

Neue Europäische Bodennorm Logistik & Lager

Frank Behnisch
vib-services, Berlin
P&K Flooringgroup, Nellmersbach

Walter Böhl
Sachverständigenbüro für Fußbodenbau, Waiblingen

Zusammenfassung

Die europäische Bodennorm DIN/EN15620 [1] wird derzeit neu überarbeitet. Wesentliche inhaltliche Änderungen der Norm und deren rechtliche Verbindlichkeit haben Einfluss bei Planung, Vertragsgestaltung, Ausführung und Überprüfung von Industrieböden für Logistik und Lager.

Der Vortrag beschreibt die Bodenrelevanten Inhalte und geplanten Änderungen bezüglich:

Anforderungen an Lagerböden / Ebenheitstoleranzen - Messtechnik, -Verfahren und -Methoden / Planungsvorgaben / Bodendeformationen / Besonderheiten im Schmalganglager (VNA=Very Narrow Aisle)

Im Wesentlichen gibt der Vortrag Antworten auf die wichtigsten Fragen:

- Was bedeutet die überarbeitete Norm für Planer, Architekten, Bodenhersteller und Vermessungstechniker ?
- Welche Auswirkungen gibt es bezüglich Realisierungsmöglichkeiten und Kosten für Logistiklagerböden ?
- Welche Unterschiede gibt es zur Deutschen DIN18202 [2] / DIN15185 [3] / VDMA-Richtlinie [4] ?

1. Historie / Ist-Situation

1.1 Historie

In Deutschland gibt es seit 1974 die "DIN18202 - Maßtoleranzen im Hochbau" [2], welche als allgemeingültige Gebäudenorm auch die Bodenflächen in Lagern & Logistikzentren regelt. Mit Aufkommen der ersten Schmalganglager hat man erkannt, dass man für diesen speziellen Anwendungsfall ganz andere und auch deutlich schärfere Ebenheitsanforderungen in den Fahrgassen benötigt. Aufgrund der Systemdimensionierungen (Gassenbreite <2m und Einlagerhöhen von weit über 10m) sind besonders die Höhenunterschiede zwischen den äußeren Fahrspuren für die Querneigung des Flurförderfahrzeugs von erheblicher Bedeutung. Nach genauerer Untersuchung der ausschlaggebenden Parameter wurde im Jahre 1991 die DIN15185 [3] für Schmalganglageranwendungen veröffentlicht. In Deutschland hat diese Norm bis heute Ihre Gültigkeit behalten und ist damit wahrscheinlich die am längsten unveränderte Norm in Deutschland.

Auf Europäischer Ebene wurde dann 2008 mit der DIN/EN15620 [1] eine spezielle "Regallagernorm" veröffentlicht, die u.a. Ebenheitsanforderungen an Böden für alle bekannten Lager- und Regaltypen regelt.

Diese, eigentlich unter dem Titel "Ortsfeste Regalsysteme [...]" veröffentlichte Norm, steht jedoch in etlichen Punkten in Widerspruch zu den beiden erstgenannten deutschen Normen.

Mit Entwicklung moderner Schmalgangstapler für noch größere Einlagerungshöhen und Fahrgeschwindigkeiten stiegen die Anforderungen an die Ebenheit und Oberflächenbeschaffenheit in den Fahrgassen deutlich. Weder die in Deutschland gängige DIN15185, noch die Europäische DIN/EN15620 waren in der Lage einen hoch-performanten (Schmalgang-)Lagerbetrieb zu gewährleisten. Zwar hatte man bereits bei der Arbeit an der DIN15185 erkannt, dass neben den beschriebenen Grundebenheiten auch noch der Faktor Oberflächenbeschaffenheit, insbesondere in Hinblick auf die Kurzwelligkeit des Bodens relevant fürs Fahrverhalten ist, man konnte diese Faktoren aber mit der damals vorhandenen Messtechnik noch nicht ausreichend erfassen.

Erst im Rahmen einer Forschungsarbeit an der Universität München, gelang es Dr. Jürgen Schmalzl das Schwingungsverhalten von Hochregalstaplern in Abhängigkeit von Bodenunebenheiten in einem mathematischen Modell zu beschreiben. Es wurden die entscheidenden (Boden-)Parameter definiert, Grenzwerte festgelegt („Fx-Werte“) und die geeignete Messtechnik beschrieben. Diese Arbeit mündete dann im Jahre 2010 unter Federführung des VDMA [5] (*Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer*) in Zusammenarbeit mit Spezialisten der Bodenindustrie aus dem Fachverband des BEB [6] (*Bundesverband Estrich & Belag*), in der VDMA Richtlinie[4]. Hier wurden die Anforderungen an Schmalganglagergassen neu definiert.

1.2 Heute: Unterschiedliche Normen & Richtlinien

Bis heute wurde und wird die EN15620 in Deutschland, aber auch Europaweit bei der Spezifikation und Vertragsgestaltung für neue Lager & Logistikzentren nur sehr selten vereinbart, bzw. sogar explizit ausgeschlossen. Dies lag im Wesentlichen an einigen Inhalten, beispielsweise der Anforderung an eine “quasi-starre” Bodenplatte über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes. Diese Anforderung hätte unakzeptable Risiken für den Bodenhersteller, oder unrealistisch hohe Kosten durch aufwendige Geologische Untergrund Untersuchungen, extrem dicken Bodenplatten und/oder Pfeilerfundamente bedeutet, die alle Beteiligten in der Regel ablehnten.

