

## **Untersuchungsbericht** **Nr. 740001/05-1** (1.Ausfertigung)

**Gegenstand:** Schub- und Druckversuche an Massiv-Holz-Mauer (MHM-) Elementen

**Auftraggeber:** mhm Entwicklungs GmbH  
c/o Hundegger Maschinenbau GmbH  
Kemptenerstraße 1  
D-87749 Hawangen

**Projektleiter:** Dipl.-Ing. Michael Merk

**Datum:** 23.11.2005

Der Untersuchungsbericht besteht aus 8 Seiten und 2 Anlagen.

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt veröffentlicht werden. Die gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen Genehmigung der MPA BAU.

## Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung .....	2
2	Grundlagen .....	2
3	Prüfkörper und Versuchsprogramm .....	3
3.1	Schubversuche an MHM-Wandabschnitten .....	3
3.2	Druckversuche an MHM-Wandtypen .....	5
4	Besonderer Hinweis .....	8

## 1 Aufgabenstellung

Die MPA Bau wurde am 07.04.2005 von der MHM-Entwicklungs GmbH beauftragt Versuche des Tragverhaltens von Elementen aus Massivholz durchzuführen.

Das Massiv-Holz-Mauer-System (kurz MHM) besteht aus kreuzweise geschichteten Brettern aus Fichtenholz, die durch Aluminium-Rillennägel miteinander verbunden sind. Die Oberflächen der 23 mm dicken einzelnen Bretter sind einseitig gerillt. Die Bretter wurden technisch auf eine Holzfeuchte von  $12 \pm 1$  % getrocknet. Sie wurden nicht planmäßig nach der Holzqualität sortiert, entsprechen aber zu 90 % mindestens der Sortierklasse S10 oder besser.

## 2 Grundlagen

Folgende Unterlagen bzw. Informationen liegen dem Prüfbericht zugrunde:

- Angebot des MPA Bau über Bauteilversuche MHM (Massiv-Holz-Mauer) vom 23.03.2005
- Prüfbericht Nr.S2.3/02 – 385 MFPA Leipzig. Kap. 1.6 Schubversuche an Wandabschnitten.

### 3 Prüfkörper und Versuchsprogramm

Die Konzeption der Prüfkörper (Abmessungen und Durchbildung) für die Schubversuche entsprach den bereits an der MFPA Leipzig durchgeführten Versuchen. Für die Druckversuche wurden die Abmessungen gewählt, die in der Praxis bei Gebäuden üblicher Größe entstehen. Anhand dieser Vorgaben wurden die Prüfkörper vom Auftraggeber auf der dafür konzipierten maschinellen, automatischen Nageleinrichtung Typ „wandmaster t2“ der Hundegger-Maschinenbau GmbH entsprechend der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-9.1-602 gefertigt und zugeschnitten. Die Anlieferung der Prüfkörper erfolgte am 30.03.2005.

Alle Prüfkörper wurden aus der Fertigungshalle der MHM-factory heraus nach Anlieferung in der beheizten Prüfhalle des MPA Bau zwischengelagert. Die mittlere Holzfeuchte bei den Schubversuchen wurde mit  $\approx 6,6\%$ , bei den Prüfkörpern für die Druckversuche mit  $\approx 8,8\%$  bis  $\approx 12,5\%$  gemessen. Die Ermittlung erfolgte mittels elektronischer Widerstandsmessung (System VANICEK VIVA 12).

#### 3.1 Schubversuche an MHM-Wandabschnitten

Es wurden drei Schubversuche in Anlehnung an DIN EN 789 durchgeführt. Die Prüfkörper bestanden aus MHM-Wandabschnitten mit den Abmessungen  $1070\text{mm} \times 620\text{mm}$  und einer Elementdicke von  $207\text{mm}$  (9 Lagen).

Die Belastung erfolgte weggesteuert in Anlehnung an DIN 789. Gemessen wurde die Prüfkraft und der zugehörige Zylinder- bzw. Maschinen-Weg. Zusätzlich wurde die während der Belastung entstehende Verschiebung an der in Abbildung 1 definierten Stelle des Prüfkörpers aufgezeichnet.

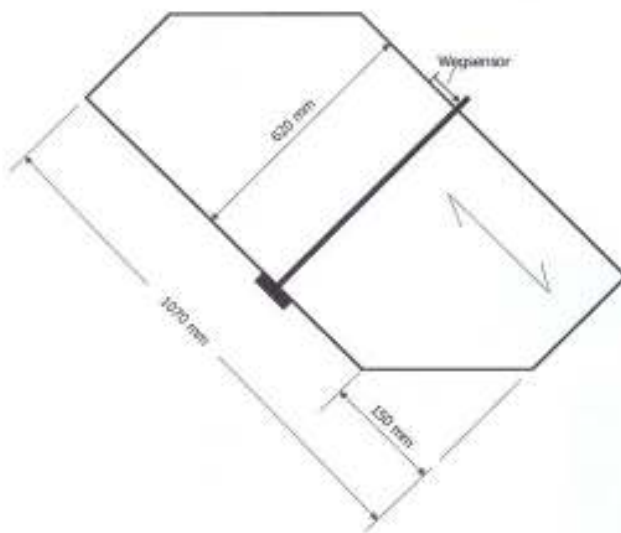


Abbildung 1: Prüfkörper zur Ermittlung der Schubfestigkeit mit Vorrichtung zur Messung der Verschiebung.

Die Versuchsserie wurde mit einer Universalprüfmaschine der Firma Zwick Typ Z600Y durchgeführt. Die Bezeichnung der Prüfkörper und hinweise zur Versuchsdurchführung sind nachfolgend zusammengefasst.

