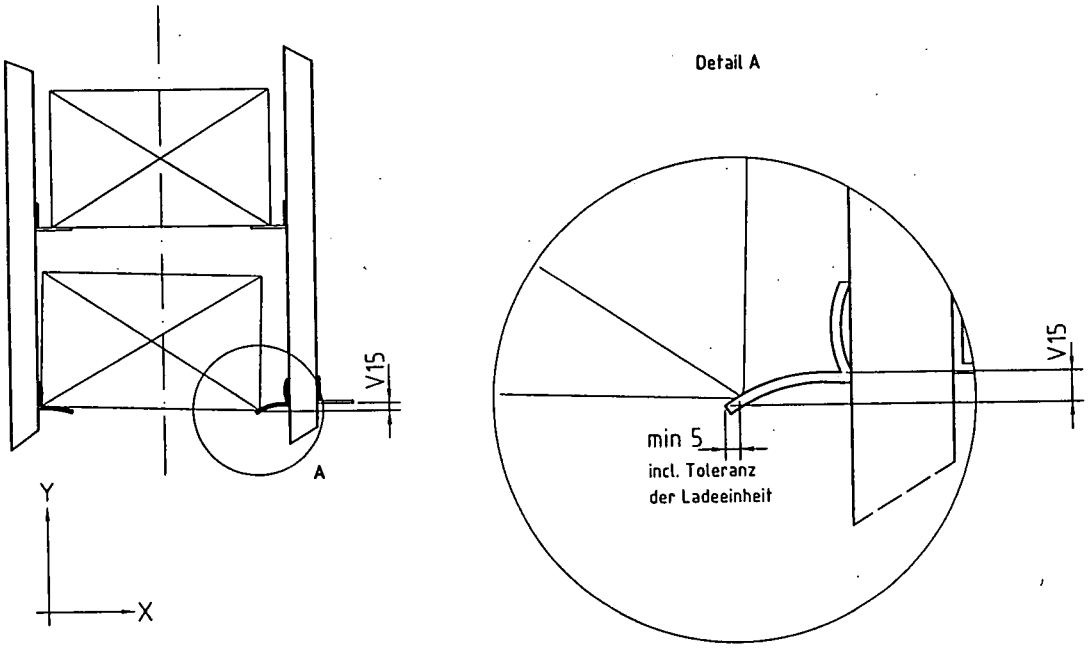


Bild 4: Verformung des Auflageprofils

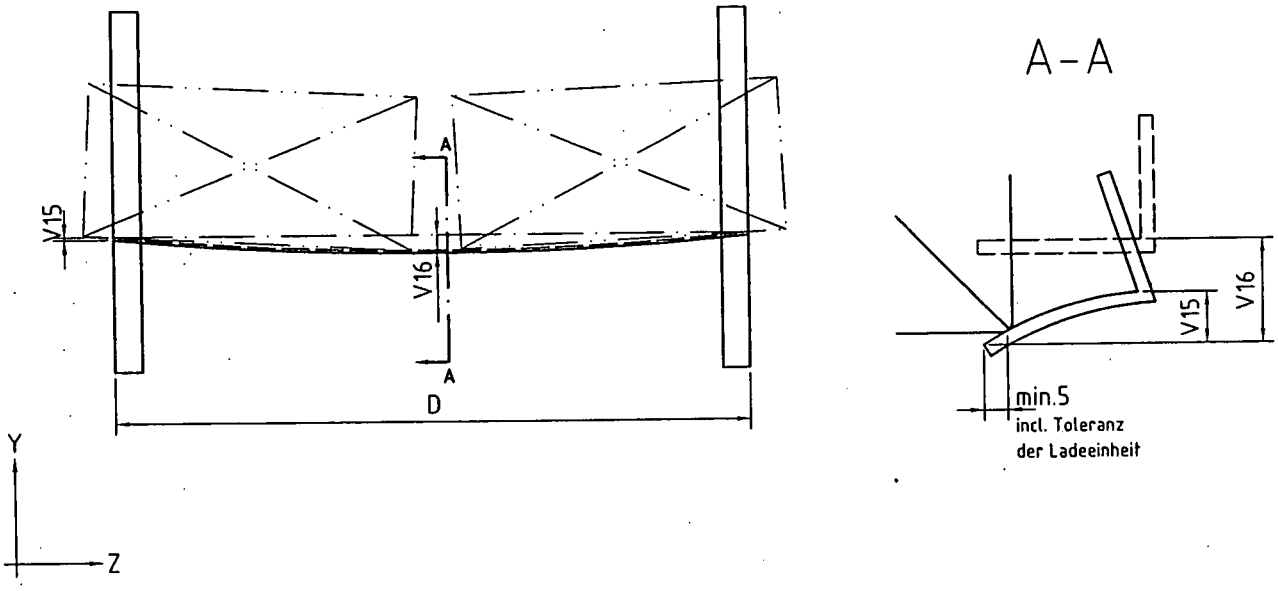


Bild 5: Verformung des Auflageprofils, z. B. bei doppeltiefer Einplatzlagerung

4.9.1 Herstell- und Montagetoleranzen im unbelasteten Zustand

4.9.1.1 Maße in X-Richtung

In X-Richtung sind folgende Toleranzen aufgrund von Herstellung und Montage des Regales zu berücksichtigen (siehe Bilder 3 und 6) für:

- T25: Abweichung der Ständerachse gegenüber einer Vertikalen
- T26: Versatz der Steherfüße linke und rechte Gangseite
- T27: Rechtwinkeligkeit des Ständerrahmens zur Gassenachse
- Vorkrümmung der Steher (enthalten in T28)
- T28: Summentoleranz aus T25, T26, Vorkrümmung und T27
- T29: Toleranz der Regallänge L
- T30: Toleranz der Facheinfahrbreite für das Ladehilfsmittel
- T31: Toleranz der Facheinfahrbreite für das Lastaufnahmemittel
- T32: Toleranz des Abstandes der vordersten Steherachse zur vertikalen Systemebene

Zahlenwerte sind in Abschnitt 6 angegeben.

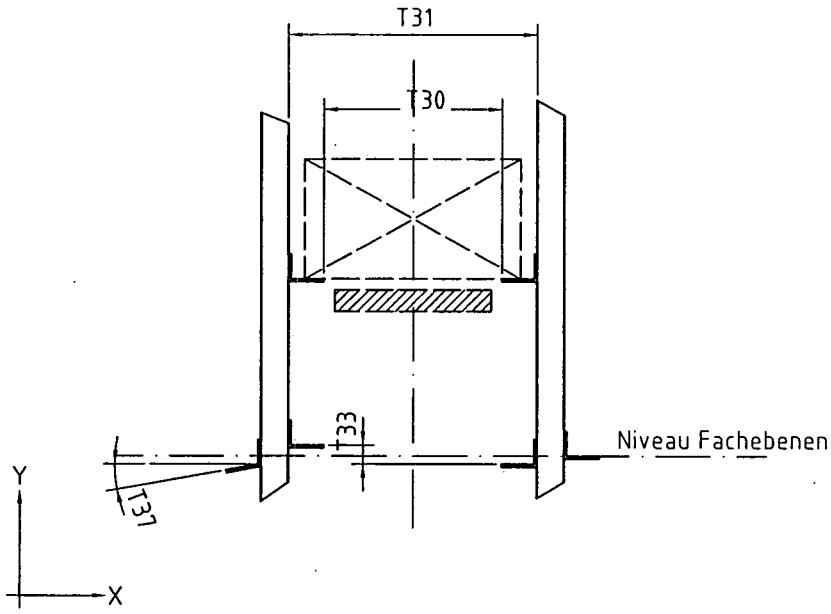


Bild 6: Ansicht auf Regalfach

4.9.1.2 Maße in Y-Richtung
Die Regalsystemebene wird vom Regalhersteller angegeben. Vorzugsweise liegt diese Ebene auf halber Regalhöhe oder in einer Höhe oberhalb eines Stoßes.

In Y-Richtung sind folgende Toleranzen aufgrund von Montage und Herstellung des Regales zu berücksichtigen (siehe Bilder 3 bis 7):

- T33: Niveautoleranz der gangseitigen Auflageprofile in jeder Ebene
- T34: Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage bei einfachtiefer Einplatzlagerung
- T35: Toleranz des Abstandes zweier übereinanderliegender Ebenen
- T36: Toleranz des Abstandes der untersten bis zur obersten Auflageebene
- T37: Toleranz der Horizontalität der Auflageprofile

Zahlenwerte sind in Abschnitt 6 angegeben.

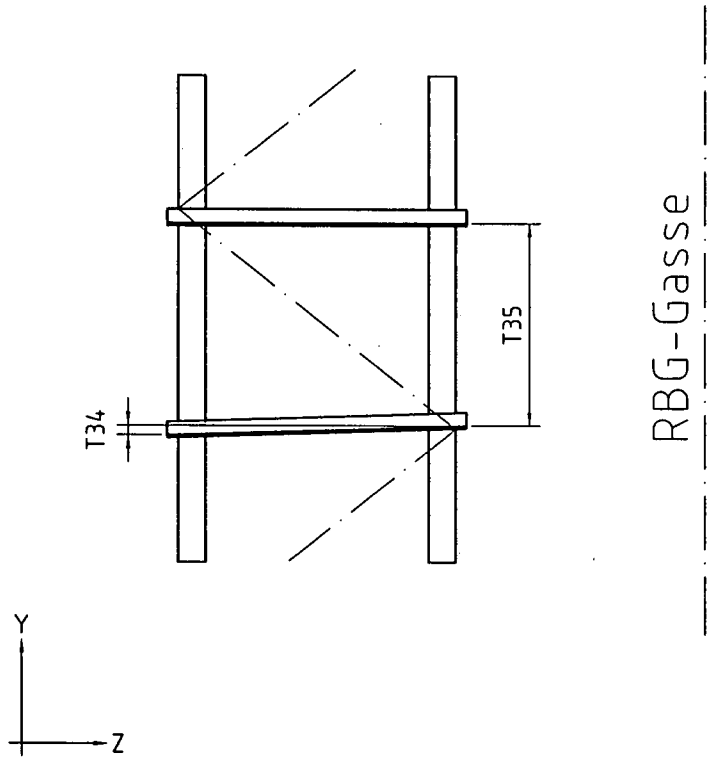


Bild 7: Toleranzen der Auflage in Y-Richtung

4.9.1.3 Maße in Z-Richtung

In Z-Richtung sind folgende Toleranzen aufgrund von Montage und Herstellung des Regales zu berücksichtigen (siehe Bilder 3 und 8):

- T38: Abweichung der vorderen Steherachse gegenüber einer Vertikalen
- T39: Steherfußabweichung gegenüber der Systemachse in X-Richtung pro Gasse
- T40: Vorkrümmung der unbelasteten Ständerrahmen
- T41: Summentoleranz aus T38, T39 und T40.
- T42: Toleranz des Tiefenanschlages zur Stützenvorderkante
- T43: Toleranz der Position der hinteren Regalstörkante (z. B. Zäune, Trapezbleche und Aussteifungskonstruktionen)

Zahlenwerte sind in Abschnitt 6 angegeben.

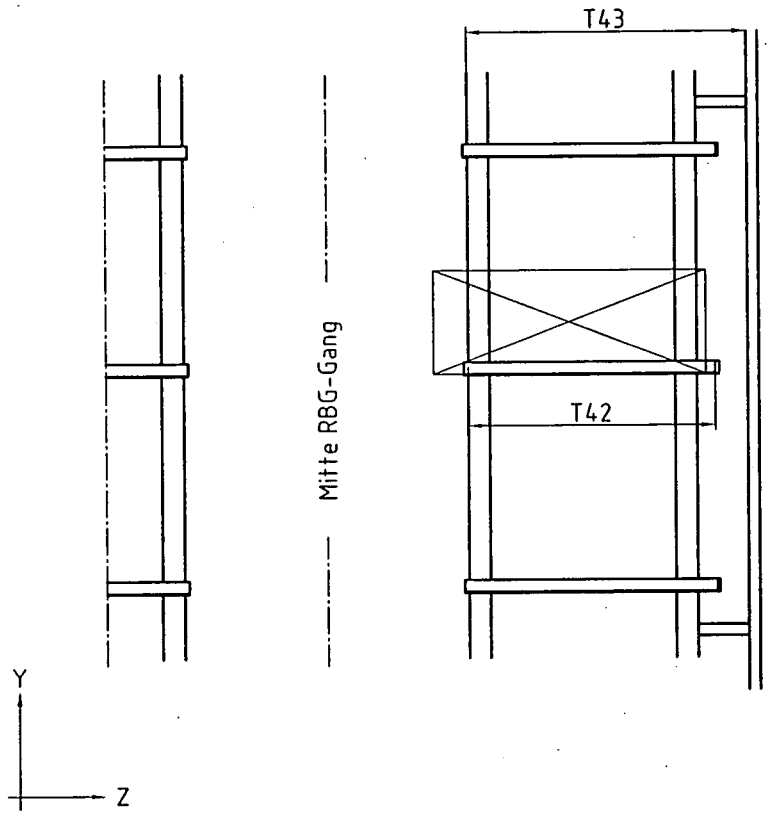


Bild 8: Regalschnitt

4.9.2 Verformungen durch Kräfte
Regalverformungen treten auf, z. B. durch:

- die eingelagerten Lasten
- Reibkräfte einer Einzellast während des Ein- oder Auslagervorganges (Ziehtechnik)
- Zusatzkräfte unter Belastung wegen Schrägstellung der Regalanlage aus der Montage
- Reaktionskräfte des Regalbediengerätes auf die Führungsschiene in den 3 Situationen:
  a) fahren
  b) andocken (unmittelbar vor dem Ergreifen des Ladehilfsmittels)
  c) ein- bzw. auslagern in/aus Regal
- Temperaturveränderungen
- Übertragung von Kräften aus Nachbargassen oder sonstigen Lagereinrichtungen wie z. B. Förderer

Folgende Verformungen sind einzeln zu betrachten und in die Gesamtüberlegungen des Gebrauchsfähigkeitsnachweises durch den Systemlieferanten einzubeziehen:

- Verformung der Steher und Ständerrahmen in X-, Y- und Z-Richtung
- Verformung des Auflageprofils

Die Stützenstauchung wird maßgeblich durch die Festigkeitseigenschaften des verwendeten Materials, die Regalhöhe, Knicklängen und die Belastung beeinflußt. Die vorausberechenbaren Stauchungswerte können vom Regalhersteller erfragt werden.

