

Prüfbericht Nr. 5896/06

Belastungsprüfung an Kisten mit Verschalung aus MultiFunktionsPlatte (MFP)

Auftraggeber

Pfleiderer Holzwerkstoffe Vertriebs GmbH
Ingoldstädter Strasse 51

92318 Neumarkt

Inhalt des Auftrages

Die **MultiFunktionsPlatte (MFP)** der Fa. Pfeleiderer wird auf Ihrer Eignung für den Kistenbau untersucht. Für die Beurteilung werden vergleichende, praxisnahe Stauchprüfungen – mit denen Belastungen simuliert werden, wie sie beim Versand durch Überstauen mit anderen oder gleichartigen Kisten entstehen können – sowie Prüfungen der Holzwerkstoffe und Nagelverbindungen - durchgeführt. Anstoßprüfungen simulieren Umschlagsbelastungen.

Vom Auftraggeber wurden hierzu Kisten bei der BFSV angeliefert, die gemäß HPE-Verpackungsrichtlinien (Bauart B3) mit MFP-Verschaltung hergestellt wurden.

Zusammenfassendes Ergebnis

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen kann abgeleitet werden, dass der Werkstoff MultiFunktionsPlatte (MFP) der Fa. Pfeleiderer - unter Zugrundelegung eines sachgerechten Versandes - die Anforderungen der HPE-Verpackungsrichtlinie zum Einsatz im Kistenbau erfüllt. Während der Untersuchungen zeigten sich keine nachteiligen Differenzen zu anderen Kistenbauwerkstoffen.

Datum	:	11.04.2006
Seiten	:	12
Anhang	:	5 Anhänge mit insgesamt 18 Seiten
Sachbearbeiter	:	Dipl.-Ing. S. Tiedemann

**Der Inhalt darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.
Ausnahmen bedürfen unserer schriftlichen Genehmigung.
Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunden-Anlage aufgeführten Prüfverfahren.**

1. Beschreibung der geprüften Kisten

Kistenkonstruktion:

- Bauart B 3 gemäß HPE (Kufenkiste, MFP- Verschalung)
Alle Fügstellen: Nagelverbindungen

- Abmessungen 180 x 120 x 120 cm (L x B x H)

- Boden: - 3 Längskufen (8 x 8 cm)
 - 2 Kopfkantbretter (8 x 8 cm)
 - 3 Querkufen (8 x 8 cm), äußerer Abstand 40 cm
 - Bodenbretter (Dicke: 2,4 cm)

- Wände: - Leistenrahmen (Breite: 10 cm, Dicke: 2,4 cm)
 - Verschalung: MultiFunktionsplatte (MFP)
 Plattendicke 12 mm

- Deckel: - Leistenrahmen (Breite: 10 cm, Dicke: 2,4 cm)
 - Kunststoff- Stegdoppelplatten
 - Verschalung:
 MultiFunktionsplatte (MFP)

 - Deckelunterzüge (3 Stück, 8 x 8 cm, Abstand der beiden äußeren
 Deckelunterzüge von den Stirnwänden: 20 cm)

Bei der Herstellung der Kisten ist auf die Vergleichbarkeit der Prüfmuster geachtet worden. Alle Kisten sind den Vorgaben entsprechend aus jeweils einer Materialcharge mit den gleichen Konstruktionsdetails gefertigt worden.

Die Kistenelemente (Kufen, Leisten, Deckelunterzüge) wiesen bei allen Lieferungen und Prüfungen vergleichbare Materialfeuchten auf.

Darstellung der Kistenkonstruktion: ⇒ siehe Bild 1.1-1.3 im Anhang 1

2. Durchgeführte Prüfungen

2.1 Stauchprüfungen an den Kisten

Um den Einfluss der MultiFunktionsPlatten-Verschaltung auf die Belastbarkeit und die Verformung der Kisten zu untersuchen, wurden verschiedene Stauchprüfungen durchgeführt. Diese Prüfungen simulieren Belastungen, wie sie beim Versand durch Überstauen mit anderen oder gleichartigen Kisten entstehen können.