Auch die in der EN15620 verankerten Grenzwerte für Höhenunterschiedswechsel nach 30cm Fahrweg (“rate of change”) werden von den führenden Staplerherstellern als irrelevant und nicht Zielführend abgelehnt.

Andererseits ist die in Deutschland heute von allen führenden Flurförderfahrzeugherstellern vorgegebene VDMA Richtlinie keine gültige Norm und darüberhinaus im Markt durchaus umstritten.

In der Folge wurden Regional, bzw. National eigenständige Vereinbarungen getroffen.

Je nach persönlichem Erfahrungshintergrund, Interessenslage und Wettbewerbstechnischen Abwägungen werden heute daher sehr unterschiedliche Aussagen bezüglich der Notwendigkeit bestimmter Anforderungen gegenüber Bauherrn getätigt, die in der Beratungs- und Entscheidungsphase zu Verwirrungen und Unsicherheiten führt.

1.3 Klärungsversuch: BEB Hinweisblatt

Mit dem im Mai 2013 veröffentlichten BEB Hinweisblatt [7] wurde erstmalig Transparenz über die vorhandenen Normen und Richtlinien zum Thema Lager und Logistikzentren und Empfehlungen für Planer und Architekten gegeben. Allerdings nur in deutscher Sprache und somit auch nur im deutschsprachigen Raum beachtet.

2. Ziel – Prozess – Aktueller Status

2.1 Ziel

Um endlich eine EU-weit akzeptierte und angewandte Norm zu erhalten und somit international Planungs-, Rechts- und Ausführungssicherheit für alle Beteiligten zu erzeugen, wurde beschlossen die DIN/EN15620 zur formellen Revision anzufordern.

Das Ziel der überarbeiteten Norm ist nicht nur klare Regeln und Grenzwerte für ein Funktionsfähiges Lagersystem zu erhalten, sondern darüber hinaus sicherzustellen, das man bei der Spezifikation der Grenzwerte nicht “über das Ziel hinausschießt”, sondern sich an realisierbaren (Machbarkeit) und bezahlbaren Aufwand bei der Bodenherstellung orientiert.

Weiterhin ist es unabdingbar die Basis für die allgemeine, Internationale Akzeptanz des Regelwerkes zu erzeugen um weitere regionale Alleingänge

auszuschließen und – insbesondere für international tätige Kunden – EU-weite Anwendung der “neuen” Norm sicherzustellen.

2.2 Prozess / Vorgehen

Die Boden-relevanten Anforderungen an Deformationen, Ebenheitstoleranzen und deren Vermessungen sollen aus der DIN/EN15620 herausgelöst und in einen eigenständigen “FEM - Code of Practise” zusammengefasst werden.

Unter Federführung einer Liaison des FEM (*European Materials Handling Federation*) [8] - der Europäischen Dachverbands der Flurförderfahrzeughersteller, und des ERF (*European Racking Federation*) [9] - des europäischen Dachverbands der Regalhersteller, wurde 2013 eine multinationale und interdisziplinäre Arbeitsgruppe gebildet um diesen FEM Code zu beschreiben.

2.3 Status heute (Januar 2017)

Zum heutigen Zeitpunkt (Dezember 2016) ist der FEM Code für die finale Freigabe des Board of Directors fertiggestellt. Ein Mitglied der Arbeitsgruppe ist der designierte Chairman, der den Revisionsprozess der EN15620 bei der CEN [10] (*European Committee for Standardization*) leiten wird. Die offizielle Revisionsfreigabe beim CEN ist für Sommer 2017 vorgesehen. Ein In-Kraft-Treten der “neuen” Norm kann dann für 2018 erwartet werden.

3. Inhalte der “neuen” Norm

Im Folgenden befassen wir uns ausschließlich mit den Inhalten der Boden-relevanten Anteile der Norm, die in Form des FEM Codes aus der DIN/EN15620 herausgelöst werden.

Das Hauptdokument (FEM4.103-01) beinhaltet:

- **Deformationen**
- **Ebenheitstoleranzen**
- **Messmethoden**

In den beiden weiteren Nebendokumenten (FEM1.403-02) werden die für das DESIGN des Bodens notwendigen Aspekte aus Staplersicht, respektive aus Regalbauersicht (FEM4.103-03) spezifiziert.

3.1 Ausgangsbasis

Als Ausgangsbasis wurden die DIN/EN15620 und die DIN18202, sowie die VDMA Richtlinie zugrunde gelegt.

In oben genannten Dokumenten finden sich gravierende Unterschiede in der Betrachtungsweise von technischen Parametern, die größtenteils durch unterschiedliche Erfahrungen und Kenntnisse in den verschiedenen Ländern / Kulturkreisen begründet sind. Während die DIN18202 Entfernungabhängige Winkeltoleranzen vorgibt, fordert die EN15620 eine “qua-

si-starre" Bodenplatte mit zulässigen Deformationen von max. $\arctan 1/2000$.

