

BE Ingenieure GmbH · An der Raumfabrik 33b · 76227 Karlsruhe

RAMPA GmbH & Co. KG
Auf der Heide 8
21514 Büchen

06.09.2021

1604_RAMPA_Hebesystem

Gutachtliche Stellungnahme

Tragfähigkeit von RAMPA Muffen mit Kugeltragbolzen als Hebesystem

1 Allgemeines

ETA-12/0481 regelt RAMPA Muffen A, B, BL, BV, C, CV, SK, SK330, SKL und SKL330 als Verbindungsmittel für Holzkonstruktionen. Die Firma RAMPA GmbH & Co. KG verwendet RAMPA Muffen außerdem zusammen mit Kugeltragbolzen als Hebesystem für Bauteile aus KVH aus Nadelholz, Schnittholz aus Laubholz, Brettspertholz oder Brettschichtholz aus Nadelholz oder Furnierschichtholz aus Nadelholz oder Laubholz. Hierzu werden die Muffen in die Schmal-, Stirn- oder Seitenholzflächen der Bauteile so eingedreht, dass sie rechtwinklig zur Oberfläche der Bauteile oberflächenbündig angeordnet sind. In den Stirn- oder Schmalflächen sind die Muffen mittig im Hinblick auf die Bauteildicke angeordnet. Für diesen Zweck waren bisher Muffen 25x50 mm und 36x108 mm vorgesehen. Diese gutachtliche Stellungnahme beurteilt die Tragfähigkeit zusätzlicher Muffen 33x73 für drei Beanspruchungsrichtungen:

- Zugbeanspruchung in Achsrichtung der Muffe;
- Abscherbeanspruchung in der Ebene des Bauteils;
- Abscherbeanspruchung rechtwinklig zur Ebene des Bauteils;

Zur Herstellung der Verbindung werden die Muffen 33x73 in vorgebohrte Löcher des Durchmessers 31 mm eingedreht.

Als Grundlage zur Beurteilung der Tragfähigkeit liegen Tragfähigkeitsversuche der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine des Karlsruher Instituts für Technologie (Prüfbericht Nr. 216117) vor.

Im Folgenden werden aus den Ergebnissen der Tragfähigkeitsversuche und auf der Grundlage theoretischer Betrachtungen Vorschläge für die rechnerische Bestimmung der Tragfähigkeit der Muffen abgeleitet.

2 Anwendungsbereich

Verbindungen mit RAMPA Muffen sollen zum Transport und der Montage von Bauteilen aus KVH aus Nadelholz, Schnittholz aus Laubholz, Brettsperrholz oder Brettschichtholz aus Nadelholz oder Furnierschichtholz aus Nadelholz oder Laubholz angewendet werden. Bei der Verwendung von RAMPA Muffen 33x73 muss die Dicke der Bauteile mindestens 80 mm und die Querschnittsbreite mindestens 300 mm betragen. Die Muffen sind rechtwinklig zur Oberfläche oberflächenbündig und in Stirn- oder Schmalseiten in die Mittelebene der Bauteile einzudrehen. Der Winkel zwischen Muffenachse und Faserrichtung darf zwischen 0° und 90° betragen.

3 Rechenmodell und Vergleich mit Versuchsergebnissen

3.1 Zugbeanspruchung in Achsrichtung der Muffe

Bei einer Zugbeanspruchung in Achsrichtung wird die Muffe auf Herausziehen beansprucht. Abweichend von den Bedingungen in ETA-12/0481 darf die Mindesteinschraubtiefe bis zu 2 D betragen. Aus diesem Grund sind die Ausziehtragfähigkeiten geringer als nach ETA-12/0481. Für die charakteristische Tragfähigkeit einer Muffe auf Herausziehen ohne die Berücksichtigung eines Schwingbeiwerts wird vorgeschlagen:

$$F_{\text{ax},\varepsilon,\text{RK}} = k_{\text{ax}} \cdot f_{\text{ax},k} \cdot D \cdot l_{\text{ef}} \quad (1)$$

mit:

- $F_{\text{ax},\varepsilon,\text{RK}}$ Charakteristische Ausziehtragfähigkeit [N]
- $f_{\text{ax},k}$ Charakteristischer Ausziehparameter, $f_{\text{ax},k} = 8 \text{ N/mm}^2$
- D Gewindeaußendurchmesser [mm]
- l_{ef} Gewindelänge der Muffe im Holzbauteil [mm]
- k_{ax} Faktor zur Berücksichtigung des Winkels zwischen Achs- und Faserrichtung,
 $k_{\text{ax}} = 1,0$ für $45^\circ \leq \varepsilon < 90^\circ$
 $k_{\text{ax}} = 0,6 + \frac{0,4 \cdot \varepsilon}{45^\circ}$ für $0^\circ \leq \varepsilon < 45^\circ$
- ε Winkel zwischen Achs- und Faserrichtung [°]

Da die Lasteinwirkungsdauer bei Hebe- oder Montagezuständen nur kurz ist, darf k_{ax} höher angenommen werden als nach ETA-12/0481. Ist der Gewindeaußendurchmesser D größer oder gleich der Lagendicke im Brettsperrholz, in das die Muffe eingedreht ist, oder ist die Muffe in mindestens 2 Lagen eingedreht, sollte der ungünstigere Wert ε in Gleichung (1) berücksichtigt werden. Ist die Lage der Muffen vorab nicht eindeutig definiert, sollte grundsätzlich $k_{\text{ax}} = 0,6$ in Rechnung gestellt werden. Tabelle 1 zeigt den Vergleich zwischen der Tragfähigkeit im Versuch (Prüfbericht 216117) und der charakteristischen Tragfähigkeit nach Gleichung (1). Berechnet man den Verhältniswert aus Tragfähigkeit im Versuch zur vorgeschlagenen charakteristischen Tragfähigkeit, folgt ein mittlerer Verhältniswert von 1,75, ein Kleinstwert von 1,21 und ein nach EN 14358 auf der Basis einer Lognormalverteilung ermittelter 5%-Quantilwert von 0,98. Der erforderliche charakteristische Verhältniswert von 1,0 wird damit nur unbedeutend unterschritten, insbesondere da der

kleinste Verhältniswert mit 1,21 deutlich über 1 liegt. Wertet man die Versuchsergebnisse zusammen mit den Ergebnissen aus dem Prüfbericht Nr. 186111 aus, in dem Versuche mit Muffen 25x50 und 36x108 dokumentiert sind, resultiert ein mittlerer Verhältniswert aus Tragfähigkeit im Versuch zur vorgeschlagenen charakteristischen Tragfähigkeit aus insgesamt 42 Versuchen von 1,75 und ein nach EN 14358 auf der Basis einer Lognormalverteilung ermittelter 5%-Quantilwert von 1,02. Daher führt Gleichung (1) zu einer zutreffenden charakteristischen Tragfähigkeit der auf Herausziehen beanspruchten Muffen 33x73 in den Hirnholz-, Schmal- oder Seitenflächen von Brettsperrholz oder BS-Holz.

Tabelle 1: Tragfähigkeit zugbeanspruchter Muffen im Vergleich zur charakteristischen Tragfähigkeit nach Gleichung (1).