Alle Stauchprüfungen wurden in Anlehnung an

DIN EN 22872 "Verpackung; Versandfertige Packstücke; Stauchprüfung", Ausgabe Februar 1993, Verfahren 2 (obere Druckplatte starr befestigt) mit einer Druckprüfmaschine durchgeführt.

- Druckprüfmaschine: Fabrikat FRANK 18537, max. Druckkraft 200 kN
- Vorschubgeschwindigkeit: 10 mm/min

2.1.1 Stauchprüfung mit gleichmäßiger Flächenbelastung

Unter Zugrundelegung eines sachgerechten Versandes sollen Kisten bei Transport und Lagerung möglichst mit einer gleichmäßig über die gesamte Deckelfläche verteilten Last überstaut werden. Um diesen "Idealfall" zu simulieren wurden die Kisten mit den planparallelen Platten der Druckprüfmaschine belastet. Die Prüfungen wurden im Anlieferungszustand der Kisten ("trocken") und nach 4-wöchiger Außenlagerung ("feucht") durchgeführt. Dem Anhang 4 auf Seite 1 sind die Niederschlagsmengen für den Zeitraum der Außenlagerung zu entnehmen.

Die Prüfungen erfolgten jeweils bis zum Bruch der Kisten. Aus den aufgezeichneten Kraft-Weg-Diagrammen wurde die Verformung (Stauchung) der Kisten bei folgenden Belastungen bestimmt:

- 20 kN ⇒ entspricht bei den geprüften Kisten mit einer Deckelfläche von ca. 2 m² einem Stapelstauchdruck von 10 kN/m² (1 t/m²) (Lastannahme gemäß HPE-Verpackungsrichtlinien),
- 40 kN ⇒ entspricht einem Stapelstauchdruck von 20 kN/m² (2 t/m²) (Simulation einer zusätzlichen Vertikalbelastung von 1 g Erdbeschleunigung, die beim Seeversand auftreten kann).

Prüfaufbau (Kiste in der Druckprüfmaschine): ⇒ siehe Bild 1.4 im Anhang 1

2.1.2 Stauchprüfung mit einer 3-Linienlast

Mit dieser Prüfung wurde eine Belastung simuliert, die durch Überstauen von gleichartigen Kisten entsteht, wenn keine lastverteilenden Zwischenlagen verwendet werden. Dies sollte bei einem sachgerechten Versand nicht vorkommen, ist in der Praxis aber häufig üblich. Hierzu wurde ein Kistenboden auf den Kistendeckel gelegt (Simulation einer realen Überstapelung durch eine gleichartige Kiste).

Diese Prüfungen wurden ebenfalls im Anlieferungszustand der Kisten ("trocken") und nach 4-wöchiger Außenlagerung ("feucht") durchgeführt.

Durchführung der Prüfung und Auswertung wie im Abschnitt 2.1.1 beschrieben.

Prüfaufbau (Kisten in der Druckprüfmaschine) => siehe Bild 1.5 im Anhang 1

2.1.3 Wechsellast-Stauchprüfung

Eine Langzeit-Belastung, wie sie in der Praxis beim Seetransport entstehen kann, wurde mit dieser Prüfung simuliert.

Ausgehend von der Lastannahme in den HPE-Verpackungsrichtlinien mit 10 kN/m^2 (1 t/m^2) sowie der Annahme einer zusätzlichen dynamischen Vertikalbelastung von 1 g während des Seetransportes wurden die Kisten mit einer Wechsellast-Stauchprüfung in folgender Weise geprüft:

- Zyklische Belastung zwischen 20 kN und 40 kN
- Zyklen-Anzahl: 1000

Es wurde jeweils eine Stauchprüfung mit gleichmäßiger Flächenbelastung und mit einer 3-Linienlast, wie in den Abschnitten 2.1.1 und 2.1.2 beschrieben, vorgenommen.

Aus den aufgezeichneten Kraft-Weg-Diagrammen wurden die Verformungen (Stauchungen) der Kisten nach einem Zyklus und nach 1000 Zyklen bestimmt.