Auf der einen Seite wird Ebenheit als Stichmaß unter einem Richtsheit (DIN) mit unterschiedlichen Meßlängen definiert, auf der anderen (EN) werden ausschließlich Höhendifferenzen in einem festen Raster betrachtet.

Bei der EN führen die verschiedenen Regaltypen und Einlagerhöhen zu den verschiedenen FM (*Free Movement*) Klassen, während sich in Deutschland die Ebenheitsklassifizierung (DIN18202-Tabelle3-Zeile x) historisch bedingt an unterschiedliche Boden Fertigungstechniken orientiert hat.

Bei Schmalganglagergassen sieht die VDMA Richtlinie einen Höhenabhängigen "Fx-Wert" vor, der die Begrenzung der dynamischen Aufschaukel- und Resonanzeffekte der Staplerkonstruktion während der Fahrt zum Ziel hat, während die EN die Höhendifferenzänderung nach 30cm gefahrenen Fahrstrecke betrachtet.

Die Philosophie bei der DIN bezüglich Prüfung und Messung sieht vor, dass eine solche lediglich im Falle von Funktionalen Fehlern erfolgen muss und dann die Ebenheiten gegen eindeutige (100%) Grenzwerte mit Marktüblichen Messmitteln (Richtsheit, Messkeil, Nivellierer) zu prüfen ist. Demgegenüber ist im Angelsächsischen Sprachraum ein Rastervermessung der kompletten Fläche zur Abnahme der Fläche üblich. Diese Abnahmemessungen erfolgen typischerweise mit elektronischen "Profilern" durch spezialisierte Vermessungsbüros. Die Prüfung der Werte erfolgt gegen Grenzwerte, die eine statistische Normalverteilung (*Standard Deviation - SD*) der Messwerte zugrunde legen.

Während in Deutschland metrische Maße die Basis bilden (1m, 2m, 3m, 4m,...) sind die Basis-Messtrecken im angelsächsischen Sprachraum historisch bedingt bei 30cm, 3m, etc. an die alten "Foot-Maße" angelehnt.

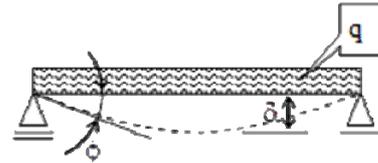
Ziel ist es eine zeitgemäße, der Funktion optimal angepasste und Realistische Definition der Parameter zu erreichen, die sich möglichst einfach in vorhandene Strukturen integrieren last.

Eine Herangehensweise, die zunächst fragt welche Methode denn nun "Richtig" oder "Falsch" sei, ist von vornherein zum Scheitern verurteilt.

Es wurde daher zunächst ausschließlich von den spezifischen Anforderungen der Systembestimmenden Komponenten Flurförderfahrzeug und Regal ausgegangen. Erst dann wurde betrachtet mit welchen vorhandenen und bereits etablierten Parametern (Stichmaß, Höhendifferenz) und Messmethoden (Richtsheit, Nivellierer, Profiler) diese beschrieben und in Form von Grenzwerten quantifiziert werden konnten.

3.2 Deformationen

Ausgehend von einem maximalen erlaubten "Schiefstand" eines Regales wurde für verschiedene Regaltypen ein maximal zulässiger Rotationswinkel " ϕ Floor" definiert



Der jeweils vorgegebene Grenzwert ist unter allen in der Planung berücksichtigten Last- und Verformungssituationen einzuhalten und Bezugswert für die Dimensionierung der Bodenplatte unter Berücksichtigung der projektspezifischen statischen- (Regale) und dynamischen (Stapler) Lasten.

Table 1: Floor deformation limits for storage equipment design (will be re-discussed within R&S, decision date: January 2017)

Specified Installation Out of Plumb Racking	Examples of racking	Allowable ϕ (max) in serviceability limit state (see Figure 1)
1 / 300	Pallet racking – Standard ¹⁾ Cantilever racking Single-tier shelving	1 / 750
1 / 800	Pallet racking – Special ¹⁾ Pallet racking operated by VNA trucks Drive-in and drive-through racking Multi-tier and high rise shelving	1 / 1000
1 / 750	Special cases ²⁾	1 / 1500
1 / 1000	Racking operated by ASR ³⁾	1 / 2000

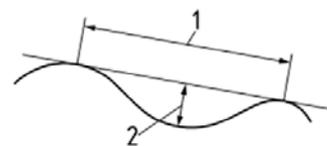
ASR Automated storage and retrieval machines

¹⁾ The rack designer might specify a "Special" (smaller) Installation Out of Plumb to optimize the design. This shall be clearly communicated.
²⁾ Project related
³⁾ ASR is outside the Scope of this Code. Reference to EN 9.831-1 / FEM 10.2.10 and FEM 9.532

Die für die "quasi starre" Gesamtplatte zulässige Winkeltoleranz ist mit $\arctan 1/500$ festgelegt.