HINWEIS: Als Richtlinie können die Werte von Stauchungen in folgenden Größenordnungen liegen:

Tabelle 2

Regalhöhe (m)	Stauchung am obersten Fach (mm)	
	Stahlqualität S235	Stahlqualität S355
6	1 bis 1,5	1,5 bis 2,5
10	1,5 bis 2,5	2,5 bis 4
16	2,5 bis 4,5	4 bis 6,5
20	3,5 bis 5	5 bis 8
24	4 bis 6	6 bis 10

Für den Gebrauchsfähigkeitsnachweis (Verformung) muß bei mehrgassigen Lagern nur mit den Kräften eines einzelnen Regalbediengerätes an derselben X-Position gerechnet werden. Für den Tragfähigkeitsnachweis (Festigkeit) sind in der Regel ungünstigere Lastfälle maßgebend.

Ohne besondere Vereinbarungen wird angenommen, daß die Lasten im Regal einigermaßen gleichmäßig verteilt, d.h. keine örtlich konzentrierte Lasten neben leeren Fächern sind. Insbesondere ist bei der Erstbefüllung des Lagers darauf zu achten, daß in horizontalen Schichten vom niedrigsten Niveau aus nach oben eingelagert wird. Damit kann gleichzeitig erreicht werden, daß bei der Einstellung der Positioniermarken die Regalstauchung mitberücksichtigt werden kann.

4.9.2.1 Grenzwerte für Steher- bzw. Ständerrahmenverformungen
Folgende Verformungen der Steher bzw. Ständerrahmen sind zu berücksichtigen:

- V13: Seitliche Verschiebung des höchsten Punktes des Ständerrahmens im Betriebszustand durch äußere Kräfte und Nutzlasten
- V17: Stauchung der Steher an höchster Auflageebene
- V18: seitliche Verschiebung des höchsten Punktes der Ständerrahmen quer zum Gang im Betriebszustand durch äußere Kräfte (z. B. durch die horizontale Kraft der Führungsrollen an der Führungsschiene) und Nutzlasten (Rechnungsansatz für Krafteinleitung: ca. 3 m im Gang hinter dem ersten Regalsteher). An der letzten betriebsmäßig angefahrenen Position darf die auftretende Verformung jedoch maximal doppelt so groß sein wie in Tabelle 3 angegeben.

HINWEIS: Durch horizontale Verbände an den Steherköpfen ist sicherzustellen, daß sich eine Verschiebung beidseitig der Gasse in gleicher Richtung und in etwa gleicher Größe ergibt.

4.9.2.2 Verformung der Auflageprofile mit der Last in Lagerposition
Folgende Verformungen der Auflageprofile sind zu berücksichtigen (siehe Bild 4, 5 und 9):

- V14: Durchbiegung des Auflageprofils mit Spannweite l bei Mehrplatzlagerung
- V15: Durchbiegung des Flansches des Auflagewinkels bei 100% außermittig angeordneter Last im Bereich der Stütze bei Einplatzlagerung
- V16: Vertikalsenkung der Auflageprofile bei 100 % außermittig angeordneter Last wegen Durchbiegung, Torsion und örtlichem Ausbiegen der Profile

Es darf keine bleibende Verformung des Einfahrwinkels aufgrund der Last zurückbleiben, wenn die Last mit ihrer maximal möglichen Exzentrizität bezüglich des Auflageprofils positioniert wird.

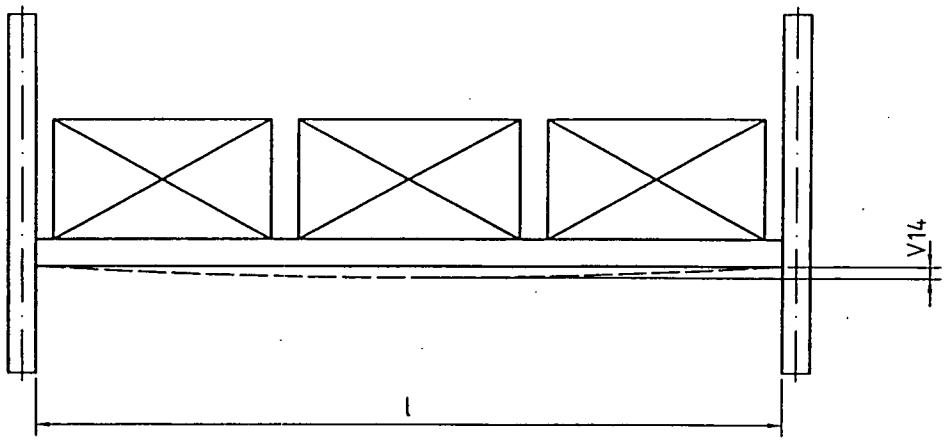


Bild 9: Durchbiegung des Auflageprofils bei Mehrplatzlagerung

4.9.2.3 Verformung und Beanspruchung der Auflageprofile beim Ein- und Auslagervorgang
Bei der Verwendung der Lastaufnahmemittel Typ II (mechanische Ziehvorrichtungen) und in der Regel bei Typ III (seitliche Greif-/Schiebeeinrichtungen) treten je nach Toleranzsituation beim Einschieben und beim Ausziehen des Ladehilfsmittels an den gassenseitigen Enden der Auflageprofile Maximalkräfte einer Ladeeinheit in Y-Richtung auf.

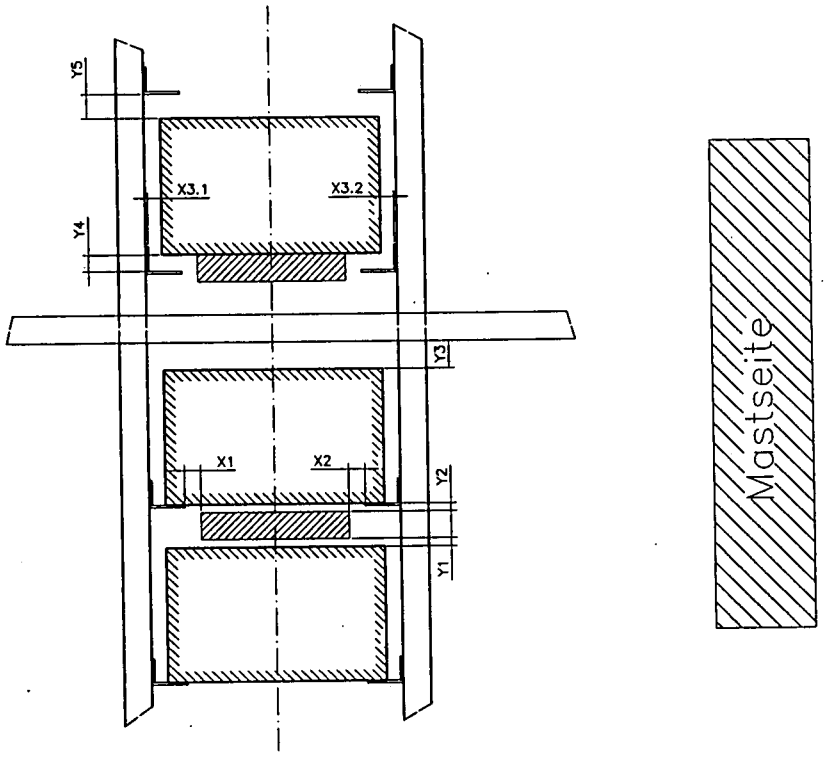
Die Auflageprofile und ihre Befestigungen an der gangseitigen Stütze müssen die Lastkräfte aller gleichzeitig übernommenen Ladeeinheiten ohne bleibende Verformung übernehmen. Die in 4.9.2.2. aufgeführten Verformungen dürfen in diesem Fall überschritten werden.

5 Freimaße

Alle Freimaße beziehen sich auf das toleranzfreie, unbelastete System.

5.1 Einfahrmaße

Einfahrmaße sind die Freimaße zwischen Lastaufnahmemittel und Ladeeinheit bzw. zwischen Lastaufnahmemittel und Regal. Es ist jeweils der größte einfahrende Querschnitt des Lastaufnahmemittels zu beachten. Aufgrund der Verformungen des Mastes sind bei Einmastgeräten die Freimaße für die mastzugewandte und die mastabgewandte Seite gesondert zu ermitteln.



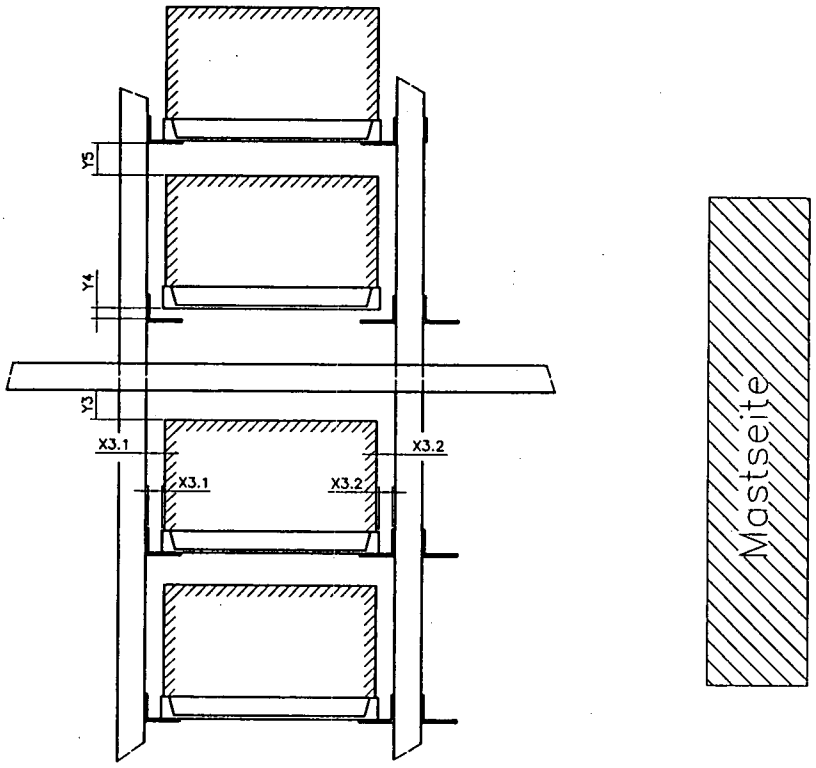
Legende:

X1 Einfahrmaß zwischen Lastaufnahmemittel und Regalstörkante
X2 Einfahrmaß zwischen Lastaufnahmemittel und Regalstörkante
X3.1 Freimaß zwischen Ladeeinheit und Regal
X3.2 Freimaß zwischen Ladeeinheit und Regal
Y1 Einfahrmaß zwischen Unterkante Lastaufnahmemittel und Oberkante Ladeeinheit
Y2 Einfahrmaß zwischen Oberkante Lastaufnahmemittel und Unterkante Ladeeinheit
Y3 Freimaß zwischen Oberkante Ladeeinheit und Riegel des Regalverbandes
Y4 Freimaß zwischen Unterkante Ladeeinheit und Oberkante Auflageprofil
Y5 Freimaß zwischen Oberkante Ladeeinheit und Unterkante Auflageprofil

Bild 10: Einfahr- und Freimaße bei Unterfahrtechnik

5.2 Fachfreimaße

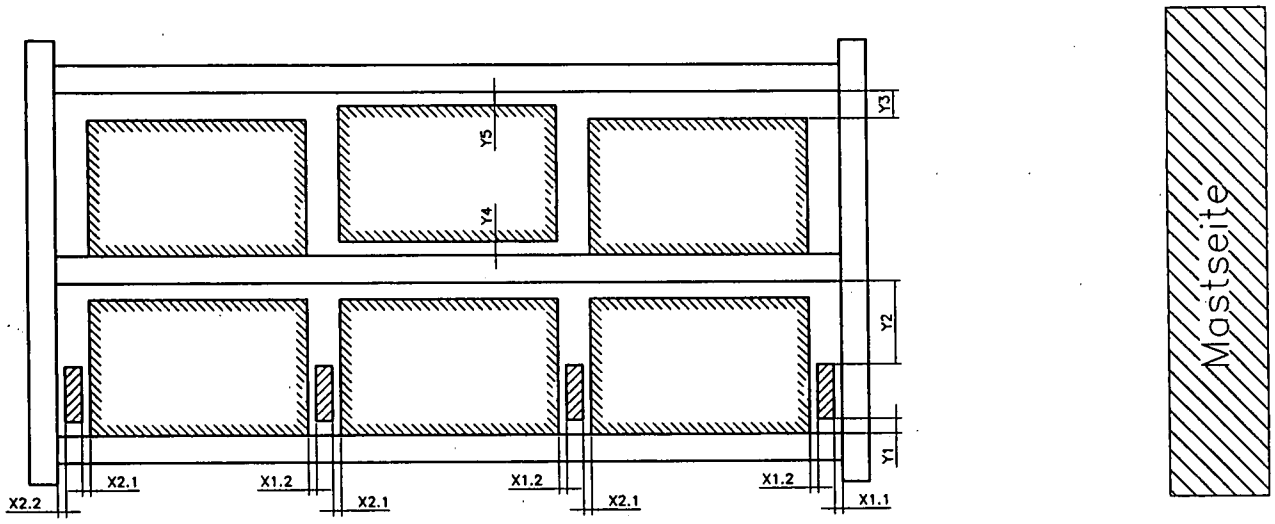
Fachfreimaße sind die Mindestabstände zwischen den Ladeeinheiten und den Stehern, zwischen den Ladeeinheiten untereinander sowie zwischen der Oberkante der eingelagerten Ladeeinheit und der Regalkonstruktion bzw. Störkante (z. B. Sprinkler). Aufgrund der Verformungen des Mastes sind bei Einmastgeräten die Freimaße für die mastzugewandte und die mastabgewandte Seite gesondert zu ermitteln.