2.2 Werkstoffprüfungen

Um die Eigenschaften des verwendeten Holzwerkstoffes MultiFunktionsPlatte (MFP) zu untersuchen, wurden folgende Prüfungen durchgeführt:

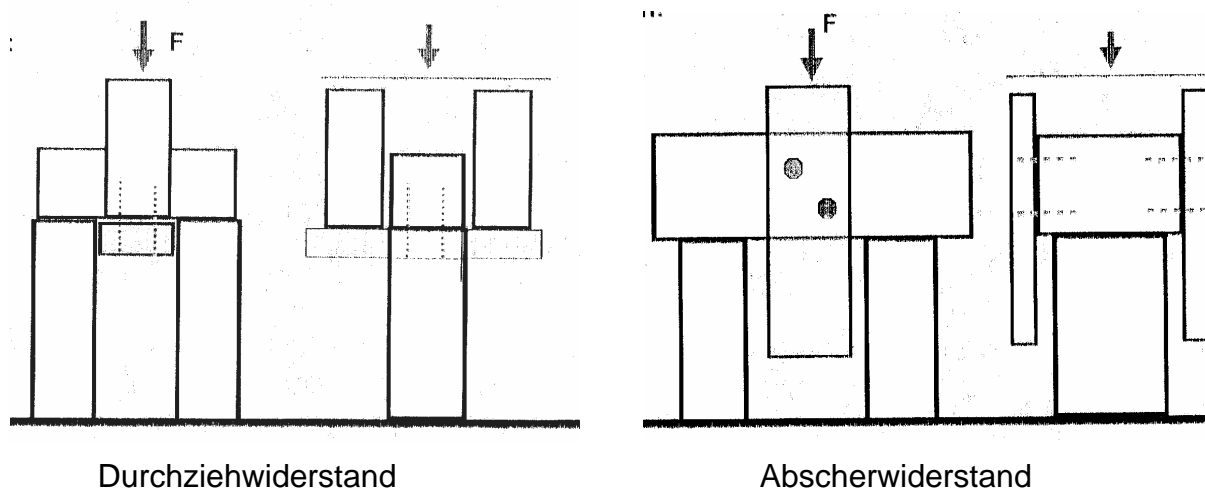
- Bestimmung der Dickenquellung nach 24 h Wasserlagerung gemäß **DIN EN 317**
- Bestimmung der Biegefestigkeit gemäß **DIN EN 310**
 - nach Klimatisierung (20°C / 65 % rLf)
 - nach 24 h Wasserlagerung

Bild 1.9 im Anhang 1 zeigt den Prüfaufbau.

2.3 Prüfung von Fugestellen (Nagelverbindungen)

Um das Verhalten der Nagelstellen unter Belastung zu untersuchen, wurden verschiedene Nagelverbindungen hergestellt.

Es wurden auf Kanthölzern aus Nadelholz (10 x 8 cm, Länge 30 cm) jeweils Streifen (Breite 10 cm, Länge 30 cm) aus MFP kreuzweise aufgenagelt.



Folgende Prüfungen wurden durchgeführt:

- Bestimmung der maximalen Kraft, die beim Durchziehen von Nägeln durch den untersuchten Holzwerkstoff auftritt (Durchzieh widerstand bei Belastung in Nagellängsrichtung).
- Bestimmung der maximalen Kraft, die beim Abscheren von Nägeln auftritt (Abscherwiderstand bei Belastung quer zur Nagellängsrichtung)

Diese Prüfungen erfolgten ebenfalls mit der oben beschriebenen Druckprüfmaschine (Prüfgeschwindigkeit: 5 mm/min). Aus den aufgezeichneten Kraft-Weg-Diagrammen wurden die jeweilige Maximalkraft und der maximale Ausziehweg bestimmt.

Es wurden zwei unterschiedliche Nagelkopftiefen ($NT = 0 \text{ mm} / 5 \text{ mm}$) im trockenen Zustand sowie nach 24 h Wasserlagerung untersucht.

Für alle Fugestellen wurden handelsübliche Maschinennägel (Rillennägel) verwendet:

- Länge: 80 mm
- Kopfdurchmesser: 7 mm

2.4 Anstoß-Prüfung

Die Anstoßprüfung simuliert Umschlagsbelastungen, die z.B. beim Handling oder bei anderen Abbremsvorgängen entstehen können. Geprüft wurde die Festigkeit der Wände und der Verbund durch Nagelung.