3.3 Ebenheitstoleranzen

Bei den Ebenheitstoleranzen wird neben den aus der DIN18202 bekannten Stichmassen unter einem Richtsheit zusätzlich der Höhenunterschied über ein festgelegtes Raster (1m/3m) definiert.



Speziell die Anforderungen an die Höhenunterschiede im 3m Raster waren auch in der EN15620 enthalten und ein scharfer Kritikpunkt der Bodenindustrie und der Staplerhersteller. Die entsprechenden Werte sind nun im Entwurf der FEM4.103 an die realistischen

Grenzwerte der DIN18202 angepasst und damit auch Marktüblich realisierbar.

Die spezifizierten Ebenheitsklassen (FM1 bis FM4) wurden ebenfalls in Ihren Grenzwerten kompatibel mit den aus der DIN18202 bekannten "Zeilen" der Tabelle 3 ausgelegt. So entspricht ein FM2-Boden einem Zeile4-Boden, FM3 ist vergleichbar mit Zeile 3 und der als "Minimalanforderung" definierte FM4-Boden entspricht in etwa der Ebenheit eines Zeile2 bis Zeile3 Bodens. Lediglich die Anforderungen an einen FM-1 Boden sind nach heutigem Standard schärfer als für die Fahrgassen eines Schmalganglagers ausgelegt und somit nur mit hohem Aufwand realisierbar. Diese Klasse bleibt speziellen Sonderprojekten vorbehalten.

Table 1: Limit values

Classification	Top storage level	Elevation difference [mm]		Gap under straight edge [mm]				
		over						
		1m	3m	0,1m straight edge ^{***}	1m straight edge	2m straight edge	3m straight edge	4m straight edge
FM1	Special Applications ^{**}	4,5	7,0	1,0	1,5	3,0	4,0	5,0
FM2	9m and over ^{***}	7,5	13,0	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0
FM3	1 to 9m	6,5	16,0	1,5	4,0	6,0	6,0	10,0
FM4	Minimum requirement	10,0	20,0	2,0	5,0	7,5	10,0	12,0

The floor shall comply with requirements of the "our" (1m, 2m, 3m, 4m) gap under straight edge measuring types.

Linear interpolation of any intermediate of the straight edge lengths is permitted.

^{**} For special warehouse applications higher tolerance requirements might be specified on a project by project basis.

^{***} Top storage levels above 0 m may require positioning assistance systems.

^{****} Starting point for linear interpolation for any intermediate straight edge lengths up to 1m, if required due to restricted space.

3.4 Ebenheitstoleranzen Schmalganglager (VNA)

Für die Ebenheitstoleranzen innerhalb der Fahrgassen eines Schmalgang Lagers (VNA) wurden die Definitionen und Grenzwerte der heute existierenden VDMA Richtlinie vollumfänglich und unverändert übernommen.

Als notwendige Ebenheit außerhalb der VNA-Gassen wird eine Bodenspezifikation nach FM3 (entspricht etwa DIN18202-Tabelle3-Zeile3) gefordert.

Aus Platz- und Zeitgründen wird an dieser Stelle auf eine detailliertere Erläuterung der Schmalgang-typischen Parameter verzichtet und auf die frei im Internet verfügbare VDMA Richtlinie [5] verwiesen. Im Folgenden daher nur eine grobe Zusammenfassung der wichtigsten Parameter:

Zusätzlich zu der aus der DIN18202 bekannten Definition der Ebenheit als Stichmaß unter einem Richtscheit entlang der Fahrgassen (mit deutlich verschärften Toleranzwerten), wird der Höhenunterschied zwischen den beiden Fahrspuren der Lasträder des Staplers definiert und begrenzt.

Weiterhin wird die Oberflächenbeschaffenheit in Form eines Höhenabhängigen "Fx-Wertes" beschrieben. Kurz gesagt wird im Wesentlichen durch diesen Grenzwert ein gefährliches Aufschaukeln des Flurförderfahrzeugs aufgrund von Schwingneigung und durch Anstoßen von Resonanzeffekte der Staplerkonstruktion während der Fahrt vermieden.

3.5 Messmethoden

Es wurde Wert darauf gelegt, dass sein Bodenbauer die Ergebnisse seiner Arbeit (Bodenebenheiten) unmittelbar und mit Marktüblichen Methoden und Meßmitteln überprüfen und ggfs. korrigieren kann. Insofern wurden die weit verbreitete und angewandten Messtechniken mittels Richtscheit & Messkeil, sowie Nivellierer, Wasserwaage und Rotationslaser wie in der DIN18202 beschrieben als Referenzmessmethoden in die "neue" Norm übernommen. Für die Messung der Fx-Werte in den Fahrgassen von Schmalganglagern ist ein spezieller "Fx-Meter" erforderlich, der seit Einführung der VDMA Richtlinie ebenfalls im Markt verfügbar ist. Da eine Messtechnische Überprüfung nicht zwangsweise vorgeschrieben ist, wird hier die Vermessung der Fx-Parametern sicher (wie es heute bereits Praxis ist) durch spezialisierte Vermesser im Falle eines begründeten Verdachts bei Funktionalen Störungen, oder bei Großprojekten mit hohen Lagerhöhen und langen Gängen angewendet werden. Um der Entwicklung anderer Messmethoden und Techniken gerecht zu werden (z.B. 3D-scan o.ä.), wurden weitere Methoden explizit zugelassen, solange Sie geeignet sind die vorgeschriebenen Toleranzwerte mit geeigneter Genauigkeit zu ermitteln. Wichtig hierbei ist, dass die Messwerte mit den beschriebenen Mitteln jederzeit nachvollziehbar sein müssen.

