

# BERICHT

Auftrag-Nr.: <i>Contract no.</i>	1522/2017 - BH	25.07.2017 HAC/ZÖB
Auftraggeber: <i>Customer</i>	Ralmont GmbH Pavelsbacher Straße 17 DE-92361 Berggau	
Auftragsgegenstand: <i>Subject</i>	Ermittlung der Biegesteifigkeit EI von RALMO-ABE Aufdopp- lungselementen sowie die Berechnung der Durchbiegung für unterschiedliche Querschnittsgeometrien	
Auftragsdatum: <i>Date of contract</i>	06.07.2017 (E-Mail)	
Probeneingangsdatum: <i>Date of sample delivery</i>	06.07.2017	
Leistungsdatum/ Leistungszeitraum: <i>Date/Period of service</i>	Juli 2017	
Geltungsdauer: <i>Period of validity</i>	--	
Textseiten: <i>Pages</i>	10	
Beilagen: <i>Enclosures</i>	--	

## 1. Einleitung

Mit dem E-Mail vom 06.07.2017 beauftragte die Firma Ralmont GmbH, Pavelsbacher Straße 17, DE-92361 Bergau, die Holzforschung Austria mit der Ermittlung der Biegesteifigkeit EI für das von der Firma Ralmont GmbH entwickelte Aufdopplungssystem RALMO-ABE. Diese Elemente werden zwischen der tragenden Deckenkonstruktion und der Hebeschiebetüre eingebaut und dienen als Aufdopplungselement bei hohen Fußbodenaufbauten. Ziel der Untersuchung war es, die Biegesteifigkeit im Vier-Punkt-Biegeversuch für das RALMO-ABE Element zu ermitteln und diese einem äquivalenten Bauteil aus Vollholz bzw. thermoplastischem Kunststoffschäum gegenüberzustellen. Zusätzlich wurden für ausgewählte Querschnittsgeometrien die Durchbiegungen unter Auflast analytisch berechnet und in Tabellenform angegeben.

## 2. Prüfkörper- und Versuchsaufbau

### 2.1. Beschreibung des RALMO-ABE Elements

Das RALMO-ABE Element besteht aus einem Ober- bzw. Untergurt welcher aus Purenit® gefertigt ist. Als Steg zwischen den beiden Bauteilen wird eine Holzwerkstoffplatte (MDF) eingeklebt. Der Zwischenraum zwischen dem Ober- und Untergurt wird mit geschäumten PET-Plattenmaterial vollständig ausgefüllt (siehe Abbildung 1). Die unterschiedlichen Materialien werden miteinander verklebt und bilden so den Gesamtquerschnitt.