Alle Anstoß-Prüfungen wurden in Anlehnung an

DIN EN 22244 Verpackung; Versandfertige Packstücke; Horizontale Stoßprüfung (waagerechte oder schiefe Ebene: Pendel), Ausgabe Februar 1993

auf der schiefen Ebene durchgeführt.

Die Ablaufhöhe wurde in Abhängigkeit der maximalen Bruttomasse ermittelt und betrug 250 mm. Die Packgutmassen wurden mit Hilfe von Granulat simuliert, so dass bei der Anstoßprüfung durch die Eigenschaft des Granulats – fließfähig zu sein – ein Druck auf die in Anstoßrichtung liegenden Seitenwände ausgeübt und damit der Verbund der Wände belastet wird.

Die Prüfmuster wurden auf folgende Weise geprüft.

Stoß auf eine flache Stirnseite mit vorgelegtem Kantholz
anschließend
Stoß auf eine senkrechte Kante

Prüfaufbau (Anstoß-Prüfung) ⇒ siehe Bild 1.10 im Anhang 1

3. Ergebnisse der Prüfungen

3.1 Stauchprüfung der Kisten mit gleichmäßiger Flächenbelastung

3.1.1 Stauchprüfung im Anlieferzustand (trocken)

Kiste	Maximale Bruchlast	Stauchweg bei Bruchlast	Verformung (Stauchweg) bei 20 kN	Verformung (Stauchweg) bei 40 kN
Multifunktionsplatte (MFP) (Prüfmuster 1)	125 kN	38 mm	11 mm	16,0 mm
Multifunktionsplatte (MFP) (Prüfmuster 2)	116 kN	36 mm	6,0 mm	12 mm

Siehe Diagramm 3.1 im Anhang 3 auf Seite 1

3.1.2 Stauchprüfung nach 4 Wochen Außenlagerung (feucht)

Kiste	Maximale Bruchlast	Stauchweg bei Bruchlast	Verformung (Stauchweg) bei 20 kN	Verformung (Stauchweg) bei 40 kN
Multifunktionsplatte (MFP) (Prüfmuster 1)	68 kN	29 mm	9,5 mm	15 mm
Multifunktionsplatte (MFP) (Prüfmuster 2)	73 kN	28 mm	7,5 mm	15 mm

Siehe Diagramm 3.2 im Anhang 3 auf Seite 1

3.2 Stauchprüfung der Kisten mit 3-Linienlast

3.2.1 Stauchprüfung im Anlieferzustand (trocken)

Kiste	Maximale Bruchlast	Stauchweg bei Bruchlast	Verformung (Stauchweg) bei 20 kN	Verformung (Stauchweg) bei 40 kN
Multifunktionsplatte (MFP) (Prüfmuster 1)	97 kN	34 mm	15 mm	20 mm
Multifunktionsplatte (MFP) (Prüfmuster 2)	88 kN	35 mm	13 mm	20 mm

Siehe Diagramm 3.3 im Anhang 3 auf Seite 2

3.2.2 Stauchprüfung nach 4 Wochen Außenlagerung (feucht)

Kiste	Maximale Bruchlast	Stauchweg bei Bruchlast	Verformung (Stauchweg) bei 20 kN	Verformung (Stauchweg) bei 40 kN
Multifunktionsplatte (MFP) (Prüfmuster 1)	66 kN	44 mm	16 mm	38 mm
Multifunktionsplatte (MFP) (Prüfmuster 2)	72 kN	44 mm	16 mm	38 mm

Siehe Diagramm 3.4 im Anhang 3 auf Seite 2

Bemerkungen zum Bruchverhalten:

Bei den ganzflächigen Stapelstauchbelastungen brach nicht das Plattenmaterial, sondern kurz vor dem Erreichen der Maximalkraft löste sich der Verbund der Kiste an

der unteren Kante der Seitenwände. Dieses führte dazu, dass die Seitenwände von den Querkufen nach außen gedrückt wurden und von diesen abrutschten. Bei der 3-Linienlast drückten sich die Querkufen des oberen Bodens in den Deckelrand. Auch dieses geschah erst unmittelbar vor der dem Erreichen der Maximalkraft. Als Folge davon wurden die Deckel in die Kisten gedrückt. Nägel durch die Seitenwände in die Deckelunterzüge (normales Verschießen einer Kiste) konnten dieses nur verhindern, bis entweder die Köpfe der Nägel durch die Seitenwände oder die Nägel aus den Deckelunterzügen gezogen wurden.