3.5.1 Flächenabnahmeüberprüfung

Achtung: Die folgende Beschreibung betrifft ausschließlich Lagerböden der Kategorie FM-2, FM3 und FM4. Die Fahrgassen von Schmalganglagern (VNA) sind explizit ausgenommen!

Da eine 100%-ig vollständige Vermessung der Gesamtfläche an jeder Stelle und in jede Richtung mit heutigen Mitteln nicht mit vertretbarem Aufwand realisierbar ist, hat sich als gängige Praxis in etlichen Ländern die Flächendeckende Vermessung in definierten Rastermaßen etabliert. Man geht dabei davon aus, dass sich Ebenheitstoleranzen in der Fläche entsprechend der statistischen "Normalverteilung" um den Erwartungswert in der Fläche verteilen.

Dementsprechend sind die festgeschriebenen Grenzwerte für diese Messtechnisch erfassten Ebenheitswerte nicht die "100%-ige" Grenzwerte, die der Boden einhalten muss, sondern die Bewertung erfolgt gegen die "Standardabweichung SD" der Grenzwerte (sogenannte 95-percentile Methode). Vereinfacht gesagt, werden zunächst alle Messwerte, die im Raster gemessen wurden ihrer Größe nach sortiert. Der Wert, der der 95%- Marke der Messwerte entspricht muss

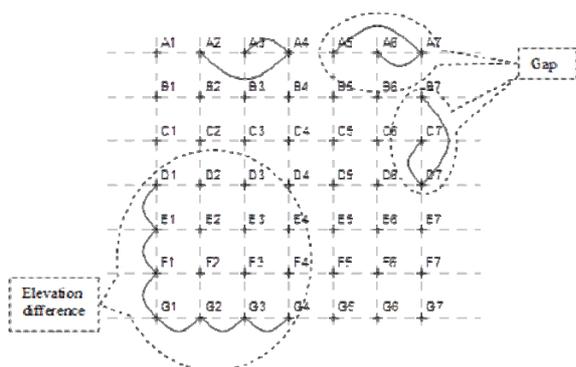
nun kleiner als der in der Tabelle definierte Grenzwert sein, dann gilt die Fläche als abgenommen.

Da diese Methodik der Vermessung der gesamten Fläche lediglich entlang eines definierten Rasters erfolgt, stellt diese naturgemäß nur eine Stichpunktartige Überprüfung dar. Ebenheitsabweichungen in der Fläche, die sich außerhalb der gewählten Rasterpunkte, bzw. Rasterlinien befinden werden logischerweise nicht erfasst ("fallen durchs Raster"). Da die heute gängigen Fertigungstechniken von Böden sehr vergleichbare Ergebnisse erzeugen und auf Basis Jahrelanger Erfahrung mit den beschriebenen Verfahren, kann man davon ausgehen, dass die gewählte Methodik und die zugehörigen Grenzwerte heute ein recht zuverlässiges Mittel zur Beschreibung der Ebenheit einer Fläche darstellen. Selbstverständlich bleiben die 100%-Grenzwerte für alle Funktionsrelevanten Stellen in der Fläche im Zweifel das entscheidende Kriterium.

3.5.2 Methode 1 und Methode 2

Aufgrund der gängigen Praxis in etlichen Europäischen Mitgliedsstaaten eine erstellte Fläche unmittelbar nach der Fertigung in Ihrer Gesamtheit auf Einhaltung der geforderten Ebenheitswerte hin zu überprüfen, wurden aus der DIN/EN15620 zwei (statistische) Methoden übernommen.

Hierbei wird die zu messende Fläche entweder in ein Messraster mit 3m-Punkten aufgeteilt (Methode 1), oder es werden Testfelder mit 10m x 10m Kantenlänge in der Fläche identifiziert (Methode 2), die dann in einem 1m-Raster vermessen werden. Gemessen werden nun jeweils die Höhendifferenzen der Raster Eckpunkte (1m, bzw. 3m). Zusätzlich erfolgt eine Richtsheit- Überprüfung entlang 10% der sich im Raster ergebenden Linien.



Entsprechend der oben beschriebenen Hintergründe wurden für die betroffenen Bodentypen und die beschriebenen Methoden (Methode 1 und Methode 2) zwei weitere Grenzwerttabellen eingeführt, in denen jeweils die 95-percentile Grenzwerte angegeben sind.

Table 1: 95-percentile limit values for sampling method 1 (Total area, grid 3 m x 3 m)

Classification	Top storage level (m)	Elevation difference over 3m	Gap under straight edge ^{2m}	
			1m straight edge	800mm straight edge
FM2	9m and over ^a	8.5mm	2.0mm	1.3mm
FM3	1 to 9m	8.0mm	2.7mm	2.0mm
FM4	Minimum requirement	10.0mm	3.5mm	2.7mm

The floor shall comply with both requirements gap under straight edge AND Elevation difference measuring types.