Versuch	Datum	Aufmassprotokoll	Bemerkung
MHM-Schub 1	06.04.2005	Prüfkörper 9	Anlehnung an DIN EN 789
MHM-Schub 2	06.04.2005	Prüfkörper 8	Anlehnung an DIN EN 789
MHM-Schub 3	06.04.2005	Prüfkörper 7	Anlehnung an DIN EN 789

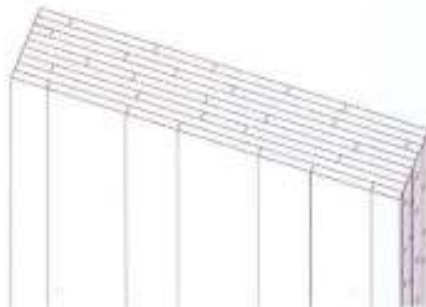
Tabelle 1: Prüfserie zur Ermittlung der Schubfestigkeit an MHM-Wandabschnitten

Die Prüfkraft-Maschinenweg-Diagramme der Prüfungen sind als Anlage 1 beigefügt. Eine Fotodokumentation der Prüfserie ist entsprechend Anlage 2 zu entnehmen.

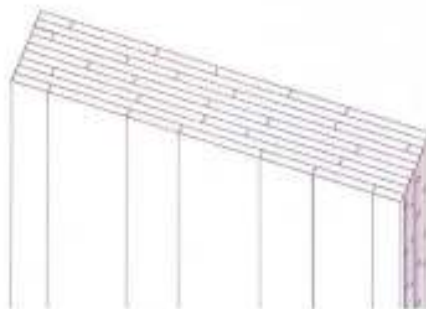
### 3.2 Druckversuche an MHM-Wandtypen

Insgesamt wurden acht Druckversuche an 4 verschiedenen Wandtypen durchgeführt. Die Wandtypen unterscheiden sich dabei wie folgt:

**Wandtyp 1:** MHM-Wand aus neun kreuzweise zusammengesetzten Brettlagen. In den Kreuzungspunkten wurden als Verbindungsmittel die per Zulassung abZ Z-9.1-563 geregelten Aluminium-Sondernägel mit einem Durchmesser von 2,5mm angeordnet. Je Kreuzungspunkt wurden zwei Nägel eingeschossen. (Versuch MHM-Druck 1,2,3)



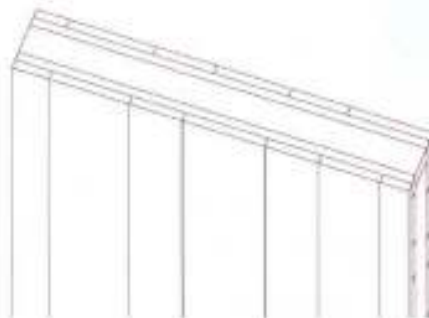
**Wandtyp 2:** MHM-Wand aus neun kreuzweise zusammengesetzten Brettlagen. In den Kreuzungspunkten wurden als Verbindungsmittel Aluminium-Sondernägel mit einem Durchmesser von 2,5mm verwendet, die im Vergleich zu den zugelassenen Aluminium-Sondernägeln eine höhere, nicht näher definierte bzw. untersuchte Biegesteifigkeit aufweisen. Je Kreuzungspunkt wurden zwei Nägel eingeschossen. (Versuch MHM-Druck 4,5,6)



Wandtyp 3: MHM-Kernwand mit einer 80mm starken Mittellage aus vertikal angeordneten Pfosten (VH 60/80mm). Auf die Mittellage wurden beidseitig je eine Längs-, sowie eine Querlage aufgebracht. Die Verbindung erfolgte mit Aluminium-Sondernägeln mit einem Durchmesser von 2,5mm mit einem vertikalem und horizontalem Nagelabstand von ~ 60 mm. (Versuch MHM-Druck 8)



Wandtyp 4: MHM-Kernwand analog zu Wandtyp 3, jedoch in der Mittellage mit Rähm- und Schwellenholz. (Versuch MHM-Druck 7)



Alle Prüfkörper wurden nach dem Einbau in den Prüfstand hinsichtlich ihrer Ebenheit bzw. Vorverformung überprüft. Im Rahmen der Messgenauigkeit konnte keine Vorverformung festgestellt werden.

Nachfolgende Abbildung 2 zeigt schematisch den Prüfaufbau, sowie die Anordnung der Messaufnehmer.