Die Bilder 1.6 bis 1.8 im Anhang 1 zeigen die unterschiedlichen

3.3 Wechsellast Stauchprüfung (20 kN – 40 kN) 1000 Zyklen

3.3.1 Wechsellast-Stauchprüfung mit gleichmäßiger Flächenbelastung im Anlieferungszustand (trocken)

Kiste	Verformung (Stauchweg) nach 1 Zyklus	Verformung (Stauchweg) nach 1000 Zyklen	Verformung unter Belastung nach 1000 Zyklen
Multifunktionsplatte (MFP)	16 mm	18,5 mm	2,5 mm

Siehe Diagramm 3.5 im Anhang 3 auf Seite 3

3.3.2 Wechsellast-Stauchprüfung mit 3-Linienlast im Anlieferungszustand (trocken)

Kiste	Verformung (Stauchweg) nach 1 Zyklus	Verformung (Stauchweg) nach 1000 Zyklen	Verformung unter Belastung nach 1000 Zyklen
Multifunktionsplatte (MFP)	13,3 mm	14,5 mm	1,2 mm

Siehe Diagramm 3.7 im Anhang 3 auf Seite 4

Anmerkung: Bei der unter 3.3.2 beschriebenen Prüfung musste der Versuch neu gestartet werden. Es stand jedoch kein unbelastetes Prüfmuster mehr zur Verfügung. Somit stammen die Verformungsangaben von einem bereits vorbelasteten Prüfmuster.

3.3.3 Wechsellast-Stauchprüfung mit gleichmäßiger Flächenbelastung nach 4 Wochen Außenlagerung (feucht)

Kiste	Verformung (Stauchweg) nach 1 Zyklus	Verformung (Stauchweg) nach 1000 Zyklen	Verformung unter Belastung nach 1000 Zyklen
Multifunktionsplatte (MFP)	15 mm	22 mm	7 mm

Siehe Diagramm 3.6 im Anhang 3 auf Seite 3

3.3.4 Wechsellast-Stauchprüfung mit 3-Linienlast nach 4 Wochen Außenlagerung (feucht)

Kiste	Verformung (Stauchweg) nach 1 Zyklus	Verformung (Stauchweg) nach 1000 Zyklen	Verformung unter Belastung nach 1000 Zyklen
Multifunktionsplatte (MFP)	22 mm	32 mm	10 mm

Siehe Diagramm 3.8 im Anhang 3 auf Seite 4

Beurteilung:

Alle Prüfmuster bestanden die Prüfung ohne Bruch. Es konnten nach der Untersuchung keine Schäden am Verbund oder übermäßige Verformungen erkannt werden.

Zur Überprüfung, ob die Wechsellast nachteilige Auswirkungen auf die Festigkeit der Kisten hat, wurden einige Prüfmuster nach der Wechsellast zusätzlich einer Stauchbelastung bis zum Bruch unterzogen. Die Prüfungen ergaben, dass 1000 Zyklen Wechsellast zu keiner signifikanten Reduzierung der Bruchlast führten.

3.4 Werkstoffprüfungen

3.4.1 Dickenquellung nach 24 h Wasserlagerung

Es wurden insgesamt 24 Proben untersucht. Der Mittelwert ergab sich zu **10,9 %**

Die Einzelergebnisse sind im Anhang 2 grafisch dargestellt.

3.4.2 Biegefestigkeit nach DIN EN 310

In der folgenden Tabelle sind die Mittelwerte der Prüfung zusammengefasst:

Werkstoff		Klimatisierung 20°C / 65%	nach 24 h Wasserlagerung
MFP	Biegefestigkeit	23 N/mm ²	10,2 N/mm ²
	Dehnung bis zum Bruch	5,4 mm	9,8 mm

Die Einzelergebnisse sind im Anhang 5 dargestellt.