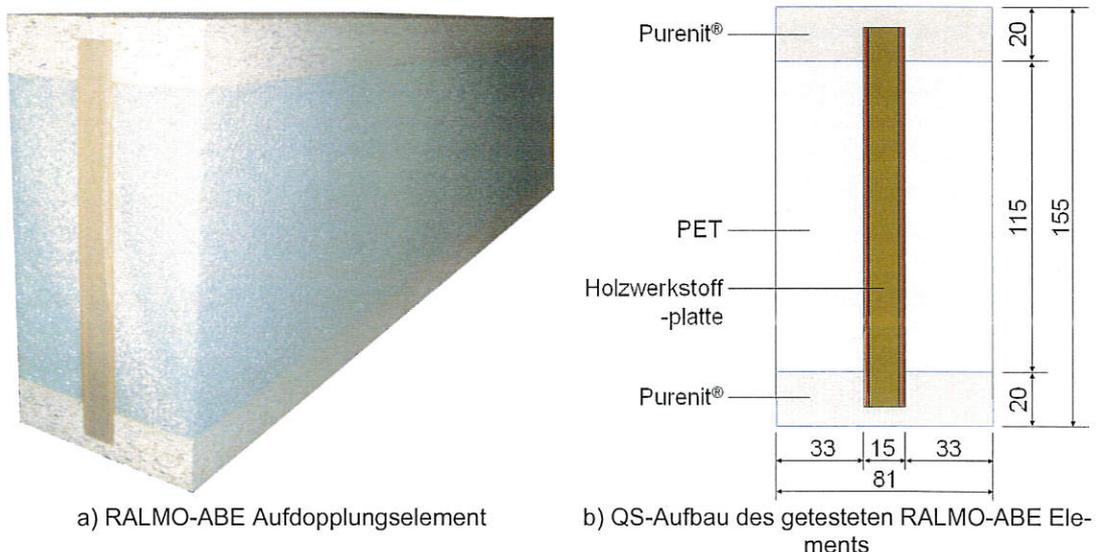


Abbildung 1: RALMO-ABE Element der Firma Ralmont GmbH

### 2.2. Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Für die Ermittlung der Biegesteifigkeit EI des Aufdopplungselements wurden die Probekörper in einer Vier-Punkt-Prüfung auf Biegung beansprucht (siehe Abbildung 2).

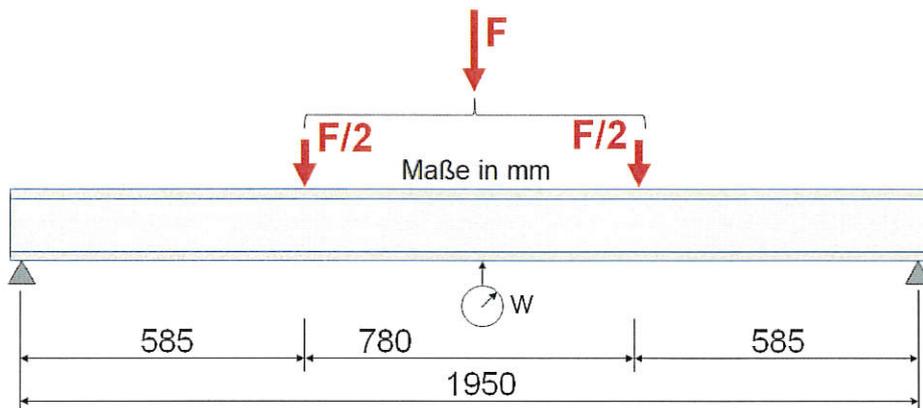


Abbildung 2: Prüf-Setup zur Bestimmung der Biegesteifigkeit

Für die experimentelle Ermittlung des Last-Verformungsverhaltes wurden die Probekörper in eine Zwick Festigkeitsprüfmaschine (Inventarnummer 5017) eingebaut und über einen Lastverteilungsbalken zentrisch und verschiebungsgesteuert beansprucht (siehe Abbildung 3).