Legende:

X3.1 Freimaß zwischen Ladeeinheit und Regalstörkante
X3.2 Freimaß zwischen Ladeeinheit und Regalstörkante
Y3 Freimaß zwischen Oberkante Last und Regallängsriegel bzw. darüberliegendes Auflageprofil
Y4 Freimaß zwischen Unterkante Ladeeinheit und Oberkante Auflageprofil
Y5 Freimaß zwischen Oberkante Ladeeinheit und Unterkante Auflageprofil

Bild 11: Freimaße bei Ziehtechnik



Legende:

X1.1 Einfahrmaß zwischen Lastaufnahmemittel und Regalkonstruktion
X1.2 Einfahrmaß zwischen Lastaufnahmemittel und Ladehilfsmittel
X2.1 Einfahrmaß zwischen Lastaufnahmemittel und Ladehilfsmittel
X2.2 Einfahrmaß zwischen Lastaufnahmemittel und Regalkonstruktion
Y1 Einfahrmaß zwischen Unterkante Lastaufnahmemittel und Oberkante Auflageprofil
Y2 Einfahrmaß zwischen Oberkante Lastaufnahmemittel und Unterkante Auflageprofil
Y3 Freimaß zwischen Oberkante Ladeeinheit und Unterkante Auflageprofil
Y4 Freimaß zwischen Unterkante Ladeeinheit und Oberkante Auflageprofil
Y5 Freimaß zwischen Oberkante Ladeeinheit und Unterkante Auflageprofil

Bild 12: Freimaße bei seitlicher Greiftechnik, Mehrplatztechnik

5.3 Gangfreimaße

Folgende Gangfreimaße sind zu überprüfen (siehe Bild 13):

- Z1.1 zwischen Ladeeinheit und fassadenseitiger Störkante (z. B. Fassadenriegel, Regenfallrohr, Durchschubsicherung, Aussteifungskonstuktion des Regals usw.)
- Z1.2 zwischen Ladeeinheit und Regalkonstruktion innenliegender Regale (z. B. Aussteifungskonstruktion des Regals, Sprinkler)
- Z2.1 zwischen dem äußersten Punkt des Hubwagens bzw. der Ladeeinheit auf dem Hubwagen und der Sollage der eingelagerten Ladung bzw. der Regalstörkante bei zurückstehender Ladung; Seite Randregal
- Z2.2 wie oben, Seite Mittelregal
- Z3.1 zwischen fixen Störkanten am Regalbediengeräte (z. B. Hubwerke, Podeste usw.) und der eingelagerten Ladung bzw. der Regalstörkante; Seite Randregal
- Z3.2 wie oben, Seite Mittelregal
- Z4.1 zwischen Durchschubsicherung und Hinterkante der Ladeeinheit; Seite Randregal
- Z4.2 wie oben, Seite Mittelregal

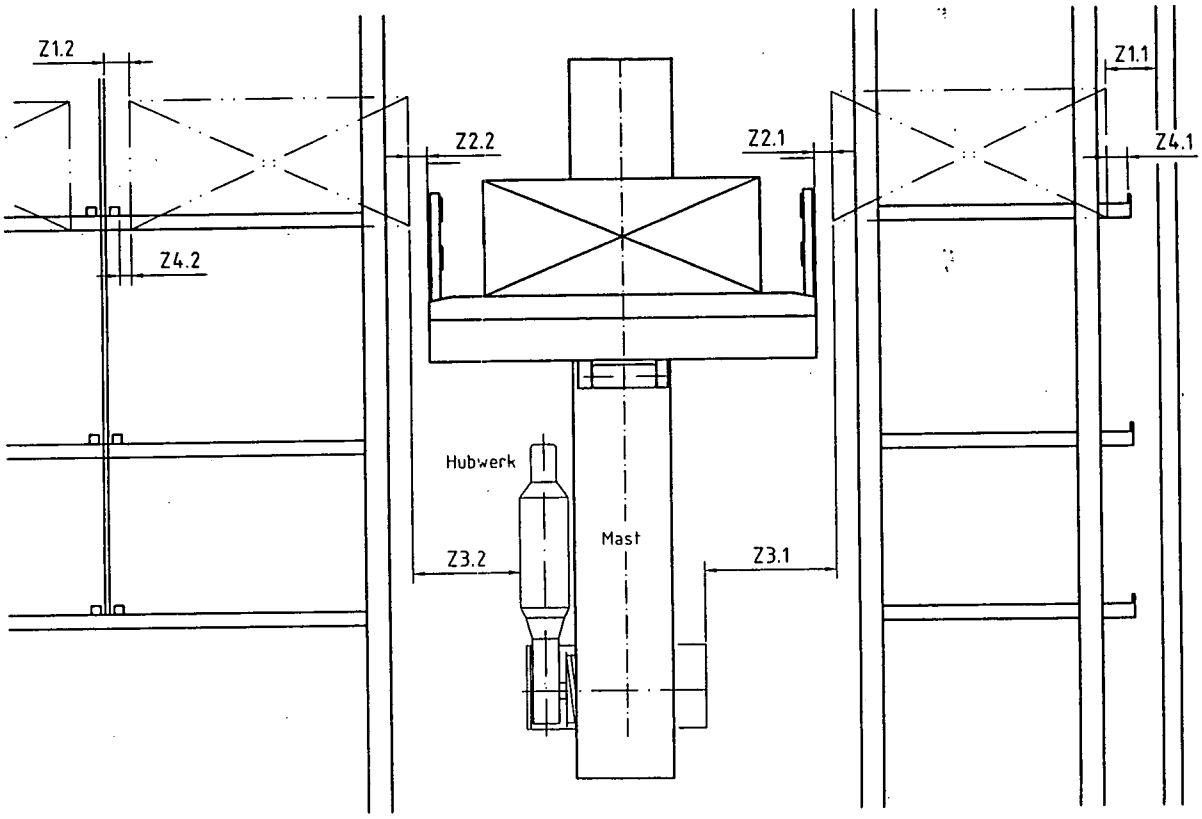


Bild 13: Gangfreimaß

5.4 Besondere Störkanten

Schon in der Planungsphase und insbesondere bei der Berechnung der Freimaße müssen u.a. folgende Begebenheiten beachtet werden:

- Anordnung von Lösch- und Rauchmeldeanlagen
- Haustechnische Installationen (Leitungen, Leuchten, Kanäle, Rohre etc.)
- Mindestabstände (z. B. zu Sprinklerdüsen)
- Abweichung der Profilabmessungen je nach Regalsystem
- Vorstehende Einzelteile (Schraubenköpfe, Halterungen, Geber etc.)
- Veränderung unstabiler Ladungen während der Einlagerung oder während der Lagerdauer

6 Wertetabelle aller Einflußfaktoren

(T: Toleranzfeld, V: Verformungsmaß)

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Nr.	Einflußfaktor/Zugehörigkeit	Regaltyp				Bild
		Einplatzsystem Lagerhöhe		Mehrplatzsystem Lagerhöhe		
		≦12m	>12 m ≤24 m	≦ 12 m	>12 m ≤24 m	
	Ladung und Profilkontrolle (4.6)					
T1	Toleranz der Ladungsbreite (Meßgenauigkeit)	± 3 pro Seite	± 3 pro Seite	± 3 pro Seite	± 3 pro Seite	
T2	Toleranz der Ladungslänge (Meßgenauigkeit)	± 3 pro Seite	± 3 pro Seite	± 3 pro Seite	± 3 pro Seite	
T3	Toleranz der Ladungshöhe (Meßgenauigkeit)	± 2	± 2	± 2	± 2	
	Ladeeinheit (4.5)					
T4	Bereitstellgenauigkeit in X-Richtung					
T5	Bereitstellgenauigkeit in Z-Richtung					
V1	Durchbiegung des Ladehilfsmittels, gemessen zwischen den Auflageprofilen					
		Abhängig vom Lastaufnahmemittel; siehe 4.7				
	Regalbediengerät (4.8)					
T6	Positioniergenaugikeit in X-Richtung					
T7	Positioniergenauigkeit in Y-Richtung					
T8	Positioniergenauigkeit des Lastaufnahmemittels in Z-Richtung					
T9	Positioniergenauigkeit der Lastaufnahmemittel-mittenzentrierung					
T10	Mast-Herstellgenauigkeit in X-Richtung, z. B. Schiefstellung, Geradheit der vertikalen Führungs-schienen					
T11	Mast-Herstellgenauigkeit in Z-Richtung					
T12	Hubwagenverdrehung horizontal wegen Mastfüh-rungstoleranzen					
T13	Schräglage der Lastaufnahmemitteloberkante in X-Richtung, bez. auf die horizontale Systemebene					
T14	Schräglage der Lastaufnahmemitteloberkante in Z-Richtung, bez. auf die horizontale Systemebene, herrührend aus Montagetoleranzen, Rollenspielen, Toleranz der Fahr- und Führungsschienen					
T15	Spiel der Seitenführungsrollen, unten					
T16	Montagegenauigkeit der Höhepositioniermarken bezogen auf die Fachebenen					
T17	Lastaufnahmemitteldurchhang unbelastet (Rollen-spiel und Verschleiß)					
T18	Abnutzung der Räder und Fahrschienen					
V2	Mastauslenkung durch Schwingungen in X-Richtung					
V3	Mastverformung in X-Richtung beim obersten Fach (Lastwechselverformung)					

„fortgesetzt"

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Nr.	Einflußfaktor/Zugehörigkeit	Regaltyp				Bild
		Einplatzsystem Lagerhöhe		Mehrplatzsystem Lagerhöhe		
		≦12m	>12 m ≤24 m	≦ 12 m	>12 m ≤24 m	
V4	Schiefstellung der Last in Z-Richtung, herrührend aus der Mast-, Hubwagen- und Lastaufnahmemittelverformungen durch die statischen Lastmomente und Schwingungen (abhängig von der Höhe der Ladeeinheit)					
V5	Schwingung der Last in Z-Richtung während der Fahrt, herrührend aus Biege- und Torsionsschwingungen des Mastes					
V6	Verschiebung der Spitze des LAM in X-Richtung bei Ausfahrt des LAMs aufgrund der Hubwagenverdrehung					
V7	Durchbiegung an der Spitze des LAMs unter Nennlast bei max. ausgefahrenem LAM, aus LAM-Verformung					
V8	Durchbiegung an der Spitze des LAMs unter Nennlast bei max. ausgefahrenem LAM, aus Hubwagen- und Mastverformung					
V9	Verschiebung der Spitze des LAMs in X-Richtung bei Ausfahrt des LAMs aufgrund der Masttorsion					
V10	Längendehnung des Tragmittels durch Nutzlast					
		Werte werden vom RBG-Hersteller für jedes Projekt festgelegt. Im Anhang A werden exemplarisch Beispielberechnungen gegeben.				
	Gassenausrüstung					
T19	Fluchtgenauigkeit der Fahrschiene (4.3.2)	± 2	± 2	± 2	± 2	
T20	Seitengenauigkeit der oberen Führungsschienenachse und horizontale Abweichung der Führungsschiene gegenüber dieser Achse; Meßlänge 20 m; Bereich der Führungsrollen/Meßlänge 2 m (4.4.1; 4.4.2)	± 2; ± 2/± 1	± 2; ± 2/± 1	± 2; ± 2/± 1	± 2; ± 2/± 1	1
T21	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes; Gesamtlänge/Radstand (4.3.3)	± 1,5/± 0,5	± 1,5/± 0,5	± 1,5/± 0,5	± 1,5/± 0,5	
T22	Höhentoleranz der oberen Führungsschiene (4.4.6)	+5/-2	+5/-2	+5/-2	+5/-2	
T23	Montagenauigkeit der Positioniermarken in X-Richtung (4.8.3)	± 1	± 1	± 1	± 1	
T24	Montagetoleranz der Fahrschiene in Z-Richtung bez. auf die vertikaler Systemebene; Gesamtlänge/Radstand (4.3.2)	± 2/± 1	± 2/± 1	± 2/± 1	± 2/± 1	
V11	Auslenkung der oberen Führungsschiene in Z-Richtung bei ausgefahrener Last (4.4.5)	3	3	3	3	
V12	Durchbiegung der Fahrschiene in Y-Richtung					
		Werte werden vom RBG-Hersteller für jedes Projekt festgelegt. Im Anhang A werden exemplarisch Beispielrechnungen gegeben.				

„fortgesetzt"

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Nr.	Einflußfaktor/Zugehörigkeit	Regaltyp				Bild
		Einplatzsystem Lagerhöhe		Mehrplatzsystem Lagerhöhe		
		≦12m	>12 m ≤24 m	≦ 12 m	>12 m ≤24 m	
	Regalkonstruktion in X-Richtung (4.9.1.1)					
T25	Abweichung der Ständerachse gegenüber einer Vertikalen	± 7	± 10	± 7	± 10	3
T26	Versatz der Steherfüße linke und rechte Gangseite	3	3	3	3	
T27	Rechtwinkligkeit des Ständerrahmens zur Gassenachse	Enthalten in T28	Enthalten in T28	Enthalten in T28	Enthalten in T28	
T28	Summentoleranz aus T25, T26, Vorkrümmung und T27 maximal	± 8	± 12	± 8	± 12	3
T29	Toleranz der Regallänge L	±1‰ von L	±1‰ von L	±1‰ von L	±1‰ von L	3
T30	Toleranz der Facheinfahrbreite für das Ladehilfsmittel	± 4	± 4	± 4	± 4	6
T31	Toleranz der Facheinfahrbreite für das Lastaufnahmemittel	± 4	± 4	± 4	± 4	6
V13	Seitliche Verschiebung des höchsten Punktes des Ständerrahmens im Betriebszustand durch äußere Kräfte und Nutzlasten (4.9.2.1) mit: H = Nennmaß der Höhe ab O.K. Boden bis U.K. Querriegel	±4	± H/3000	±6	± H/3000	
T32	Toleranz des Abstandes der vordersten Steherachse zur vertikalen Systemebene	± 5	± 5	± 5	± 5	3
	Regalkonstruktion in Y-Richtung (4.9.1.2)					
T33	Niveautoleranz der gangseitigen Auflageprofile in jeder Ebene	± 3	± 5	± 5	± 5	
T34	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage bei einfachtiefer Einplatzlagerung	± 2	± 2	± 2	± 2	7
T35	Toleranz des Abstandes zweier übereinanderliegenden Ebenen	± 2	± 2	± 2	± 2	7
V14	Durchbiegung des Auflageprofils mit Spannweite l bei Mehrplatzlagerung (4.9.2.2)	--	--	l/375 max. 8	l/375 max. 8	9
T36	Toleranz des Abstandes der untersten bis zur obersten Auflageebene mit: H = Nennmaß der Höhe ab O.K. Boden bis U.K. Querriegel	± 0,5‰ von H	± 0,5‰ von H	± 0,5‰ von H	± 0,5‰ von H	3
T37	Toleranz der Horizontalität der Auflageprofile	± 1°	±1°	± 1°	± 1°	6
V15	Durchbiegung des Flansches des Auflagewinkels bei 100% außermittig angeordneter Last im Bereich der Stütze bei Einplatzlagerung (4.9.2.2)	3	3	--	--	4
V16	Vertikalsenkung der Auflageprofile bei 100% außermittig angeordneter Last wegen Durchbiegung, Torsion und örtlichem Ausbiegen der Profile (4.9.2.2) , mit: D = Rahmentiefe	3+D/150 aber ≤ 10	3+D/150 aber ≤ 10	8+D/200 aber ≤ 15	8+D/200 aber ≤ 15	5
V17	Stauchung der Steher an höchster Auflageebene (4.9.2.1)	siehe Tabelle 2	siehe Tabelle 2	siehe Tabelle 2	siehe Tabelle 2	