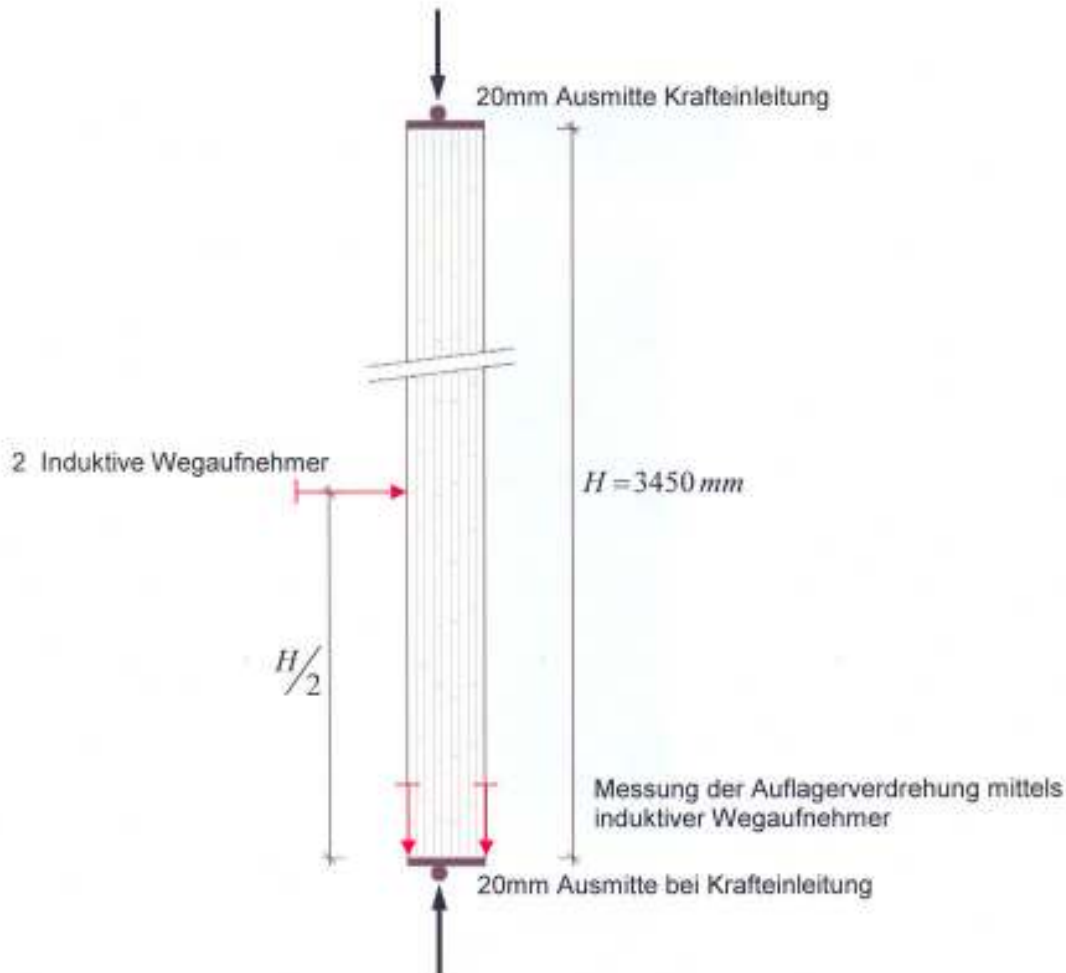


Abbildung 2: Prüfkörper-Anordnung zur Ermittlung der Drucklast

Die Versuchsserie wurde in einer zweisäuligen Wandpresse der Firma Losenhausen Typ 400 durchgeführt, wobei die Kraft und der Maschinenweg mit Kraft- bzw. Wegaufnehmern der Firma HBM ermittelt wurden.

Um ein kontrolliertes Verformungsverhalten zu erlangen, wurde die Versuchsserie mit einer planmäßigen Ausmitte von 20mm durchgeführt.

Die Bezeichnung der Prüfkörper und Hinweise zur Versuchsdurchführung sind nachfolgend zusammengefasst.

Versuch	Datum	Aufmassprotokoll	Bemerkung
MHM-Druck 1	14.04.2005	Prüfkörper 4	Alunägel neu
MHM-Druck 2	15.04.2005	Prüfkörper 6	Alunägel neu
MHM-Druck 3	18.04.2005	Prüfkörper 5	Alunägel neu
MHM-Druck 4	18.04.2005	Prüfkörper 3	Alunägel aus Zulassung
MHM-Druck 5	19.04.2005	Prüfkörper 2	Alunägel aus Zulassung
MHM-Druck 6	19.04.2005	Prüfkörper 1	Alunägel aus Zulassung
MHM-Druck 7	20.04.2005	Prüfkörper 10	Kernwand
MHM-Druck 8	20.04.2005	Prüfkörper 11	Kernwand

Tabelle 2: Prüferie zur Ermittlung des Tragverhaltens unter Druckbeanspruchung

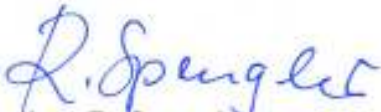
Die Messwertdiagramme der Versuche sind als Anlage 1 beigefügt. Eine Fotodokumentation der Prüferie ist entsprechend Anlage 2 zu entnehmen.

## 4 Besonderer Hinweis

Dieser Untersuchungsbericht stellt im bauordnungsrechtlichen Sinn keinen Verwendbarkeitsnachweis dar.

München 23.11.2005

Für das MPA BAU, Prüfstelle Holzbau



Dr.-Ing. R. Spengler  
Leitung

Dipl.-Ing. M. Merk  
Projektleiter

### Anlagen

Anlage 1 : Messwerte und Diagramme

Anlage 2 : Fotodokumentation



**Anlage 1**  
zu Untersuchungsbericht Nr. 740001/05-01

- Messwerte und Diagramme -

München, 23.11.2005

## Inhaltsverzeichnis

1	Schubversuche an MHM-Wandabschnitten .....	2
1.1	Ergebnisse .....	3
2	Druckversuche an MHM-Wandtypen.....	4
2.1	Ergebnisse .....	5

## 1 Schubversuche an MHM-Wandabschnitten

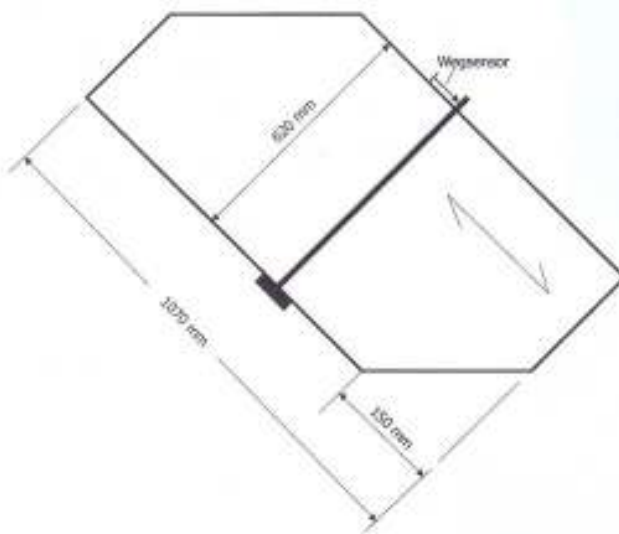


Abbildung 1: Prüfkörper zur Ermittlung der Schubfestigkeit mit Vorrichtung zur Messung der Verschiebung.