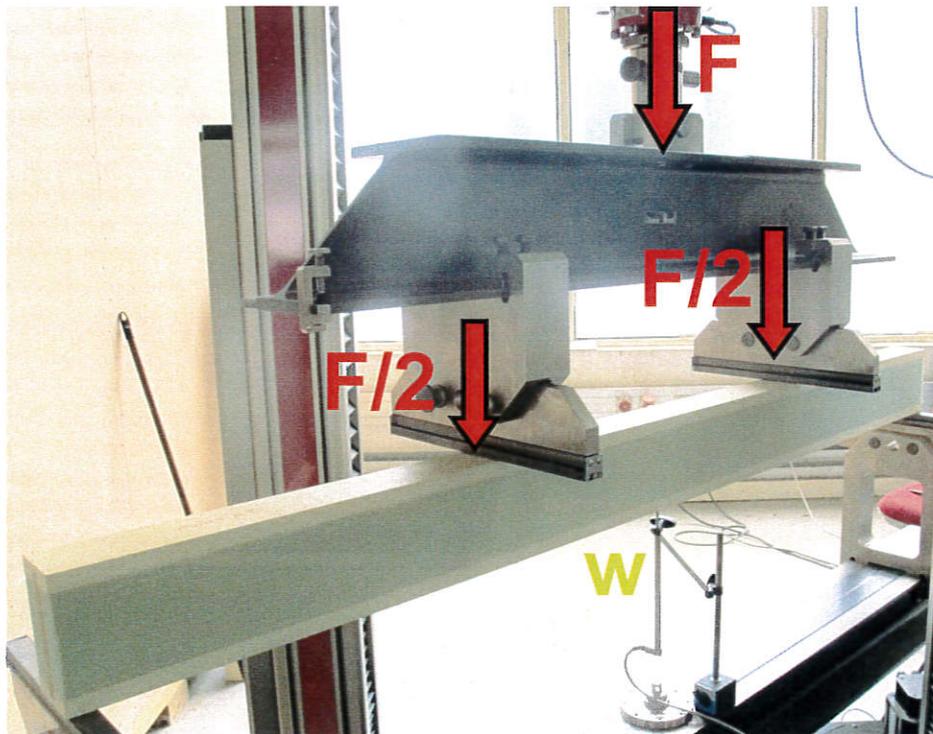


Abbildung 3: Prüfeinrichtung zur Bestimmung des Last-Verformungsverhaltens unter Biegebeanspruchung

Während jeden Versuchs wurde der Maschinenweg, die Vertikalkraft sowie die Durchbiegung mittels induktivem Wegaufnehmer elektronisch aufgezeichnet. Die Probekörper wurden mit einer Geschwindigkeit von 12 mm/min belastet.

### 3. Zusammenfassung der Prüfergebnisse

Die zu den fünf Versuchen korrespondierenden Last-Verschiebungskurven sind in Abbildung 4 dargestellt.

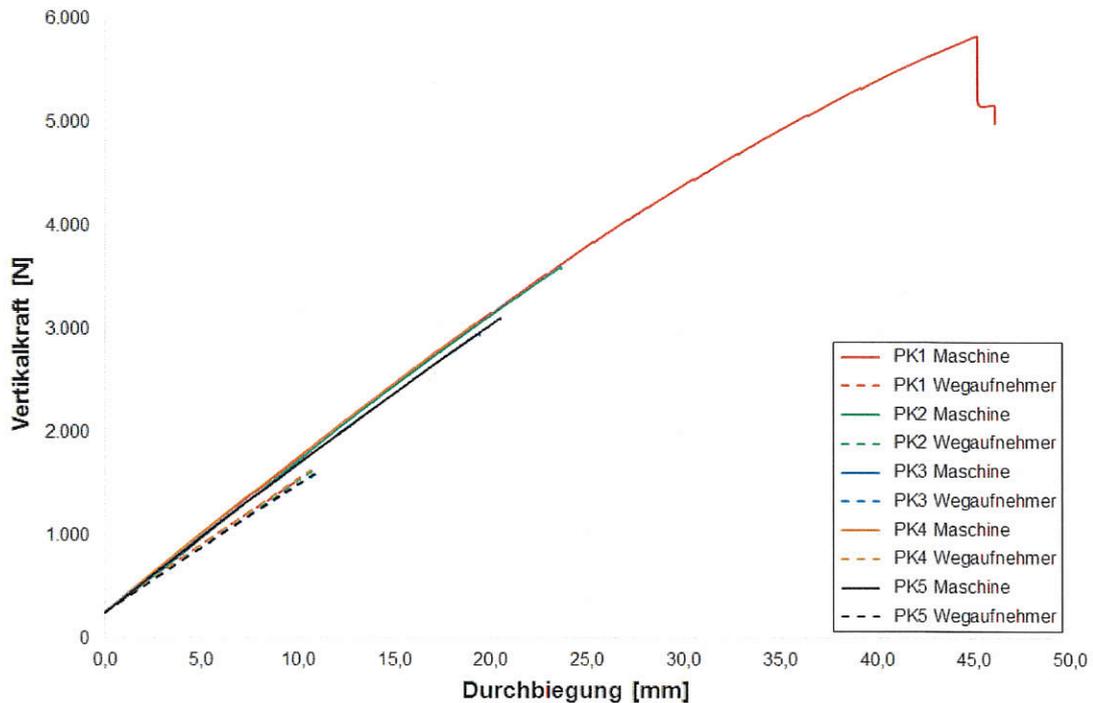


Abbildung 4: Last-Verschiebungskurven aller fünf untersuchten Probekörper

Probekörper 1 wurde bei den Versuchen bis zum Bruch belastet, um das Last-Verformungsverhalten sowie die Biegesteifigkeit im linear elastischen Bereich bestimmen zu können. Die Ergebnisse der Prüfungen zeigen, dass die Kurven annähernd ident sind. Die Streuung der Materialkennwerte der geprüften RALMO-ABE Elemente ist gering. Auf Basis der Versuchsergebnisse lässt sich die Biegesteifigkeit  $EI$  der geprüften Elemente mit folgender Formel berechnen:

$$EI = \frac{F \cdot L^3 \cdot a}{24 \cdot w \cdot L} \cdot \left[ 3 - 4 \cdot \left( \frac{a}{L} \right)^2 \right]$$

Um die Biegesteifigkeit des RALMO-ABE Aufdopplungselement in Relation zu anderen Materialien setzen zu können wurde eine Vergleichsrechnung mit Vollholz und thermoplastischem Kunststoffschäum durchgeführt. Die der Berechnung zugrunde gelegten Parameter sowie die auf Basis des Rechteckquerschnitts sich berechneten Biegesteifigkeiten  $EI$  sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

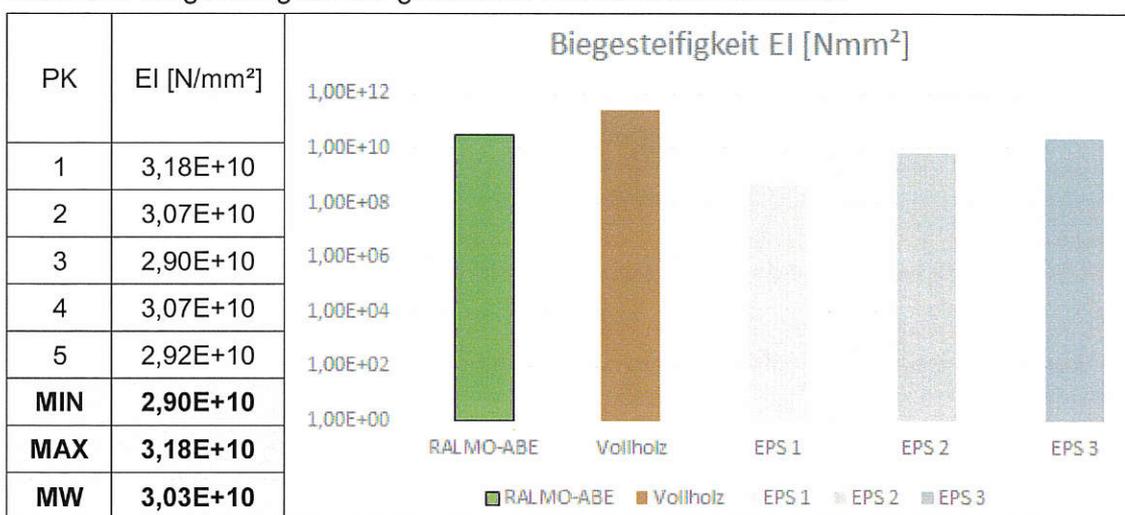
Tabelle 1: Parameter für die Vergleichsrechnung und berechnete Biegesteifigkeiten

QS-Breite:	80 mm	EI [Nmm <sup>2</sup> ]
QS-Höhe:	155 mm	
E-Modul Vollholz:	11.000 N/mm <sup>2</sup>	2,73E+11

E-Modul thermoplastischer Kunststoffschäum:	20 N/mm <sup>2</sup>	EPS1	4,97E+08
	300 N/mm <sup>2</sup>	EPS2	7,45E+09
	1000 N/mm <sup>2</sup>	EPS3	2,48E+10

Aufgrund der spärlichen Verfügbarkeit von Daten bezüglich den Biegeelastizitätsmoduln von thermoplastischem Kunststoffschäum wurde für Vergleichszwecke der Biegeelastizitätsmodul mit 20, 300 und 1000 N/mm<sup>2</sup> angenommen. Für die fünf untersuchten Ralmo RALMO-ABE Elemente berechnet sich die Biegesteifigkeit EI zu:

Tabelle 2: Biegesteifigkeit der getesteten RALMO-ABE Elemente



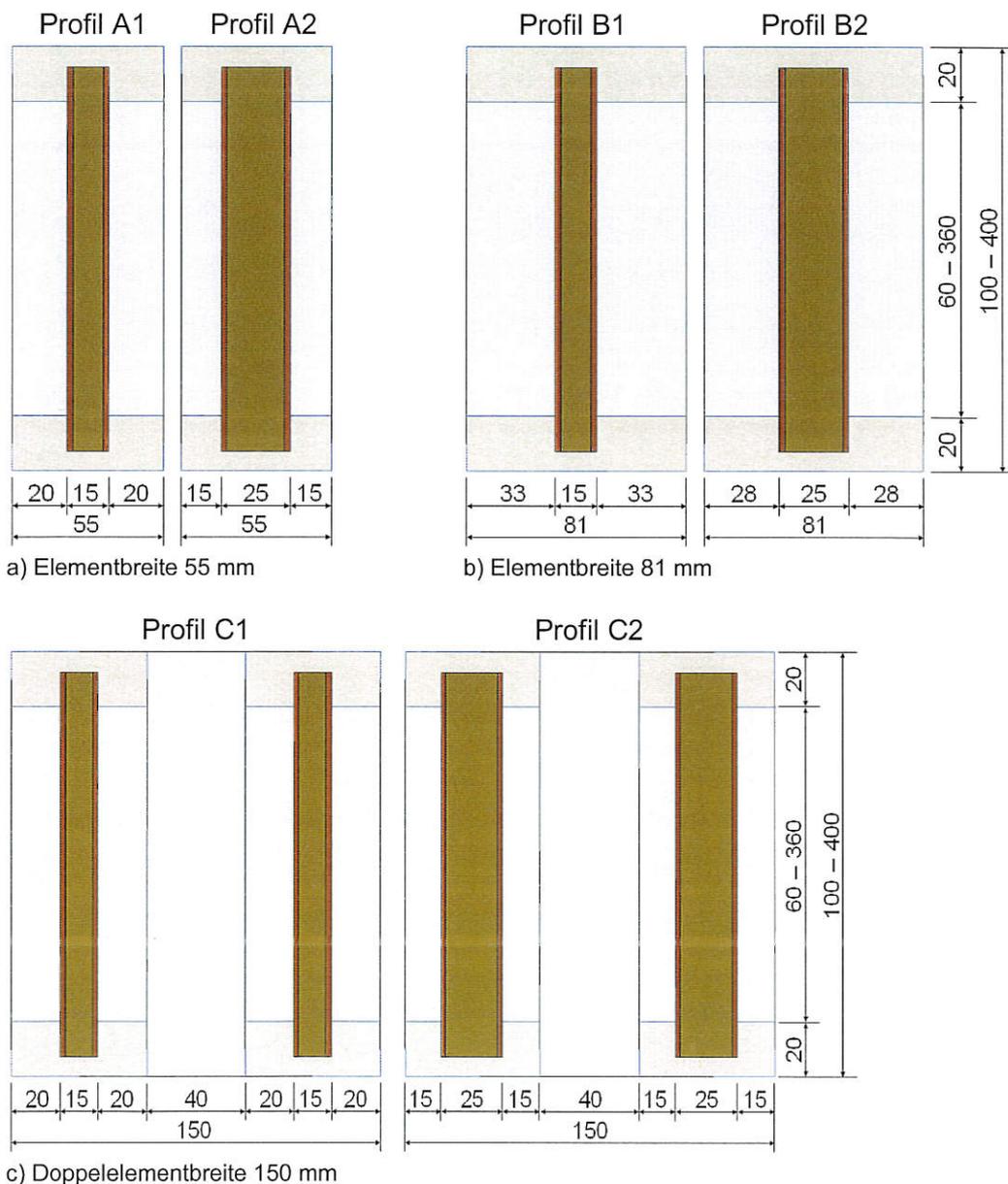
#### 4. Interpretation der Ergebnisse

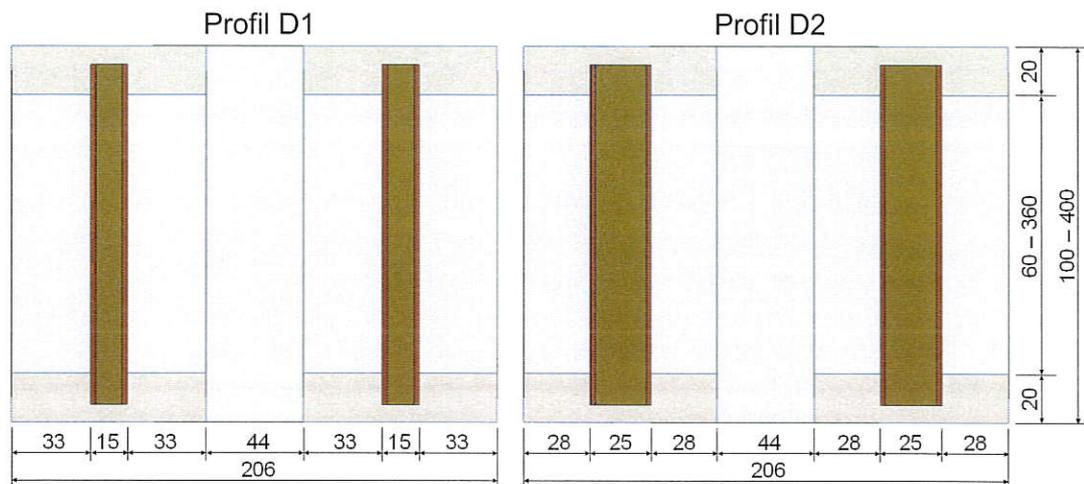
Durch die günstige Querschnittsform des RALMO-ABE Elements in Form eines I-Querschnitts ist die Steifigkeit des Produktes im Vergleich zum Eigengewicht sehr hoch. Der über den Querschnitt verschmiert berechnete fiktive Elastizitätsmodul  $\tilde{E}$  ist mit 1219,2 N/mm<sup>2</sup> zwar um eine Potenz kleiner als bei Vollholz, liegt aber dennoch über den vergleichbaren Werten von thermoplastischem Kunststoffschäum (20-1000 N/mm<sup>2</sup>). Die Anwendung der RALMO-ABE Elemente als Aufdopplungsbauteil unter Hebeschlebetüren ist, bei entsprechendem Abstand der Unterlegstücke, gegeben.

#### 5. Analytische Berechnung der Durchbiegungen von RALMO-ABE Elementen

Basierend auf den Ergebnissen aus den Vier-Punkt-Biegeversuchen wurde ein auf der Theorie des Verbundstabes basierendes vereinfachtes Rechenmodell für die Berechnung der Durchbiegung von RALMO-ABE Elementen entwickelt. Dieses Modell berücksichtigt