Institut für Stahlbau
Ingenieurholzbau

RWTH AACHEN UNIVERSITY

Prof. Dr.-Ing. Benno Hoffmeister
Mies-van-der-Rohe-Str. 1
D-52074 Aachen

Telefon: +49 241 80-25183
Fax: +49 241 80-22140

hoff@stb.rwth-aachen.de
www.stb.rwth-aachen.de

Versuchsbericht

Experimentelle Untersuchung des Tragverhaltens von Holztafelwänden mit Bekleidung – Reihe 2 – Beidseitige Plattenanordnung

Lukas Rauber, M.Sc.
Prof. Dr.-Ing. Benno Hoffmeister

Im Forschungsprojekt
HELEPOLIS

Impressum

Titel: Experimentelle Untersuchung des Tragverhaltens von Holztafelwänden mit Bekleidung – Reihe 2 – Beidseitige Plattenanordnung

English title: *Experimental Investigations of the Load-Carrying Behaviour of Light Timber-Framed Shear Walls with Cladding – Series 2 – Double-Sided Sheathing*

Autoren
Lukas Rauber, M.Sc.
Prof. Dr.-Ing. Benno Hoffmeister

RWTH Aachen University
Institut für Stahlbau
Fachgebiet Ingenieurholzbau
Mies-van-der-Rohe-Str. 1
52074 Aachen
Germany

RWTH Aachen University
Templergraben 55
52062 Aachen
Germany

1. Auflage 2025

Der Bericht entstand im Rahmen des Forschungsprojekts HELEPOLIS, welches im Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) durch das BMEL mit dem Förderkennzeichen 2221HV075B gefördert wird.

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Verfügbar über das institutionelle Repositorium der RWTH Aachen University:
DOI: 10.18154/RWTH-2025-02576

Diese Arbeit ist lizensiert unter einer CC BY-NC-SA 3.0 DE Lizenz. Von der Lizenz ausgenommen sind Texte, Abbildungen oder anderes fremdes Material, soweit anders gekennzeichnet.

Kurzfassung

In diesem Bericht werden Versuche zum horizontalen Tragverhalten von Holztafelwänden (HTW) mit Bekleidung vorgestellt, die im Rahmen des Forschungsprojekts HELEPOLIS durchgeführt wurden. Dieser Bericht umfasst Versuchsreihe 2, bei der die Probekörper beidseitig beplankt (und bekleidet) waren. Ziel der Versuche war die Untersuchung der Tragfähigkeit, Steifigkeit, Duktilität und des zyklischen Tragverhaltens. Der Bericht beschreibt das verwendete Material, das Versuchsprogramm, die Datenauswertung sowie die Ergebnisse der Versuche. Im Anhang sind die einzelnen Versuchsprotokolle und Auswertungsergebnisse pro Wandversuch aufgeführt.

Schlagworte: Holztafelwände; Bekleidung; Steifigkeit; Tragfähigkeit; Versuche

Abstract

This report presents tests on the horizontal load-carrying behaviour of light timber-framed shear walls with cladding, which were carried out as part of the HELEPOLIS research project. This report covers test series 2, in which the test specimens were sheathed (and clad) on both sides. The aim of the tests was to investigate load-carrying capacity, stiffness, ductility and cyclic load-carrying behaviour. The report describes the material, the test program, the data evaluation and the results of the tests. The individual protocols and results for each wall test are listed in the appendix.

Keywords: light timber-framed shear walls; cladding; stiffness; load-carrying capacity; experimental investigations

Vorwort

Im Rahmen des Forschungsprojekts *HELEPOLIS* wird der Einfluss von Bekleidungen auf das Tragverhalten von Holztafelwänden (HTW) untersucht. Aufbauend auf experimentellen Untersuchungen soll eine Berechnungsmethode für HTW mit Bekleidung entwickelt werden. Dieses Dokument umfasst die Dokumentation der experimentellen Untersuchungen der HTW-Versuchsreihe 2 zum Tragverhalten von Holztafelwänden mit Bekleidung. Die Veröffentlichung dieser Dokumentation dient der Verfügbarmachung der umfänglichen Informationen zur Durchführung und Auswertung der durchgeführten Versuche.

Für die Mithilfe bei der Durchführung und Auswertung der Versuche wird vor allem Julian Schmidt und Lukas Preemann gedankt, die im Rahmen ihrer Masterarbeiten maßgebend zu deren Gelingen beigetragen haben. Außerdem bedanken wir uns für die Unterstützung durch Theresia Stollenwerk, Ben Später sowie dem gesamten Team der Versuchshalle. Vera Wilden und Andreas Cremer wird für die nützliche Vorarbeit zur Auswertung von HTW-Versuchen im vorangegangenen Forschungsprojekt *ZIM-HOLZBEBEN* gedankt.

Die Durchführung des Projekts und der Versuche wäre ohne die *Projektpartner Walter + Reif Ingenieurgesellschaft mbH* und die *Adams Holzbau-Fertigbau GmbH* nicht möglich. Wir bedanken uns für die gute Zusammenarbeit bei unseren Projektpartnern. Auch den assoziierten Partnern sei an dieser Stelle für den praxisnahen Input und für Materialspenden gedankt.

Wir bedanken uns auch für die Förderung des Projektes *HELEPOLIS* im Rahmen des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“ über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe durch das BMEL (Förderkennzeichen 2221HV075B).

Aachen, im März 2025

Benno Hoffmeister und Lukas Rauber

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Material 1

2.1 Rahmen 2

2.2 Beplankung und Bekleidung 3

2.3 Verbindungsmittel 3

3 Versuchsprogramm 4

3.1 Probekörper 5

3.2 Prüfstand 6

3.3 Messkonzept 8

3.4 Monotones Lastprotokoll 11

3.5 Zyklisches Lastprotokoll 12

4 Datenauswertung 12

5 Ergebnisse 18

5.1 Monotone Versuche 18

5.2 Zyklische Versuche 20

5.3 Versagensmechanismen 22

6 Literatur 24

A Bauteildefinition 25

B Untersuchungsprotokolle 27

Wandtafel 11_m_1 27

Wandtafel 11_oA_m_1 33

Wandtafel 12_m_1 40

Wandtafel 12_oA_m_1 47

Wandtafel 13_m_1 54

Wandtafel 13_m_2 61

Wandtafel 13_m_3 68

Wandtafel 13_m_4 75

Wandtafel 14_m_1_dSt 82

Wandtafel 14_m_2_dSt 89
Wandtafel 15_m_1 96
Wandtafel 15_m_2 103
Wandtafel 15_m_3 110
Wandtafel 15_m_4 117
Wandtafel 15_m_5 124
Wandtafel 16_m_1 131
Wandtafel 16_m_2 139
Wandtafel 16_m_3 147
Wandtafel 16_m_4 155
Wandtafel 16_m_5 163
Wandtafel 17_m_1 171
Wandtafel 17_m_2 179
Wandtafel 17_m_3 187
Wandtafel 17_m_4 195
Wandtafel 17_m_5 203
Wandtafel 13_c_1 211
Wandtafel 13_c_2 220
Wandtafel 13_c_3 229
Wandtafel 14_c_1_dSt 238
Wandtafel 15_c_1 247
Wandtafel 15_c_2 256
Wandtafel 15_c_3 265
Wandtafel 16_c_1 274
Wandtafel 16_c_2 283
Wandtafel 16_c_3 292
Wandtafel 17_c_1 301
Wandtafel 17_c_2 310
Wandtafel 17_c_3 319

1 Einleitung

Im Forschungsprojekt HELEPOLIS wird der Trageinfluss von Bekleidungen auf das Tragverhalten von Holztafelwänden (HTW) untersucht. Dazu werden Detailversuche, Wandversuche und Gebäudeteilversuche durchgeführt. Dieser Bericht umfasst die Beschreibung der durchgeführten HTW-Versuche der Versuchsreihe 2. In Reihe 2 wurden Probekörper mit beidseitiger Plattenanordnung getestet. Hierbei wurden Referenzversuche mit Beplankung (ohne Bekleidung) und Versuche mit Bekleidung durchgeführt. Die Versuche dienen der Untersuchung des Trageinflusses von HTW-Bekleidungen auf Wandebene.

Die experimentellen Untersuchungen wurden in der Versuchshalle des *Zentrum für Metallische Bauweisen (ZMB)* der *RWTH Aachen* im Zeitraum vom 04.01.2024 bis zum 22.02.2024 durchgeführt (ausgenommen Typ 11 und 12, die als Vorversuche im Anschluss an Reihe 1 durchgeführt wurden).

2 Material

In diesem Abschnitt werden die verwendeten Materialien aufgeführt. Die grundsätzlichen Komponenten der Prüfkörper zeigt die Abbildung 2-1. Die Prüfkörper wurden von der Fa. Adams Holzbau-Fertigbau GmbH gefertigt.

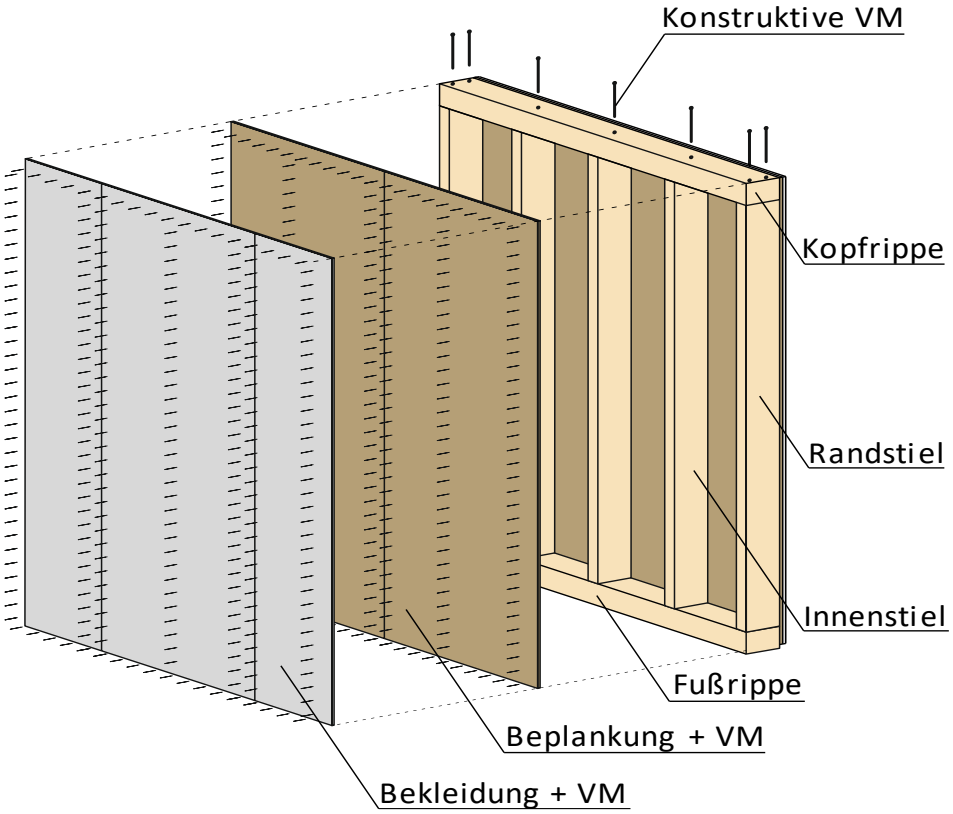


Abbildung 2-1: Komponenten der HTW-Probekörper mit Beplankung und Bekleidung

2.1 Rahmen

Der HTW-Rahmen bestand bei allen Versuchen aus Konstruktionsvollholz (KVH) der Festigkeitsklasse C24. Tabelle 2-1 zeigt die (wie in Reihe 1 [1]) gemessenen Rohdichten nach *DIN 52182* [2] und die gemessene Holzfeuchte nach *DIN EN 13183-2* [3].

Tabelle 2-1: Mittelwerte der gemessenen Holzfeuchte und Rohdichte der HTW-Rahmen

Serie	Prüfkörper	Holzfeuchte ω [%]	Rohdichte ρ_ω [kg/m³]
3	11_m_1	12,97	416
	11_oA_m_1	13,50	452
	12_m_1	12,77	440
	12_oA_m_1	15,63	597
4	13_m_1	16,68	420
	13_m_2	16,76	468
	13_m_3	14,96	464
	13_m_4	15,68	442
	13_c_1	15,14	439
	13_c_2	14,59	411
	13_c_3	14,83	411
	14_m_1	15,49	409
	14_m_2	14,57	412
	14_c_1	13,37	419
	15_m_1	15,68	427
	15_m_2	15,83	451
	15_m_3	14,83	448
	15_m_4	14,28	411
	15_m_5	16,21	470
	15_c_1	13,49	453
	15_c_2	14,08	437
	15_c_3	13,62	449
5	16_m_1	13,98	387
	16_m_2	14,44	425
	16_m_3	15,39	449
	16_m_4	14,77	435
	16_m_5	13,42	391
	16_c_1	13,22	429
	16_c_2	14,42	423
	16_c_3	12,77	385
	17_m_1	14,69	399
	17_m_2	13,89	403
	17_m_3	13,32	379
	17_m_4	14,31	445
	17_m_5	14,30	429
	17_c_1	15,34	442
	17_c_2	14,84	402
	17_c_3	14,73	439

2.2 Beplankung und Bekleidung

In den Versuchen wurden OSB/3-Platten der Fa. *Egger Holzwerkstoffe Wismar GmbH & Co. KG* nach *DOP-734-03* [4] und GFB-Platten der Fa. *James Hardie Europe GmbH (Fermacell)* nach *ETA-03/0050* [5] verwendet. Die OSB/3-Platten waren einheitlich 15 mm dick, für die GFB-Platten kamen 12,5 mm und 18 mm Stärke zum Einsatz. Die gewählten Platten waren standardmäßig 2,50 m hoch und 1,25 m breit. Die Stoßfugen der jeweils obersten GFB-Plattenlage (Beplankung oder Bekleidung) wurden mit Fermacell Greenline Fugenkleber verklebt. Die Stoßfuge der jeweils obersten GFB-Bekleidungslage wurden zudem mit PE Dampfbremsfolie artic.stop 250 von *BBG Foliengesellschaft mbH* auf der darunterliegenden Platte hinterlegt.

2.3 Verbindungsmittel

Als Verbindungsmittel zur Befestigung der Platten wurden beharzte Klammern des Typs HD 7965 (1,80 - 65 mm) der Fa. Haubold nach *ETA-16/0535* [6] verwendet. Diese Klammern mit verzinktem Stahldraht sind in Abbildung 2-2 dargestellt. Als konstruktive Befestigungsmittel der Rahmenhölzer wurden im Herstellungsprozess Teilgewindeschrauben 8×200 mm des Herstellers *Adolf Würth GmbH & Co. KG* eingesetzt.

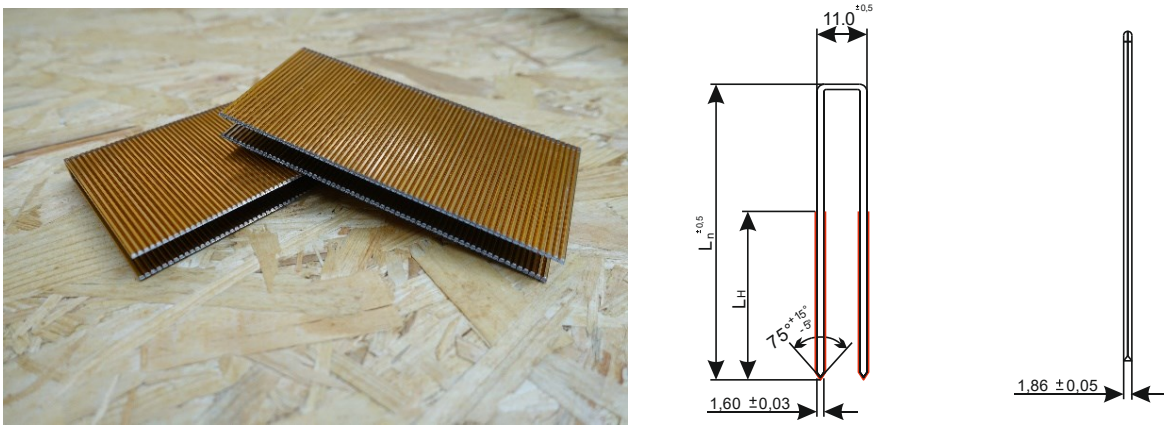


Abbildung 2-2: **Klammern des Typs HD 7965 (links) mit Abmessungen nach ETA-16/0535 [6] (rechts)**

3 Versuchsprogramm

Die Prüfungsreihe umfasste insgesamt 38 HTW-Versuche. Sie wurden in drei Prüfserien eingeteilt, die sich hinsichtlich des Wandaufbaus unterscheiden. Die Nummerierung der Serien ist fortlaufend von Reihe 1. Prüfserie 3 umfasst Vorversuche an Wandtafeln mit und ohne Ausklinkung sowie ohne und mit Bekleidung – hierbei wurden die Klammern der Bekleidung *nicht* versetzt zu den Beplankungsklammern angeordnet. Prüfserie 4 enthält Versuche an Wandtafeln ohne Bekleidung. Prüfserie 5 enthält die Versuche an Wandtafeln mit Bekleidung. Die Belastung wurde entweder monoton oder zyklisch aufgebracht. Eine Übersicht zur Versuchsmatrix der Ganztafelversuche ist in der Abbildung 3-1 zu sehen.

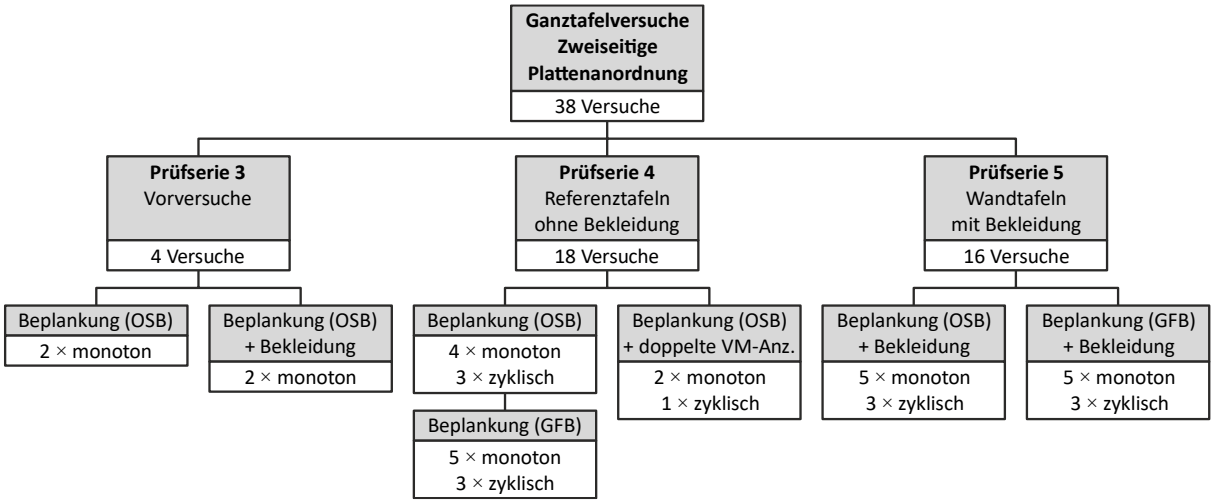
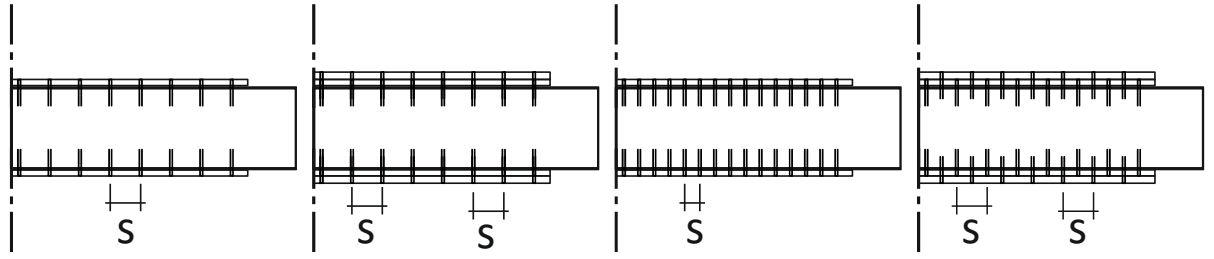


Abbildung 3-1: Übersicht über die Ganztafelversuche mit zweiseitiger Plattenanordnung

Die Wandaufbauten unterschieden sich gemäß den nachfolgenden Kriterien:

- Ausführung der Beplankung (Material und Plattendicke)
- Ausführung der Bekleidung (Material und Plattendicke)
- Ausbildung des Rippengerüsts (Ausklinkung)

Tabelle 3-1 zeigt die Versuchsmatrix mit den zugehörigen Aufbauten der Probekörper sowie die Belastungsart (monoton oder zyklisch). Abbildung 3-2 zeigt qualitativ die Klammerung in der Kopfrippe der verschiedenen Probekörpertypen. Im Anschluss sind der Aufbau der Probekörper, der Prüfstand, das Messkonzept sowie die Lastprotokolle beschrieben.