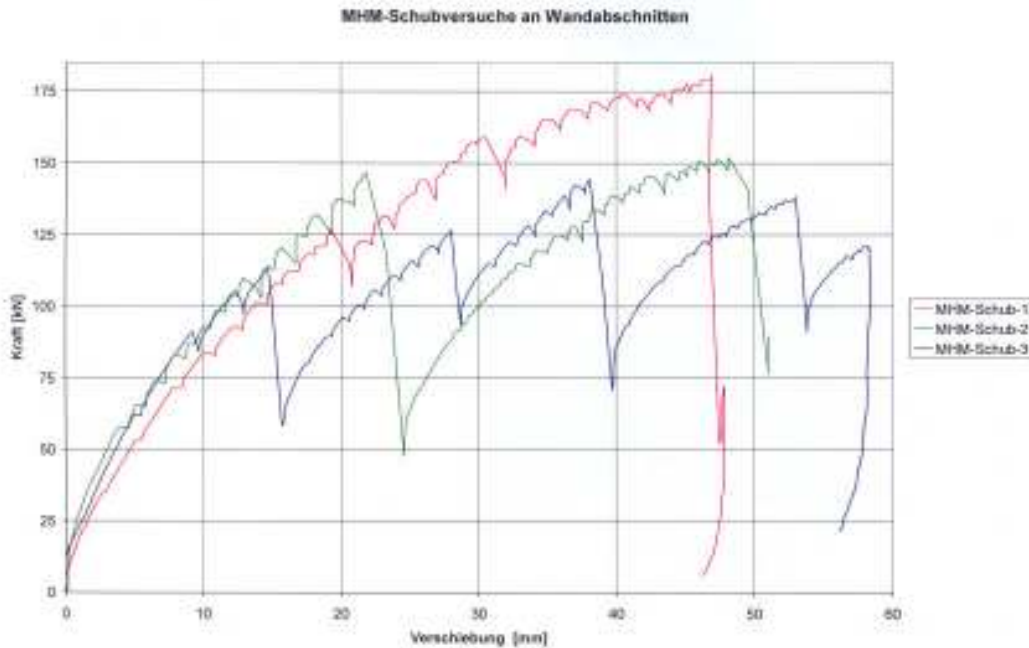
## 1.1 Ergebnisse

Raumklima bei Versuchsdurchführung: ~ 20 °C / 40 % relF.

Versuch	Datum	Aufmassprotokoll	Bemerkung
MHM-Schub 1	06.04.2005	Prüfkörper 9	Anlehnung an DIN EN 789
MHM-Schub 2	06.04.2005	Prüfkörper 8	Anlehnung an DIN EN 789
MHM-Schub 3	06.04.2005	Prüfkörper 7	Anlehnung an DIN EN 789

### Darstellung der Prüfergebnisse / Kräfte-Verschiebungen:

Legende	Nr.	Probenbezeichnung	$F_{max}$ kN	Weg / $F_{max}$ mm	F-Weg 15mm kN
	1	MHM – Schub 1	180,5	43,25	96,5
	2	MHM – Schub 2	152,2	46,91	105,6
	3	MHM – Schub 3	144,8	37,09	101,5



### Messung Holzfeuchte vor Versuchsdurchführung:

Bezeichnung	Prüfkörper 7	Prüfkörper 8	Prüfkörper 9
Messstelle 1	5,1 %	6,3 %	6,1 %
Messstelle 2	5,6 %	7,2 %	7,2 %
Messstelle 3	5,9 %	7,5 %	7,6 %
Messstelle 4	6,8 %	6,1 %	
Messstelle 5	7,1 %	7,0 %	
Messstelle 6	6,3 %		