Material	Versuch	D	ℓ_{ef}	ε	ρ	k_{ax}	$f_{ax,k}$	$F_{ax,Rk}$	$F_{Versuch}$	$F_{Versuch}/F_{ax,Rk}$	h	t_M
CLT	I_Z_1	33	73	90	521	1	8,0	19272	28800	1,49	80	40
CLT	I_Z_2	33	73	90	523	1	8,0	19272	28200	1,46	80	40
CLT	I_Z_3	33	73	90	463	1	8,0	19272	27200	1,41	80	40
CLT	II_Z_1	33	73	90	407	1	8,0	19272	32100	1,67	100	40
CLT	II_Z_2	33	73	90	406	1	8,0	19272	24900	1,29	100	40
CLT	II_Z_3	33	73	90	382	1	8,0	19272	26900	1,40	100	40
CLT	III_Z_1	33	73	90	486	1	8,0	19272	23800	1,23	80	40
CLT	III_Z_2	33	73	90	431	1	8,0	19272	28400	1,47	80	40
CLT	III_Z_3	33	73	90	453	1	8,0	19272	23400	1,21	80	40
CLT	IV_Z_1	33	73	90	579	1	8,0	19272	31400	1,63	100	40
CLT	IV_Z_2	33	73	90	457	1	8,0	19272	34600	1,80	100	40
CLT	IV_Z_3	33	73	90	381	1	8,0	19272	24900	1,29	100	40
CLT	V_Z_1	33	73	0	453	0,6	8,0	11563	30100	2,60	80	40
CLT	V_Z_2	33	73	0	401	0,6	8,0	11563	24400	2,11	80	40
CLT	V_Z_3	33	73	0	463	0,6	8,0	11563	32400	2,80	80	40
CLT	VI_Z_1	33	73	0	435	0,6	8,0	11563	27100	2,34	100	40
CLT	VI_Z_2	33	73	0	435	0,6	8,0	11563	31200	2,70	100	40
CLT	VI_Z_3	33	73	0	493	0,6	8,0	11563	29200	2,53	100	40

h ist die Bauteildicke und t_M die Lagendicke

3.2 Abscherbeanspruchung in Bauteilebene

Beobachtungen während der Versuche zeigen, dass die Muffe ähnlich wie ein einschichtig beanspruchtes stiftförmiges Verbindungsmittel in Stahlblech-Holz-Verbindungen mit dünnen Stahlblechen versagt, wobei kein Fließgelenk in der Muffe beobachtet wurde. Für eine Abscherkraft, die direkt an der Oberfläche des Bauteils angreift, ließe sich die Tragfähigkeit daher nach Gleichung 8.9 (a) des Eurocode 5 berechnen. Das Gelenk der verwendeten Kugeltragbolzen weist allerdings einen Abstand ℓ_3 zur Holzoberfläche auf, der für Muffen 33x73 $\ell_3 = 36,5$ mm beträgt.

Dieser Abstand entspricht einer Zwischenschicht aus Luft und lässt sich z.B. nach Blaß, H.J. und Laskewitz, B. (2003); Tragfähigkeit von Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln und Zwischenschichten. Bauen mit Holz 105: Heft 1 S. 26-35 und Heft 2 S. 30-34 berücksichtigen. Wird ℓ_3 als t_{gap} bezeichnet, beträgt die Tragfähigkeit einer Muffe auf Abscheren:

$$F_{v,Rk} = f_{h,k} \cdot D \cdot t_{ef} \tag{2}$$

mit

$$f_{h,k} = \frac{0,082 \cdot (1 - 0,01D) \rho_k}{\max\{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha; 2,5 \cdot \cos^2 \varepsilon + \sin^2 \varepsilon\}} \quad (3)$$

$$t_{ef} = \sqrt{4 \cdot t_{gap}^2 + 4 \cdot t_{gap} \cdot l_{ef} + 2 \cdot l_{ef}^2} - 2 \cdot t_{gap} - l_{ef} \quad (4)$$

Hierin bedeuten:

- $F_{v,Rk}$ Charakteristische Tragfähigkeit einer Muffe auf Abscheren in N
- $f_{h,k}$ Charakteristische Lochleibungsfestigkeit in N/mm²
- D Gewindeaußendurchmesser [mm]
- ρ_k Charakteristische Rohdichte der Lagen des Holzbauteils in kg/m³
- α Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung [°]
- ε Winkel zwischen Muffenachse und Faserrichtung [°]
- k_{90} Beiwert zur Berücksichtigung des Winkels α , $k_{90} = 1,845$ für Muffen 33x73
- t_{ef} wirksame Anschlusstiefe in mm, $t_{ef} = 17,2$ mm für Muffen 33x73
- l_{ef} Gewindelänge der Muffe im Holzbauteil [mm]
- t_{gap} Maß l_3 der Kugeltragbolzen, $l_3 = t_{gap} = 36,5$ mm für Muffen 33x73

Tabelle 2 zeigt den Vergleich zwischen der Tragfähigkeit im Versuch nach Prüfbericht 216117 und der charakteristischen Tragfähigkeit nach Gleichung (2).

Tabelle 2: Tragfähigkeit abscherbeanspruchter Muffen im Vergleich zur charakteristischen Tragfähigkeit nach Gleichung (2).

Material/ Prüfkörper	D	t	t _{gap}	α	ε	ρ_k	k ₉₀	f _{h,k}	F _{v,Rk}	F _{test}	F _{test} / F _{v,Rk}	h
CLT I_X_1	33	73	36,5	0	90	350	1,845	19,2	10935	15800	1,44	80
CLT I_X_2	33	73	36,5	0	90	350	1,845	19,2	10935	16400	1,50	80
CLT I_X_3	33	73	36,5	0	90	350	1,845	19,2	10935	14800	1,35	80
CLT I_Y_1	33	73	36,5	90	90	350	1,845	10,4	5927	12000	2,02	80
CLT I_Y_2	33	73	36,5	90	90	350	1,845	10,4	5927	11900	2,01	80
CLT I_Y_3	33	73	36,5	90	90	350	1,845	10,4	5927	11400	1,92	80
CLT II_X_1	33	73	36,5	0	90	350	1,845	19,2	10935	15600	1,43	100
CLT II_X_2	33	73	36,5	0	90	350	1,845	19,2	10935	15400	1,41	100
CLT II_X_3	33	73	36,5	0	90	350	1,845	19,2	10935	14800	1,35	100
CLT II_Y_1	33	73	36,5	90	90	350	1,845	10,4	5927	8510	1,44	100
CLT II_Y_2	33	73	36,5	90	90	350	1,845	10,4	5927	9300	1,57	100
CLT II_Y_3	33	73	36,5	90	90	350	1,845	10,4	5927	10800	1,82	100
CLT III_X_1	33	73	36,5	0	90	350	1,845	19,2	10935	18600	1,70	80
CLT III_X_2	33	73	36,5	0	90	350	1,845	19,2	10935	20900	1,91	80
CLT III_X_3	33	73	36,5	0	90	350	1,845	19,2	10935	17800	1,63	80
CLT IV_X_1	33	73	36,5	0	90	350	1,845	19,2	10935	17200	1,57	100
CLT IV_X_2	33	73	36,5	0	90	350	1,845	19,2	10935	14100	1,29	100
CLT IV_X_3	33	73	36,5	0	90	350	1,845	19,2	10935	18600	1,70	100
CLT V_X_1	33	73	36,5	90	0	350	1	7,7	4374	7170	1,64	80
CLT V_X_2	33	73	36,5	90	0	350	1	7,7	4374	8540	1,95	80
CLT V_X_3	33	73	36,5	90	0	350	1	7,7	4374	6660	1,52	80
CLT VI_X_1	33	73	36,5	90	0	350	1	7,7	4374	6900	1,58	100
CLT VI_X_2	33	73	36,5	90	0	350	1	7,7	4374	8800	2,01	100
CLT VI_X_3	33	73	36,5	90	0	350	1	7,7	4374	8750	2,00	100