den inhomogenen Aufbau des Querschnitts und gilt unter der Voraussetzung, dass alle Materialien (Purenit, MDF und PET) ideal miteinander verklebt sind sowie der Bernoulli'schen Hypothese vom Ebenbleiben der Querschnitte. Mit

Hilfe des Rechenmodells wurden die Durchbiegungen für die in Abbildung 5 angeführten Querschnittsformen für eine Gesamtauflast von 1, 5 und 10 kN berechnet. Die Dicke des Ober- bzw. Untergurts aus Purenit betrug in allen Fällen immer 20 mm. Wohingegen die Dicke der MDF-Platte in der Mitte des Elements einmal mit 15 und einmal jeweils mit 25 mm angenommen wurde. Die sich daraus ergebenden Dicken der PET-Zwischenschichten sind ebenfalls in Abbildung 5 ersichtlich.





d) Doppелеlementbreite 206 mm

Abbildung 5: Übersicht der Querschnittsvarianten für welche die Durchbiegungen analytisch berechnet wurden

Als statisches Grundsystem wurde wiederum der experimentelle Vier-Punkt-Biegeaufbau mit einer Stützweite von 1950 mm und einem Abstand zwischen Auflager und Krafteinleitung von 585 mm gewählt. Für die Berechnung wurden folgende Materialparameter zugrunde gelegt.