## 2 Druckversuche an MHM-Wandtypen

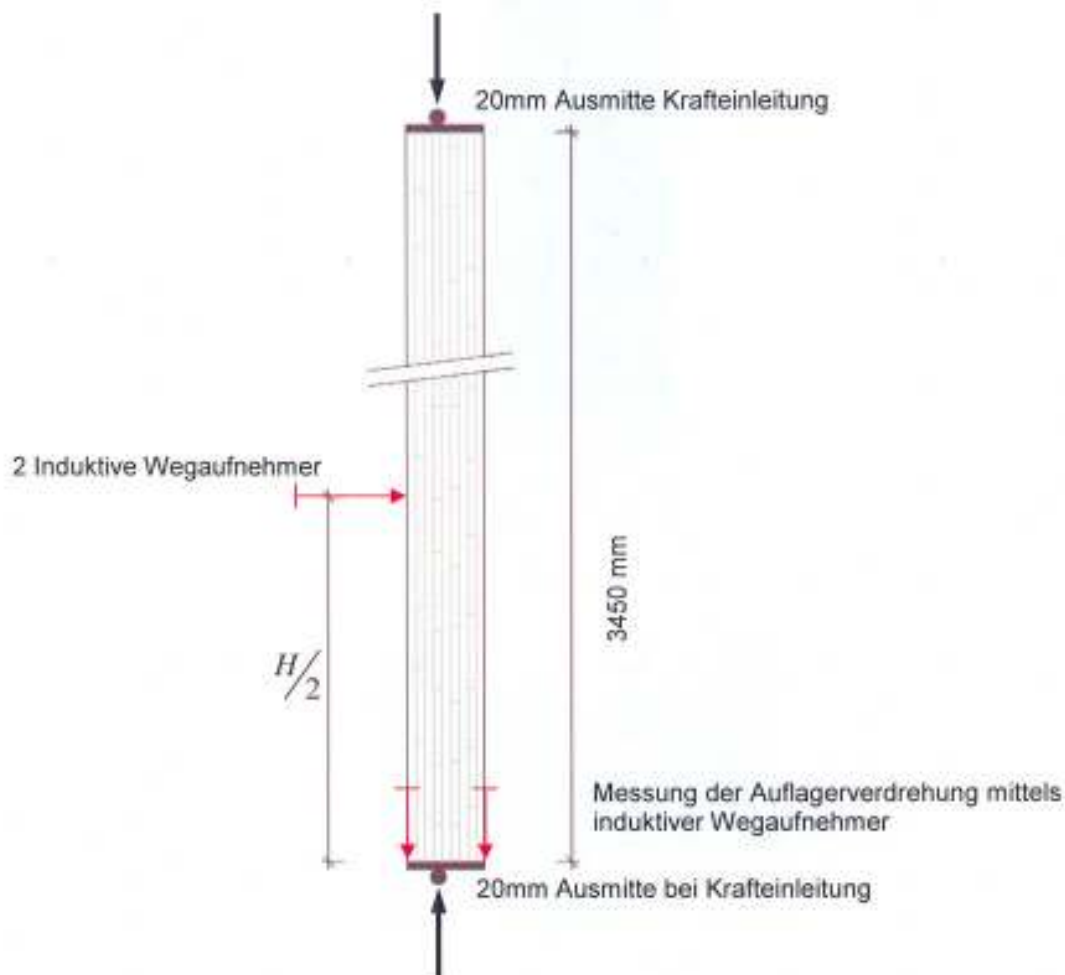




Abbildung 2: Prüfkörper-Anordnung zur Ermittlung der Drucklast

## 2.1 Ergebnisse

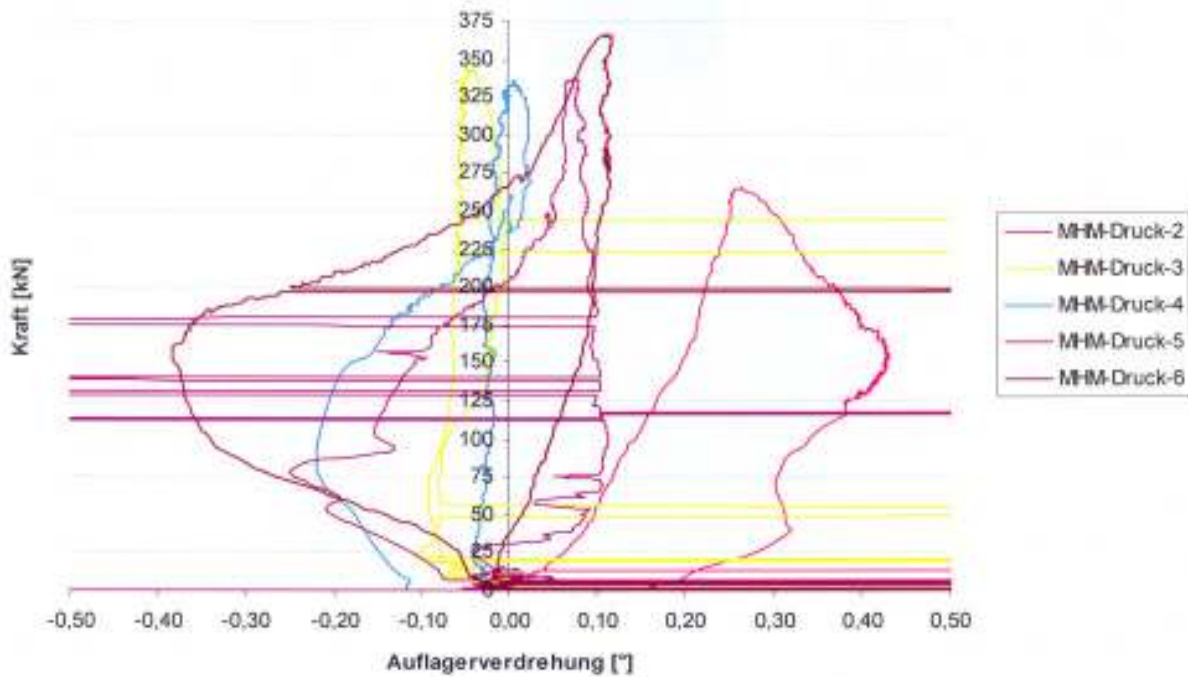
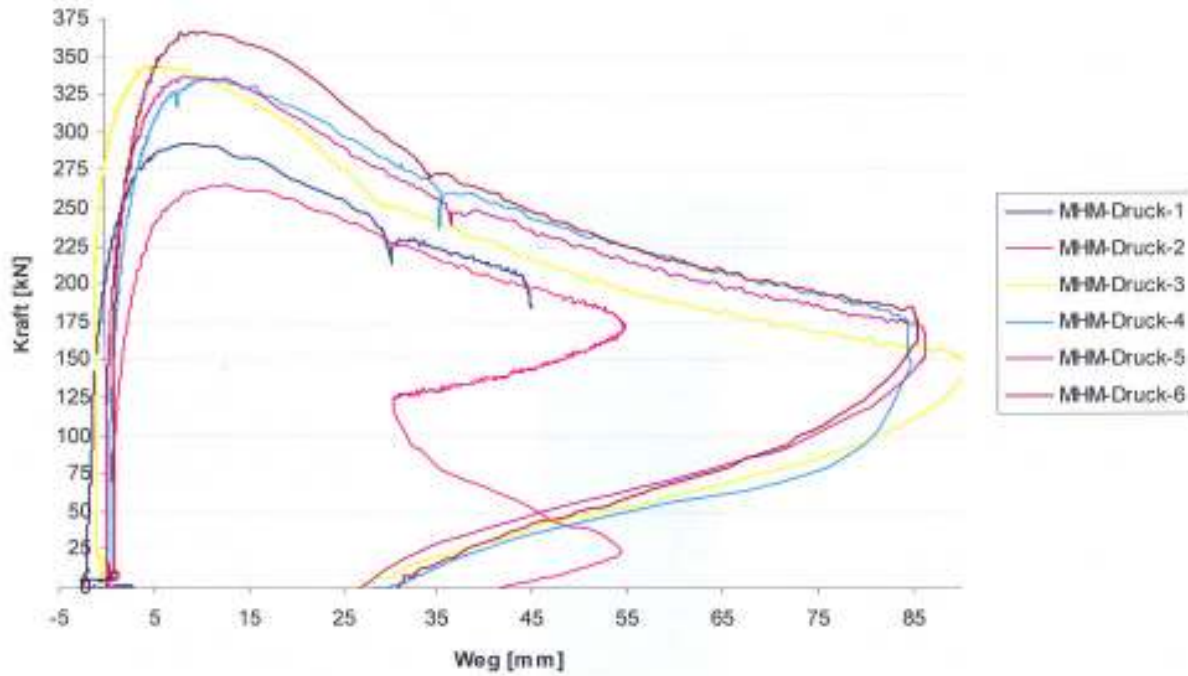
Raumklima bei Versuchsdurchführung: ~ 20 °C / 40 / relF.