3.3 Abscherbeanspruchung rechtwinklig zur Bauteilebene

Beobachtungen während der Versuche zeigen, dass die Muffe ähnlich wie bei einer Abscherbeanspruchung in der Ebene des Bauteils versagt. Bei den Versuchsreihen V_Y und VI_Y spaltete das Brettsperrholzbauteil infolge Querkzugbeanspruchung teilweise auf. Daher ist bei einer Beanspruchung rechtwinklig zur Ebene des Bauteils aus Brettsperrholz zusätzlich zu Gleichung (2) das Querkzugversagen im Nachweis zu berücksichtigen. Da Querkzugversagen nur vereinzelt beobachtet wurde, muss dieser Nachweis nur bei ungünstigen Randbedingungen geführt werden:

- Brettsperrholzbauteile mit Muffendurchmesser/Bauteildicke $D/h > 0,4$
- Faserrichtung der Decklagen rechtwinklig zur Muffenachse

Die maßgebenden Gleichungen für Queranschlüsse lauten:

$$F_{90,Rk} = \left(6,5 + \frac{18 \cdot h_e^2}{h^2} \right) \cdot (t_{ef} \cdot h)^{0,8} \cdot f_{t,90,k} \quad (5)$$

Hierin bedeuten:

$F_{90,Rk}$	Charakteristische Tragfähigkeit einer Muffe auf Abscheren in N
h_e	Abstand der Muffenachse von der Bauteiloberfläche in mm
h	Bauteildicke in mm
h_e/h	= 0,5 bei mittiger Muffenanordnung
t_{ef}	wirksame Anschlusstiefe in mm nach Gleichung (4), $t_{ef} = 17,2$ mm für Muffen 33x73
$f_{t,90,k}$	Charakteristischer Wert der Querkzugfestigkeit

Mit $h_e/h = 0,5$ und $f_{t,90,k} = 0,5$ N/mm² wird damit

$$F_{90,Rk} = 11 \cdot (t_{ef} \cdot h)^{0,8} \cdot f_{t,90,k} \quad (6)$$

Tabelle 3 zeigt den Vergleich zwischen der Tragfähigkeit im Versuch nach Prüfbericht 216117 und der charakteristischen Tragfähigkeit nach Gleichung (2). Wegen der Randbedingung „Brettsperrholzbauteile mit Muffendurchmesser/Plattendicke $D/h > 0,4$ und Faserrichtung der Decklagen rechtwinklig zur Muffenachse“ wurde Gleichung (5) nur für Versuchsreihe V_Y maßgebend. Die charakteristischen Tragfähigkeiten der Versuchsreihen wurden trotzdem ausschließlich nach Gleichung (2) bestimmt, Gleichung (5) würde zu noch niedrigeren Tragfähigkeiten führen.

Die Tabellen 2 und 3 zeigen, dass das vorgeschlagene Rechenmodell die unterschiedlichen Versuchskonfigurationen zutreffend abbildet. Wertet man die Verhältniswerte $F_{test}/F_{v,Rk}$ zusammen nach EN 14358 aus, folgt ein auf der Basis einer Lognormalverteilung bestimmter charakteristischer Verhältniswert von 1,11, der über dem Zielwert von 1,0 liegt. Die berechneten Verhältniswerte betragen zwischen 1,04 und 2,02 bei einem Mittelwert von 1,56.

Wertet man die Versuchsergebnisse zusammen mit den Ergebnissen aus dem Prüfbericht Nr. 186111 aus, in dem Versuche mit Muffen 25x50 und 36x108 dokumentiert sind, resultiert ein mittlerer Verhältniswert aus Tragfähigkeit im Versuch zur vorgeschlagenen charakteristischen Tragfähigkeit aus insgesamt 78 Versuchen von 1,55 und ein nach EN 14358 auf der Basis einer Lognormalverteilung ermittelter 5%-

Quantilwert von 1,06. Daher führt Gleichung (2) mit Gleichung (5) zu einer zutreffenden charakteristischen Tragfähigkeit der auf Abscheren beanspruchten Muffen 33x73 in den Hirnholz-, Schmal- oder Seitenflächen von Brettsperholz oder BS-Holz.