„fortgesetzt"

Tabelle 3 (abgeschlossen)

Nr.	Einflußfaktor/Zugehörigkeit	Regaltyp				Bild
		Einplatzsystem Lagerhöhe		Mehrplatzsystem Lagerhöhe		
		≦12m	>12 m ≤24 m	≦ 12 m	>12 m ≤24 m	
	Regalkonstruktion in Z-Richtung (4.9.1.3)					
T38	Abweichung der vorderen Steherachse gegenüber einer Vertikalen	± 6	± 10	± 6	± 10	3
T39	Steherfußabweichung gegenüber der Systemachse in X - Richtung pro Gasse	± 3	± 3	± 3	± 3	3
T40	Vorkrümmung der unbelasteten Ständerrahmen	Enthalten in T41	Enthalten in T41	Enthalten in T41	Enthalten in T41	3
T41	Summentoleranz aus T38, T39 und T40 maximal	± 8	± 12	± 8	± 12	3
T42	Toleranz des Tiefenanschlages zur Stützenvorderkante	± 2	± 2	± 2	± 2	8
T43	Toleranz der Position der hinteren Regalstörkante (z. B. Zäune, Trapezbleche und Aussteifungskonstruktionen)	± 15	± 15	± 15	± 15	8
V18	seitliche Verschiebung des höchsten Punktes der Ständerrahmen quer zum Gang im Betriebszustand durch äußere Kräfte und Nutzlasten (4.9.2.1), mit: H = Nennmaß der Höhe ab O.K. Boden bis U.K. Querriegel	± 4	± H/2000	± 4	± H/2000	
	Bau und Diverses (in den folgenden Rechnungen unberücksichtigt)					
T44	Maßeinengungen durch z. B. Gebäudestützen, Gebäudewänden, Befestigungsmaterial, Sprinkler, Brandmelder, Heizungsrohre, Elektrische Leitungen, Ventilatoren, Lampen, Laschen bei Einhängeriegeln, Sanitärrohre usw.					
V19	Maßänderungen der Ladung während der Lagerdauer					
V20	Zusätzliche Durchbiegung des Ladehilfsmittels					
V21	Bodensenkungen und Biegung der Bodenplatte und daraus entstehende verschieden Schiefstellungen der Regalbediengeräte und der Regale					
V22	Gebäudeverformungen unter Wind- und Dachlast					

7 Kontrollrechnung

7.1 Zusammenhänge

Zur Überprüfung, ob im Einzelfall die gewählten Freimaße mit den vorhandenen Toleranzen und Verformungen eine sichere Systemfunktion erlauben, muß vom Systemlieferanten eine Kontrollrechnung durchgeführt werden.

Bei der Ermittlung jedes einzelnen Freimaßes müssen je nach gewähltem Positionierverfahren und eingesetztem Lastaufnahmemittel unterschiedliche Toleranzen und Verformungen berücksichtigt werden. Im Anhang A sind Berechnungsbeispiele dargestellt.

Bestimmte Toleranzen und insbesondere Verformungen die in einer Richtung auftreten, können mit entsprechendem Justieraufwand am Regalbediengerät gemindert werden, z. B. Parallelstellung des Regalbediengerätemastes in X-Richtung zum Regal oder Tiefersetzen der oberen Y-Positioniermarken nach teilweiser Füllung des Lagers und damit Berücksichtigung der Stauchung der Steher).

7.2 Rechenverfahren

Mit der Worst-case-Methode werden alle Toleranzen und Verformungen mit dem Maximalwert in der ungüstigen Wirkrichtung zusammengefügt. Um das Gesamtsystem zu optimieren, gewährleisten die Lieferanten (Regalbediengerät, Gassenausrüstung und Regal), daß die Gesamttoleranzen ihres Gewerkes maximal 70% der Gesamttoleranzen nach der Worst-Case-Methode betragen. Die Gesamttoleranzen nach der Worst-Case-Methode sind die Summe der bei der Frei- und Einfahrmaßberechnung zu berücksichtigten Toleranzen nach Abschnitt 6. Bei der Ausführung der Anlage können die mittels Gleichung 1 reduzierten Frei- und Einfahrmaße verwendet werden.

$$f_{real} = 0{,}70 \cdot \Sigma\, Ti_{max} + \Sigma\, Vi_{max} \qquad (1)$$

mit:

Ti_{max}: Summe der maximal zulässigen Einzeltoleranzen eines einzelnen Gewerkes (Werte aus Abschnitt 6)

Vi_{max}: Summe der maximalen Verformungen aus Berechnungen und Vorgaben innerhalb eines Gewerkes

Anhang A

Berechnungsbeispiele

Anhand der folgenden Beispiele werden die vorstehend analysierten Zusammenhänge mit Zahlenwerten verdeutlicht.

Bei den Werten für die Regalbediengeräte handelt es sich, wie in Kapitel 4.8 begründet, nur um Beispiele, die die Auswirkungen auf das Gesamtsystem aufzeigen. Diese Werte dürfen keinesfalls für eine Tolerenzberechnung verwendet werden. Die tatsächlichen Werte müssen durch den Gerätehersteller oder den Systemverantwortlichen ermittelt werden.

In den Berechnungsbeispielen werden folgende mögliche Einflußfaktoren vernachlässigt:

- Ungleiche Radabnutzung
- Ungleiche Schienendurchbiegung wegen unterschiedlicher Lasten beider Räder
- Restschwingungsamplituden nach Beruhigungszeit
- ungleiche Bodensetzungen
- Verformung der Bodenplatte größer als in Kap. 4.2.2 beschrieben
- Verformung der Ladung nach dem Passieren der Profilkontrolle

Alle Maße in den Tabellen sind in mm.

Verwendete Abkürzung:

LAM: Lastaufnahmemittel

Anhang A.1
Unterfahrtechnik für Einplatzlagerung

Tabelle A.1.1: Einfahrmaße X1 und X2 zwischen LAM und Regalkonstruktion

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit	T6	2,0	2,0	2,0	2,0
	Mast-Herstellgenauigkeit	T10	1,0	1,0	0,0	0,0
	Hubwagenverdrehung aus Mastführung	T12	1,0	1,0	0,0	0,0
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mastverformung oben aus Lastmoment	V3	4,0	10,0	10,0	10,0
	Hubwagenverdrehung aus Lastwechsel	V6	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mastauslenkung durch Schwingungen	V2	1,0	2,0	2,0	2,0
	Auslenkung aus Masttorsion	V9	1,0	3,0	3,0	3,0
	Montagegenauigkeit der Positioniermarken	T23	1,0	1,0	0,0	0,0
Gangausrüstung	Fluchtgenauigkeit der Fahrschiene	T19	1,0	1,0	0,0	0,0
	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	3,0	6,0	0,0	0,0
Regalanlage	Toleranzfeld der Steher	T28	8,0	12,0	0,0	0,0
	Toleranz der Facheinfahrbreite	T31	4,0	4,0	4,0	4,0
	Verformung durch Nutzlast	V13	4,0	6,5	6,5	0,0
	Einfahrmaß	**X1 X2**	**33,0**	**51,5**	**29,5**	**23,0**
	Einfahrmaß bei 70%-Regel	**X1 X2**	**26,4**	**42,8**	**27,4**	**20,9**

Tabelle A.1.2: Fachfreimaße X3.1 und X3.2 zwischen Ladehilfsmittel und Regalkonstruktion

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				
Ladehilfsmittel	Bereitstellgenauigkeit	T4	2,0	2,0	2,0	2,0
	Toleranz der Ladungsbreite	T1	3,0	3,0	3,0	3,0
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit, 2x	T6	4,0	4,0	4,0	4,0
	Mast-Herstellgenauigkeit	T10	1,0	1,0	0,0	0,0
	Hubwagenverdrehung aus Mastführung, 2x	T12	2,0	2,0	0,0	0,0
	Spiel der Seitenführungsrollen, 2x	T15	2,0	2,0	1,0	1,0
	Mastverformung oben aus Lastmoment	V3	4,0	10,0	10,0	0,0
	Hubwagenverdrehung aus Lastwechsel	V6	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mastauslenkung durch Schwingungen	V2	1,0	2,0	2,0	2,0
	Auslenkung aus Masttorsion	V9	1,0	3,0	3,0	3,0
	Montagegenauigkeit der Positioniermarken, 2x	T23	2,0	2,0	0,0	0,0
Gangausrüstung	Fluchtgenauigkeit der Fahrschiene	T19	1,0	1,0	0,0	0,0
	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	3,0	6,0	0,0	0,0
Regalanlage	Toleranzfeld der Steher	T28	8,0	12,0	0,0	0,0
	Toleranz der Facheinfahrbreite	T31	4,0	4,0	4,0	4,0
	Verformung durch Nutzlast	V13	4,0	6,5	6,5	0,0
	Einfahrmaß	**X3.1 X3.2**	**43,0**	**61,5**	**36,5**	**20,0**
	Einfahrmaß bei 70%-Regel	**X3.1 X3.2**	**33,4**	**49,8**	**32,3**	**15,8**

Tabelle A.1.3: Einfahrmaß Y1 zwischen Oberkante Ladehilfsmittel und Unterkante LAM

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungshöhe	T3	2,0	2,0	2,0	
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit	T7	2,0	2,0	2,0	
	Schräglage LAM in X-Richtung	T13	1,0	1,0	1,0	
	Schräglage LAM in Z-Richtung	T14	1,0	1,0	1,0	
	Montagegenauigkeit der Höhenpositioniermarke	T16	1,0	1,0	0,0	
	LAM-Durchhang	T17	2,0	2,0	2,0	
Gangausrüstung	Durchbiegung der Fahrschiene	V12	0,0	0,0	0,0	
	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	1,5	1,5	0,0	
Regalanlage	Niveautoleranz der Auflageprofile.	T33	3,0	5,0	0,0	
	Einfahrmaß	**Y1**	**13,5**	**15,5**	**8,0**	
	Einfahrmaß bei 70%-Regel	**Y1**	**9,5**	**10,9**	**5,6**	

Tabelle A.1.4: Fachfreimaß Y2 zwischen Oberkante LAM und Unterkante Ladehilfsmittel

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				entfällt
Ladehilfsmittel	Durchbiegung des Ladehilfsmittels	V1	3,0	3,0	3,0	
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit	T7	2,0	2,0	2,0	
	Schräglage LAM in X-Richtung	T13	1,0	1,0	1,0	
	Schräglage LAM in Z-Richtung	T14	1,0	1,0	1,0	
	Montagegenauigkeit der Höhenpositioniermarke	T16	1,0	1,0	0,0	
Gangausrüstung	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	1,5	1,5	0,0	
Regalanlage	Niveautoleranz der Auflageprofile	T33	3,0	5,0	0,0	
	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage	T34	4,0	4,0	4,0	
	Durchbiegung des Flausches des Auflagewinkels	V15	3,0	3,0	3,0	
	Stauchung der Steher	V17	2,0	4,0	4,0	
	Einfahrmaß	**Y2**	**21,5**	**25,5**	**18,0**	
	Einfahrmaß bei 70%-Regel	**Y2**	**17,5**	**20,9**	**15,6**	

Tabelle A.1.5: Fachfreimaß Y4 zwischen Oberkante Auflagerprofil und Unterkante Ladehilfsmittel

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				entfällt
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit	T7	2,0	2,0	2,0	
	Montagegenauigkeit der Höhenpositioniermarke	T16	1,0	1,0	0,0	
	LAM-Durchhang	T17	1,0	1,0	1,0	
	LAM-Durchbiegung	V7	1,0	1,0	1,0	
	Hubwagen- und Mastverformung	V8	1,0	1,0	1,0	
	Längendehnung des Tragmittels	V10	2,0	4,0	2,0	
Gangausrüstung	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	1,5	1,5	0,0	
	Durchbiegung der Fahrschiene	V12	0,0	0,0	0,0	
Regalanlage	Niveautoleranz der Auflageprofile	T33	3,0	5,0	0,0	
	Fachfreimaß	**Y4**	**12,5**	**16,5**	**7,0**	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	**Y4**	**10,0**	**13,4**	**6,1**	

Tabelle A.1.6: Fachfreimaß Y5 zwischen Oberkante Ladehilfsmittel und Unterkante Auflagerprofil

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				entfällt
Ladehilfsmittel	Durchbiegung des Ladehilfsmittels	V1	0,0	0,0	0,0	
	Toleranz der Ladungshöhe	T3	2,0	2,0	2,0	
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit	T7	2,0	2,0	2,0	
	Montagegenauigkeit der Höhenpositioniermarke	T16	1,0	1,0	0,0	
	Schräglage LAM in X-Richtung	T13	1,0	1,0	1,0	
	Schräglage LAM in Z-Richtung	T14	1,0	1,0	1,0	
Gangausrüstung	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	1,5	1,5	0,0	
Regalanlage	Niveautoleranz der Auflageprofile	T33	3,0	5,0	0,0	
	Höhendifferenz der hinteren zur forderen Auflage	T34	4,0	4,0	4,0	
	Toleranz des Abstandes zweier übereinander liegender Ebenen	T35	2,0	2,0	2,0	
	Durchbiegung des Flausches des Auflagewinkels	V15	3,0	3,0	3,0	
	Stauchung der Steher	V17	2,0	4,0	4,0	
	Fachfreimaß	**Y5**	**22,5**	**26,5**	**19,0**	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	**Y5**	**17,3**	**20,7**	**15,4**	