Tabelle 3: Übersicht der für die analytische Berechnung zugrunde gelegten Materialparameter

Material	Biege-E-Modul [N/mm <sup>2</sup> ]
Purenit	55
MDF-Platte	1300
PET	3100

Die Ergebnisse der analytischen Berechnung sind in Tabelle 4 für die Einfachelemente und in Tabelle 5 für die Doppелеlemente zusammengestellt.

Tabelle 4: Zusammenstellung der berechneten Durchbiegungen für die Einfeldenelemente in mm

Elementbreite 55 mm									
	15 mm MDF					25 mm MDF			
	Höhe	1 kN	5 kN	10 kN		Höhe	1 kN	5 kN	10 kN
Profil A1	100	35,98	179,91	359,82	Profil A2	100	35,06	175,32	350,63
	120	16,46	82,29	164,58		120	16,68	83,39	166,78
	140	8,81	44,07	88,14		140	9,15	45,75	91,51
	160	5,25	26,24	52,47		160	5,54	27,69	55,37
	200	2,29	11,45	22,89		200	2,47	12,33	24,66
	220	1,63	8,13	16,25		220	1,76	8,81	17,62
	240	1,19	5,97	11,95		240	1,30	6,51	13,03
	260	0,90	4,52	9,04		260	0,99	4,95	9,90
	280	0,70	3,50	7,00		280	0,77	3,85	7,69
	300	0,55	2,77	5,53		300	0,61	3,05	6,10
	320	0,44	2,22	4,45		320	0,49	2,46	4,91
	340	0,36	1,81	3,63		340	0,40	2,01	4,02
	360	0,30	1,50	3,00		360	0,33	1,66	3,33
	380	0,25	1,25	2,50		380	0,28	1,39	2,79
400	0,21	1,06	2,11	400	0,24	1,18	2,36		

Elementbreite 81 mm									
	15 mm MDF					25 mm MDF			
	Höhe	1 kN	5 kN	10 kN		Höhe	1 kN	5 kN	10 kN
Profil B1	100	24,74	123,72	247,44	Profil B2	100	24,31	121,53	243,06
	120	11,10	55,52	111,04		120	11,20	56,02	112,04
	140	5,88	29,40	58,80		140	6,03	30,14	60,28
	160	3,48	17,38	34,75		160	3,60	18,00	36,00
	200	1,50	7,51	15,03		200	1,58	7,88	15,77
	220	1,06	5,32	10,64		220	1,12	5,60	11,21
	240	0,78	3,90	7,80		240	0,82	4,12	8,25
	260	0,59	2,94	5,89		260	0,62	3,12	6,24
	280	0,46	2,28	4,55		280	0,48	2,42	4,84
	300	0,36	1,80	3,59		300	0,38	1,91	3,83
	320	0,29	1,44	2,89		320	0,31	1,54	3,08
	340	0,24	1,18	2,35		340	0,25	1,26	2,51
	360	0,19	0,97	1,94		360	0,21	1,04	2,08
	380	0,16	0,81	1,62		380	0,17	0,87	1,74
400	0,14	0,68	1,37	400	0,15	0,73	1,47		

Die Auswertung der Rechenergebnisse zeigt, dass Aufgrund des im Rechenmodell vorausgesetzten geringeren Biegeelastizitätsmoduls der MDF-Platte im Vergleich zum PET, eine Vergrößerung der MDF-Plattendicke zu einer geringfügig größeren Durchbiegung des RALMO-ABE Elements unter Vier-Punkt-Biegebeanspruchung führt. Bezüglich der Durchbiegung ist der Unterschied zwischen der 15 und der 25 mm breiten MDF-Platte gering. Dies gilt sowohl für eine Elementbreite von 55 als

auch für 81 mm. Eine Verbreiterung des RALMO-ABE Elements von 55 auf 81 mm führt zu einer Reduktion der Durchbiegung in Feldmitte um den Faktor 1,44 – 1,66.