(a) Typ 11, 13 und 15 (b) Typ 12 (c) Typ 14 (d) Typ 16 und 17

Abbildung 3-2: Klammerung der verschiedenen Probekörpertypen

Tabelle 3-1: Übersicht über alle geprüften Wandaufbauten in Reihe 2

Serie	Wandtyp	Last	Anz.	VM-Abst.	Beplankung	Bekleidung	Detail A	Detail B
3	11_m	Mon.	1	75 mm	1× OSB 15	-	mA	mA
	11_oA_m	Mon.	1	75 mm	1× OSB 15	-	oA	oA
	12_m	Mon.	1	75 mm	1× OSB 15	1× GFB 12,5	mA	mA
	12_oA_m	Mon.	1	75 mm	1× OSB 15	1× GFB 12,5	oA	oA
4	13_m	Mon.	4	75 mm	1× OSB 15	-	oA	mA
	13_c	Zykl.	3					
	14_dSt_m	Mon.	2	37,5 mm	1× OSB 15	-	oA	mA
	14_dSt_c	Zykl.	1					
	15_m	Mon.	5	86,6 mm	1× GFB 18	-	oA	mA
	15_c	Zykl.	3					
5	16_m	Mon.	5	75 mm	1× OSB 15	1× GFB 18	oA	mA
	16_c	Zykl.	3					
	17_m	Mon.	5	86,6 mm	1× GFB 18	1× GFB 18	oA	mA
	17_c	Zykl.	3					

Hinweise:

Die einzelnen Versuche jeden Versuchstyps sind jeweils fortlaufend durchnummeriert.

Detail A und B mit Ausklinkung (mA) oder ohne Ausklinkung (oA) siehe Abbildung 3-4.

3.1 Probekörper

Die technische Zeichnung eines Probekörpers mit beidseitiger Beplankung und Bekleidung ist in Abbildung 3-3 dargestellt. Alle anderen Probekörper waren analog aufgebaut.

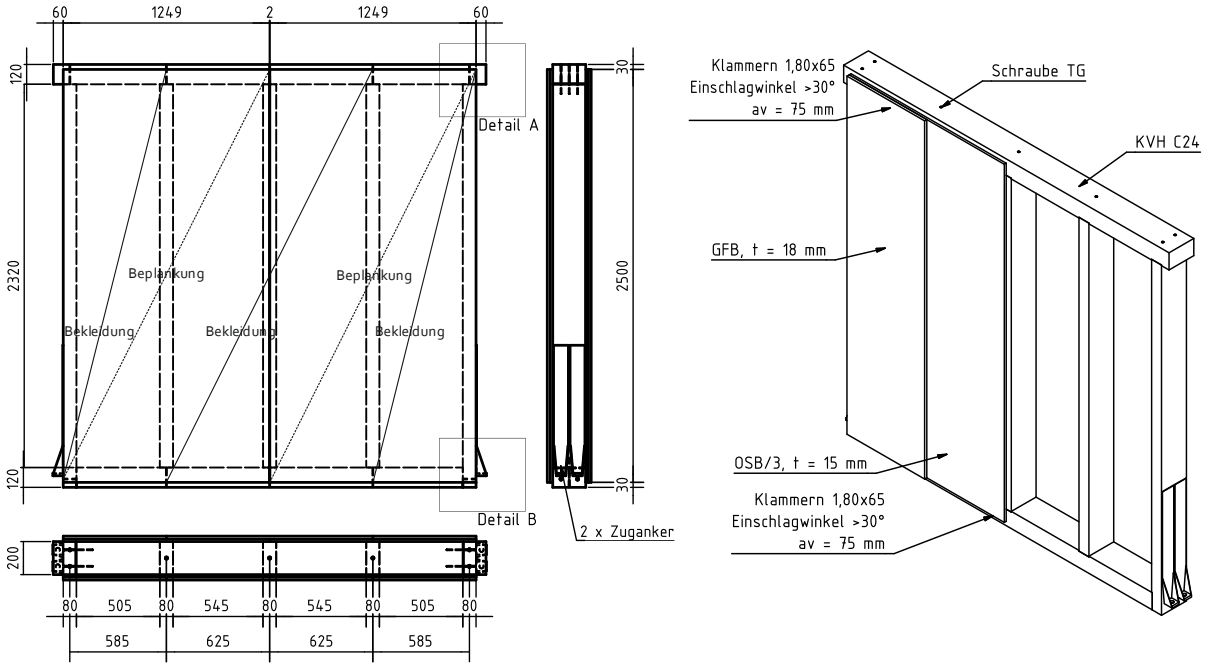


Abbildung 3-3: Technische Zeichnung WT 16 (links) und 3D-Ansicht als Teildarstellung mit Begriffserklärung (rechts)

In Prüfserie 3 wurde jeweils ein Probekörper mit (mA) und einer ohne Ausklinkung (oA) ausgeführt. In den Prüfserien 4 und 5 wurde auf Ausklinkungen in der Kopfrippe verzichtet, jedoch wurden die Randstiele an den Stößen der Fußrippe ausgeklinkt, um ein Abheben der Fußrippe am Auflager zu verhindern. Nachfolgende Abbildung 3-4 zeigt die Detailunterschiede bzgl. der Ausklinkungen.

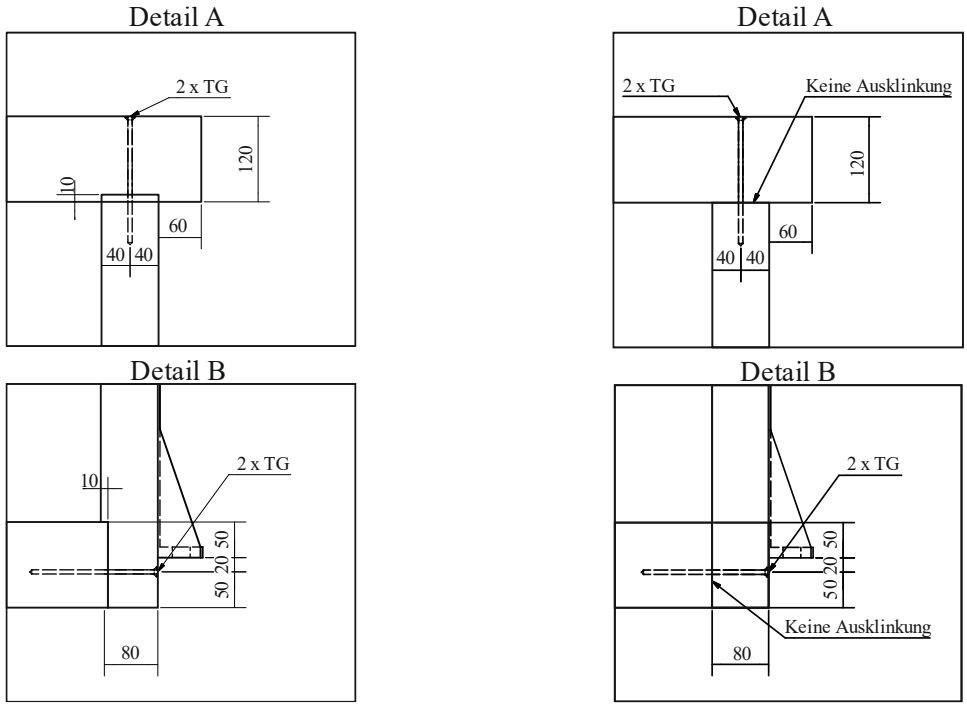


Abbildung 3-4: Details der Probekörper mit Ausklinkung (mA) wie z.B. bei Typ 11 (links) und ohne Ausklinkung (oA) wie z.B. bei Typ 11_oA (rechts)

3.2 Prüfstand

Der verwendete Prüfstand ist in Abbildung 3-5 dargestellt. Er setzt sich im Wesentlichen aus der horizontalen Lasteinleitung, der vertikalen und horizontalen Lagerung am Auflagerprofil sowie der seitlichen Halterung an der Kopfrippe zusammen. Auf die genannten Bestandteile wird nachfolgend eingegangen. Bei der Prüfstandauslegung sind die Untersuchungen von Dujic et al. 2005 [7] einbezogen worden, um einen möglichst reinen Schubmechanismus der Tafeln zu gewährleisten. Dies sollte ohne Auflast durch eine ausreichende Verankerung der Probekörper erreicht werden.

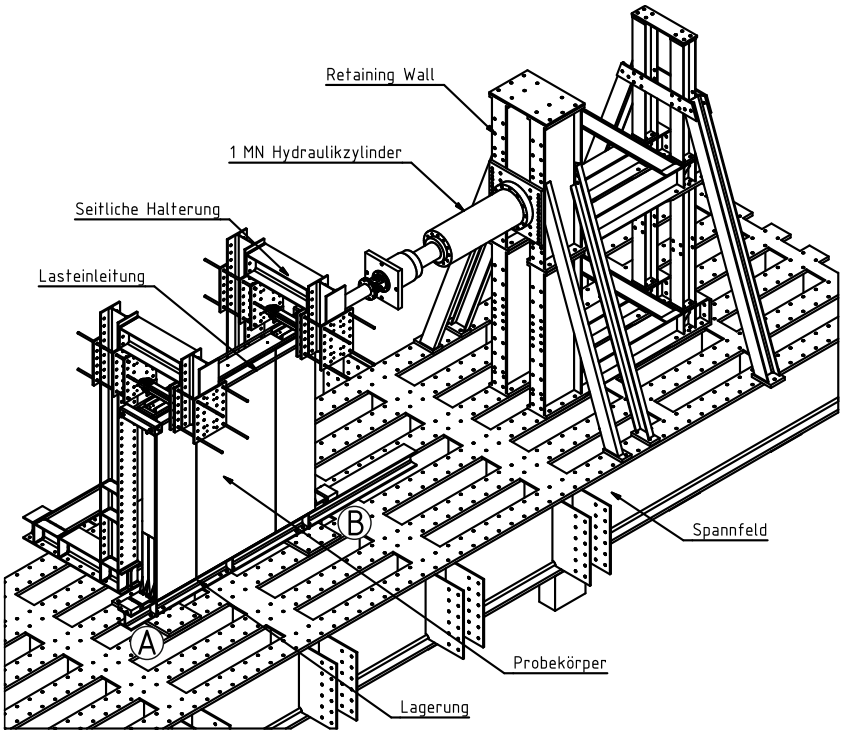


Abbildung 3-5: 3D-Darstellung des Prüfstandes

Lasteinleitung

Die horizontale Schubbelastung wird über einen Hydraulikzylinder des Herstellers *Schenck* mit einer Maximalkraft von 250 kN und einem maximalen Hubweg von 400 mm in den Probekörper eingeleitet. Der Zylinder wird auf der Höhe der Kopfrippe an einer Konstruktion aus Stahlprofilen, der sogenannten Retaining Wall, befestigt.

Lagerung

Als Auflagefläche für die Fußrippe der Probekörper, dient am gewählten Prüfstand ein Stahlprofil HEB 200, das mit Adapterplatten auf dem Spannfeld fixiert wurde. Über je zwei Zuganker HTT31 des Herstellers *Simpson Strong-Tie* nach ETA-07/0285 [8] wurden die Probekörper an den Endstielen befestigt. Die Zuganker wurden seitlich mit jeweils 41 CNA-Kammnägeln und vier CSA-Verbinderschrauben an den Endstielen befestigt und am Stahlprofil zur Lastweiterleitung mit jeweils einer M24-Schraube verbunden. Die Probekörper wurden über Kontaktpressung mit einem Anschlussformteil in Wandlängsrichtung gehalten. In Abbildung 3-6 ist der beschriebene Auflagerpunkt dargestellt.

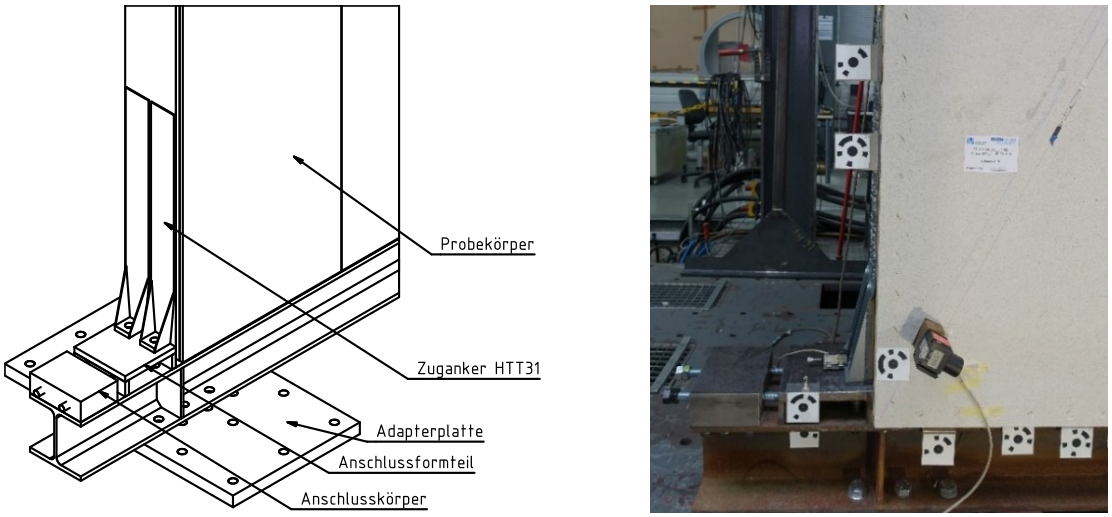


Abbildung 3-6: 3D-Ansicht (links) und Foto (rechts) des Prüfstandauflagers A

Seitliche Halterung

Durch eine seitliche Halterung der Kopfrippe durch Rolllager (Abbildung 3-7) sollte ein Ausweichen der Wandtafeln vermieden werden. Dazu wird je ein Rolllager im vorderen Bereich und ein Rolllager im hinteren Bereich der Wandtafel positioniert und mit Schrauben verbunden.

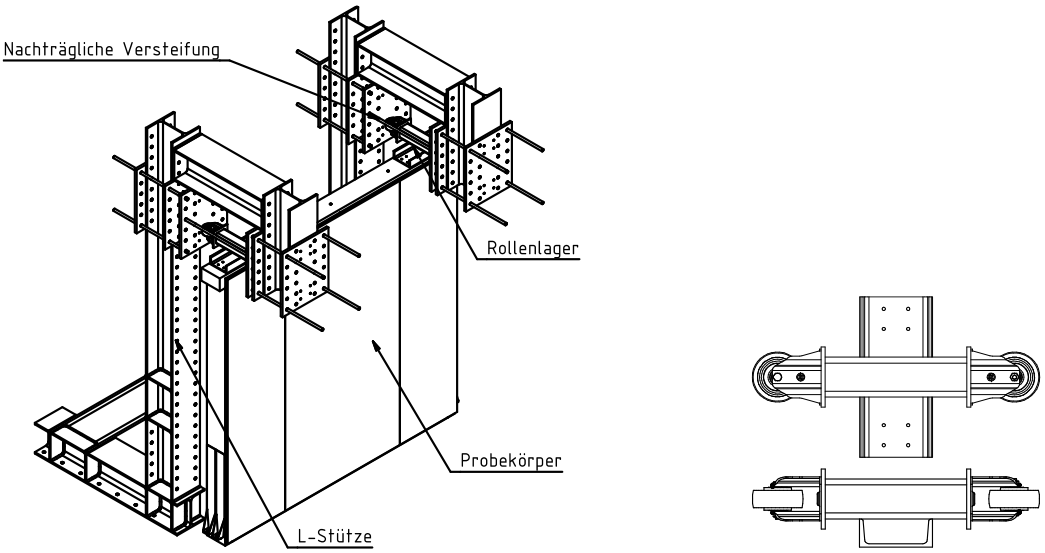


Abbildung 3-7: 3D-Ansicht der seitlichen Halterung (links) und 2D-Ansichten der Rollenlager (rechts)

3.3 Messkonzept

In den Versuchen wurde ein konventionelles Messkonzept verfolgt (Prüfkraftmessung, Weg- und Neigungsmesseinheiten). Neben der konventionellen Messeinrichtung wurde auch das photogrammetrische Messsystem *Phidias* der Fa. *PHOCAD* verwendet. Dieses photogrammetrische Messkonzept wird in diesem Protokoll jedoch nicht behandelt. Die Messfehler der verwendeten Messinstrumente sind in Tabelle 3-2 aufgelistet. Die Messstellenbezeichnung ergibt

sich aus dem Notationsschema in Tabelle 3-3. Ein Überblick über alle Messstellen ist in Abbildung 3-8 bis Abbildung 3-11 gegeben.