Tabelle A.1.7: Abstand Y3 zwischen Oberkante Ladehilfsmittel und Unterkante Auflagerprofil

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				entfällt
	Einfahrmaß	Y2	21,5	25,5	18,0	
	Einfahrmaß bei 70%-Regel	Y2	17,5	20,9	15,6	
	Fachfreimaß	Y4	12,5	16,5	7,0	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	Y4	10,0	13,4	6,1	
	Fachfreimaß	Y5	22,5	26,5	19,0	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	Y5	17,3	20,7	15,4	
	Mindestabstand (=Y2+Y4+Y5)	**Y3**	**56,5**	**68,5**	**44,0**	
	Mindestabstand bei 70%-Regel	**Y3**	**44,7**	**54,9**	**37,1**	

Tabelle A.1.8: Freimaße Z1.1 und Z1.2 zwischen Hinterkante Ladehilfsmittel und Regal bzw. Gebäude

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:			entfällt	entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungslänge	T2	3,0	3,0		
	Bereitstellgenauigkeit	T5	3,0	3,0		
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit LAM	T8	3,0	3,0		
	Mast-Herstellgenauigkeit	T10	2,0	3,0		
	Hubwagenverdrehung aus Mastführung	T12	1,0	2,0		
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	0,0	0,0		
	Schräglage LAM in Z-Richtung	T14	1,0	1,0		
	Schiefstellung der Last in Z-Richtung	V4	3,0	6,0		
Gangausrüstung	Fluchtgenauigkeit der Fahrschiene	T19	2,0	2,0		
	Seitengenauigkeit der Führungsschiene	T20	4,0	4,0		
	Auslenkung der Führungsschiene	V11	3,0	3,0		
	Montagetoleranz d. Fahrschiene	T24	2,0	2,0		
Regalanlage	Toleranzfeld der Steher	T41	8,0	12,0		
	Toleranz hintere Störkante Regal	T43	15,0	15,0		
	Toleranz hintere Störkante Gebäude	T44	20,0	20,0		
	Freimaß Randregale	**Z1.1**	**55,0**	**64,0**		
	Freimaß Mittelregale	**Z1.2**	**50,0**	**59,0**		
	Freimaß Randregale bei 70%-Regel	**Z1.1**	**40,3**	**47,5**		
	Freimaß Mittelregale bei 70%-Regel	**Z1.2**	**36,8**	**44,0**		

Tabelle A.1.9: Freimaße Z2.1 und Z2.2 zwischen gangseitiger Last und Teilen des Hubwagens

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:			entfällt	entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungslänge	T2	3,0	3,0		
	Bereitstellgenauigkeit	T5	3,0	3,0		
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit LAM	T8	3,0	3,0		
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	0,0	0,0		
	Schwingung der Last	V5	2,0	4,0		
Regalanlage	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage	T34	0,0	0,0		
	Freimaß Randregale	**Z2.1**	**11,0**	**13,0**		
	Freimaß Mittelregale	**Z2.2**	**11,0**	**13,0**		
	Freimaß Randregale bei 70%-Regel	**Z2.1**	**8,3**	**10,3**		
	Freimaß Mittelregale bei 70%-Regel	**Z2.2**	**8,3**	**10,3**		

Tabelle A.1.10: Freimaße Z3.1 und Z3.2 zwischen gangseitiger Last und Teilen des automatischen Kleinteilelagers

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:			entfällt	entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungslänge	T2	3,0	3,0		
	Bereitstellgenauigkeit	T5	3,0	3,0		
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit LAM	T8	3,0	3,0		
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	0,0	0,0		
	Schwingung der Last	V5	5,0	8,0		
Regalanlage	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage	T34	0,0	0,0		
	Freimaß Randregale	**Z3.1**	**14,0**	**17,0**		
	Freimaß Mittelregale	**Z3.2**	**14,0**	**17,0**		
	Freimaß Randregale bei 70%-Regel	**Z3.1**	**11,3**	**14,3**		
	Freimaß Mittelregale bei 70%-Regel	**Z3.2**	**11,3**	**14,3**		

Tabelle A.1.11: Freimaße Z.4.1 und Z4.2 zwischen Ladehilfsmittel und Durchschubsicherung

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:			entfällt	entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungslänge	T2	3,0	3,0		
	Bereitstellgenauigkeit	T5	3,0	3,0		
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit LAM	T8	3,0	3,0		
	Mast-Herstellgenauigkeit	T11	2,0	3,0		
	Hubwagenverdrehung aus Mastführung	T12	1,0	1,0		
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	0,0	0,0		
	Schwingung der Last	V5	5,0	8,0		
Gangausrüstung	Fluchtgenauigkeit der Fahrschiene	T19	2,0	2,0		
	Seitengenauigkeit der Führungsschiene	T20	4,0	4,0		
	Auslenkung der Führungsschiene	V11	3,0	3,0		
	Montagetoleranz d. Fahrschiene	T24	2,0	2,0		
Regalanlage	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage	T34	0,0	0,0		
	Toleranz des Tiefenanschlages	T42	2,0	2,0		
	Toleranz der Steher	T41	8,0	12,0		
	Freimaß Randregale	**Z4.1**	**38,0**	**46,0**		
	Freimaß Mittelregale	**Z4.2**	**38,0**	**46,0**		
	Freimaß Randregale bei 70%-Regel	**Z4.1**	**29,0**	**35,5**		
	Freimaß Mittelregale bei 70%-Regel	**Z4.2**	**29,0**	**35,5**		

Anhang A.2

Ziehtechnik für Einplatzlagerung

Tabelle A.2.1: Fachfreimaße X3.1 und X3.2 zwischen Ladehilfsmittel und Regalkonstruktion

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungsbreite	T1	0,5	0,5	0,5	3,0
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit	T6	2,0	2,0	2,0	4,0
	Mast-Herstellgenauigkeit	T10	1,0	1,0	1,0	0,0
	Hubwagenverdrehung aus Mastführung	T12	1,0	1,0	1,0	0,0
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mastverformung oben aus Lastmoment	V3	4,0	10,0	10,0	0,0
	Hubwagenverdrehung aus Lastwechsel	V6	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mastauslenkung durch Schwingungen	V2	1,0	1,0	1,0	1,0
	Auslenkung aus Masttorsion	V9	1,0	1,0	1,0	1,0
	Montagegenauigkeit der Positioniermarken	T23	2,0	2,0	0,0	0,0
Gangausrüstung	Fluchtgenauigkeit der Fahrschiene	T19	1,0	1,0	0,0	0,0
	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	3,0	6,0	0,0	0,0
Regalanlage	Toleranzfeld der Steher	T28	8,0	12,0	0,0	0,0
	Toleranz der Facheinfahrbreite	T31	4,0	4,0	4,0	4,0
	Verformung durch Nutzlast	V13	4,0	6,5	6,5	0,0
	Einfahrmaß	**X3.1 X3.2**	**34,5**	**50,0**	**29,0**	**15,0**
	Einfahrmaß bei 70%-Regel	**X3.1 X3.2**	**27,5**	**40,9**	**26,2**	**11,4**

Tabelle A.2.2: Fachfreimaß Y4 zwischen Oberkante Auflagerprofil und Unterkante Ladehilfsmittel

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				entfällt
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit	T7	2,0	2,0	2,0	
	Montagegenauigkeit der Höhenpositioniermarke	T16	1,0	1,0	0,0	
	LAM-Durchhang	T17	1,0	1,0	1,0	
	Hubwagen- und Mastverformung	V8	1,0	1,0	1,0	
	Längendehnung des Tragmittels	V10	2,0	4,0	2,0	
Gangausrüstung	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	1,5	1,5	0,0	
	Durchbiegung der Fahrschiene	V12	0,0	0,0	0,0	
Regalanlage	Niveautoleranz der Auflageprofile	T33	3,0	5,0	0,0	
	Fachfreimaß	**Y4**	**11,5**	**15,5**	**6,0**	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	**Y4**	**9,0**	**12,4**	**5,1**	

Tabelle A.2.3: Fachfreimaß Y5 zwischen Oberkante Ladehilfsmittel und Unterkante Auflagerprofil

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				entfällt
Ladehilfsmittel	Durchbiegung des Lastaufnahmemittels	V1	0,0	0,0	0,0	
	Toleranz der Ladungshöhe	T3	2,0	2,0	2,0	
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit	T7	2,0	2,0	2,0	
	Montagegenauigkeit der Höhenpositioniermarke	T16	1,0	1,0	0,0	
	Schräglage LAM in X-Richtung	T13	1,0	1,0	1,0	
	Schräglage LAM in Z-Richtung	T14	1,0	1,0	1,0	
Gangausrüstung	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	1,5	1,5	0,0	
Regalanlage	Niveautoleranz der Auflageprofile	T33	3,0	5,0	0,0	
	Höhendifferenz der hinteren zur vorderenAuflage	T34	4,0	4,0	4,0	
	Toleranz des Abstandes zweier übereinander liegender Ebenen	T35	2,0	2,0	2,0	
	Durchbiegung des Flausches des Auflagewinkels	V15	5,0	5,0	5,0	
	Stauchung der Steher	V17	2,0	4,0	4,0	
	Fachfreimaß	**Y5**	**24,5**	**28,5**	**21,0**	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	**Y5**	**19,3**	**22,7**	**17,4**	

Tabelle A.2.4: Abstand Y3 zwischen Oberkante Ladehilfsmittel und Unterkante Auflagerprofil

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				entfällt
	Fachfreimaß	Y4	11,5	15,5	6,0	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	Y4	9,0	12,4	5,1	
	Fachfreimaß	Y5	24,5	28,5	21,0	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	Y5	19,3	22,7	17,4	
	Mindestabstand (=Y4+Y5)	**Y3**	**36,0**	**44,0**	**27,0**	
	Mindestabstand bei 70%-Regel	**Y3**	**28,3**	**35,1**	**22,5**	

Tabelle A.2.5: Freimaße Z1.1 und Z1.2 zwischen Hinterkante Ladehilfsmittel und Regal bzw. Gebäude

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:			entfällt	entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungslänge	T2	3,0	3,0		
	Bereitstellgenauigkeit	T5	3,0	3,0		
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit LAM	T8	3,0	3,0		
	Mast-Herstellgenauigkeit	T10	2,0	3,0		
	Hubwagenverdrehung aus Mastführung	T12	1,0	2,0		
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	0,0	0,0		
	Schräglage LAM in Z-Richtung	T14	1,0	1,0		
	Schiefstellung der Last in Z-Richtung	V4	3,0	6,0		
Gangausrüstung	Fluchtgenauigkeit der Fahrschiene	T19	2,0	2,0		
	Seitengenauigkeit der Führungsschiene	T20	4,0	4,0		
	Auslenkung der Führungsschiene	V11	3,0	3,0		
	Montagetoleranz d. Fahrschiene	T24	2,0	2,0		
Regalanlage	Toleranzfeld der Steher	T41	8,0	12,0		
	Toleranz hintere Störkante Regal	T43	15,0	15,0		
	Toleranz hintere Störkante Gebäude	T44	20,0	20,0		
	Freimaß Randregale	**Z1.1**	**55,0**	**64,0**		
	Freimaß Mittelregale	**Z1.2**	**50,0**	**59,0**		
	Freimaß Randregale bei 70%-Regel	**Z1.1**	**40,3**	**47,5**		
	Freimaß Mittelregale bei 70%-Regel	**Z1.2**	**36,8**	**44,0**		

Tabelle A.2.6: Freimaße Z2.1und Z2.2 zwischen gangseitiger Last und Teilen des Hubwagens

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:			entfällt	entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungslänge	T2	3,0	3,0		
	Bereitstellgenauigkeit	T5	3,0	3,0		
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit LAM	T8	3,0	3,0		
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	0,0	0,0		
	Schwingung der Last	V5	2,0	4,0		
Regalanlage	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage	T34	0,0	0,0		
	Freimaß Randregale	**Z2.1**	**11,0**	**13,0**		
	Freimaß Mittelregale	**Z2.2**	**11,0**	**13,0**		
	Freimaß Randregale bei 70%-Regel	**Z2.1**	**8,3**	**10,3**		
	Freimaß Mittelregale bei 70%-Regel	**Z2.2**	**8,3**	**10,3**		

Tabelle A.2.7: Freimaße Z3.1 und Z3.3 zwischen gangseitiger Last und Teilen des automatischen Kleinteilelagers

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:			entfällt	entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungslänge	T2	3,0	3,0		
	Bereitstellgenauigkeit	T5	3,0	3,0		
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit LAM	T8	3,0	3,0		
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	0,0	0,0		
	Schwingung der Last	V5	5,0	8,0		
Regalanlage	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage	T34	0,0	0,0		
	Freimaß Randregale	**Z3.1**	**14,0**	**17,0**		
	Freimaß Mittelregale	**Z3.2**	**14,0**	**17,0**		
	Freimaß Randregale bei 70%-Regel	**Z3.1**	**11,3**	**14,3**		
	Freimaß Mittelregale bei 70%-Regel	**Z3.2**	**11,3**	**14,3**		

Tabelle A.2.8: Freimaße Z4.1 und Z4.2 zwischen Ladehilfsmittel und Durchschubsicherung

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:			entfällt	entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungslänge	T2	3,0	3,0		
	Bereitstellgenauigkeit	T5	3,0	3,0		
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit LAM	T8	3,0	3,0		
	Mast-Herstellgenauigkeit	T11	2,0	3,0		
	Hubwagenverdrehung aus Mastführung	T12	1,0	1,0		
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	0,0	0,0		
	Schwingung der Last	V5	5,0	8,0		
Gangausrüstung	Fluchtgenauigkeit der Fahrschiene	T19	2,0	2,0		
	Seitengenauigkeit der Führungsschiene	T20	4,0	4,0		
	Auslenkung der Führungsschiene	V11	3,0	3,0		
	Montagetoleranz d. Fahrschiene	T24	2,0	2,0		
Regalanlage	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage	T34	0,0	0,0		
	Toleranz des Tiefenanschlags	T42	2,0	2,0		
	Toleranzfelder der Steher	T41	8,0	12,0		
	Freimaß Randregale	**Z4.1**	**38,0**	**46,0**		
	Freimaß Mittelregale	**Z4.2**	**38,0**	**46,0**		
	Freimaß Randregale bei 70%-Regel	**Z4.1**	**29,0**	**35,5**		
	Freimaß Mittelregale bei 70%-Regel	**Z4.2**	**29,0**	**35,5**		