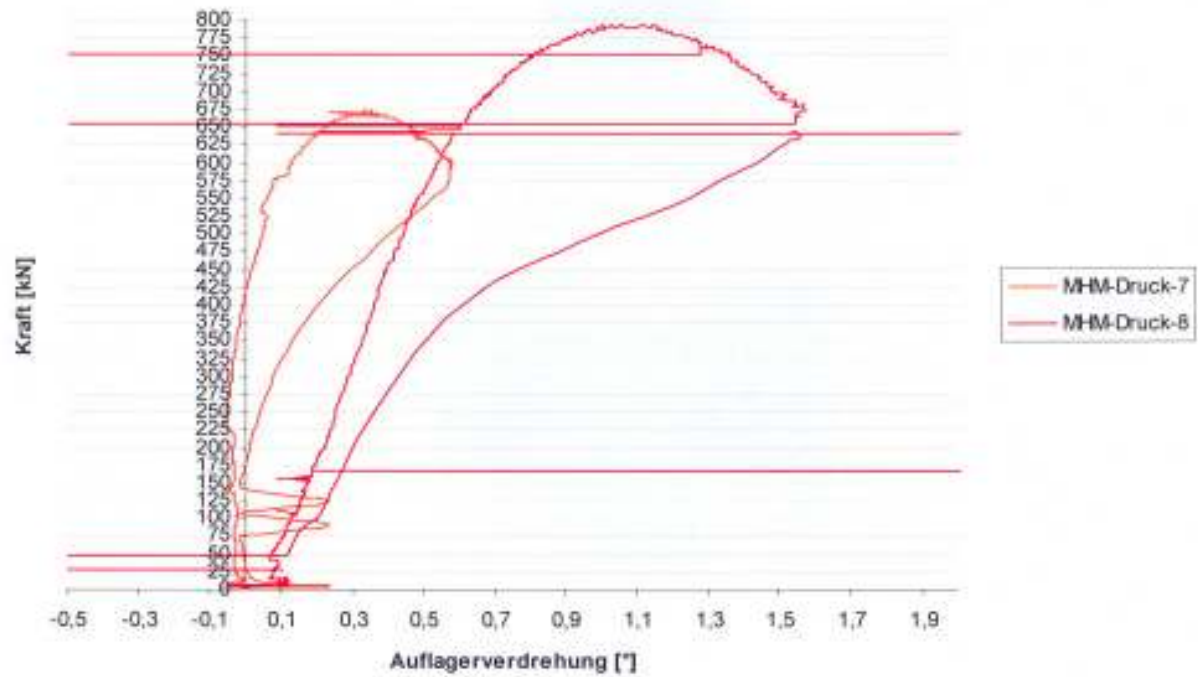
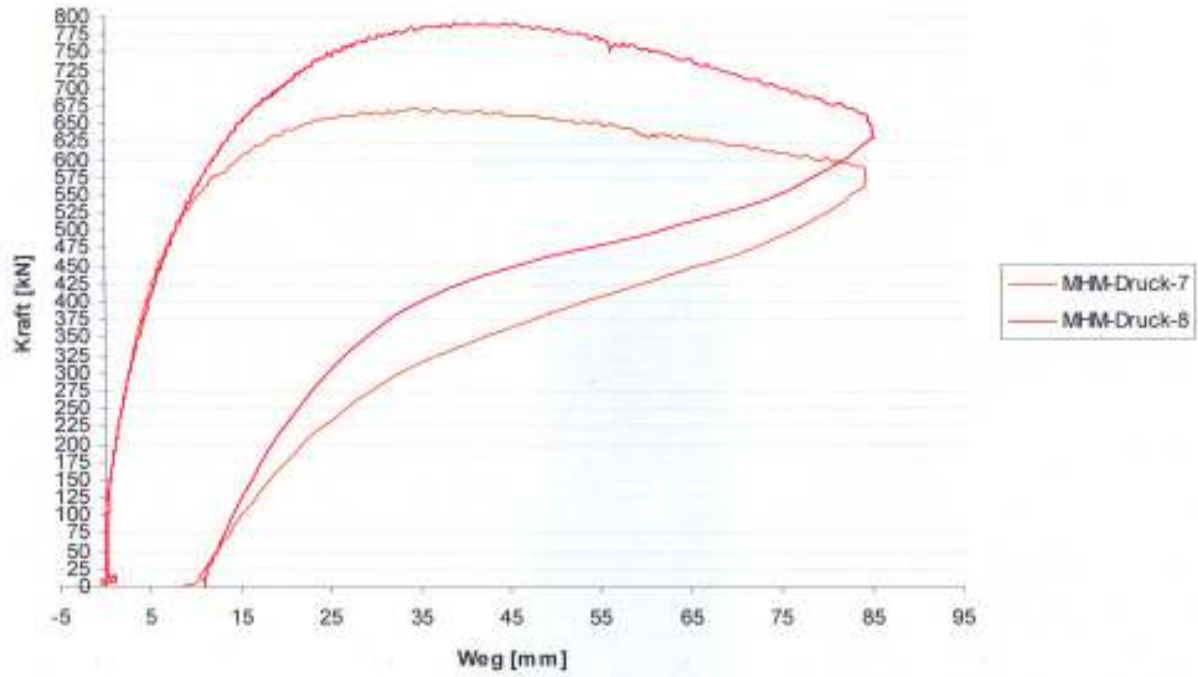
Versuch	Datum	Aufmassprotokoll	Bemerkung
MHM-Druck 1	14.04.2005	Prüfkörper 4	Alunägel neu
MHM-Druck 2	15.04.2005	Prüfkörper 6	Alunägel neu
MHM-Druck 3	18.04.2005	Prüfkörper 5	Alunägel neu
MHM-Druck 4	18.04.2005	Prüfkörper 3	Alunägel aus Zulassung
MHM-Druck 5	19.04.2005	Prüfkörper 2	Alunägel aus Zulassung
MHM-Druck 6	19.04.2005	Prüfkörper 1	Alunägel aus Zulassung
MHM-Druck 7	20.04.2005	Prüfkörper 10	Kernwand mit Rahm- und Schwelle
MHM-Druck 8	20.04.2005	Prüfkörper 11	Kernwand