Tabelle 3-2: Messfehler der verwendeten Messtechnik

Messinstrument	Funktion	Linearitätsabweichung
Wegtaster TR 25	Wegmessung	± 0,05 mm
Wegtaster TR 100	Wegmessung	± 0,075 mm
Seilzug-Sensor	Wegmessung	± 0,75 mm
Neigungssensor	Neigungsmessung	± 0,1 ° (Messbereich 0 - 10°)
Kraftmessdose	Kraftmessung	± 0,5 - 1,0 %
Spider	Messwerterfassung	± 0,1 % von Messbereich des Sensors

Tabelle 3-3: Notationsschema für Messstellenbezeichnung

Bauteil		Messgröße	
K	Rähm/ Kopfrippe	**N**	Neigung
F	Schwelle/ Fußrippe	**R**	Relativ
SX	Stiel Nr. X	**S**	Schub
BX	Beplankung Nr. X	**Messausrichtung**	
BX	Bekleidung Nr. X	**H**	Horizontal
A-	Auflager A	**V**	Vertikal
B-	Auflager B	**B**	Rückseite (Back)
		F	Vorderseite (Front)

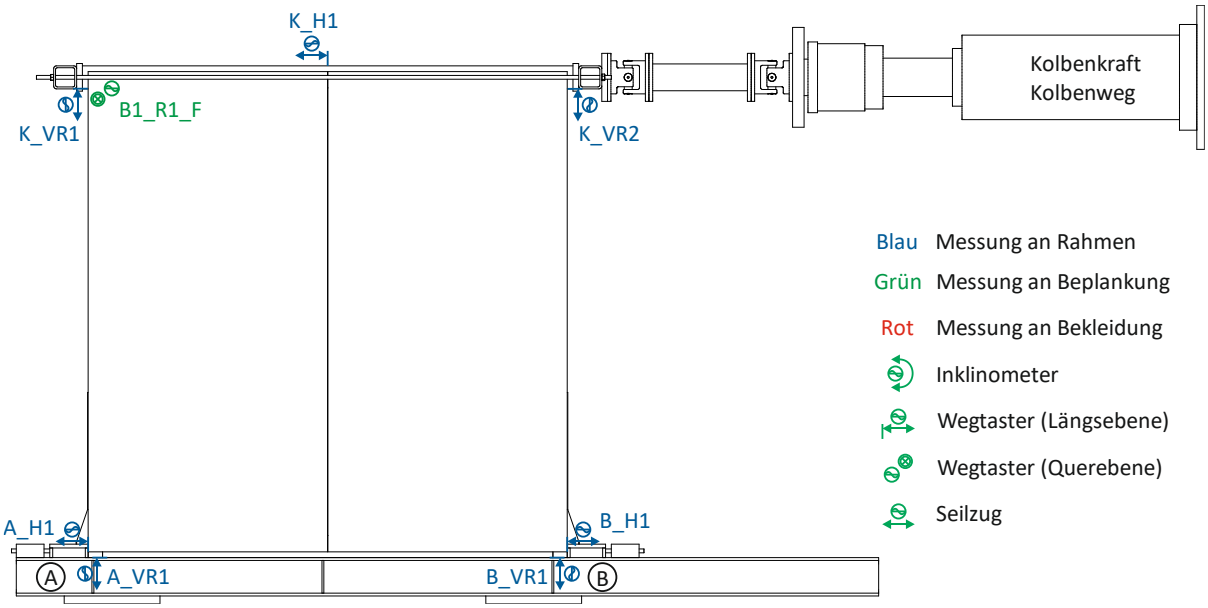


Abbildung 3-8: Messstellenübersicht an der Vorderseite bei den Versuchen der Prüfserie 4

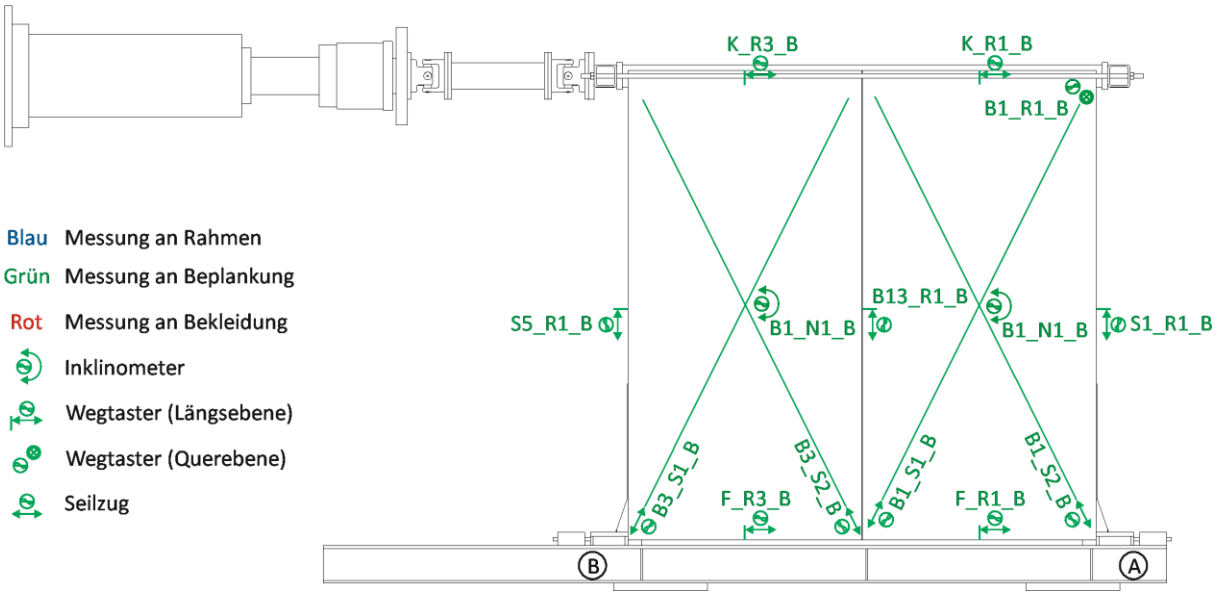


Abbildung 3-9: Messstellenübersicht an der Rückseite bei den Versuchen der Prüfserie 4

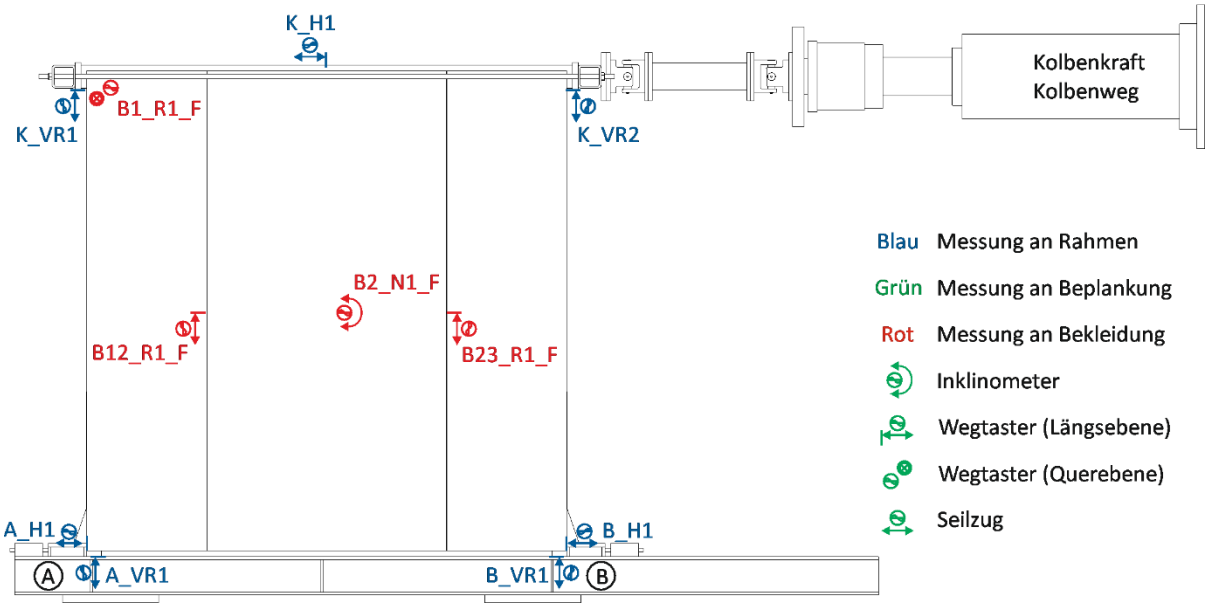


Abbildung 3-10: Messstellenübersicht an der Vorderseite bei den Versuchen der Prüfserie 5

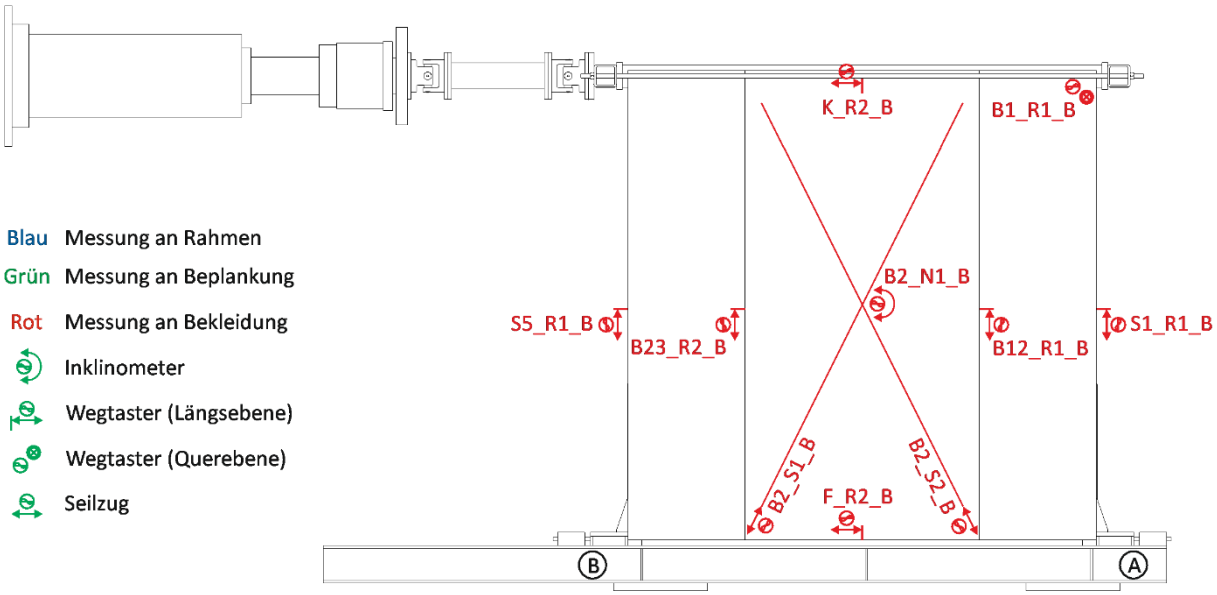


Abbildung 3-11: Messstellenübersicht an der Rückseite bei den Versuchen der Prüfserie 5

3.4 Monotones Lastprotokoll

Die Horizontalkraft wurde in drei Zyklen schrittweise gesteigert. Die Kraft wurde anhand der zuvor abgeschätzten maximalen Schubkraft $F_{max,est}$ skaliert und im dritten Zyklus der Tragfähigkeitsprüfung bis zum Versagen gesteigert. Das monotone Lastprotokoll wurde in Anlehnung an ISO 21581 [9] ausgearbeitet (siehe Abbildung 3-12).

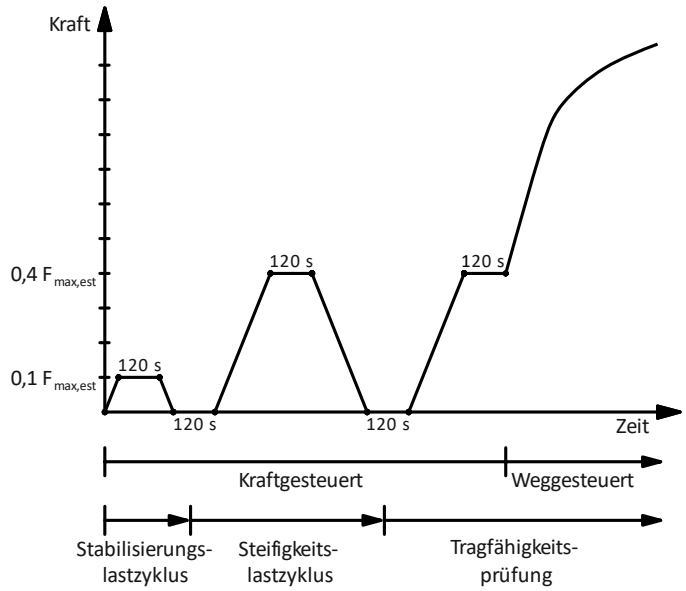
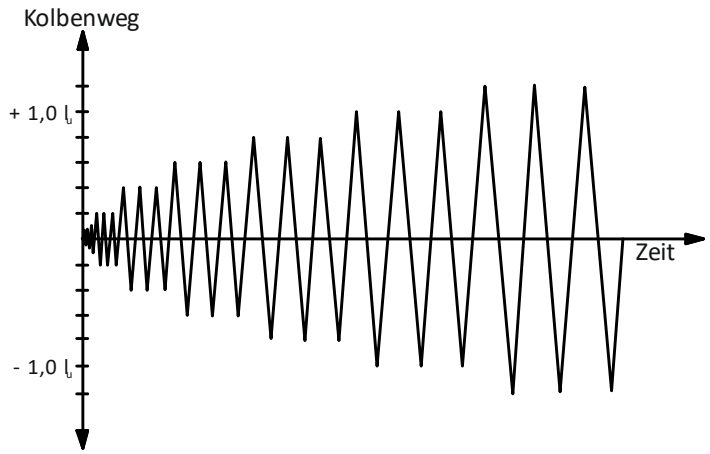


Abbildung 3-12: Angepasstes Lastprotokoll der monotonen Versuche nach ISO 21581 [9]

Die Lastumstellungszeit zwischen den Be- und Entlastungsstufen im Stabilisierungslastzyklus und im Steifigkeitslastzyklus betrug jeweils 10 Sekunden. Abweichend zur internationalen Standardnorm wurde die Krafthaltezeit einheitlich auf 120 Sekunden verkürzt. Die Belastungsgeschwindigkeit betrug 0,20 mm/min.

3.5 Zyklisches Lastprotokoll

Beim zyklischen Versuch unterscheiden sich die induzierten Lastschritte hinsichtlich Zyklenzahl und Amplitude. Entsprechend der rechten Tabelle in Abbildung 3-13, wurden die Zyklusamplituden unter Berücksichtigung der mittleren Grenzverschiebung l_u der zuvor durchgeführten monotonen Versuche festgelegt. Die Belastungsgeschwindigkeit betrug für alle zyklischen Versuche 1 mm/s. Dabei wurde das Lastprotokoll der ISO 21581 [9] angewendet.



Schritt	Zyklenzahl	Amplitude
1	1	0,0125 l_u
2	1	0,025 l_u
3	1	0,050 l_u
4	1	0,075 l_u
5	1	0,1 l_u
6	3	0,2 l_u
7	3	0,4 l_u
8	3	0,6 l_u
9	3	0,8 l_u
10	3	1,0 l_u
10+n	3	(1,0 + 0,2 n) l_u

Abbildung 3-13: Weg-Zeit-Diagramm (links) und tabellarischer Belastungsverlauf (rechts) für zyklische Holztafelwandversuche nach ISO 21581 [9]

4 Datenauswertung

Folgend sind die Parameter aufgelistet, die im Zuge der Auswertung des Schubtragverhaltens der Probekörper betrachtet wurden:

- Tragfähigkeit F_{max}
- Steifigkeit K
- Fließgrenze l_y
- Grenzverschiebung l_u
- Duktilität D
- Viskoses Dämpfungsmaß ν_{eq}
- Festigkeitsminderung ΔF
- q-Faktor

Diese Auswertungsparameter werden nachfolgend definiert.

Tragfähigkeit und Grenzverschiebung

Die ISO 21581 [9] liefert je nach Verformungsverhalten des Bauteils drei verschiedene Definitionen für die Tragfähigkeit und die Grenzverschiebung. Bei plötzlich auftretendem Versagen der Wandtafel ist die Grenzverschiebung als Verschiebung zum Versagenszeitpunkt definiert (Verlauf a). Im Falle eines duktilen Wandtafelverhaltens mit einem verzögerten Versagen deutlich nach Erreichen des Kraftscheitelpunktes entspricht die Grenzverschiebung dem Wert, der nach dem Überschreiten des Scheitelpunktes bei 80 % der betragsmäßig maximalen Last gemessen wird (Verlauf b). Die Tragfähigkeit entspricht in beiden beschriebenen Verläufen dem maximalen Betrag der aufgebrachten Belastung (Punkt 1). Im Falle einer Systemverfestigung ohne Versagen werden sowohl Tragfähigkeit als auch Grenzverschiebung bei einer gemessenen Wandtafelverschiebung in Höhe von einem Fünfzehntel der Wandtafelhöhe bestimmt (Verlauf c, Punkt 3).

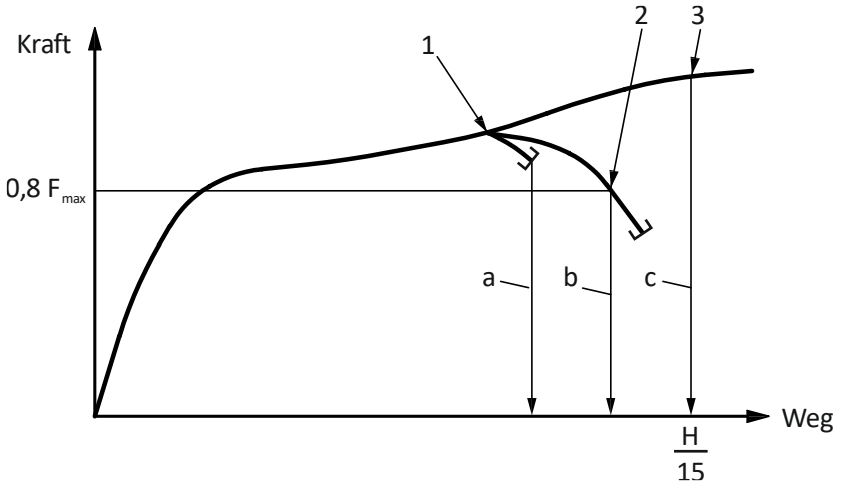


Abbildung 4-1: Definition der Tragfähigkeit und Grenzverschiebung [9]

Verformung und reine Schubverformung

Für die Auswertung der Verformungsgrößen bei Wandtafelversuchen gibt ISO 21581 [9] die Messung der horizontalen Wandtafelverschiebungen sowohl an der Kopfrippe als auch an der Fußrippe vor. Die horizontale Gesamtverformung der Kopfrippe wurde in deren Mitte mit dem Seilzug *K_H1* bestimmt. Die horizontale Verschiebung der Fußrippe sowie das Abheben und Eindrücken der Randstiele an den Zugverankerungen wurde mit Wegaufnehmern bestimmt – diese ergeben die Starrkörperverschiebung und Starrkörperverdrehung der Probekörper.