Anhang A.3

Seitliche Greiftechnik für Mehrplatzlagerung

Tabelle A.3.1: Einfahrmaße X1.1 und X2.2 zwischen LAM und Regalkonstruktion

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit	T6	2,0	2,0	2,0	2,0
	Mast-Herstellgenauigkeit	T10	1,0	1,0	0,0	0,0
	Hubwagenverdrehung aus Mastführung	T12	1,0	1,0	0,0	0,0
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mastverformung oben aus Lastmoment	V3	4,0	10,0	10,0	10,0
	Hubwagenverdrehung aus Lastwechsel	V6	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mastauslenkung durch Schwingungen	V2	1,0	2,0	2,0	2,0
	Auslenkung aus Masttorsion	V9	1,0	3,0	3,0	3,0
	Montagegenauigkeit der Positioniermarken	T23	1,0	1,0	0,0	0,0
Gangausrüstung	Fluchtgenauigkeit der Fahrschiene	T19	1,0	1,0	0,0	0,0
	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	3,0	6,0	0,0	0,0
Regalanlage	Toleranzfeld der Steher	T28	8,0	12,0	0,0	0,0
	Toleranz der Facheinfahrbreite	T31	4,0	4,0	4,0	4,0
	Verformung durch Nutzlast	V13	4,0	6,5	6,5	0,0
	Einfahrmaß	**X1.1 X2.2**	**33,0**	**51,5**	**29,5**	**23,0**
	Einfahrmaß bei 70%-Regel	**X1.1 X2.2**	**26,4**	**42,8**	**27,4**	**20,9**

Tabelle A.3.2: Einfahrmaße X1.2 und X2.1 zwischen LAM und Ladehilfsmittel

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit, 2x	T6	4,0	4,0	4,0	4,0
	Mast-Herstellgenauigkeit	T10	1,0	1,0	0,0	0,0
	Hubwagenverdrehung aus Mastführung	T12	1,0	1,0	0,0	0,0
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mastverformung oben aus Lastmoment	V3	4,0	10,0	10,0	10,0
	Hubwagenverdrehung aus Lastwechsel	V6	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mastauslenkung durch Schwingungen	V2	1,0	2,0	2,0	2,0
	Auslenkung aus Masttorsion	V9	1,0	3,0	3,0	3,0
	Montagegenauigkeit der Positioniermarken	T23	1,0	1,0	0,0	0,0
Gangausrüstung	Fluchtgenauigkeit der Fahrschiene	T19	1,0	1,0	0,0	0,0
	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	3,0	6,0	0,0	0,0
Regalanlage	Verformung durch Nutzlast	V13	4,0	6,5	6,5	0,0
	Einfahrmaß	**X1.2 X2.1**	**23,0**	**37,5**	**27,5**	**21,0**
	Einfahrmaß bei 70%-Regel	**X1.2 X2.1**	**19,4**	**33,0**	**26,0**	**19,5**

Tabelle A.3.3: Einfahrmaß Y1 zwischen LAM und Oberkante Auflagerprofil

		Positionier-system Lagerhöhe	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
			10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				entfällt
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit	T7	2,0	2,0	2,0	
	Schräglage LAM in X-Richtung	T13	1,0	1,0	1,0	
	Montagegenauigkeit der Höhenpositioniermarke	T16	1,0	1,0	0,0	
	LAM-Durchhang	T17	0,0	0,0	0,0	
	Abnutzung der Räder und Fahrschienen	T18	0,0	0,0	0,0	
	LAM-Durchbiegung	V7	0,0	0,0	0,0	
	Hubwagen- und Mastverformung	V8	0,0	0,0	0,0	
Gangausrüstung	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	1,5	1,5	0,0	
	Durchbiegung der Fahrschiene	V12	0,5	0,5	0,0	
Regalanlage	Niveautoleranz der Auflageprofile	T33	5,0	5,0	0,0	
	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage	T34	4,0	4,0	0,0	
	Fachfreimaß	**Y1**	**15,0**	**15,0**	**3,0**	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	**Y1**	**10,7**	**10,7**	**2,1**	

Tabelle A.3.4: Einfahrmaß Y2 zwischen LAM und Unterkante Auflagerprofil

		Positionier-system Lagerhöhe	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
			10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit	T7	2,0	2,0	2,0	
	Schräglage LAM in X-Richtung	T13	1,0	1,0	1,0	
	Montagegenauigkeit der Höhenpositioniermarke	T16	1,0	1,0	1,0	
	LAM-Durchhang	T17	0,0	0,0	0,0	
	Abnutzung der Räder und Fahrschienen	T18	0,0	0,0	0,0	
	LAM-Durchbiegung	V7	0,0	0,0	0,0	
	Hubwagen- und Lastverformung	V8	0,0	0,0	0,0	
Gangausrüstung	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	1,5	1,5	0,0	
	Durchbiegung der Fahrschiene	V12	0,5	0,5	0,0	
Regalanlage	Niveautoleranz der Auflageprofile	T33	5,0	5,0	0,0	
	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage	T34	4,0	4,0	0,0	
	Toleranz des Abstandes zweier übereinander liegender Ebenen	T35	2,0	2,0	2,0	
	Durchbiegung des Auflageriegels bei Mehrplatzlagerung	V14	6,5	6,5	6,5	
	Stauchung der Steher	V17	2,0	4,0	4,0	
	Einfahrmaß	**Y2**	**25,5**	**27,5**	**15,5**	
	Einfahrmaß bei 70%-Regel	**Y2**	**20,6**	**22,6**	**14,0**	

Tabelle A.3.5 Fachfreimaß Y4 zwischen Oberkante Auflagerprofil und Unterkante Ladehilfsmittel

		Positionier-system Lagerhöhe	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
			10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				entfällt
Ladehilfsmittel	Durchbiegung des Lastaufnahmemittels	V1	0,0	0,0	0,0	
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit	T7	2,0	2,0	2,0	
	Montagegenauigkeit der Höhenpositioniermarke	T16	1,0	1,0	0,0	
	LAM-Durchhang	T17	0,0	0,0	0,0	
	Hubwagen- und Mastverformung	V8	0,0	0,0	0,0	
	Längendehnung des Tragmittels	V10	2,0	4,0	4,0	
Gangausrüstung	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	1,5	1,5	0,0	
	Durchbiegung der Fahrschiene	V12	0,5	0,5	0,5	
Regalanlage	Niveautoleranz der Auflageprofile	T33	5,0	5,0	0,0	
	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage	**T34**	**4,0**	**4,0**	**0,0**	
	Fachfreimaß	**Y4**	**16,0**	**18,0**	**6,5**	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	**Y4**	**12,0**	**14,0**	**5,9**	

Tabelle A.3.6: Fachfreimaß Y5 zwischen Oberkante Auflagerpofil und Unterkante Ladehilfsmittel

		Positionier-system Lagerhöhe	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
			10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungshöhe	T3	2,0	2,0	2,0	
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit	T7	2,0	2,0	2,0	
	Montagegenauigkeit der Höhenpositioniermarke	T16	1,0	1,0	0,0	
	Schräglage LAM in X-Richtung	T13	1,0	1,0	1,0	
	Schräglage LAM in Z-Richtung	T14	1,0	1,0	1,0	
Gangausrüstung	Höhentoleranz des Fahrschienenkopfes	T21	1,5	1,5	0,0	
Regalanlage	Niveautoleranz der Auflageprofile	T33	3,0	5,0	0,0	
	Höhendifferenz der hinteren zur vorderenAuflage	T34	4,0	4,0	0,0	
	Toleranz des Abstandes zweier übereinander liegender Ebenen	T35	2,0	2,0	2,0	
	Durchbiegung des Flausches des Auflagewinkels	V15	5,0	5,0	5,0	
	Stauchung der Steher	V17	2,0	4,0	4,0	
	Fachfreimaß	**Y5**	**24,5**	**28,5**	**17,0**	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	**Y5**	**19,3**	**22,7**	**14,6**	

Tabelle A.3.7: Fachfreimaß Y3 zwischen Oberkante Ladehilfsmittel und Unterkante Auflagerprofil

		Positionier-system Lagerhöhe	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
			10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:				entfällt
	Fachfreimaß	Y4	16,0	18,0	6,5	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	Y4	12,0	14,0	5,9	
	Fachfreimaß	Y5	24,5	28,5	17,0	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	Y5	19,3	22,7	14,6	
	Fachfreimaß (= Y4+Y5)	**Y3**	**40,5**	**46,5**	**23,5**	
	Fachfreimaß bei 70%-Regel	**Y3**	**31,3**	**36,7**	**20,5**	

Tabelle A.3.8: Freimaße Z1.1 und Z1.2 zwischen Hinterkante Ladehilfsmittel und Regal bzw. Gebäude

		Positionier-system Lagerhöhe	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
			10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:			entfällt	entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungslänge	T2	3,0	3,0		
	Bereitstellgenauigkeit	T5	3,0	3,0		
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit LAM	T8	3,0	3,0		
	Mast-Herstellgenauigkeit	T10	2,0	3,0		
	Hubwagenverdrehung aus Mastführung	T12	1,0	2,0		
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	0,0	0,0		
	Schräglage LAM in Z-Richtung	T14	1,0	1,0		
	Schiefstellung der Last in Z-Richtung	V4	3,0	6,0		
Gangausrüstung	Fluchtgenauigkeit der Fahrschiene	T19	2,0	2,0		
	Seitengenauigkeit der Führungsschiene	T20	4,0	4,0		
	Auslenkung der Führungsschiene	V11	3,0	3,0		
	Montagetoleranz d. Fahrschiene	T24	2,0	2,0		
Regalanlage	Toleranzfeld Steher	T41	8,0	12,0		
	Toleranz hintere Störkante Regal	T43	15,0	15,0		
	Toleranz hintere Störkante Gebäude	T44	20,0	20,0		
	Freimaß Randregale	**Z1.1**	**55,0**	**64,0**		
	Freimaß Mittelregale	**Z1.2**	**50,0**	**59,0**		
	Freimaß Randregale bei 70%-Regel	**Z1.1**	**40,3**	**47,5**		
	Freimaß Mittelregale bei 70%-Regel	**Z1.2**	**36,8**	**44,0**		

Tabelle A.3.9: Freimaße Z2.1 und Z2.2 zwischen gangseitiger Last und Teilen des Hubwagens

		Positionier-system Lagerhöhe	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
			10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:			entfällt	entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungslänge	T2	3,0	3,0		
	Bereitstellgenauigkeit	T5	3,0	3,0		
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit LAM	T8	3,0	3,0		
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	0,0	0,0		
	Schwingung der Last	V5	2,0	4,0		
Regalanlage	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage	T34	0,0	0,0		
	Freimaß Randregale	**Z2.1**	**11,0**	**13,0**		
	Freimaß Mittelregale	**Z2.2**	**11,0**	**13,0**		
	Freimaß Randregale bei 70%-Regel	**Z2.1**	**8,3**	**10,3**		
	Freimaß Mittelregale bei 70%-Regel	**Z2.2**	**8,3**	**10,3**		

Tabelle A.3.10: Freimaße Z3.1 und Z3.2 zwischen gangseitiger Last und Teilen des AKLs

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:			entfällt	entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungslänge	T2	3,0	3,0		
	Bereitstellgenauigkeit	T5	3,0	3,0		
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit LAM	T8	3,0	3,0		
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	0,0	0,0		
	Schwingung der Last	V5	5,0	8,0		
Regalanlage	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage	T34	0,0	0,0		
	Freimaß Randregale	**Z3.1**	**14,0**	**17,0**		
	Freimaß Mittelregale	**Z3.2**	**14,0**	**17,0**		
	Freimaß Randregale bei 70%-Regel	**Z3.1**	**11,3**	**14,3**		
	Freimaß Mittelregale bei 70%-Regel	**Z3.2**	**11,3**	**14,3**		

Tabelle A.3.11: Freimaße Z4.1 und Z4.2 zwischen Ladehilfsmittel und Durchschubsicherung

		Positionier-system	Koordinaten		Teach In	Fachfein-pos.
		Lagerhöhe	10 m	20 m	20 m	20 m
Einflußfaktor	Bedeutung	Nr.:			entfällt	entfällt
Ladehilfsmittel	Toleranz der Ladungslänge	T2	3,0	3,0		
	Bereitstellgenauigkeit	T5	3,0	3,0		
Regalbediengerät	Positioniergenauigkeit LAM	T8	3,0	3,0		
	Mast-Herstellgenauigkeit	T11	2,0	3,0		
	Hubwagenverdrehung aus Mastführung	T12	1,0	1,0		
	Spiel der Seitenführungsrollen	T15	0,0	0,0		
	Schwingung der Last	V5	5,0	8,0		
Gangausrüstung	Fluchtgenauigkeit der Fahrschiene	T19	2,0	2,0		
	Seitengenauigkeit der Führungsschiene	T20	4,0	4,0		
	Auslenkung der Führungsschiene	V11	3,0	3,0		
	Montagetoleranz d. Fahrschiene	T24	2,0	2,0		
Regalanlage	Höhendifferenz der hinteren zur vorderen Auflage	T34	0,0	0,0		
	Toleranz des Tiefenanschlages	T42	2,0	2,0		
	Toleranzfeld der Steher	T41	8,0	12,0		
	Freimaß Randregale	**Z4.1**	**38,0**	**46,0**		
	Freimaß Mittelregale	**Z4.2**	**38,0**	**46,0**		
	Freimaß Randregale bei 70%-Regel	**Z4.1**	**29,0**	**35,5**		
	Freimaß Mittelregale bei 70%-Regel	**Z4.2**	**29,0**	**35,5**		

Mess- und Abnahmeprotokoll (Anhang B zur FEM 9.832)	
	Seite B.1

Mess- und Abnahmeprotokoll

Auftragsnummer: .....