Darstellung der Versuchsergebnisse / Kräfte-Verschiebungen:

Legende	Nr.	Probenbe- zeichnung	$F_{max}$ kN	Weg / $F_{max}$ mm	$F_{11,5mm} (\sim^n/300)$ kN
	1	MHM – Druck 1	292,3	8,72	-
	2	MHM – Druck 2	265,6	13,06	-
	3	MHM – Druck 3	344,3	5,77	-
	4	MHM – Druck 4	335,4	10,79	-
	5	MHM – Druck 5	336,5	8,56	-
	6	MHM – Druck 6	366,7	9,35	-
	7	MHM – Druck 7	673,3	34,23	569,5
	8	MHM – Druck 8	792,9	44,27	590,2

Die Messung der Auflagerverdrehung mittels induktiver Wegaufnehmer ergab für die Versuche MHM-Druck 1 bis 6 Werte im Rahmen der Messgenauigkeit keine eindeutigen Messwerte bzw. Tendenz. Bei den Versuchen 7 und 8 lag die max. Auflagerverdrehung bei 0,58° bzw. 1,57°.





Messung Holzfeuchte vor Versuchsdurchführung:

Messstelle	Prüfkörper 1	Prüfkörper 2	Prüfkörper 3	Prüfkörper 4
<b>Decklage</b>				
Messpunkt 1	9,4 %	9,7 %	9,8 %	8,4 %
Messpunkt 2	12,0 %	11,0 %	10,7 %	8,9 %
Messpunkt 3	10,9 %	10,7 %	9,8 %	8,3 %
Messpunkt 4	11,4 %	10,5 %	-	5,9 %
Messpunkt 5	9,6 %	-	-	6,5 %
Messpunkt 6	9,6 %	-	-	-
<b>Mittellage</b>				
Messpunkt 1	8,4 %	9,0 %	9,4 %	8,0 %
Messpunkt 2	-	8,7 %	9,4 %	7,2 %
Messpunkt 3	-	8,8 %	-	7,2 %
Messpunkt 4	-	-	-	-

Messstelle	Prüfkörper 5	Prüfkörper 6	Prüfkörper 7	Prüfkörper 8
<b>Decklage</b>				
Messpunkt 1	7,0 %	8,2 %	11,6 %	12,0 %
Messpunkt 2	7,3 %	8,8 %	13,2 %	11,3 %
Messpunkt 3	7,0 %	8,3 %	10,4 %	7,5 %
Messpunkt 4	7,3 %	9,6 %	10,3 %	7,4 %
Messpunkt 5	-	-	-	-
Messpunkt 6	-	-	-	-
<b>Mittellage</b>				
Messpunkt 1	6,6 %	7,8 %	13,8 %	16,2 %
Messpunkt 2	8,0 %	6,6 %	13,5 %	16,5 %
Messpunkt 3	7,6 %	7,4 %	15,5 %	12,6 %
Messpunkt 4	8,1 %	7,7 %	15,7 %	13,2 %