In der Auswertung wurden damit zwei Verformungen bestimmt: (i) die Gesamtverformung an der Kopfrippe über *K_H1* (bezeichnet als Ganztafelweg) und (ii) die reine Schubverformung u_{schub} der Wandtafeln. Die Schubverformung u_{schub} wurde über *K_H1* bestimmt und davon die Starrkörperverschiebung und Starrkörperverdrehung subtrahiert, siehe Gleichung (4.1). Die reine Schubverformung ist für den Vergleich der Probekörper untereinander sinnvoller, da die kraftabhängigen Starrkörperanteile entfallen. Die Verformungsgrößen und deren Verortung am Probekörper sowie deren Bezeichnung sind Abbildung 4-2 zu entnehmen.

$$u_{schub} = K_{H1} - u_{M1} - \frac{H}{L} \cdot (A_{VR1} - B_{VR1}) \tag{4.1}$$

mit: H Tafelhöhe

L Tafellänge

u_{M1} Mittlere Horizontalverformung aus A_H1 und B_H1

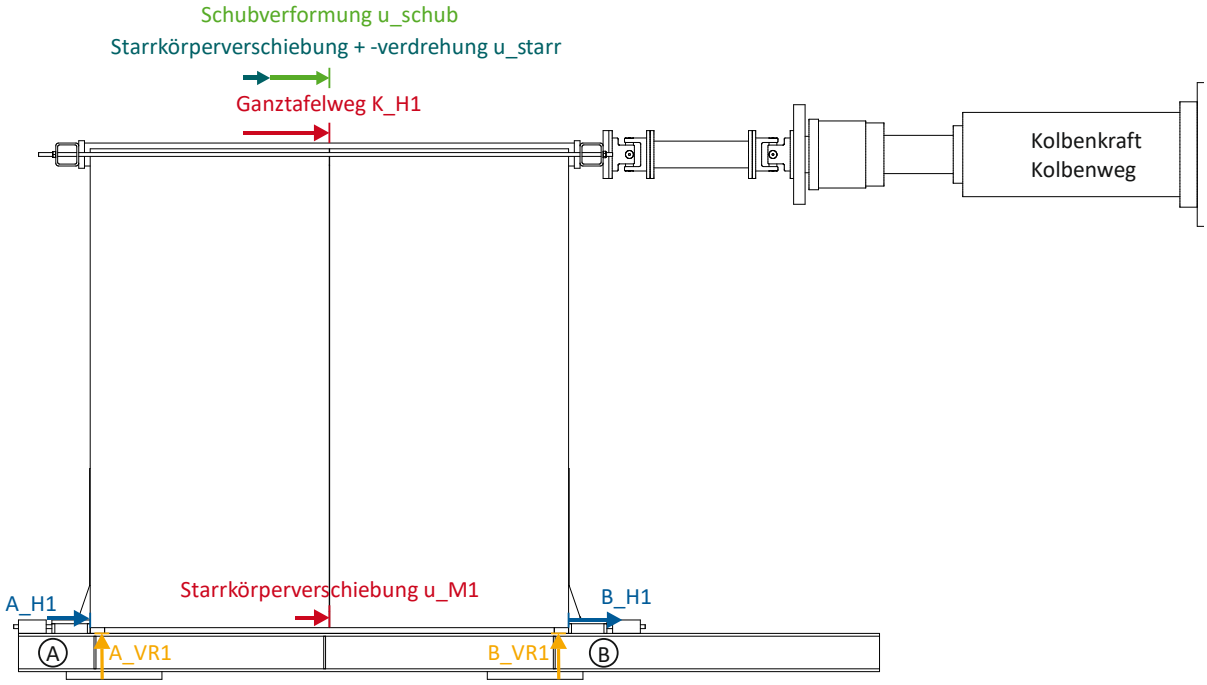


Abbildung 4-2: Definition der Schubverformung u_{schub}

Steifigkeit

Die Steifigkeit *K* wird im Last-Verformungsdiagramm über die Steigung der Sekante zwischen 10 % und 40 % der Tragfähigkeit F_{max} berechnet. Zur Auswertung zyklischer Hystereseschleifen wird die Steifigkeit mithilfe der ersten Einhüllenden bestimmt.

$$K = \frac{0{,}3 \cdot F_{max}}{l_{0{,}4F_{max}} - l_{0{,}1F_{max}}} \tag{4.2}$$

mit: K Steifigkeit

F_{max} Experimentell ermittelte Tragfähigkeit

$l_{0{,}4F_{max}}$ Weg bei 40 % der experimentellen Tragfähigkeit

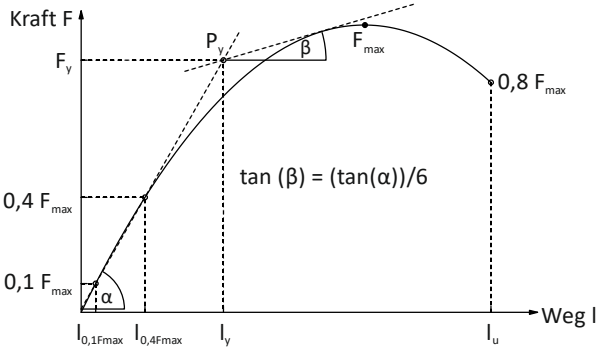
$l_{0{,}1F_{max}}$ Weg bei 10 % der experimentellen Tragfähigkeit

Fließgrenze

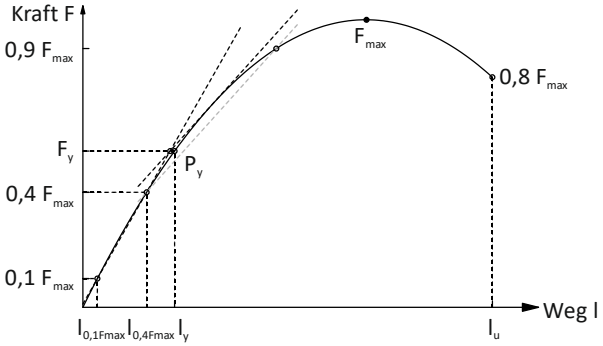
Da die Fließgrenze l_y international nicht eindeutig festgelegt ist und die Definitionen zu signifikanten Werteunterschieden der Fließgrenzen führt, wird die Fließgrenze auf der Grundlage von drei Definitionen ermittelt:

- Definition nach DIN EN 12512 [10]
- Definition nach Yasumura et al. 1998 [11]
- Definition nach Kobayashi et al. 2011 [12]

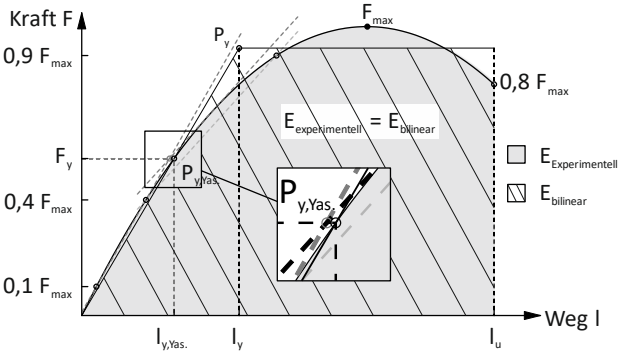
Diese Definitionen wurden auch im Projekt Optimberquake [13] herangezogen und die Ergebnisse können somit verglichen werden.



DIN EN 12512 [10]



Yasumura et al. 1998 [11]



Kobayashi et al. 2011 [12]

Abbildung 4-3: Ausgewählte Definitionen der Fließgrenze

Duktilität

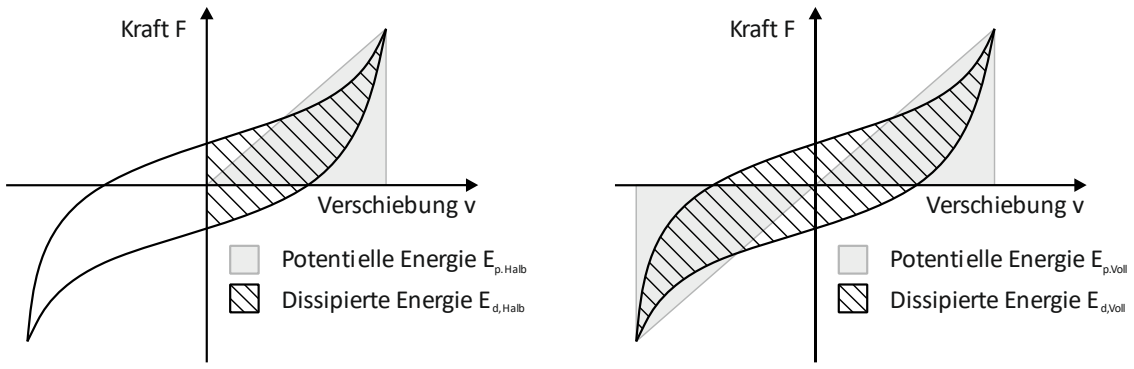
Die Duktilität *D* ergibt sich aus dem Verhältnis von Grenzverschiebung l_u zur Fließgrenze l_y.

$$D = \frac{l_u}{l_y} \tag{4.3}$$

mit: D Duktilität
l_u Grenzverschiebung
l_y Fließgrenze

Viskoses Dämpfungsmaß

Das viskose Dämpfungsmaß ν_{eq} kann nach DIN EN 12512 [10] mithilfe von Gleichung (4.4) aus dem Verhältnis der dissipierten Energie zur potenziellen Energie berechnet werden (siehe Abbildung 4-4).



(a) (b)

Abbildung 4-4: Definition des viskosen Dämpfungsmaßes nach DIN EN 12512 [10] (links) sowie nach Bachmann et al. 1997 [14] und Chopra 2000 [15] (rechts)

$$\nu_{eq} = \frac{E_{d,Halb}}{2\pi \cdot E_{p,Halb}} \tag{4.4}$$

mit: ν_{eq} Viskoses Dämpfungsmaß
$E_{d,Halb}$ Dissipierte Energie je Halbzyklus
$E_{p,Halb}$ Potenzielle Energie je Halbzyklus

Nach DIN EN 12512 [10] ist das viskose Dämpfungsmaße über die Energie der Halbzyklen definiert. Alternativ wird in Bachmann et al. 1997 [14] und Chopra 2000 [15] eine Betrachtung der Gesamtzyklen vorgeschlagen siehe Gleichung (4.5). Beide Berechnungsarten wurden ausgewertet.

$$\nu_{eq} = \frac{E_{d,Voll}}{2\pi \cdot E_{p,Voll}} \tag{4.5}$$

mit: ν_{eq} Viskoses Dämpfungsmaß

$E_{d,Voll}$ Dissipierte Energie je Gesamtzyklus

$E_{p,Voll}$ Potenzielle Energie je Gesamtzyklus

Festigkeitsminderung

Die Festigkeitsminderung *ΔF* entspricht der Differenz zwischen den betragsmäßig maximalen Lasten des ersten und dritten Zyklus eines 3er-Zyklen-Kollektivs. Die Festigkeitsminderung wird schematisch in Abbildung 4-5 gezeigt und mathematisch durch die Geleichung (4.6) beschrieben.

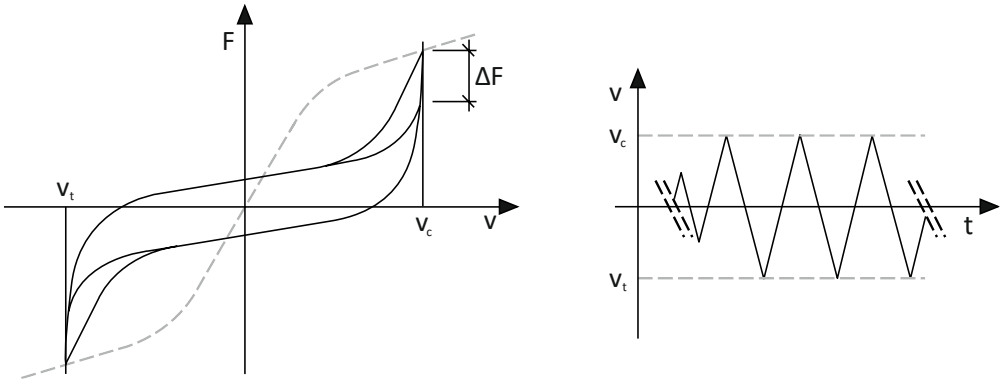


Abbildung 4-5: Definition der Festigkeitsminderung [16]

$$\Delta F = F_{max,Z1} - F_{max,Z3} \tag{4.6}$$

mit: ΔF Festigkeitsminderung

$F_{max,Z1}$ Betragsmäßige Maximallast im ersten Zyklus

$F_{max,Z3}$ Betragsmäßige Maximallast im dritten Zyklus

***q*-Faktor**

Der Verhaltensbeiwert bzw. *q*-Faktor kann mit Gleichung (4.7) aus der im Bauteilversuch bestimmten Duktilität berechnet werden. Er wird nachfolgend für die Fließgrenze nach DIN EN 12512 [10] berechnet.

$$q = \sqrt{2 \cdot D_{DIN} - 1} \tag{4.7}$$

mit: q *q*-Faktor

D_{DIN} Duktilität nach DIN EN 12512

5 Ergebnisse

5.1 Monotone Versuche

Die folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Versuche mit monotoner Belastung. Im Anhang befinden sich die Versuchsprotokolle und Einzelauswertungen je Probekörper.

Tabelle 5-1: Ergebnisse der monoton belasteten Wandtafeln auf Basis des Ganztafelwegs

Wandtafel	Tragf.	Grenzv.	Steifig.	DIN EN 12512			Yasumura		Kobayashi	
	F_{max} [kN]	l_u [mm]	K [kN/mm]	$l_{y,DIN}$ [-]	D_{DIN} [-]	q [-]	$l_{y,Yas}$ [-]	D_{Yas} [-]	$l_{y,Kob}$ [-]	D_{Kob} [-]
11_m_1[1]	108	47,2	7,45	7,85	6,01	3,32	7,17	6,58	12,4	3,80
11_oA_m_1	91,2	56,6	7,77	8,16	6,93	3,59	7,91	7,15	13,5	4,19
12_m_1[2]	162	54,1	9,30	11,7	4,63	2,87	10,7	5,07	17,5	3,09
12_oA_m_1[2]	172	69,7	9,61	11,1	6,28	3,40	10,9	6,39	18,6	3,74
13_m_1	99,2	83,4	4,64	14,0	5,95	3,30	11,4	7,31	20,7	4,03
13_m_2	99,8	80,4	4,78	13,6	5,92	3,29	10,5	7,64	19,2	4,20
13_m_3	98,9	51,1	5,48	11,1	4,61	2,87	9,62	5,31	16,9	3,03
13_m_4	97,0	50,4	5,41	12,2	4,13	2,69	9,72	5,19	17,0	2,97
14_m_1_dSt	196	113	5,39	22,4	5,05	3,02	23,0	4,90	38,9	2,90
14_m_2_dSt	184	79,1	6,00	21,0	3,78	2,56	16,9	4,69	29,8	2,66
15_m_1	109	42,2	5,55	13,0	3,25	2,35	8,89	4,75	16,6	2,54
15_m_2	115	39,3	5,89	12,7	3,09	2,28	8,6	4,56	15,6	2,51
15_m_3	101	90,5	5,08	14,6	6,19	3,37	12,0	7,54	19,4	4,67
15_m_4	122	32,3	5,62	14,9	2,16	1,82	9,5	3,40	16,6	1,94
15_m_5	106	82,0	5,20	15,0	5,45	3,15	10,9	7,56	18,6	4,42
16_m_1[3]	132	53,7	6,99	14,8	3,64	2,51	13,0	4,15	19,7	2,73
16_m_2	200	81,6	6,83	15,9	5,13	3,04	13,1	6,22	24,4	3,34
16_m_3	200	86,4	6,73	20,3	4,26	2,74	16,6	5,21	29,6	2,92
16_m_4	183	70,7	6,56	20,7	3,41	2,41	17,3	4,08	28,6	2,47
16_m_5	177	64,5	6,91	21,9	2,94	2,21	17,3	3,72	27,4	2,36
17_m_1	183	54,3	6,24	16,8	3,22	2,33	11,6	4,67	21,8	2,49
17_m_2	169	47,6	6,87	19,2	2,48	1,99	15,0	3,16	24,1	1,97
17_m_3	170	56,9	6,62	19,6	2,91	2,20	14,9	3,82	23,9	2,39
17_m_4	162	51,7	7,53	18,1	2,86	2,17	13,6	3,79	21,4	2,42
17_m_5	173	60,8	8,50	14,6	4,17	2,71	12,2	4,99	21,3	2,85

Hinweise zu Unregelmäßigkeiten

[1] Belastungsgeschwindigkeit 1 mm/s statt 0,2 mm/s

[2] Bekleidungsklammern über Beplankungsklammern ohne Versatz

[3] Beplankungsklammern an Kopfrippe fehlen an Vorderseite (Ergebnisse nicht verwendbar)

Tabelle 5-2: Ergebnisse der monoton belasteten Wandtafeln auf Basis der Schubverformung

Wandtafel	Tragf.	Grenzv.	Steifig.	DIN EN 12512			Yasumura		Kobayashi	
	F_{max} [kN]	l_u [mm]	K [kN/mm]	$I_{y,DIN}$ [-]	D_{DIN} [-]	q [-]	$I_{y,Yas}$ [-]	D_{Yas} [-]	$I_{y,Kob}$ [-]	D_{Kob} [-]
11_m_1[1]	108	43,5	8,73	6,59	6,59	3,49	6,19	7,02	10,7	4,06
11_oA_m_1	91,2	53,4	9,26	7,08	7,53	3,75	7,06	7,56	12,0	4,44
12_m_1[2]	162	42,8	14,6	7,81	5,48	3,16	7,15	5,99	11,8	3,63
12_oA_m_1[2]	172	53,0	16,7	6,26	8,46	3,99	6,90	7,68	11,6	4,55
13_m_1	99,2	78,5	6,11	10,3	7,59	3,77	8,95	8,77	16,4	4,80
13_m_2	99,8	77,5	5,58	11,7	6,62	3,50	9,30	8,33	16,9	4,58
13_m_3	98,9	46,6	6,62	9,20	5,06	3,02	8,16	5,71	14,3	3,25
13_m_4	97,0	46,0	6,64	9,75	4,72	2,91	8,10	5,68	14,2	3,24
14_m_1_dSt	196	83,1	8,08	15,7	5,29	3,10	14,9	5,58	26,1	3,19
14_m_2_dSt	184	57,3	9,40	14,2	4,05	2,66	11,2	5,12	20,0	2,87
15_m_1	109	36,2	7,49	10,0	3,61	2,49	6,64	5,46	12,8	2,83
15_m_2	115	31,7	9,70	8,05	3,94	2,62	5,70	5,56	10,3	3,08
15_m_3	101	83,1	8,99	8,91	9,33	4,20	7,48	11,12	12,4	6,71
15_m_4	122	24,4	8,01	10,4	2,34	1,92	6,90	3,53	12,0	2,04
15_m_5	106	75,0	8,37	10,2	7,38	3,71	7,68	9,76	13,2	5,67
16_m_1[3]	132	44,7	11,3	9,00	4,79	2,93	9,02	5,22	14,2	3,38
16_m_2	200	57,1	11,6	9,48	6,03	3,33	8,00	7,14	14,9	3,84
16_m_3	200	68,0	12,0	10,6	6,45	3,45	9,17	7,42	16,5	4,12
16_m_4	183	53,2	11,3	11,4	4,64	2,88	9,87	5,39	16,5	3,22
16_m_5	177	46,7	13,4	12,7	3,67	2,52	9,70	4,82	15,5	3,02
17_m_1	183	39,1	10,4	10,1	3,88	2,60	6,74	5,80	12,9	3,04
17_m_2	169	33,7	13,2	10,4	3,24	2,34	8,25	4,09	13,5	2,51
17_m_3	170	41,8	11,4	11,3	3,69	2,53	8,59	4,86	14,3	2,92
17_m_4	162	36,8	14,4	10,5	3,50	2,45	7,81	4,71	12,6	2,92
17_m_5	173	46,3	14,9	8,18	5,66	3,21	7,37	6,28	13,1	3,52

Hinweise zu Unregelmäßigkeiten

[1] Belastungsgeschwindigkeit 1 mm/s statt 0,2 mm/s

[2] Bekleidungsklammern über Beplankungsklammern ohne Versatz

[3] Beplankungsklammern an Kopfrippe fehlen an Vorderseite (Ergebnisse nicht verwendbar)

5.2 Zyklische Versuche

Die folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Versuche mit zyklischer Belastung. Im Anhang befinden sich die Versuchsprotokolle und Einzelauswertungen je Probekörper.