Regalstandort: .....

.....

.....

Gasse: Nr. .....

Auftraggeber .....

.....

.....

Auftragsleitung: .....

.....

Auftragnehmer .....

.....

.....

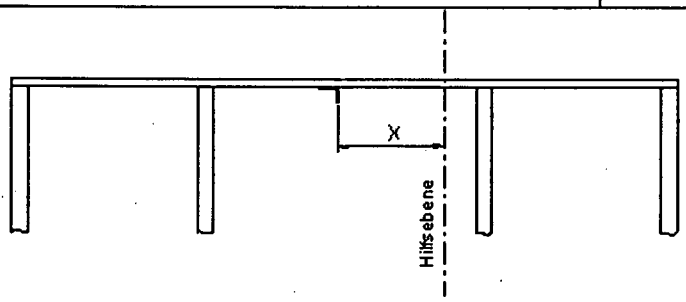
Montageleitung: .....

.....

Inhaltsverzeichnis

1 Führungsschiene
2 Vertikalabweichung T25 und T38 bei Einplatzsystemen
2.1 Regalhöhe ≤ 12 m
2.2 Regalhöhe > 12 m
3 Vertikalabweichung T25 und T38 bei Mehrplatzsystemen
3.1 Regalhöhe ≤ 12 m
3.2 Regalhöhe > 12 m
4 Niveau-Toleranz Auflage Ebene T33 bei Einplatzsystemen
4.1 Regalhöhe ≤ 12 m
4.2 Regalhöhe > 12 m
5 Niveau-Toleranz Auflage Ebene T33 bei Menrplatzsystemen
5.1 Regalhöhe ≤ 12 m
5.2 Regalhöhe > 12 m
6 Stützenversatz Fuß T26
7 Fachabstand T35
8 Messprotokoll
9 Teilabnahme
10 Gesamtabnahme

1 Führungsschiene



Allgemein

- ☐ Schraubenkopf unten / Schaft oben
- ☐ Schienenstöße verschweißt, beigeschliffen und grundiert
- ☐ Ebenheit im Führungsrollenbereich bei einer Messlänge von 200 mm ≤ 1,0 mm
- ☐ im Führungsrollenbereich keine Walzaufschriften
- ☐ Länge und Lage der Führungsschiene

Toleranz Maß "x"

auf Messlänge	Toleranz
20 m	± 2 mm

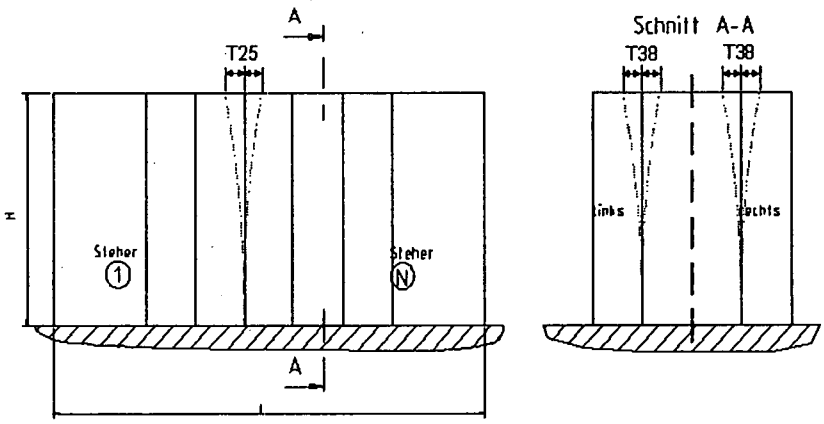
Messpunkte im Abstand von ca. 2 m

Messpunkt	Maß "x" (soll)	Abweichung
	mm	mm
Steher 01		
Steher 05		
Steher 10		
Steher 15		
Steher 20		
Steher 25		
Steher 30		
Steher 35		
Steher 40		

Messpunkt	Maß "x" (soll)	Abweichung
	mm	mm
Steher 45		
Steher 50		
Steher 55		
Steher 60		
Steher 65		
Steher 70		
Steher 75		
Steher 80		

2 Vertikalabweichung T25 und T38 bei Einplatzsystemen
2.1 Regalhöhe ≤ 12 m

nur gassenseitige Steher (bezogen auf Steherkopf)



Toleranz Maß T25
= ± 7 mm

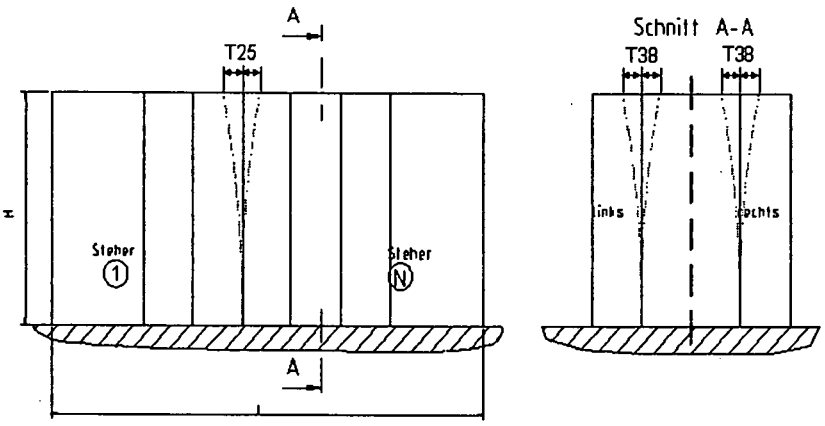
Toleranz Maß T38
= ± 6 mm

Messpunkt	links T25 (mm)	rechts T25 (mm)
Steher 01		
Steher 05		
Steher 10		
Steher 15		
Steher 20		
Steher 25		
Steher 30		
Steher 35		
Steher 40		
Steher 45		
Steher 50		
Steher 55		
Steher 60		
Steher 65		
Steher 70		
Steher 75		
Steher 80		

Messpunkt	links T38 (mm)	rechts T38 (mm)
Steher 01		
Steher 05		
Steher 10		
Steher 15		
Steher 20		
Steher 25		
Steher 30		
Steher 35		
Steher 40		
Steher 45		
Steher 50		
Steher 55		
Steher 60		
Steher 65		
Steher 70		
Steher 75		
Steher 80		

2 Vertikalabweichung T25 und T38 bei Einplatzsystemen
2.2 Regalhöhe > 12 m

nur gassenseitige Steher (bezogen auf Steherkopf)



Toleranz Maß T25
= ± **10 mm**

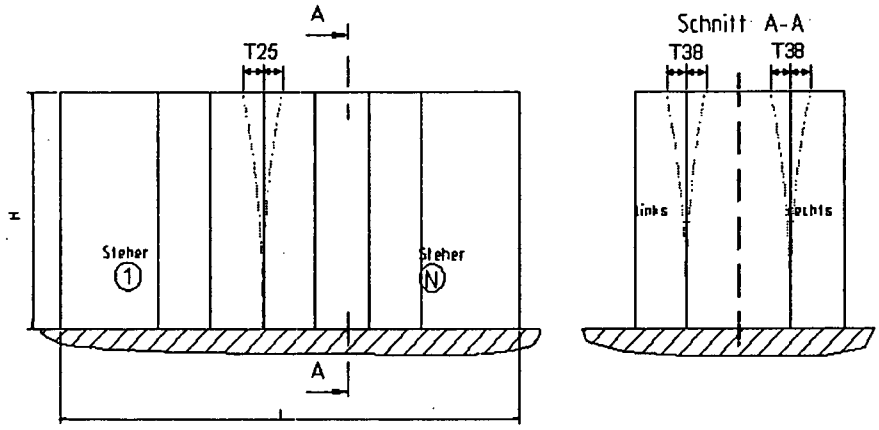
Toleranz Maß T38
= ± **10 mm**

Messpunkt	links T25 (mm)	rechts T25 (mm)
Steher 01		
Steher 05		
Steher 10		
Steher 15		
Steher 20		
Steher 25		
Steher 30		
Steher 35		
Steher 40		
Steher 45		
Steher 50		
Steher 55		
Steher 60		
Steher 65		
Steher 70		
Steher 75		
Steher 80		

Messpunkt	links T38 (mm)	rechts T38 (mm)
Steher 01		
Steher 05		
Steher 10		
Steher 15		
Steher 20		
Steher 25		
Steher 30		
Steher 35		
Steher 40		
Steher 45		
Steher 50		
Steher 55		
Steher 60		
Steher 65		
Steher 70		
Steher 75		
Steher 80		

3 Vertikalabweichung T25 und T38 bei Mehrplatzsystemen
3.1 Regalhöhe ≤ 12 m

nur gassenseitige Steher (bezogen auf Steherkopf)



Toleranz Maß T25
= ± 7 mm

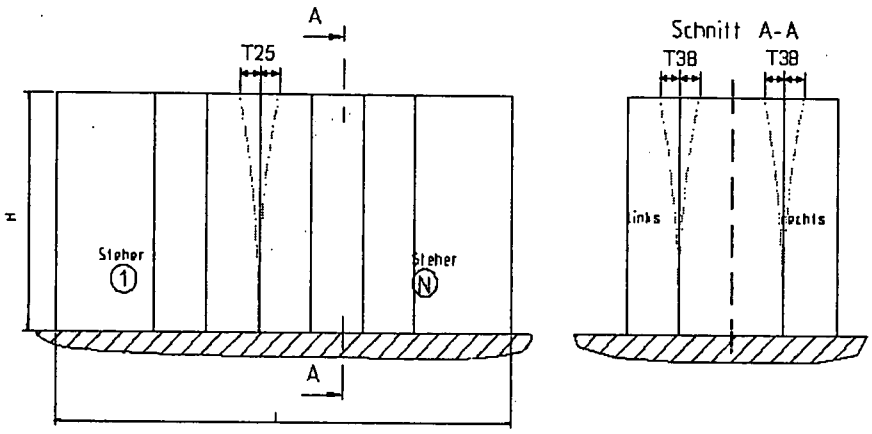
Toleranz Maß T38
= ± 6 mm

Messpunkt	links T25 (mm)	rechts T25 (mm)
Steher 01		
Steher 05		
Steher 10		
Steher 15		
Steher 20		
Steher 25		
Steher 30		
Steher 35		
Steher 40		
Steher 45		
Steher 50		
Steher 55		
Steher 60		
Steher 65		
Steher 70		
Steher 75		
Steher 80		

Messpunkt	links T38 (mm)	rechts T38 (mm)
Steher 01		
Steher 05		
Steher 10		
Steher 15		
Steher 20		
Steher 25		
Steher 30		
Steher 35		
Steher 40		
Steher 45		
Steher 50		
Steher 55		
Steher 60		
Steher 65		
Steher 70		
Steher 75		
Steher 80		

3 Vertikalabweichung T25 und T38 bei Mehrplatzsystemen
3.2 Regalhöhe > 12 m

nur gassenseitige Steher (bezogen auf Steherkopf)



Toleranz Maß T25
= ± 10 mm

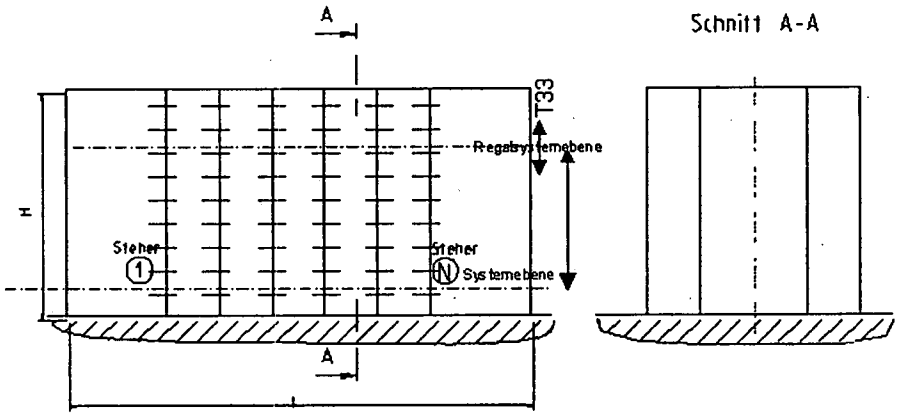
Toleranz Maß T38
= ± 10 mm

Messpunkt	links T25 (mm)	rechts T25 (mm)
Steher 01		
Steher 05		
Steher 10		
Steher 15		
Steher 20		
Steher 25		
Steher 30		
Steher 35		
Steher 40		
Steher 45		
Steher 50		
Steher 55		
Steher 60		
Steher 65		
Steher 70		
Steher 75		
Steher 80		

Messpunkt	links T38 (mm)	rechts T38 (mm)
Steher 01		
Steher 05		
Steher 10		
Steher 15		
Steher 20		
Steher 25		
Steher 30		
Steher 35		
Steher 40		
Steher 45		
Steher 50		
Steher 55		
Steher 60		
Steher 65		
Steher 70		
Steher 75		
Steher 80		

4 Niveau-Toleranz Auflage Ebene T33 bei Einplatzsystem 4.1 Regalhöhe ≤ 12 m

nur gassenseitige Steher



Toleranz Maß T33
= ± 3 mm

	Niveau-Toleranz links			Niveau-Toleranz rechts		
Steher	**T33**	**T33**	**T33**	**T33**	**T33**	**T33**
	unterste Ebene	über Stoß	oberste Ebene	unterste Ebene	über Stoß	oberste Ebene
1						
5						
10						
15						
20						
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						
60						
65						
70						
75						
80						

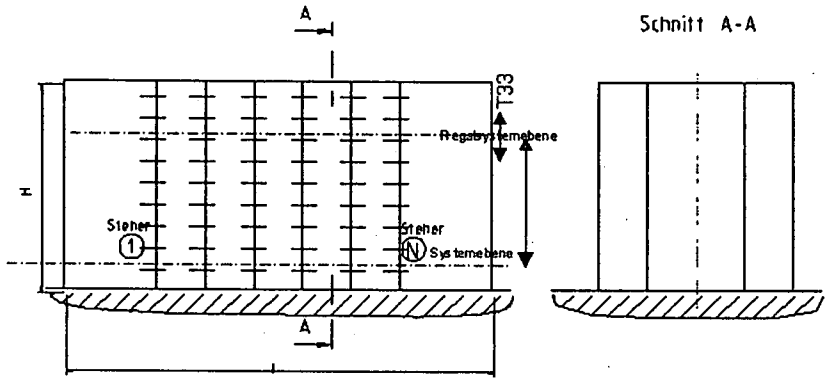
☐ Die gemessenen Toleranzen liegen innerhalb der zulässigen Toleranz.