Tabelle 5: Zusammenstellung der berechneten Durchbiegungen für die Doppелеlemente in mm

Elementbreite 150 mm									
	15 mm MDF					25 mm MDF			
	Höhe	1 kN	5 kN	10 kN		Höhe	1 kN	5 kN	10 kN
Profil C1	100	7,14	35,70	71,41	Profil C2	100	7,07	35,34	70,67
	120	3,74	18,69	37,39		120	3,76	18,81	37,61
	140	2,18	10,90	21,80		140	2,22	11,10	22,21
	160	1,38	6,88	13,75		160	1,41	7,07	14,14
	200	0,65	3,23	6,45		200	0,67	3,36	6,73
	220	0,47	2,35	4,69		220	0,49	2,46	4,92
	240	0,35	1,76	3,52		240	0,37	1,85	3,70
	260	0,27	1,35	2,70		260	0,29	1,43	2,85
	280	0,21	1,06	2,12		280	0,22	1,12	2,25
	300	0,17	0,85	1,70		300	0,18	0,90	1,80
	320	0,14	0,69	1,38		320	0,15	0,73	1,46
	340	0,11	0,57	1,13		340	0,12	0,60	1,21
	360	0,09	0,47	0,94		360	0,10	0,50	1,00
	380	0,08	0,40	0,79		380	0,08	0,42	0,85
	400	0,07	0,34	0,67		400	0,07	0,36	0,72

Elementbreite 206 mm									
	15 mm MDF					25 mm MDF			
	Höhe	1 kN	5 kN	10 kN		Höhe	1 kN	5 kN	10 kN
Profil D1	100	5,76	28,78	57,56	Profil D2	100	5,71	28,54	57,08
	120	2,94	14,68	29,36		120	2,95	14,75	29,49
	140	1,68	8,40	16,81		140	1,70	8,52	17,04
	160	1,05	5,23	10,46		160	1,07	5,34	10,68
	200	0,48	2,41	4,82		200	0,50	2,49	4,97
	220	0,35	1,74	3,48		220	0,36	1,80	3,61
	240	0,26	1,30	2,60		240	0,27	1,35	2,70
	260	0,20	0,99	1,99		260	0,21	1,03	2,07
	280	0,16	0,78	1,56		280	0,16	0,81	1,62
	300	0,12	0,62	1,24		300	0,13	0,65	1,29
	320	0,10	0,50	1,00		320	0,10	0,52	1,05
	340	0,08	0,41	0,82		340	0,09	0,43	0,86
	360	0,07	0,34	0,68		360	0,07	0,36	0,72
	380	0,06	0,29	0,57		380	0,06	0,30	0,60
	400	0,05	0,24	0,49		400	0,05	0,26	0,51

Auch bei den Doppелеlementen fällt der Unterschied der Durchbiegung zwischen der Verwendung einer 15 und einer 25 mm breiten MDF-Mittellage gering aus. Erwartungsgemäß sind die Verformungen bei der 206 mm breiten Doppелеlementvariante

geringer als bei der vergleichbaren 150 mm breiten Ausführung. Bei einer Verbreiterung der Elemente von 150 auf 206 mm reduzieren sich die Durchbiegungen gemäß Rechenmodell um den Faktor 1,24 – 1,41.

HOLZFORSCHUNG AUSTRIA



DI Sylvia Polleres  
*Bereichsleiterin*



Dr. Christoph Hackspiel  
*Bearbeiter*

Durchgeführte Untersuchungen sind nicht Bestandteil der Akkreditierung.  
Investigations are not within the scope of the accreditation.

Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Gegenstände zum Zeitpunkt der Untersuchung.  
Auszugsweise Veröffentlichung ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Holzforschung Austria gestattet.

The results and statements given in this document relate only to the tested materials, the present information and the state of the art at the time of investigation.

Publication in excerpts is only permitted with the written approval of Holzforschung Austria.