Tabelle 5-3: Ergebnisse der zyklisch belasteten Wandtafeln in Halbzyklus 1 (Zug: +) und Halbzyklus 2 (Druck: -) auf Basis des Ganztafelwegs

Wandtafel	Tragf.	Grenzv.	Steifigk.	DIN EN 12512			Yasumura		Kobayashi	
	$F_{max/min}$ [kN]	l_u [mm]	K [kN/mm]	$l_{y,DIN}$ [-]	D_{DIN} [-]	q [-]	$l_{y,Yas}$ [-]	D_{Yas} [-]	$l_{y,Kob}$ [-]	D_{Kob} [-]
13_c_1 (+)[1]	82,8	67,3	4,30	16,5	4,08	2,68	10,8	6,25	19,0	3,53
13_c_1 (-)[1]	-88,6	-57,8	4,08	-15,0	3,84	2,58	-13,8	4,18	-20,7	2,79
13_c_2 (+)	88,2	62,1	4,41	14,6	4,27	2,75	11,3	5,50	18,2	3,41
13_c_2 (-)	-83,0	-62,0	4,47	-9,79	6,34	3,42	-7,25	8,56	-13,8	4,50
13_c_3 (+)[2]	92,7	57,5	4,06	17,1	3,37	2,40	11,6	4,94	21,1	2,73
13_c_3 (-)[2]	-87,9	-46,5	4,15	-15,9	2,93	2,20	-11,3	4,13	-18,5	2,52
14_c_1 (+)	178	90,4	5,53	24,1	3,74	2,55	20,0	4,52	31,9	2,83
14_c_1 (-)	-166	-91,8	5,70	-20,5	4,48	2,82	-16,3	5,65	-26,8	3,42
15_c_1 (+)	93,8	56,2	5,67	12,0	4,70	2,90	10,2	5,53	15,6	3,61
15_c_1 (-)	-92,1	-55,7	6,05	-8,95	6,22	3,38	-7,88	7,08	-12,9	4,33
15_c_2 (+)	88,8	56,8	4,82	15,0	3,78	2,56	11,8	4,83	17,4	3,27
15_c_2 (-)	-90,6	-55,5	5,60	-10,4	5,32	3,10	-7,49	7,41	-13,5	4,10
15_c_3 (+)	101	58,4	6,27	12,1	4,85	2,95	11,9	4,90	16,4	3,56
15_c_3 (-)	-98,9	-55,4	5,77	-13,1	4,24	2,73	-10,1	5,50	-15,6	3,55
16_c_1 (+)[3]	173	70,8	6,07	24,2	2,93	2,20	16,4	4,30	28,2	2,51
16_c_1 (-)[3]	-167	-68,8	7,10	-18,4	3,75	2,55	-13,0	5,30	-21,5	3,20
16_c_2 (+)	175	72,9	7,25	17,7	4,11	2,69	11,8	6,18	21,0	3,47
16_c_2 (-)	-169	-54,7	8,32	-16,1	3,39	2,40	-11,2	4,87	-18,7	2,92
16_c_3 (+)	172	64,1	7,43	17,8	3,61	2,49	11,9	5,40	21,2	3,02
16_c_3 (-)	-164	-63,2	7,61	-15,5	4,07	2,67	-11,2	5,64	-19,2	3,29
17_c_1 (+)	168	61,2	6,54	20,3	3,02	2,24	12,7	4,82	22,7	2,70
17_c_1 (-)	-168	-60,1	8,43	-15,3	3,94	2,62	-9,91	6,06	-17,9	3,35
17_c_2 (+)	164	56,4	6,83	18,9	2,99	2,23	11,6	4,85	20,9	2,70
17_c_2 (-)	-172	-50,8	8,90	-14,3	3,56	2,47	-9,16	5,55	-17,1	2,97
17_c_3 (+)	172	55,7	8,29	17,8	3,13	2,29	10,3	5,42	18,8	2,97
17_c_3 (-)	-173	-57,9	8,69	-16,3	3,55	2,47	-9,96	5,81	-17,4	3,33

Hinweise zu Unregelmäßigkeiten

[1] Fehler in Zylindersteuerung: Versuch bei 60 % l_u abgebrochen und neugestartet

[2] Nicht bis l_u belastet (Ergebnisse von l_u und D nicht verwendbar)

[3] Bekleidungsklammern an Kopfrippe vorne ohne Versatz zu Bepl.-Klammern geklammert

Tabelle 5-4: Ergebnisse der zyklisch belasteten Wandtafeln in Halbzyklus 1 (Zug: +) und Halbzyklus 2 (Druck: -) auf Basis der Schubverformung

Wandtafel	Tragf.	Grenzv.	Steifigk.	DIN EN 12512			Yasumura		Kobayashi	
	F_{max} [kN]	l_u [mm]	K [kN/mm]	$I_{y,DIN}$ [-]	D_{DIN} [-]	q [-]	$I_{y,Yas}$ [-]	D_{Yas} [-]	$I_{y,Kob}$ [-]	D_{Kob} [-]
13_c_1 (+)[1]	82,8	64,7	5,11	11,6	5,58	3,19	8,74	7,4	14,3	4,51
13_c_1 (-)[1]	-88,6	-57,5	5,34	-8,85	6,49	3,46	-9,46	6,08	-14,2	4,05
13_c_2 (+)	88,2	58,7	5,39	11,6	5,07	3,02	9,62	6,11	15,1	3,89
13_c_2 (-)	-83,0	-58,6	5,25	-8,44	6,94	3,59	-7,07	8,29	-12,9	4,56
13_c_3 (+)[2]	92,7	51,5	5,49	9,00	5,73	3,23	7,30	7,06	14,1	3,66
13_c_3 (-)[2]	-87,9	-39,2	6,15	-9,16	4,28	2,75	-7,28	5,38	-12,1	3,23
14_c_1 (+)	178	72,4	8,69	13,3	5,44	3,14	11,6	6,24	19,6	3,69
14_c_1 (-)	-166	-59,7	8,61	-12,9	4,61	2,87	-9,90	6,03	-17,1	3,48
15_c_1 (+)	93,8	52,1	7,82	8,34	6,24	3,39	8,06	6,46	11,7	4,47
15_c_1 (-)	-92,1	-52,3	8,03	-5,66	9,24	4,18	-5,82	9,00	-9,4	5,54
15_c_2 (+)	88,8	51,4	7,49	9,12	5,63	3,20	7,47	6,88	11,5	4,47
15_c_2 (-)	-90,6	-52,1	7,56	-6,06	8,60	4,02	-5,26	9,92	-9,4	5,53
15_c_3 (+)	101	54,9	8,24	8,87	6,19	3,37	9,25	5,94	12,6	4,35
15_c_3 (-)	-98,9	-50,3	8,17	-8,80	5,71	3,23	-7,78	6,46	-11,3	4,44
16_c_1 (+)[3]	173	49,1	11,2	11,2	4,39	2,79	8,46	5,81	14,8	3,32
16_c_1 (-)[3]	-167	-53,4	13,1	-8,91	5,99	3,31	-7,22	7,40	-11,2	4,76
16_c_2 (+)	175	62,2	13,3	8,89	7,00	3,61	6,92	8,99	11,9	5,22
16_c_2 (-)	-169	-43,6	12,6	-10,6	4,11	2,69	-8,55	5,1	-12,9	3,37
16_c_3 (+)	172	48,6	12,7	9,66	5,03	3,01	7,36	6,61	13,0	3,73
16_c_3 (-)	-164	-49,6	11,9	-9,37	5,3	3,10	-7,31	6,79	-12,6	3,94
17_c_1 (+)	168	48,7	11,4	11,0	4,43	2,80	7,49	6,50	13,2	3,68
17_c_1 (-)	-168	-44,8	10,9	-7,70	5,81	3,26	-6,88	6,50	-11,1	4,03
17_c_2 (+)	164	44,3	11,9	9,96	4,45	2,81	6,54	6,78	11,8	3,76
17_c_2 (-)	-172	-38,5	14,9	-8,34	4,62	2,87	-5,75	6,70	-10,4	3,69
17_c_3 (+)	172	41,6	17,2	6,80	6,12	3,35	5,24	7,95	9,62	4,33
17_c_3 (-)	-173	-44,4	16,5	-7,60	5,84	3,27	-5,47	8,11	-9,53	4,66

Hinweise zu Unregelmäßigkeiten

[1] Fehler in Zylindersteuerung: Versuch bei 60 % l_u abgebrochen und neugestartet

[2] Nicht bis l_u belastet (Ergebnisse von l_u und D nicht verwendbar)

[3] Bekleidungsklammern an Kopfrippe vorne ohne Versatz zu Bepl.-Klammern geklammert

5.3 Versagensmechanismen

Im Rahmen der Versuche wurden zwei Versagensmechanismen bei Erreichen der Traglast F_{max} beobachtet:

1. Versagen der Klammern (KV)
2. Versagen der GFB-Beplankung (BV)

Das Klammerversagen trat vornehmlich auf, das Beplankungsversagen wurde bei einigen GFB-beplankten Probekörpern beobachtet. OSB-beplankte Probekörper wiesen ausschließlich Klammerversagen auf.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die auftretenden Versagensformen meist erst nach der Versuchsdurchführung festgestellt und detailliert betrachtet werden konnten. Aus diesem Grund müssen die abgelaufenen Versagensmechanismen nachträglich mithilfe der vorhandenen Fotos möglichst genau rekonstruiert werden. Infolge des begrenzten Bildmaterials und fehlender Kameraperspektiven können Ungenauigkeiten bei der Rekonstruktion des Versagens nicht vollständig ausgeschlossen werden. Dennoch gibt die Gesamtheit der Ergebnisse einen Überblick über die aufgetretenen Versagensmechanismen.

In Abbildung 5-1 sind Beispiele der Versagensbilder gezeigt. Wie in Abbildung 5-1 (b) und (c) zu sehen, unterschied sich die Anzahl der festgestellten Fließgelenke der Klammern von Beplankung und Bekleidung. Während an den Verbindungsmitteln der Bekleidung i. d. R. zwei Fließgelenke je Klammerschaft auftraten, entstanden an den Klammern zur Befestigung der Beplankungslage ein oder zwei Fließgelenke je Klammerschaft. Verbindungsmittelversagen trat ausschließlich in der Fuge zwischen Rahmen und Beplankung auf – auch bei den VM der Bekleidung. Nach der Bildung der Fließgelenke, waren meist das Durchziehen der Beplankungsklammern durch die Beplankung oder das Herausziehen der Bekleidungsklammern aus dem Rahmenholz sekundäre Versagensformen. In zyklischen Versuchen trat zudem Kurzzeitermüdungsversagen der Klammern auf.

An den Probekörpern mit Beplankungsversagen traten die maßgebenden Risse in der GFB-Beplankung entweder orthogonal zu den Zugdiagonalen oder entlang der Fußrippe am zugbelasteten Auflager auf. Zusätzliche und oftmals vor Versagen entstandene Risse in den Ecken der Beplankung und Bekleidung führten voraussichtlich nicht zum Globalversagen und zeigten keinen Einfluss auf die Last-Verformungskurven.

Die Versagensmechanismen bei F_{max} sind in Tabelle 5-5 gegeben. Die genaue Position und Art der aufgetretenen Versagensmechanismen ist im Anhang für jeden Versuch dargestellt.



(a) (b) (c)

Abbildung 5-1: Beispielhafte Versagensmechanismen: (a) Beplankungsversagen an Auflager A bei 08_m_2 sowie Klammerversagen bei 08_m_1 (b) und 02_m_1 (c) in Versuchsreihe 1

Tabelle 5-5: Dokumentierte Versagensmechanismen je Probekörper

Wandtafel	Beplankung	Bekleidung	Versagensmechanismus bei F_{max}
11_...	1x OSB 15	-	KV
12_...	1x OSB 15	1x GFB 12,5	KV
13_...	1x OSB 15	-	KV
14_...	1x OSB 15	-	KV
15_m_1	1x GFB 18	-	BV
15_m_2			BV
15_m_3			BV
15_m_4			BV
15_m_5			BV
15_c_1			KV
15_c_2			BV
15_c_3			BV
16_...	1x OSB 15	1x GFB 18	KV
17_m_1	1x GFB 18	1x GFB 18	KV
17_m_2			KV
17_m_3			BV
17_m_4			KV
17_m_5			BV
17_c_1			KV
17_c_2			KV
17_c_3			KV

Erklärung:
KV – Versagen der Klammern
BV – Versagen der Beplankung (Rissbildung)

6 Literatur

[1] *Rauber, L.; Hoffmeister, B.:* Experimentelle Untersuchung des Tragverhaltens von Holztafelwänden mit Bekleidung : Reihe 1 – einseitige Plattenanordnung. Versuchsbericht, RWTH Aachen University (2025). https://doi.org/10.18154/RWTH-2025-01547.

[2] DIN 52 182: DIN 52182 - Prüfung von Holz. Norm, Ausgabe September 1976.

[3] DIN EN 13183-2: Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz Teil 2: Schätzung durch elektrisches Widerstands-Messverfahren. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Juli 2002.

[4] DOP-734-03: Leistungserklärung. Egger Holzwerkstoffe Wismar GmbH & Co. KG, Ausgabe Mai 2023.

[5] ETA-03/0050: fermacell® Gipsfaser-Platten. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Ausgabe Mai 2022.

[6] ETA-16/0535: Haubold-Klammern d = 1,53 - 1,80 - 2,00 mm als Verbindungsmittel im Holzbau für lange oder ständige Belastung auf Herausziehen. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Ausgabe Dezember 2020.

[7] *Dujic, B.; Aicher, S.; Zarnič, R.:* Investigations on in-plane loaded wooden elements - Influence of loading and boundary conditions. *In:* Otto-Graf-Journal (2005), Heft 16, S. 259-272.

[8] ETA-07/0285: European Technical Assessment ETA-07/0285 - Simpson Strong-Tie Hold Downs & Post Bases. ETA-Danmark A/S, Ausgabe Dezember 2021.

[9] ISO 21581: Timber structures - Static and cyclic lateral load test methods for shear walls. International Organization for Standardization, Ausgabe Juni 2010.

[10] DIN EN 12512: Holzbauwerke - Prüfverfahren - Zyklische Prüfungen von Anschlüssen mit mechanischen Verbindungsmitteln: Deutsche Fassung EN 12512:2001 + A1:2005. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.,

[11] *Yasumura, M.; Kawai, N.:* Estimating seismic performance of wood-framed structures – Processings of 1998 I.W.E.C. Vol.2, Universität Kassel, 2013.

[12] *Kobayashi, K.; Yasumura, M.:* Evalutation of plywood sheated shear walls with screwed joints tested according to ISO 21581 – Processings of CIB-W18 meeting (2011).

[13] *Seim, W.; Vogt, T.:* OptimberQuake - Deliverable 2B – Timber framed wall elements – monotonic and cyclic testing. Universität Kassel, Kassel Ausgabe Dezember 2013.

[14] *Bachmann, H.; Mahrenholtz, O.:* Vibrations Problems in Structures. Institut für Baustatik und Baukonstruktion ETH Hönggerberg. Birkhäuser Verlag, Basel, 1997.

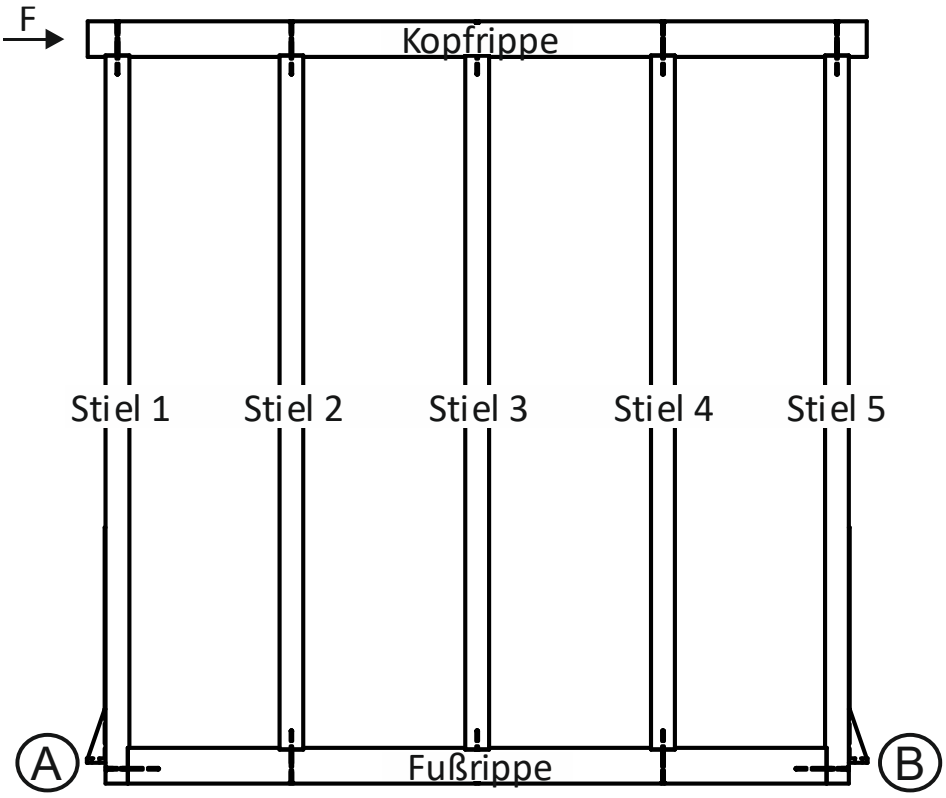
[15] *Chopra, A.K.:* Dynamics of Structures. Prentice Hall, Jersey, 2000.

[16] *Blaß, H.J.; Schädle, P.:* Aussteifende Wandscheiben in Einzelelement-Bauweise. Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen der Universität Karlsruhe, Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau Heft 13, Universitätsverlag Karlsruhe, Karlsruhe, 2009.

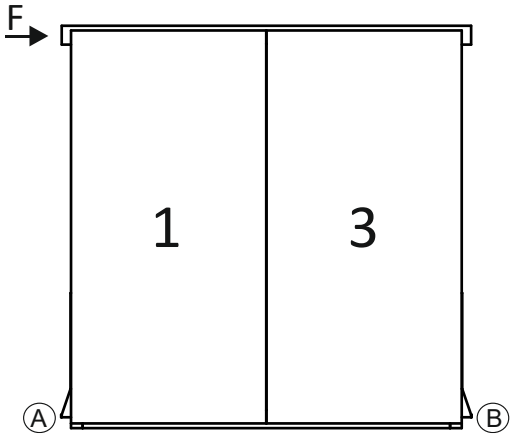
A Bauteildefinition

Im Rahmen dieser Untersuchungen werden die Bauteilkomponenten der Wandtafeln entsprechend der Abbildung A-1 benannt.