^aIn this method measurements shall be taken of the elevation difference and either the gap under a 1m straight edge or a 800mm straight edge.

^aTop storage levels above 9 m may require positioning assistance systems.

Table 1: 95-percentile limit values for sampling method 2 (Area fields, grid 1 m x 1 m)

Classification	Top storage level (m)	Elevation difference over 1m	Gap under straight edge	
			1m straight edge	2m straight edge
FM2	9m and over ^a	5.0mm	2.0mm	3.5mm
FM3	1 to 9m	6.5mm	2.7mm	4.3mm
FM4	Minimum requirement	7.0mm	3.6mm	6.3mm

The floor shall comply with any one of the requirement measuring types.

One or more of these three measurement types (elevation difference over 1m, gap under 1m or 2m straight edge) may be specified.

Note: It is possible to calculate gap values from the elevation difference measurements if desired as given in Annex II.

^a Top storage levels above 9 m may require positioning assistance systems.

Obwohl auch die Vermessung der Gesamtfläche nach oben beschriebenen Methoden auch mit den eingangs beschriebenen Messmitteln (Nivellierer, Richtsheit und Messkeil) machbar ist, wird man aus rein praktischen- und Aufwandstechnischen Gründen diese Art der Überprüfung in aller Regel ausschließlich mit sogenannten "Profilern" durchführen, bei denen die Messwerte elektronisch erfasst und ausgewertet werden. Wichtig bei der Wahl des geeigneten Equipments bleibt auch hier der Grundsatz, dass die Werte nachvollziehbar, replizierbar und mit den erwähnten 'Standardmitteln' jederzeit überprüfbar sein müssen.

4. Unterschiede zu DIN.../EN.../VDMA...

Wir kommen noch einmal zurück zu der Eingangsfrage: "Was sind die Unterschiede zur DIN18202, DIN15185, VDMA-Richtlinie und DIN/EN15620?"

Die folgende Tabelle versucht die wesentlichen Unterschiede auf einen Blick transparent zu machen.

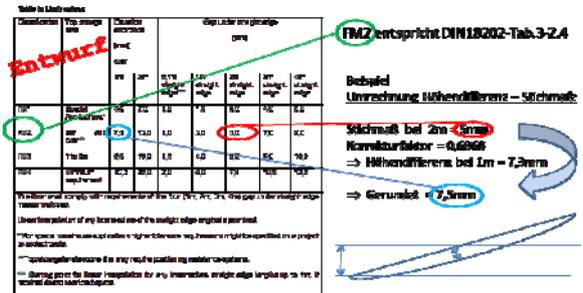
Gültigkeit und Anforderungen	DIN 18202	DIN 15185	VDMA	DIN EN 15620	FEM 4.103
Für alle Lager					
Für die Fahrspuren des Schmalgangstaplens					
Für die gesamte Lagerfläche					
Höhenunterschied quer zum Fahrgang					
Vergleich des Höhenunterschieds nach 30 cm Fahrstrecke					
Walligkeit/Bezahl Fx					
Ebenheit in Gänglungsrichtung					
Höhenunterschied in Gänglungsrichtung nach 2 m oder Fahrstrecke					
Verhinderung der Verformung des Bodens oder quasi starre Platte					

- ✓ Der FEM Code wird für alle Lagerböden *inklusive* der Fahrgassen von Schmalganglagern gültig sein. (Wie bisher nur die DIN/EN15620).
- ✓ Die Schmalgangtypischen Parameter und Grenzwerte entsprechen vollumfänglich der VDMA-Richtlinie, die unzureichenden Definitionen der DIN/EN15620 (rate-of-change) wurde herausgenommen.
- ✓ Die höchst umstrittenen Deformationsanforderungen aus der DIN/EN15620 wurden revidiert und an die Praxisgerechteren Werte Winkeltoleranzen der DIN18202 angepasst. Dadurch erhält man akzeptable und bezahlbare Bodenplatten.
- ✓ Die Grenzwerte, insbesondere für die in Deutschland üblichen Höhendifferenzen wurden an die gängigen Grenzwerte der DIN18202 (Stichmaße unter Richtsicherheit) umgerechnet und angepasst:
- ✓ Die etablierte und bewährte Messmethodik und Philosophie von Überprüfungen anhand von 100% Grenzwerten bei Funktional kritischen Bereichen, wurde aus der DIN18202 übernommen.
- ✓ Die Praxisbewährte und international anerkannte Methodik der statistischen Überprüfung der Gesamtfläche für die Abnahmeprüfung einer Fläche wurde aufgenommen.