Tabelle 3: Tragfähigkeit abscherbeanspruchter Muffen im Vergleich zur charakteristischen Tragfähigkeit nach Gleichung (2).

Material/ Prüfkörper	D	t	t _{gap}	α	ε	ρ _k	k ₉₀	f _{h,k}	F _{v,Rk}	F _{test}	F _{test} / F _{v,Rk}	h
CLT III_Y_1	33	73	36,5	90	90	350	1,845	10,4	5927	6470	1,09	80
CLT III_Y_2	33	73	36,5	90	90	350	1,845	10,4	5927	6140	1,04	80
CLT III_Y_3	33	73	36,5	90	90	350	1,845	10,4	5927	8700	1,47	80
CLT IV_Y_1	33	73	36,5	90	90	350	1,845	10,4	5927	8190	1,38	100
CLT IV_Y_2	33	73	36,5	90	90	350	1,845	10,4	5927	6790	1,15	100
CLT IV_Y_3	33	73	36,5	90	90	350	1,845	10,4	5927	8470	1,43	100
CLT V_Y_1	33	73	36,5	90	0	350	1	7,7	4374	5740	1,31	80
CLT V_Y_2	33	73	36,5	90	0	350	1	7,7	4374	5600	1,28	80
CLT V_Y_3	33	73	36,5	90	0	350	1	7,7	4374	5540	1,27	80
CLT VI_Y_1	33	73	36,5	90	0	350	1	7,7	4374	6390	1,46	100
CLT VI_Y_2	33	73	36,5	90	0	350	1	7,7	4374	7050	1,61	100
CLT VI_Y_3	33	73	36,5	90	0	350	1	7,7	4374	7710	1,76	100

4 Kombinierte Beanspruchung

Treten Zugbeanspruchungen in Richtung der Muffenachse sowie Abscherbeanspruchungen in und rechtwinklig zur Bauteilebene gleichzeitig auf, sollte folgende quadratische Interaktionsbedingung eingehalten werden:

$$\left(\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{y,Ed}}{F_{y,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}}\right)^2 \leq 1 \quad (7)$$

Hierin bedeuten:

- F_{x,Ed} Bemessungswert der Abscherbeanspruchung in Bauteilebene in N einschließlich Schwingbeiwert
- F_{y,Ed} Bemessungswert der Abscherbeanspruchung rechtwinklig zur Bauteilebene in N einschließlich Schwingbeiwert
- F_{z,Ed} Bemessungswert der Zugbeanspruchung in Achsrichtung der Muffe in N einschließlich Schwingbeiwert
- F_{x,Rd} Bemessungswert der Abschertragfähigkeit in Bauteilebene nach Gleichung (2) in N
- F_{y,Rd} Bemessungswert der Abschertragfähigkeit rechtwinklig zur Bauteilebene nach Gleichung (2) in N, erforderlichenfalls unter Berücksichtigung von Gleichung (5)
- F_{z,Rd} Bemessungswert der Tragfähigkeit in Achsrichtung der Muffe in N

Die Bemessungswerte der Beanspruchung sollten aus dem Eigengewicht der Bauteile multipliziert mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_G nach EN 1990 und einem Schwingbeiwert von mindestens 2,0 bestimmt werden.

Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit sollten nach den Gleichungen (1), (2) und (5) mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_M nach EN 1995-1-1 bestimmt werden. Der Beiwert k_{mod} darf dabei zu 1,0 angenommen werden.

5 Zusammenfassung

Die Firma RAMPA GmbH & Co. KG möchte RAMPA Muffen zusammen mit Kugeltragbolzen als Hebesystem für Bauteile aus KVH aus Nadelholz, Schnittholz aus Laubholz, Brettspertholz oder Brettschichtholz aus Nadelholz oder Furnierschichtholz aus Nadelholz oder Laubholz verwenden. Hierzu werden die Muffen in die Seitenflächen, und mittig Schmal- oder Stirnseiten der Bauteile so eingedreht, dass sie rechtwinklig zur Schmal- oder Stirnseite der Bauteile oberflächenbündig angeordnet sind.