Rahmenkonstruktion:



Beplankungslage / 2. Bekleidungslage:



1. Bekleidungslage:

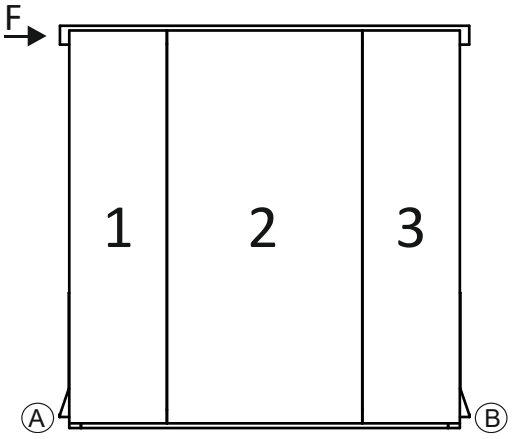


Abbildung A-1: Definition der Bauteilkomponenten des Rahmens (oben) sowie der Beplankungs- und Bekleidungsplatten (unten)

Legende			
	Verformung/ Verschiebung (z.B. Abheben) in jeweilige Richtung		Riss in der äußeren Lage (Beplankung oder Bekleidung)
	Biegung der Stiele in jeweilige Richtung		Versagen der HTP-Anker
	Verdrehung der jeweiligen Platte in der Ebene		Oberflächiger Holzabriss
	Durchziehen der Verbindungsmittel		Herausziehen der Verbindungsmittel
	Ablösen der Beplankung		Kippen der Stiele in Ebenen Richtung
	Ablösen der Bekleidung		Kippen der Stiele aus Ebenen Richtung
	Öffnung einer Fuge		Verdrehung (z.B. Abheben nur einer Seite) aus der Ebene
	Querdruckpressung		Klammerermüden

B Untersuchungsprotokolle

Wandtafel 11_m_1

Tabelle B-1: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 11_m_1

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Kopf-/Fußrippe:	120 x 200 mm , KVH C24, mit Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 1:	Keine	
Bekleidung 2:	Keine	

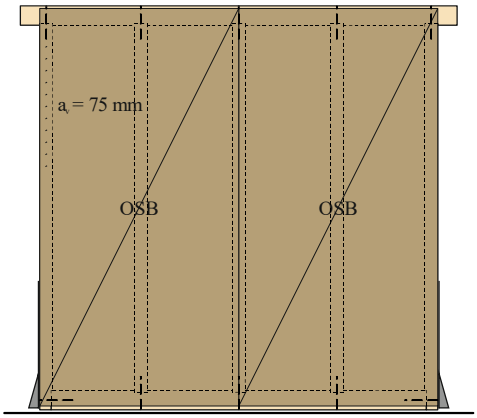


Abbildung B-1: Wandtafel 11_m_1

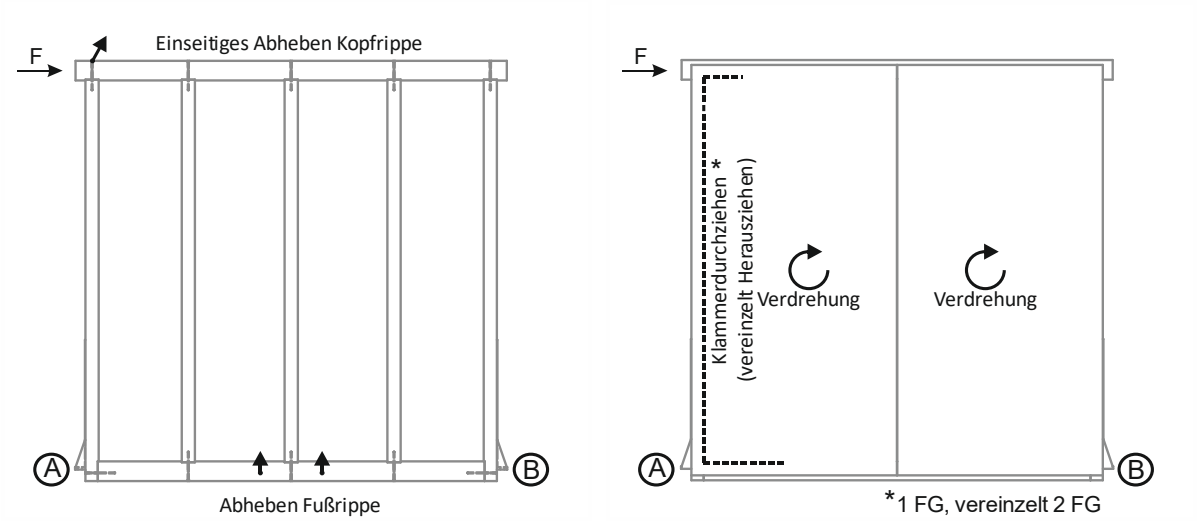
Untersuchung		
Datum	21.07.2023	
Raumtemperatur T	26,2 °C	
Raumfeuchte R_H	45 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 375 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 445 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 429 kg/m³	(Kopfrippe)
	$\rho_{ges,m}$ = 416 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	13,0 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	1,0 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	108 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Abweichung ISO 21581:

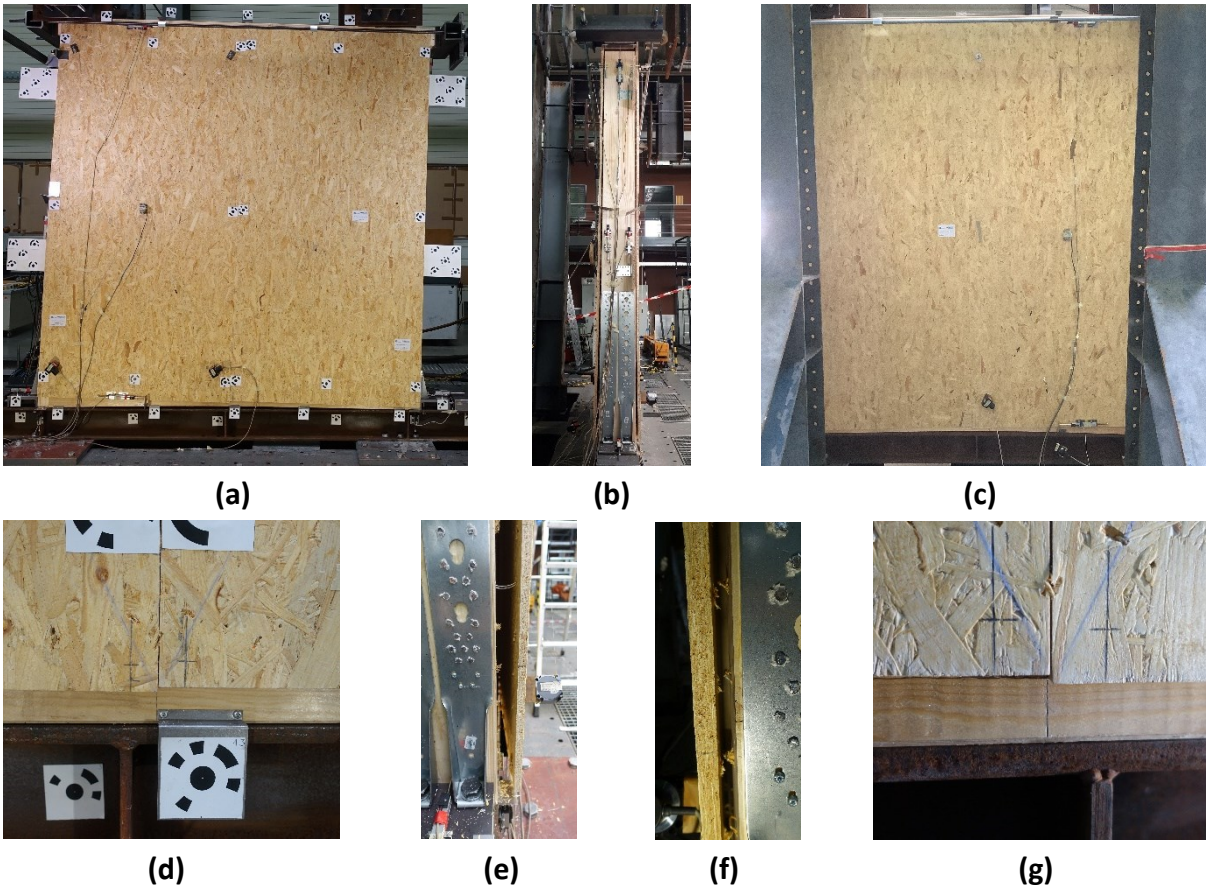
- Belastungsgeschwindigkeit während Tragfähigkeitsprüfung beträgt 1,0 mm/s statt sonst einheitlich 0,2 mm/s
- Grenzverschiebung l_u circa 0,8 Minuten nach Ende der Vorbelastung erreicht

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a) **(b)**

Abbildung B-2: Versagensbilder Rahmen (a) und Beplankung Vorne und Hinten (b); WT 11_m_1



(a) **(b)** **(c)**

(d) **(e)** **(f)** **(g)**

Abbildung B-3: Versagensbild Vorderseite (a) und Rückseite (c), Seitenansicht Stiel 1 (b), Relativverschiebung Beplankung Vorderseite (d) und Rückseite (g), Durchziehen Beplankungsklammern Vorderseite (e) und Rückseite (f); WT 11_m_1