4.1 Unterschiede der Grenzwerte

Die Grenzwerte von typischen Lagerflächen (FM2, FM3) sind kompatibel mit den in Deutschland üblichen Grenzwerten nach DIN18202, Tabelle3, Zeile3 und Zeile 4. Allerdings sind in der DIN keine Höhenunterschiede definiert. Hier kann Kompatibilität nur bedingt durch eine Umrechnung der Werte ermöglicht werden. Näherungsweise kann man die Stichmaße einer doppelt so großen Messlänge mit der erlaubten Höhendifferenz vergleichen. Da jedoch eine Neigung der Fläche und eine "asymmetrische Durchbiegung" des Bodens unter der Messstrecke realistisch ist, sind die

Werte sicher nur annähernd verwendbar. Größere Messreihen an einer Vielzahl von Böden ergeben für verschiedene Messlängen (2m, 4m, 6m) verschiedene, Praxisnahe Korrekturfaktoren, die bei der Umrechnung angewandt wurden.



Alle Grenzwerte für die Fahrgassen von Schmalganglagern sind vollständig mit den Grenzwerten der VDMA Richtlinie identisch. Die "95-percentile"-Werte für die statistische Überprüfung der Gesamtfläche zur Abnahmedokumentation sind (wenn auch nicht 100%-ig ineinander umrechenbar) den entsprechenden Werten der DIN18202-Tabelle3-Zeile3 und Zeile4 angepasst.

5. Kostenbetrachtung Schmalganglagerböden

Eines ist sicher und war schon immer so: Schmalganglager bedeuten Mehrkosten für den Boden !! Die notwendigen Ebenheiten sind mit Beton und herkömmlichen Einbaumethoden nicht herstellbar. Nur mit "erhöhter Sorgfalt" geht es nicht ! Bauherr/ Betreiber/ Investor für ein Schmalganglager muss bereits in der Planungsphase darauf hingewiesen werden. Die höheren Anforderungen, der damit verbundene erhöhte Herstellungsaufwand (Laserscreed, Superflat Estrich, Fahrgassenschliff,...) und die dadurch zwangsläufig erhöhten Kosten müssen von Anfang an berücksichtigt werden. Das Verharmlosen während der Planungsphase und die Methode "Probieren wir mal mit Zeile4 und sehen dann" ist ein schlechter Rat und führt fast immer zu erheblichen, zusätzlichen Mehrkosten.

Beispiel für Schmalganglager mit 10 Gassen zu je 60m
= ca. 500m² Gang- 1.100m² Fahrgasse; 3.500m² Gesamtfläche

Verfahren	Mehrkosten (unverbindlich geschätzt)
Beton mit integr. Hartstoffschicht (Kosten für 3.500m² ca. 100.000,-€)	0 €
Progressivestrich Gänge	54.000 €
Zementkittler Fließmittel Gänge	75.600 €
minimel-inversiver Fahrgassenschliff	48.000 €
Voll Fahrgassenschliff (ganze Gangbreite)	150.000 €

Die Mehrkosten sind grundsätzlich vermeidbar.
Frühzeitige Planung hilft, unnötige, zusätzliche Mehrkosten zu vermeiden !

PS: Durch die neue Normung, oder die Festlegung der Parameter und Grenzwerte sind keine zusätzliche Kostensteigerung für Schmalganglager Böden erfolgt.

6. Auswirkungen auf Nutzer, Planer & Architekten

Nach Revision der DIN/EN15620 und Einführung der FEM4.103 ergeben sich deutliche Vorteile für Bauherrn, Planer & Architekten:

6.1. EU-Einheitliche Basis & Vertragsgrundlage

International agierende Unternehmen vereinbaren und erhalten die gleiche Leistung EU-weit.

Keine vielfältigen Anpassungen an nationale Richtlinien notwendig (z.B. VDMA Richtlinie in Deutschland, TR34 in UK, DIN15185 in Tschechien, etc...). Die Regeln sind in jedem Land gleich!

6.2. Funktionalitäts- und Rechtsicherheit

Keine "Fingerpointing" zwischen Regalbauer, Staplerhersteller und Bodenbauer wenn das System keine volle Leistung bringt (z.B. reduzierte Geschwindigkeit im Schmalgang). Bei Einhaltung der Grenzwerte gewährleisten Regal- und Staplerhersteller die einwandfreie Funktion des Lagersystems.

6.3. Realisierbarkeit

Die definierten Anforderungen und Toleranzen sind heute durch Bodenbauer realisierbar und "Stand der Technik". Lagerböden nach FM-3 und FM-2 (entspricht DIN18202-T3-Z3&4) sind seit Jahrzehnten Standard - Ebenheiten. Die Grenzwerte für Schmalganglager (VNA) werden ebenfalls seit 1991 zuverlässig realisiert. Seit Einführung der VDMA-Richtlinie im Jahre 2010 sind umfangreiche Erfahrungen mit verschiedensten Bodentypen bezüglich Eignung als Schmalganglagerboden gemacht und die vormals "gefürchteten" Fx-Werte werden zuverlässig mit den geeigneten und inzwischen marktgängigen Methoden (z.B. *Magnesia Superflat Estrichböden*) realisiert (vergleiche auch BEB-Hinweisblatt [6]).

6.4. Kosten-/Nutzen optimiert

Keine unnötige Kostensteigerung durch formelle Anforderungen, welche die tatsächlichen, praxisorientierten Anforderungen weit übersteigen. z.B. Lagertypabhängige Toleranzvorgaben (FM2, FM3, VNA), Höhenabhängige Fx-Werte,...