☐ Die gemessenen Toleranzen liegen nicht innerhalb der zulässigen Toleranz.

4 Niveau-Toleranz Auflage
Ebene T33 bei Einplatzsystem
4.2 Regalhöhe > 12 m

Seite B.9

nur gassenseitige Steher



Toleranz Maß T33
= ± **5 mm**

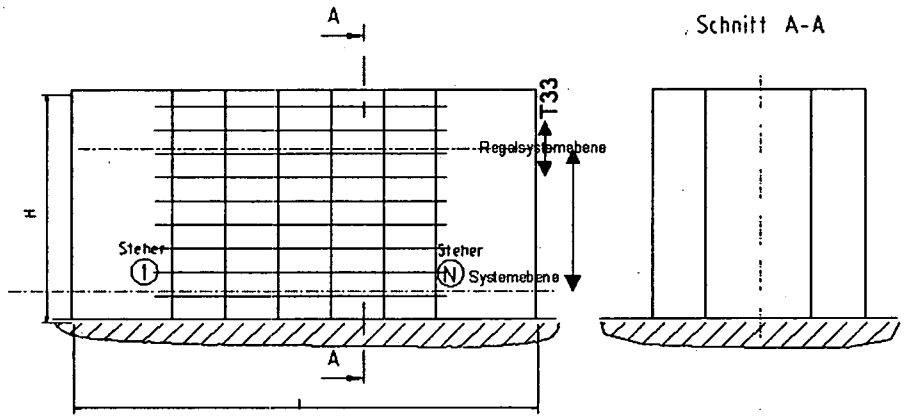
	Niveau-Toleranz links			Niveau-Toleranz rechts		
Steher	**T33**	**T33**	**T33**	**T33**	**T33**	**T33**
	unterste Ebene	über Stoß	oberste Ebene	unterste Ebene	über Stoß	oberste Ebene
1						
5						
10						
15						
20						
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						
60						
65						
70						
75						
80						

☐ Die gemessenen Toleranzen liegen innerhalb der zulässigen Toleranz.

☐ Die gemessenen Toleranzen liegen nicht innerhalb der zulässigen Toleranz.

5 Niveau-Toleranz Auflage Ebene T33 bei Mehrplatzsystemen
5.1 Regalhöhe ≤ 12 m

nur gassenseitige Steher



Toleranz Maß T33
= ± 5 mm

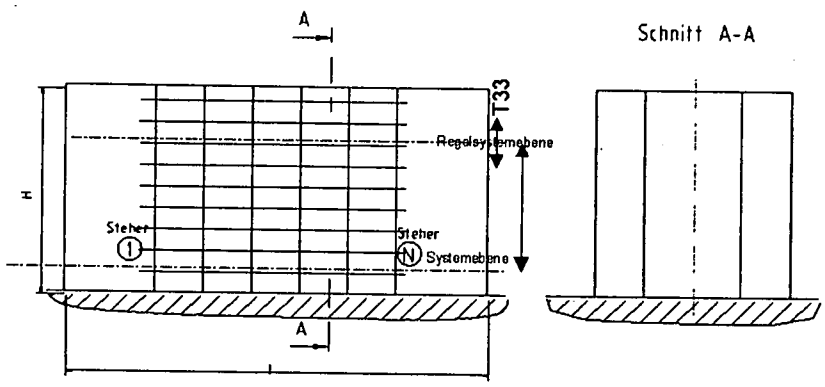
	Niveau-Toleranz links			Niveau-Toleranz rechts		
Steher	**T33**	**T33**	**T33**	**T33**	**T33**	**T33**
	unterste Ebene	über Stoß	oberste Ebene	unterste Ebene	über Stoß	oberste Ebene
1						
5						
10						
15						
20						
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						
60						
65						
70						
75						
80						

☐ Die gemessenen Toleranzen liegen innerhalb der zulässigen Toleranz.

☐ Die gemessenen Toleranzen liegen nicht innerhalb der zulässigen Toleranz.

5 Niveau-Toleranz Auflage Ebene T33 bei Mehrplatzsystemen 5.2 Regalhöhe > 12 m

nur gassenseitige Steher



Toleranz Maß T33
= ± **5 mm**

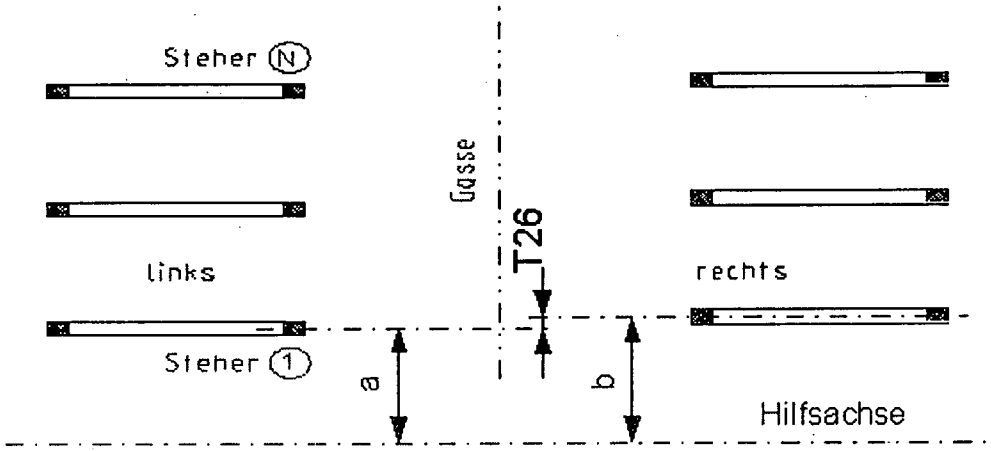
Steher	Niveau-Toleranz links			Niveau-Toleranz rechts		
	T33	T33	T33	T33	T33	T33
	unterste Ebene	über Stoß	oberste Ebene	unterste Ebene	über Stoß	oberste Ebene
1						
5						
10						
15						
20						
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						
60						
65						
70						
75						
80						

☐ Die gemessenen Toleranzen liegen innerhalb der zulässigen Toleranz.

☐ Die gemessenen Toleranzen liegen nicht innerhalb der zulässigen Toleranz.

6 Steherversatz Fuß T26

gassenseitig erste und letzte Achse



Toleranz Maß T26
= 3 mm

Fuß a) (mm)	Fuß b) (mm)

7 Fachabstand T35

nur eine Messung / Gasse

Messpunkt

Steher Nr.: .....

Seite ..... (links oder rechts)

Toleranz Fachabstand T35

= ± 2 mm

	Nennmaß	**Ist-Maß**
Ebene	(mm)	(mm)
y 01		
y 02		
y 03		
y 04		
y 05		
y 06		
y 07		
y 08		
y 09		
y 10		
y 11		
y 12		
y 13		
y 14		
y 15		
y 16		
y 17		
y 18		
y 19		
y 20		

8 Messprotokoll	Seite B.14

Auftragsnummer: .....

Regalstandort: .....

Auftraggeber: .....

Auftragnehmer: .....

Gasse: .....

- Vereinbarte Toleranzen sind ☐ eingehalten
  ☐ nicht eingehalten

- Verantwortlich für die Richtigkeit des Messprotokolls

....
Fa. verantwortlich

.....
Unterschrift Datum

- Stichprobenkontrolle durchgeführt

....
Fa. verantwortlich

.....
Unterschrift Datum

9 Teilabnahme	
	Seite B.15

Auftragsnummer: .....

Regalstandort: .....

Auftraggeber: .....

Auftragnehmer: .....

Gasse: .....

- **Folgende Abnahmeschritte wurden durchgeführt**

Liefervollständigkeit lt. Bestellung:	☐ ja	☐ nein
Unversehrtheit der Lieferung:	☐ ja	☐ nein
Qualität der Montagearbeiten:	☐ ausreichend	☐ nicht ausreichend
Abmessungen und Toleranzen:	☐ eingehalten	☐ nicht eingehalten
Montagearbeiten abgeschlossen:	☐ ja	☐ nein
Anlage "besenrein":	☐ ja	☐ nein
Dokumentation liegt vor:	☐ ja	☐ nein

- **Mängel**

.....beseitigt bis.....

.....beseitigt bis.....

.....beseitigt bis.....

.....beseitigt bis.....

.....beseitigt bis.....

Die Gesamtabnahme erfolgt nach Behebung der Mängel bzw. Fertigstellung der Montagearbeiten und Meldung der Abnahmebereitschaft.

.....	.....	.....
Datum	Auftraggeber	Auftragnehmer

10 Gesamtabnahme	Seite B.16

Auftragsnummer: .....

Regalstandort: .....

Auftraggeber: .....

Auftragnehmer: .....

Gasse: .....

- **Folgende Abnahmeschritte wurden erfolgreich durchgeführt**
  - ☐ Liefervollständigkeit lt. Bestellung gegeben
  - ☐ Unversehrtheit der Lieferung gegeben
  - ☐ Qualität der Montagearbeiten ausreichend
  - ☐ Abmessungen und Toleranzen eingehalten
  - ☐ Montagearbeiten abgeschlossen
  - ☐ Anlage "besenrein"
  - ☐ Dokumentation liegt vor

Die Anlage ist abgenommen

- **Vorbehalte**

  Die Abnahme erfolgt vorbehaltlich der Endabnahme durch den Betreiber

  .....

  .....

  .....

  .....

  .....

.....	.....	.....
Datum	Auftraggeber	Auftragnehmer

Bezugsquellen

Erstellt durch den Ausschuss "Regalbediengeräte und Stapelkrane" der Sektion IX und die Arbeitsgruppe 3 "Regale - Toleranzen, Verformungen, Freimaße" der Sektion X der Fédération Européenne de la Manutention (FEM).

Sekretariat: **Sekretariat der FEM Sektion IX**
c/o VDMA
FachverbandFördertechnik
Postfach 71 08 64
D-60498 Frankfurt

Zu beziehen durch das oben angegebene Sekretariat oder durch die folgenden Nationalkomitees der FEM:

Belgien
Comité National Belge de la FEM
Fabrimétal
Rue des Drapiers 21
B-1050 Bruxelles
Tel: +32-2-706 7982
Fax: +32-2-706 7988
Info@fabrimetal.be
www.fabrimetal.be

Deutschland
Deutsches Nationalkomitee der FEM
VDMA
Fachverband Fördertechnik
Postfach 71 08 64
D-60498 Frankfurt
Lyoner Str. 18
D-60528 Frankfurt
Tel: +49-69-6603 1508
Fax: +49-69-6603 1496
foerd@vdma.org
www.vdma.org

Finnland
Finnish National Committee of FEM
Federation of Finnish Metal, Eng. and Electro-
techn. Industries (FIMET)
Eteläranta 10
FIN-00130 Helsinki
Tel: +358-9-192 31
Fax: +358-9-624 462
www.met.fi

Niederlande
Nederlands Nationaal Comité bij de FEM
Vereniging FME
Postbus 190, Boerhaavelaan 40
Nl-2700 AD Zoetermeer
Tel.: +31-79-353 11 00
Fax: +31-79-353 13 65
com@fme.nl
www.fme.nl

Norwegen
Norwegian FEM Groups
Norsk Verkstedsindustris
Standardiseringssentral NVS
Box 7072 / Oscars Gate 20
Majorstua
N-0306 Oslo
Tel.: +47-22-590 000
Fax: +47-22-590 001
www.tbl.no

Portugal
Comissão Nacional Portuguesa da FEM
ANEMM
Estrada do Paço do Lumiar
Lote 13
P-1600, Lisboa
Tel: +351-21-715 21 72
Fax: +351-21-715 04 03
anemm@anemm.pt

Frankreich
Comité National Français de la FEM
Syndicat des industries de matériels
Industrieller
de manutention (SIMMA)
39/41 rue Louis Blanc - F-92400 Courbevoie
cedex 72 - F-92038 Paris la Défense
Tel: +33-1-4717 6321
Fax: +33-1-4717 6260
mtps@wanadoo.fr
www.mtps.org

Großbritannien
British National Committee of FEM
British Materials Handling Federation
The McLaren Building, 6th Floor
35 Dale End
GB-Birmingham B4 7NL West Midlands
Tel: +44-121-200 21 00
Fax: +44-121-200 13 06
enquiry@bmhf.org.uk
www.bmhf.org.uk

Italien
Comitato Nazionale Italiano della FEM
Federazione delle Associazioni Nazionali
dell'Industria
Meccanica Varia ed Affine (ANIMA)
Via L. Battistotti Sassi 11
Tel: +39-02-7397 356
Fax: +39-02-7397 7845
I-20133 Milano
anima@anima-it.com
www.anima.it.com

Luxembourg
Comité National Luxembourgeois de la FEM
Fédération des Industriels Luxembourgeois
Groupement des Constructeurs et Fondeurs du
Grande-Duché de Luxembourg
Boîte Postale 1304
Rue Alcide de Gasperi 7
L-1013 Luxembourg
Tel.: +35-2-43 5366-1
Fax: +35-2-43 2328
Fedil@fedil.lu
www.fedil.lu

Schweiz
Schweizerisches Nationalkomitee der FEM
Verein Schweizerischer Maschinen-

(VSM)
Kirchenweg 4/Postfach 179
CH-8032 Zürich
Tel: +41-1-384 41 11
Fax: +41-1-384 42 42
gls@swissmem.ch
www.swissmem.ch

Schweden
Swedish National Committee of FEM
Swedish Association of Suppliers of
Mechanical Handling Equipment MHG
Sorgatan 5, P.O. Box 55 10
S-11485 Stockholm
Tel: +46-8-782 08 00
Fax: +46-8-321 69 77
www.vibab.se

Spanien
Comité Nacional Español de la FEM
Asociación Nacional de Manutención (AEM)
ETSEIB-PABELLON F
Diagonal, 647
E-08028 Barcelona
Tel: +34-93-401 60 60
Fax: +34-93-401 60 58