Untersuchungsergebnisse

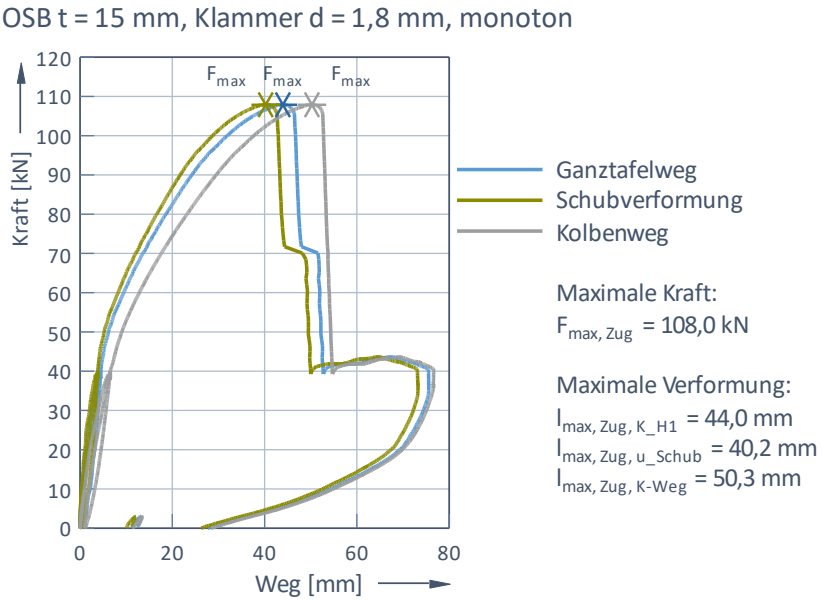


Abbildung B-4: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 11_m_1

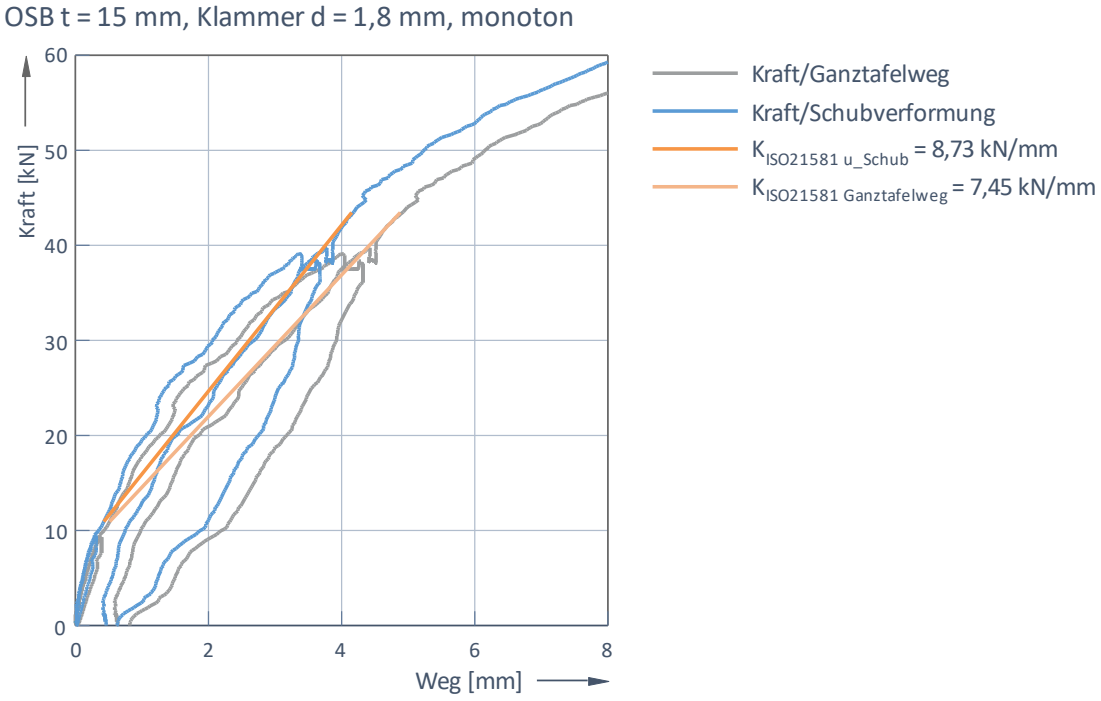


Abbildung B-5: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 11_m_1

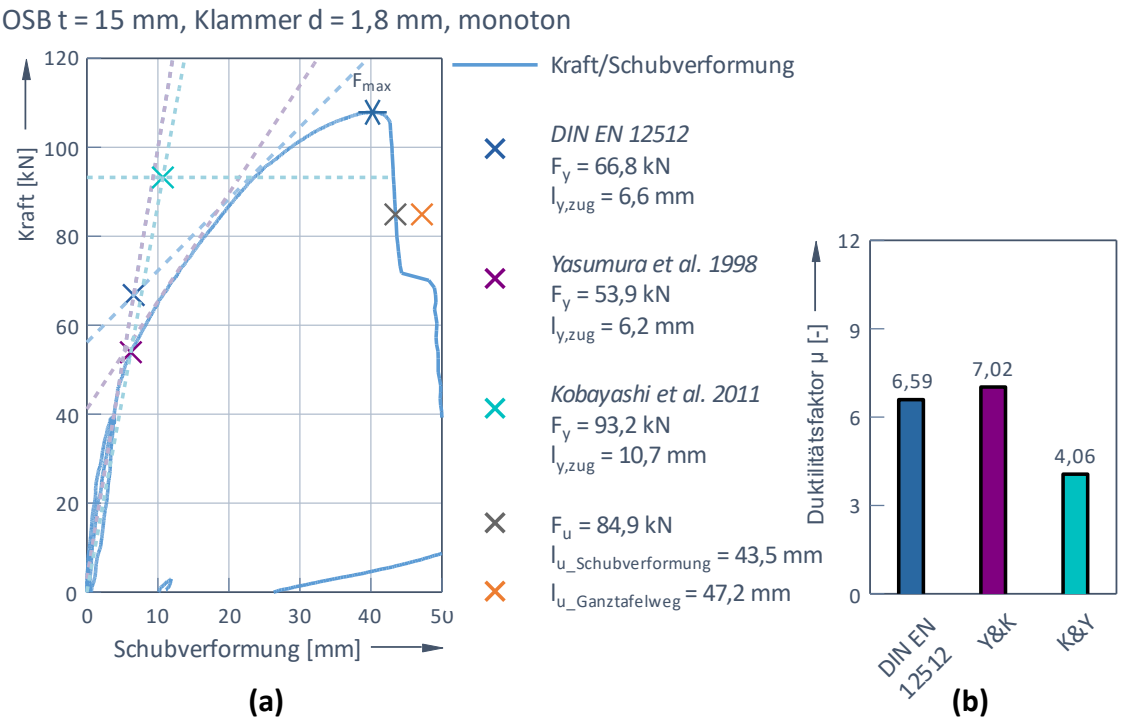


Abbildung B-6: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 11_m_1

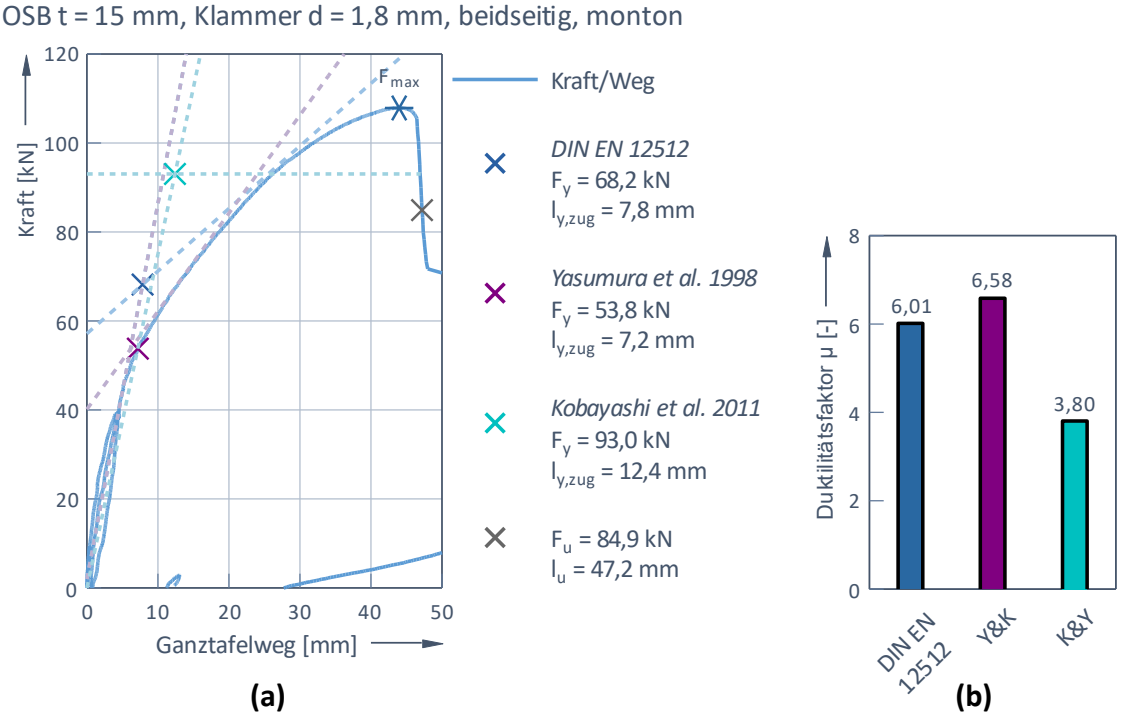


Abbildung B-7: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 11_m_1

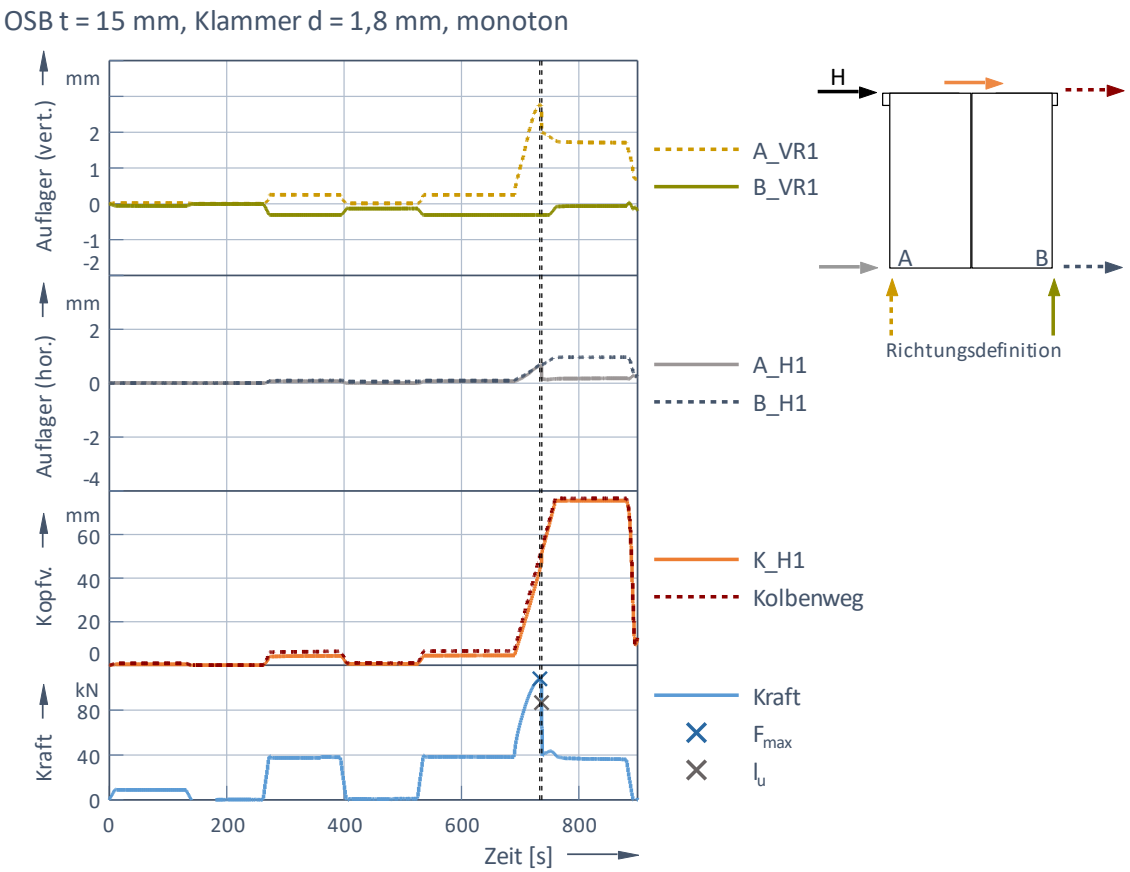


Abbildung B-8: Wegmessungen an Gesamtkörper; WT 11_m_1

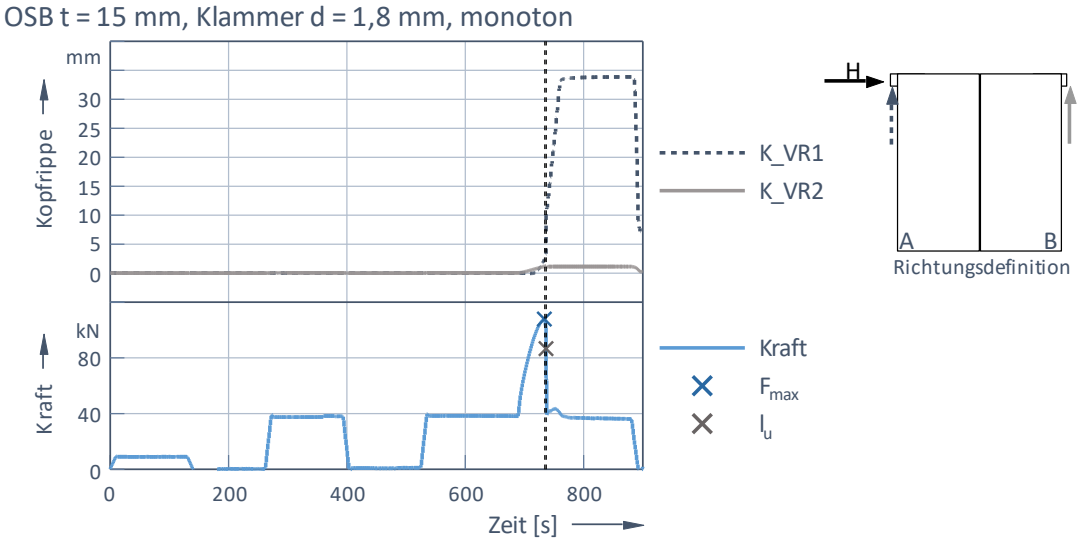


Abbildung B-9: Wegmessungen an Kopfrippe; WT 11_m_1

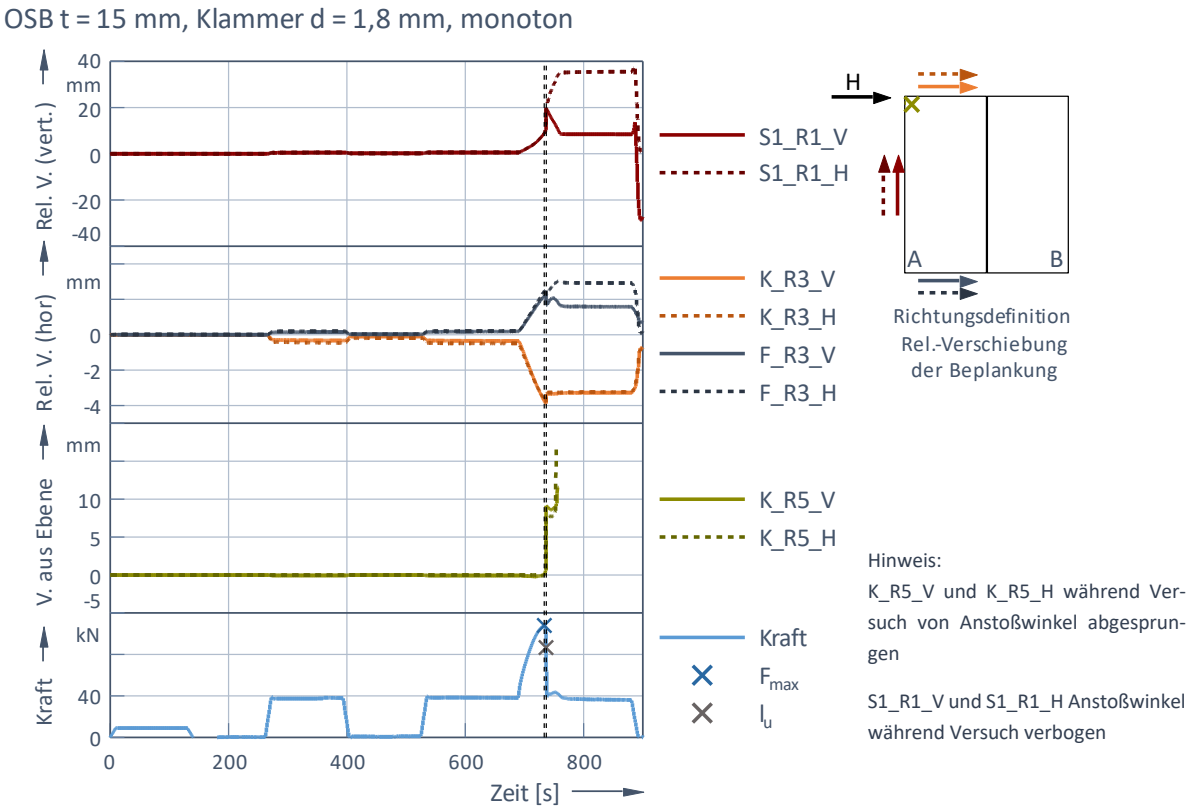


Abbildung B-10: Wegmessungen an Beplankung; WT 11_m_1

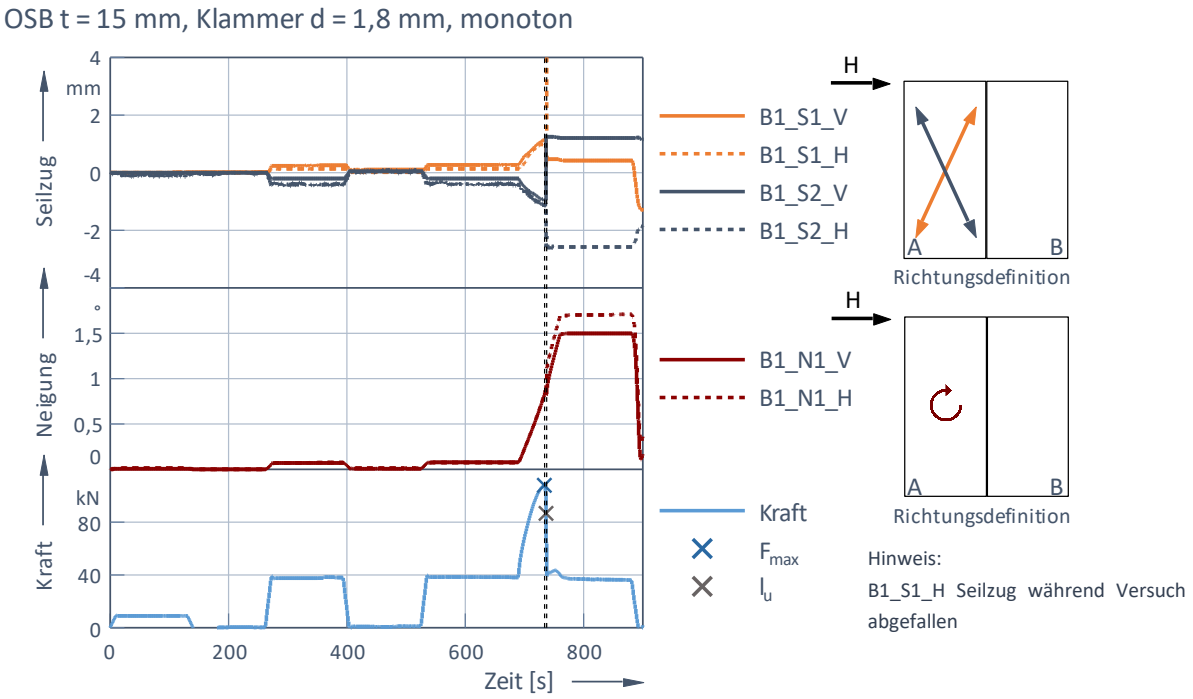


Abbildung B-11: Weg- und Neigungsmessungen an Beplankung; WT 11_m_1

Wandtafel 11_oA_m_1

Tabelle B-2: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 11_oA_m_1

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Kopf-/Fußrippe:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

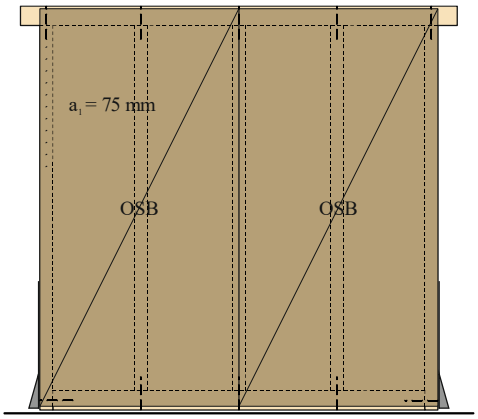


Abbildung B-12: Wandtafel 11_oA_m_1

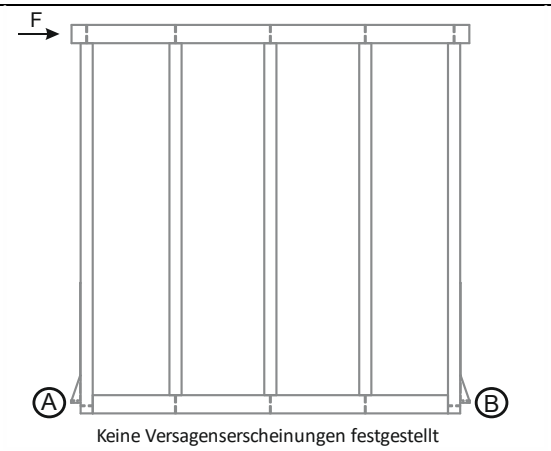
Untersuchung		
Datum	21.07.2023	
Raumtemperatur T	27,2 °C	
Raumfeuchte R_H	41 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 472 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 486 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 397 kg/m³	(Kopfrippe)
	$\rho_{ges,m}$ = 452 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	13,5 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	91,2 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

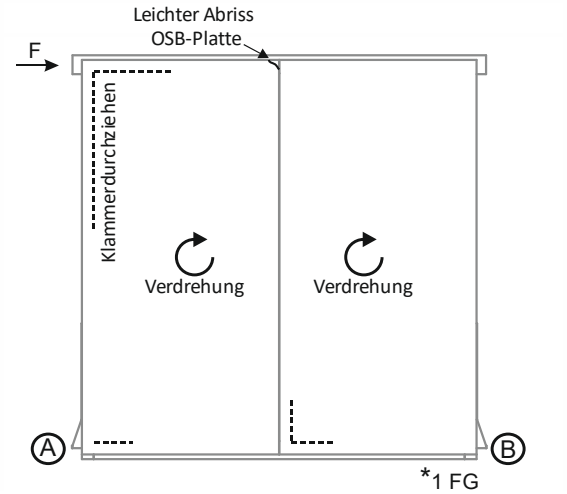
Abweichung ISO 21581:

- Grenzverschiebung l_u circa 4,5 Minuten nach Ende der Vorbelastung erreicht

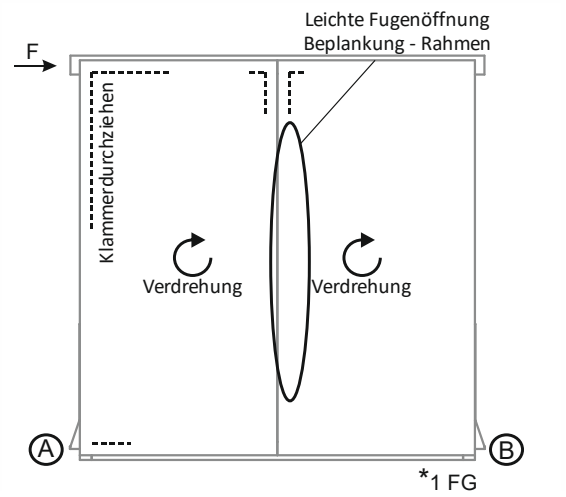
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)

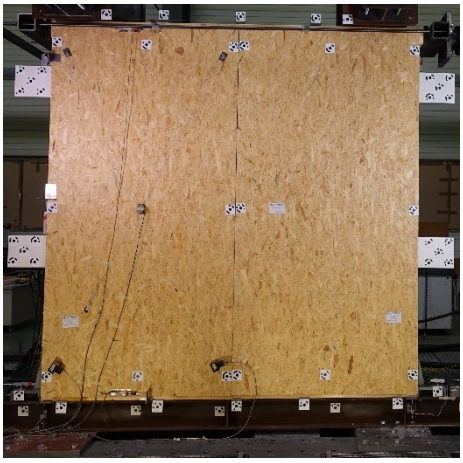


(b)

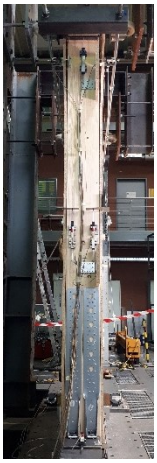


(c)

Abbildung B-13: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung Vorne (b) und Beplankung Hinten (c); WT 11_oA_m_1



(a)



(b)



(c)

Abbildung B-14: Versagensbild Vorderseite (a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Rückseite (c); WT 11_oA_m_1

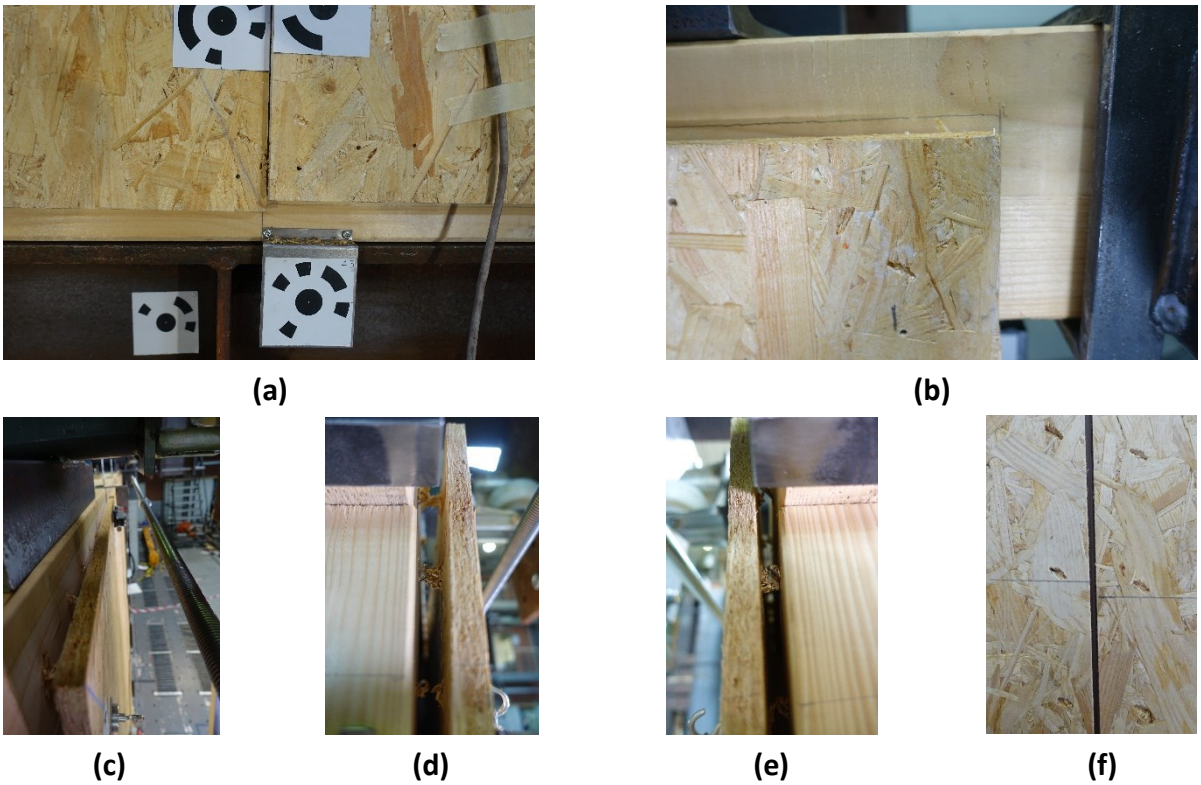


Abbildung B-15: Relativverschiebung Beplankung Vorderseite (a), Rotation Beplankung Vorderseite (b), Ablösen Beplankung 1 Vorderseite (c), Durchziehen Beplankungsklammern Vorderseite (d) und Rückseite (e), Relativverschiebung und Spaltöffnung Rückseite (f); WT 11_oA_m_1