Messung der bleibenden Verformung nach Versuchsdurchführung:

Messstelle	Prüfkörper							
	1	2	3	4	5	6	7	8
h =								
500 mm	4,0	10,5	9,0	10,0	6,0	10,5	5,5	5,0
1000 mm	8,0	20,5	16,5	17,0	10,0	17,5	8,5	8,0
1500 mm	10,0	26,0	20,0	21,0	14,0	21,0	9,0	8,5
2000 mm	8,5	26,0	19,0	21,0	16,0	19,5	9,5	7,5
2500 mm	5,0	20,5	14,0	15,5	16,5	14,5	7,0	5,5
3000 mm	3,0	13,5	7,0	8,0	5,5	8,0	4,0	3,0

Die Messung der bleibenden Verformung erfolgte jeweils ~ 60 Minuten nach erfolgter Prüfung im ausgebauten Zustand.



**Anlage 2**  
zu Untersuchungsbericht Nr. 740001/05-1

- Fotodokumentation -

München, 23.11.2005

## Inhaltsverzeichnis

1	Schubversuche an MHM-Wandabschnitten .....	2
2	Druckversuche an MHM-Wandtypen.....	6

### 1 Schubversuche an MHM-Wandabschnitten

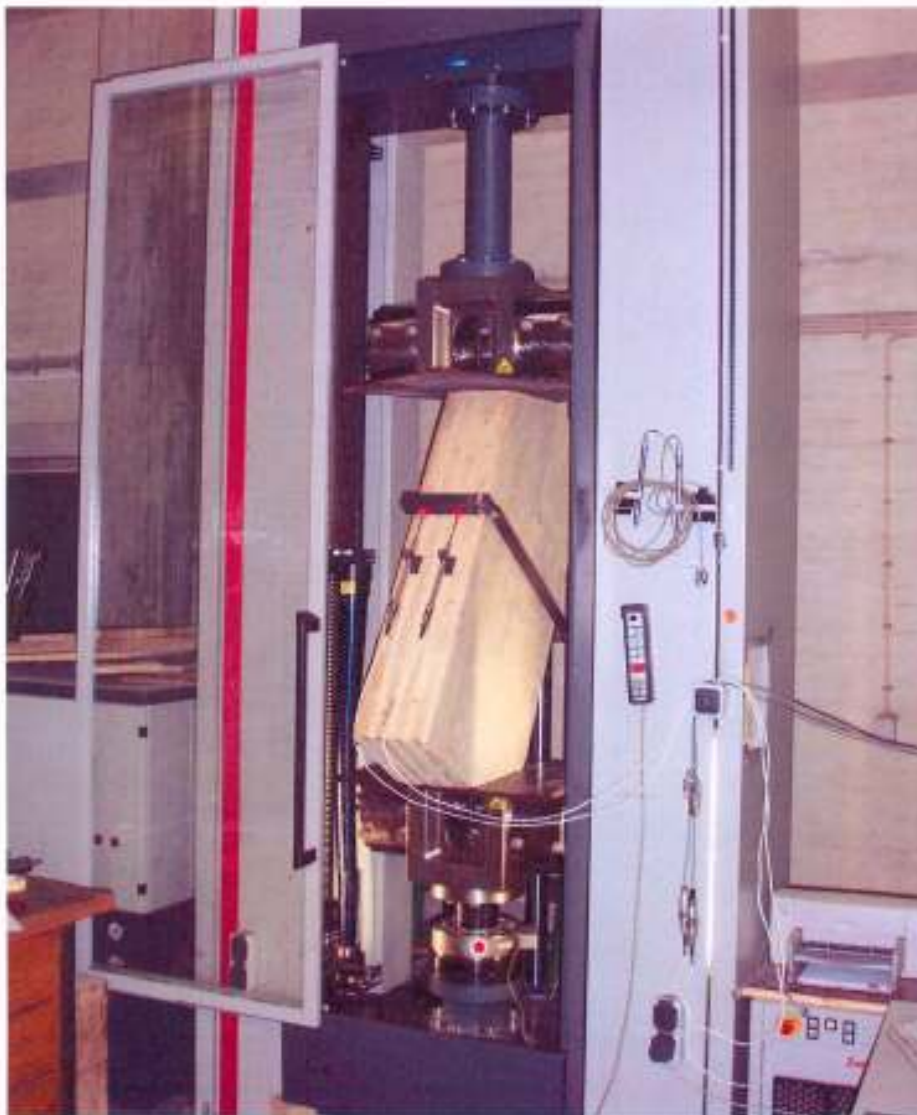


Abbildung 1: Eingebauter Prüfkörper im Prüfstand „Zwick“



Abbildung 2: Eingebauter Prüfkörper im Prüfstand „Zwick“ inkl. Messwertaufnehmer.



Abbildung 3: Verdrehung der Querlagen zu den Längslagen beim Schub-Prüfkörper



Abbildung 4: Verdrehung der Querlagen zu den Längslagen

## 2 Druckversuche an MHM-Wandtypen



Abbildung 5: Ausbiegung beim Druckversuch MHM-Druck 1



Abbildung 6: Ausbiegung beim Druckversuch MHM-Druck 4



Abbildung 7: Ausbiegung beim Druckversuch MHM-Druck 8





Abbildung 8: Verformung des Prüfkörpers MHM-Druck 4 am Auflager  
(Relativ-Verschiebung der Brettlagen)



Abbildung 9: Verformung des Prüfkörpers MHM-Druck 4 am Auflager  
(Relativ-Verschiebung der Brettlagen)