3.4.3 Prüfung von Fugestellen (Nagelverbindungen)

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Fugestellen-Prüfungen zusammengefasst (jeweils Mittelwerte aus mindestens 3 Einzelmessungen):

Prüfung Holzzustand	Nagelkopf- tiefe [mm]	Anzahl Nägel je Füge- Stelle	Werkstoff	Maximale Kraft [N]	Durchzieh-/ Ausziehweg am Kraft- maximum [mm]
Durchziehen Trocken	0	2	MFP	3000	3,0
Durchziehen Trocken	5	2	MFP	2300	2,6
Durchziehen Nass	0	2	MFP	3200	5,0
Durchziehen Nass	5	2	MFP	2500	3,8
Abscheren Trocken	0	2 x 2	MFP	7800	13,4
Abscheren Trocken	5	2 x 2	MFP	6600	10,4
Abscheren Nass	0	2 x 2	MFP	8000	15,6
Abscheren Nass	5	2 x 2	MFP	8400	12,5

Siehe Diagramm 3.9 bis Diagramm 3.16 im Anhang 3 auf den Seiten 5 bis 8



- Verwendete Nägel: Maschinennägel (Rillennägel),
 Länge: 80 mm, Kopfdurchmesser 7 mm
- Werkstoffzustand - Anlieferungszustand: trocken
- Nach 24 h Wasserlagerung: nass

3.5 Anstoß-Prüfung

Alle Prüfmuster überstanden die Anstoßprüfungen ohne nennenswerte Schäden. Es kam weder bei den Wandmaterialien noch an den Fügstellen zum Bruch. Durch die Anstoß-Prüfungen konnte kein abweichendes Verhalten zu anderen Verschalungswerkstoffen festgestellt werden.

4 Beurteilung der Ergebnisse

Sämtliche Prüfmuster hatten die gleichen Konstruktionsdetails. Somit waren die Kisten im hohen Maße vergleichbar.

Die Kistenelemente (Kufen, Leisten, Deckelunterzüge) wiesen bei allen Lieferungen und Prüfungen vergleichbare Materialfeuchten auf, so dass deren absoluten Werte für die Beurteilung keine Bewandnis hatten.

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen kann folgendes abgeleitet werden:

Grundsätzlich erfüllt der Werkstoff **MultiFunktionsplatte (MFP)** der Fa. Pfeleiderer - unter Zugrundelegung eines sachgerechten Versandes - die Anforderungen der HPE-Verpackungsrichtlinie.

Bei den Stauchprüfungen mit ganzflächiger Belastung und beim Überstauen mit gleichartigen Kisten wurden im trockenen und feuchten Zustand maximale Bruchlasten erreicht, die über den Vorgaben der HPE-Verpackungsrichtlinie lagen.

Die Wechsellastprüfungen führten nicht zu Ermüdungserscheinungen.

Die Außenlagerung zeigt zwar Differenzen in der maximalen Bruchlast, nicht jedoch bei der Verformung. Die Stauchwege bis zum Bruch stiegen nicht mit zunehmender Feuchtigkeit an.

Die Belastbarkeit von Kisten ist aber nicht nur vom Werkstoff abhängig, sondern auch von der Festigkeit der Fügstellen, da ein Großteil der Belastungen von den Nagelverbindungen aufgenommen werden muss.

Die Überprüfungen der Nagelverbindungen ergaben Ergebnisse, die denen anderer Kistenbauwerkstoffe ebenbürtig waren.

Bei der Bestimmung der Biegefestigkeit brauchte nicht auf die Maschinenrichtung geachtet werden. Der Plattenwerkstoff ist in alle Richtungen nahezu homogen. Die untersuchten Proben wurden aus mehreren Plattenresten ohne Beachtung der Maschinenrichtung geschnitten. Die Diagramme zeigen keine signifikanten „Ausreißer“, die auf eine Inhomogenität schließen lassen.



Institutsleiter

Sachbearbeiter

Prof. Dr. H. Kontny

Dipl.-Ing. S. Tiedemann