Alle Lager- und Logistikböden nach FM2 und FM3 sind heute Standard im Markt, die immer schon höheren Kosten für Böden in Schmalganglagern werden durch die Norm nicht weiter erhöht.

Zusatzkosten für spezielle Vermessungen (Spezialgeräte und-Verfahren) werden nicht durch die Norm aufgezwungen. Andererseits steht es den Vertragspartnern frei die Abnahme und Übergaben auf Basis eindeutig definierte Referenzmessungen selbst oder durch unabhängige Vermessungsingenieure durchführen zu lassen.

Auf der anderen Seite ergibt sich eine Informations- und Mitwirkungspflicht, insbesondere für Planer und Architekten hinsichtlich Vertragsgestaltung (Abnahme-

& Messverfahren), sowie bezüglich der Ausführungsplanung (z.B. Regal typ, Layout und Lasten).

So werden beispielsweise die projektspezifischen Angaben über statische und dynamische Lasten für die Auslegung der Bodenplatte benötigt. Das geplante Layout der Regalanlage bestimmt Lage von Dehnfugen, Dimensionierung von Bewehrung, und Einbautechnik der Bodenoberfläche (z.B. Superflatböden bei VNA), etc.

7. Auswirkungen auf die Bodenindustrie

Die wohl wichtigste Auswirkung auf und für die Bodenindustrie ist, dass durch die "neue" Norm keine Anforderungen gestellt werden, die entweder nicht, oder nur durch unverhältnismäßig hohem Aufwand zu realisieren sind. Ein Lagerboden (nicht VNA) nach "FM3" entspricht dem heute bekannten "Zeile-3" Boden, ein "FM2"-Boden entspricht dem "Zeile-4" Boden.

Die Grundeinheiten für Schmalganglager (VNA) in Längsrichtung des Ganges und in der Querneigung der Stapler werden wie bereits erwähnt, seit 1991 zuverlässig realisiert.

Die Überprüfbarkeit und Messbarkeit der Anforderungen sind wie bisher auch mit Richtscheit und Messkeil, bzw. mit marktüblichen Nivellieren durchführbar.

Umfangreiche Erfahrungen mit verschiedensten Bodentypen in Bezug auf realisierbare und bodentypische Fx-Werten sind heute verfügbar und verschiedenste Lösungsmöglichkeiten fest im Markt etabliert. (siehe auch BEB-Hinweisblatt [6]).

Die Anforderungen an Schmalganglager sind eindeutig definiert. Es ist klar, dass man die Ebenheitsanforderungen in den Gassen eben NICHT mit einem "Zeile-4" Boden erstellen kann. Bereits in der Planungsphase eines VNA Lagers wird Bauherrn, Planern & Architekten der notwendige Mehraufwand und verbundene Mehrkosten bewusst. Nicht zuletzt bieten die in der Norm verankerten Messmethoden die Möglichkeit, durch eindeutig definierte und praxisgerechte Messmethoden (1&2) eine Abnahme und damit Feststellung der vertragsgerecht erbrachten Leistung frühzeitig sicherzustellen.

8. Zusammenfassung

Aus der DIN/EN15620 werden die Bodenrelevanten Anteile herausgelöst und in einem FEM-code zusammengefasst, auf den die Norm dann verweist.

Im Ergebnis wird eine EU-weit gültige Norm entstehen, die nicht mehr im Widerspruch zu anderen, gültigen Regelwerken steht.

EU-weite Gültigkeit

Mit der Überarbeitung der DIN/EN15620 und der Auslagerung aller Bodenrelevanten Element in den FEM Code wird endlich eine EU-weit akzeptierte, anwendbare und umsetzbare Bodennorm etabliert.

Funktionsgerecht

Die Anforderungen der Staplerhersteller zur Gewährleistung eines störungsfreien Lagerbetriebes sind vollumfänglich enthalten.

Realistisch – Machbar - Bezahlbar

Die definierten Anforderung sind Marktüblich umsetzbar ohne unnötige, zusätzliche Kosten zu produzieren.

Kompatibel

Die Kompatibilität zu den in Deutschland üblichen Prinzipien und Grenzwerten der gültigen Gebäude- und Bodennormen (z.B. DIN18202) ist erhalten.

9. Literatur

- [1] DIN EN 15620: *Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl*
- [2] DIN 18202: *Toleranzen im Hochbau - Bauwerke*
- [3] DIN 15185: *Lagersysteme mit leitliniengeführten Flurförderfahrzeugen*
- [4] VDMA Richtlinie: *Böden für den Einsatz von Schmalgang-Flurförderfahrzeugen*
- [5] siehe auch www.vdma.org
- [6] siehe auch www.beb-online.de
- [7] BEB Hinweisblatt: *Hinweise zu Toleranz- und Verformungsanforderungen an Böden durch verschiedene Regelwerke für Regalanlagen und Flurförderfahrzeuge*
- [8] siehe auch www.fem-eur.com
- [9] siehe auch www.fem-eur.com
- [10] siehe auch www.cen.eu