In dieser gutachtlichen Stellungnahme wurden aus den Ergebnissen von Tragfähigkeitsversuchen der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine des Karlsruher Instituts für Technologie (Prüfbericht Nr. 216117) Vorschläge für die Dimensionierung des Hebesystems aus RAMPA Muffen und zugehörigen Kugeltragbolzen abgeleitet.

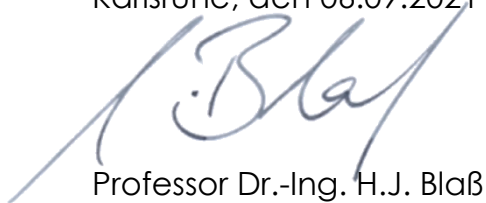
Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit gelten innerhalb der folgenden Randbedingungen:

- Bauteile aus KVH aus Nadelholz, Schnittholz aus Laubholz, Brettspertholz oder Brettschichtholz aus Nadelholz oder Furnierschichtholz aus Nadelholz oder Laubholz,
- Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit für Bauteile aus Laubholz werden wie für Bauteile aus Nadelholz bestimmt. Die höhere Lochleibungs-, Auszieh-, oder Querkzugfestigkeit des Laubholzes wird nicht in Rechnung gestellt.
- Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit für Bauteile aus Furnierschichtholz werden wie für Bauteile aus Brettschichtholz aus Nadelholz bestimmt. Die höhere Lochleibungs-, Auszieh-, oder Querkzugfestigkeit des Furnierschichtholzes wird nicht in Rechnung gestellt.
- Dicke der Bauteile mindestens 60 mm für Muffen 25x50, mindestens 80 mm für Muffen 33x73 und mindestens 120 mm für Muffen 36x108,
- Breite der Bauteile aus Brettspertholz oder BS-Holz mindestens 300 mm für Muffen 25x50 und mindestens 400 mm für Muffen 33x73 oder 36x108,
- Randabstand der RAMPA Muffen in Brettspertholz und Hirnholzabstand bei KVH aus Nadelholz, Schnittholz aus Laubholz, Brettschichtholz aus Nadelholz oder Furnierschichtholz aus Nadelholz mindestens 150 mm für Muffen 25x50 und mindestens 200 mm für Muffen 33x73 oder 36x108,
- Verhältnis Gewindeaußendurchmesser zu Bauteildicke höchstens 0,45,
- Die Muffen sind auf voller Länge in die Seitenflächen und mittig in die Hirnholz- oder Schmalseiten der Bauteile einzudrehen,
- Bestimmung der charakteristischen Zugtragfähigkeit in Achsrichtung der Muffe nach Gleichung (1),
- Bestimmung der charakteristischen Abschertragfähigkeit rechtwinklig zur Achsrichtung der Muffe nach Gleichung (2),

- Bestimmung der charakteristischen Abschertragfähigkeit rechtwinklig zur Achsrichtung der Muffe und rechtwinklig zur Bauteilebene nach Gleichung (6) nur für Brettsperrholzbauteile mit Muffendurchmesser/Plattendicke $D/h > 0,4$ und Faserrichtung der Decklagen rechtwinklig zur Muffenachse,
- Anwendung eines Schwingbeiwerts von mindestens 2,0,
- Anwendung der Teilsicherheitsbeiwerte γ_F und γ_M nach Eurocode 5,
- Anwendung eines Modifikationsbeiwerts $k_{mod} = 1,0$.

Bei Einhaltung der genannten Bedingungen bestehen gegen eine Verwendung des Hebesystems aus RAMPA Muffen 33x73 und zugehörigen Kugeltragbolzen nach meiner Überzeugung keine Bedenken.

Karlsruhe, den 06.09.2021



Professor Dr.-Ing. H.J. Blaß