Untersuchungsergebnisse

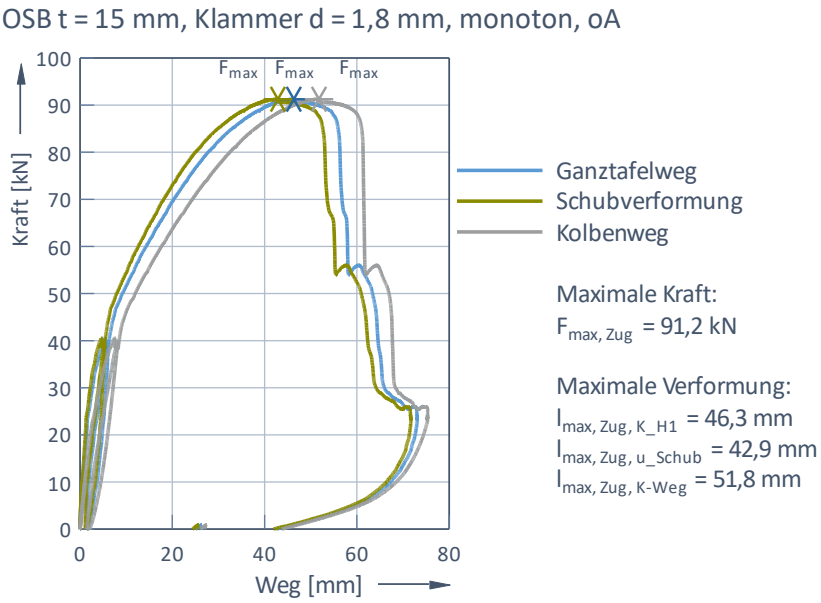


Abbildung B-16: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 11_oA_m_1

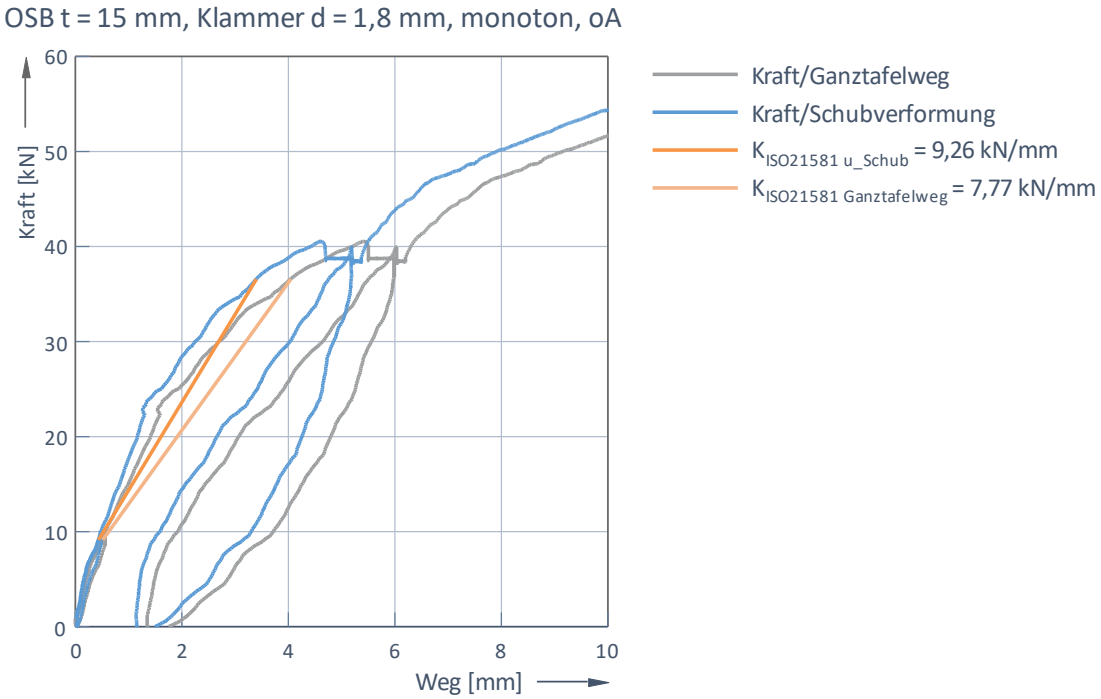


Abbildung B-17: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 11_oA_m_1

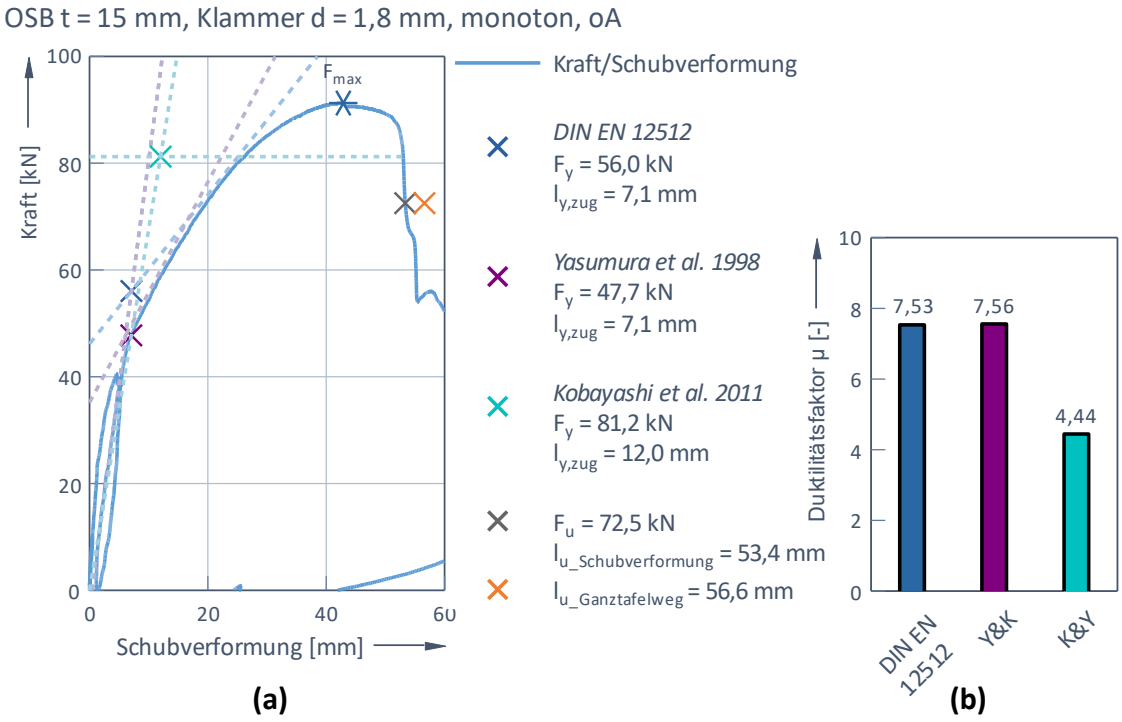


Abbildung B-18: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 11_oA_m_1

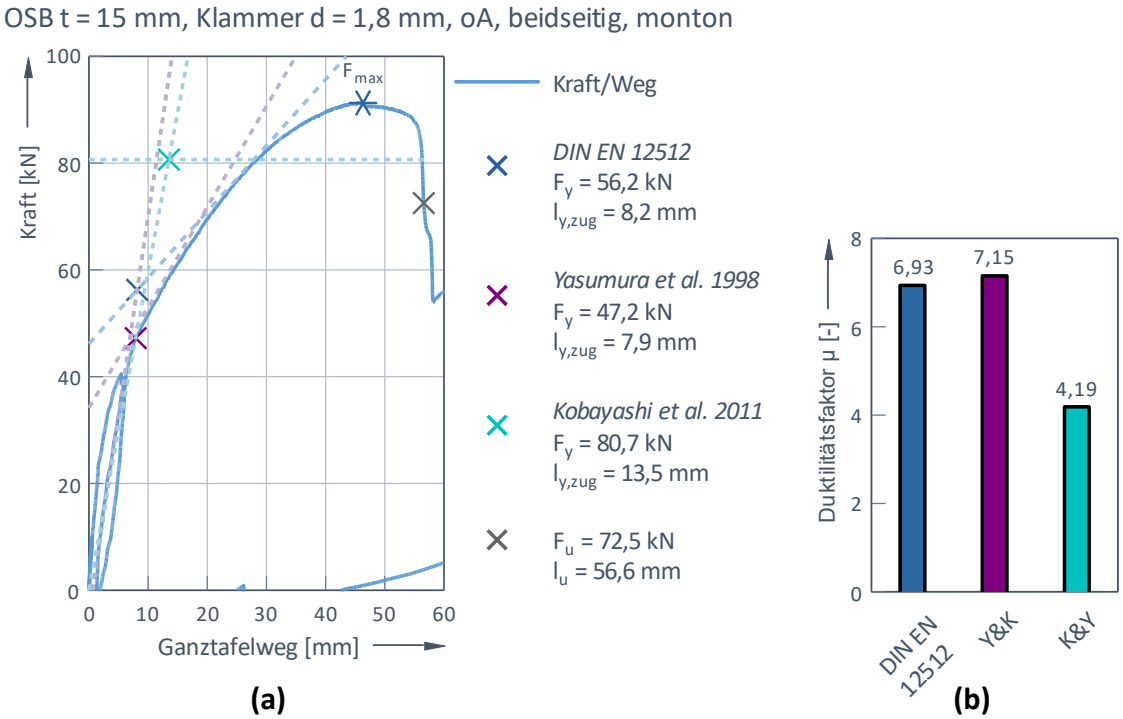


Abbildung B-19: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 11_oA_m_1

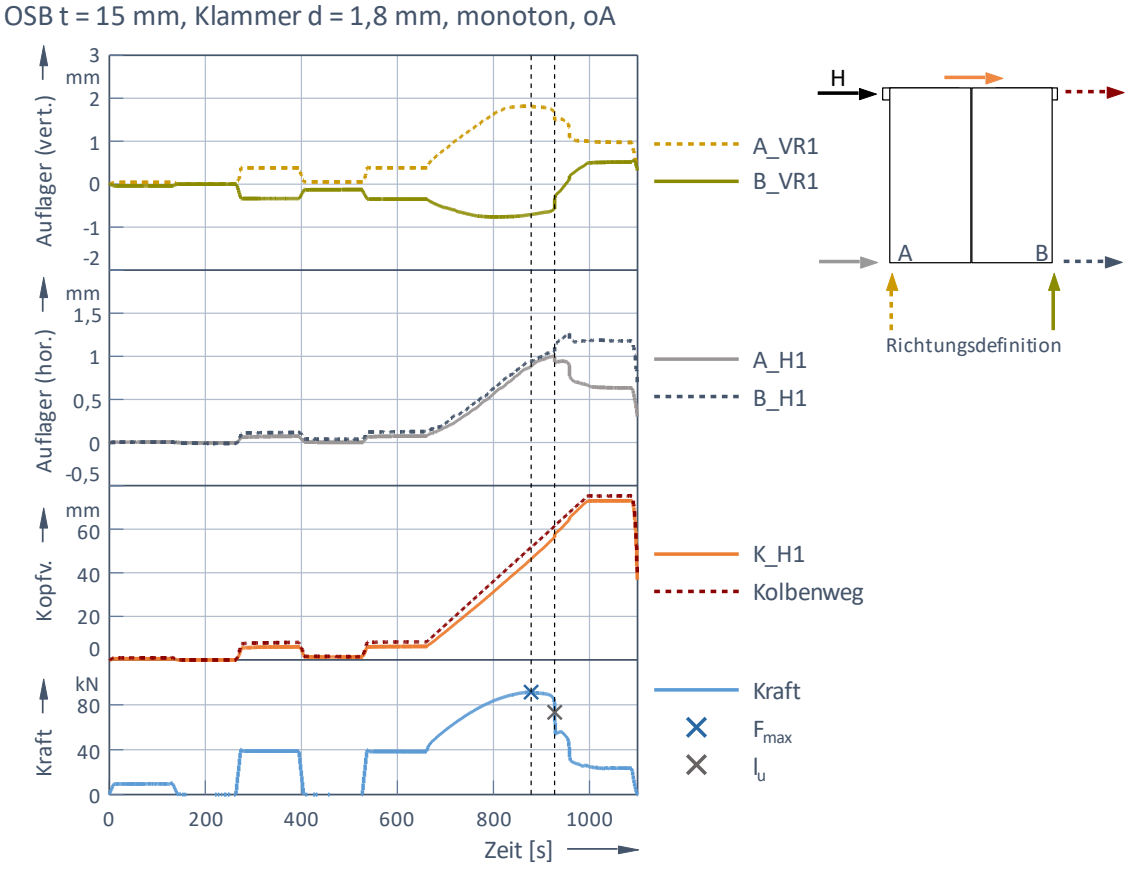


Abbildung B-20: Wegmessungen an Gesamtkörper; WT 11_oA_m_1

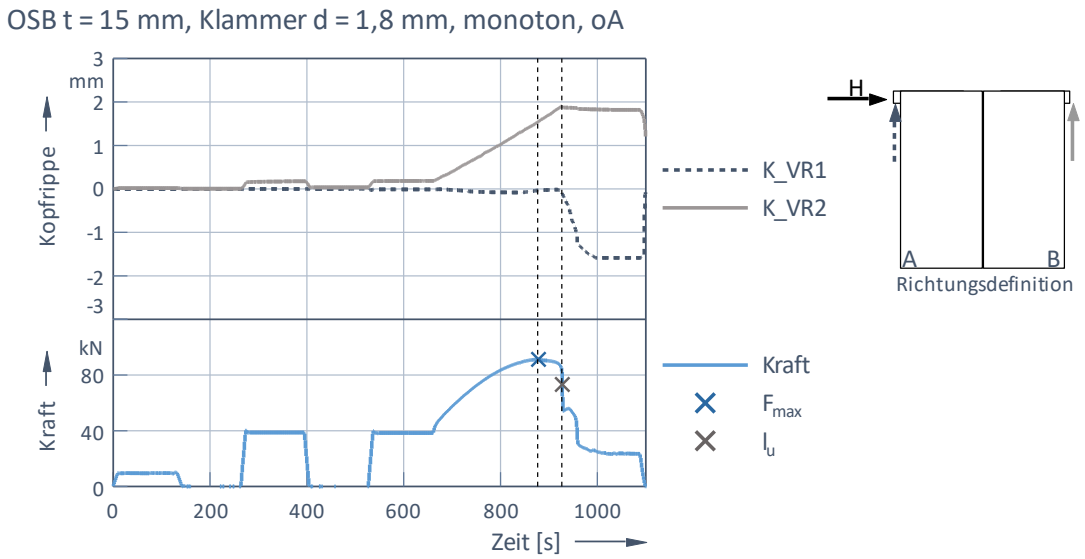


Abbildung B-21: Wegmessungen an Kopfrippe; WT 11_oA_m_1

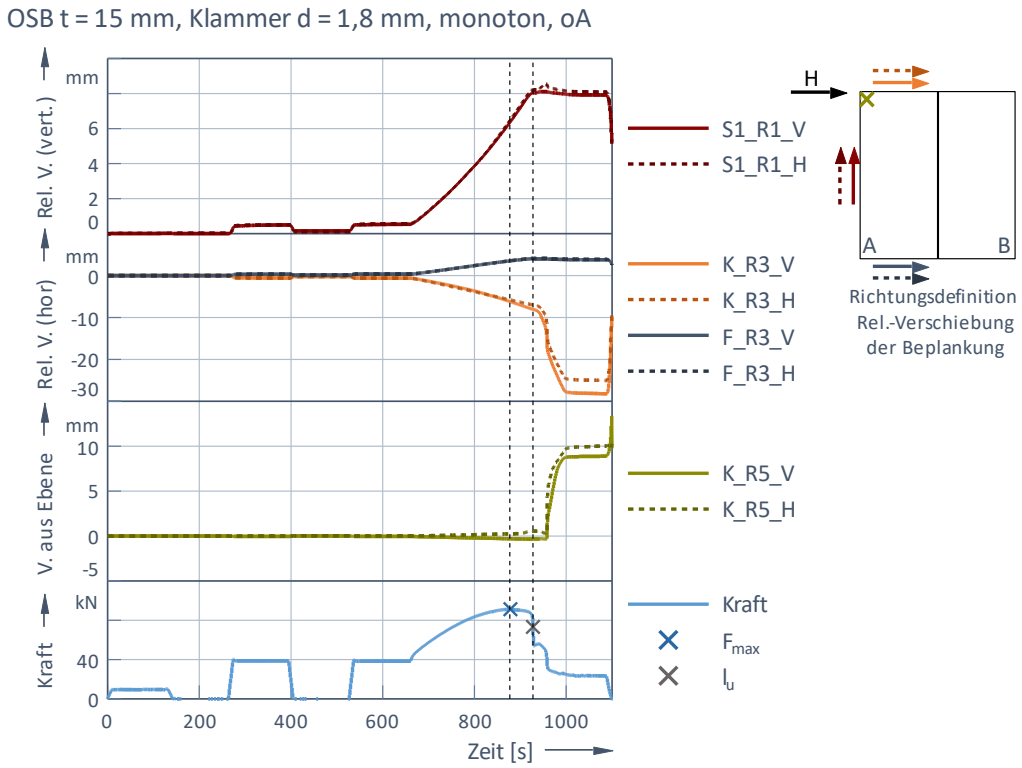


Abbildung B-22: Wegmessungen an Beplankung; WT 11_oA_m_1

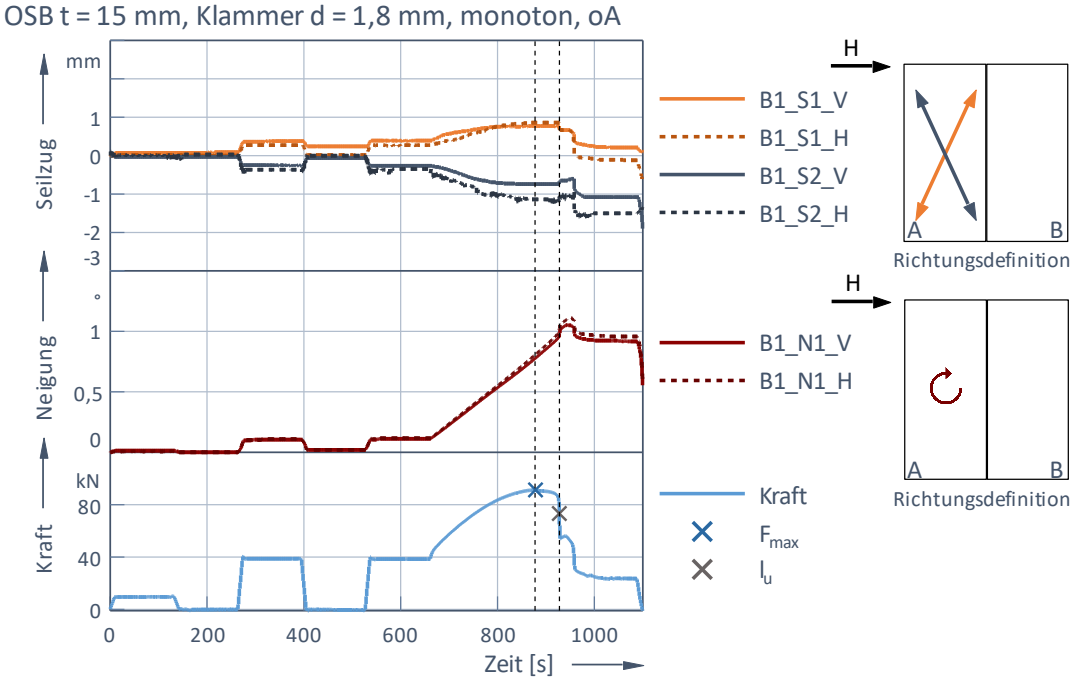


Abbildung B-23: Weg- und Neigungsmessungen an Beplankung; WT 11_oA_m_1

Wandtafel 12_m_1

Tabelle B-3: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 12_m_1

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Kopf-/Fußrippe:	120 x 200 mm , KVH C24, mit Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 12,5 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

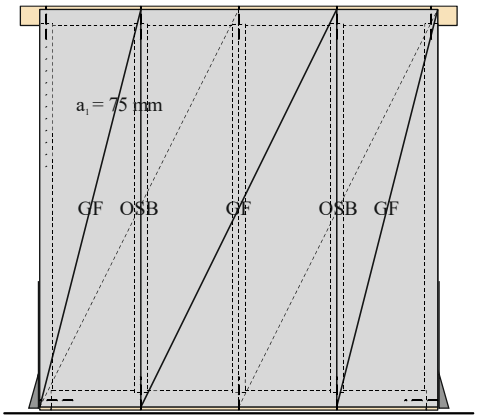


Abbildung B-24: Wandtafel 12_m_1

Untersuchung		
Datum	24.07.2023	
Raumtemperatur T	27,1 °C	
Raumfeuchte R_H	53 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 440 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 474 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 405 kg/m³	(Kopfrippe)
	$\rho_{ges,m}$ = 440 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	12,8 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	162 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Abweichung ISO 21581:

- Überschätzung der Tragfähigkeit: Vorbelastung mit 0,47 F_{max} statt 0,40 F_{max}
- Grenzverschiebung l_u circa 4 Minuten nach Ende der Vorbelastung erreicht

Wandtafel:

- Klammerung von Beplankung und Bekleidung in Stiel 1 und Fußrippe ohne Versatz

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

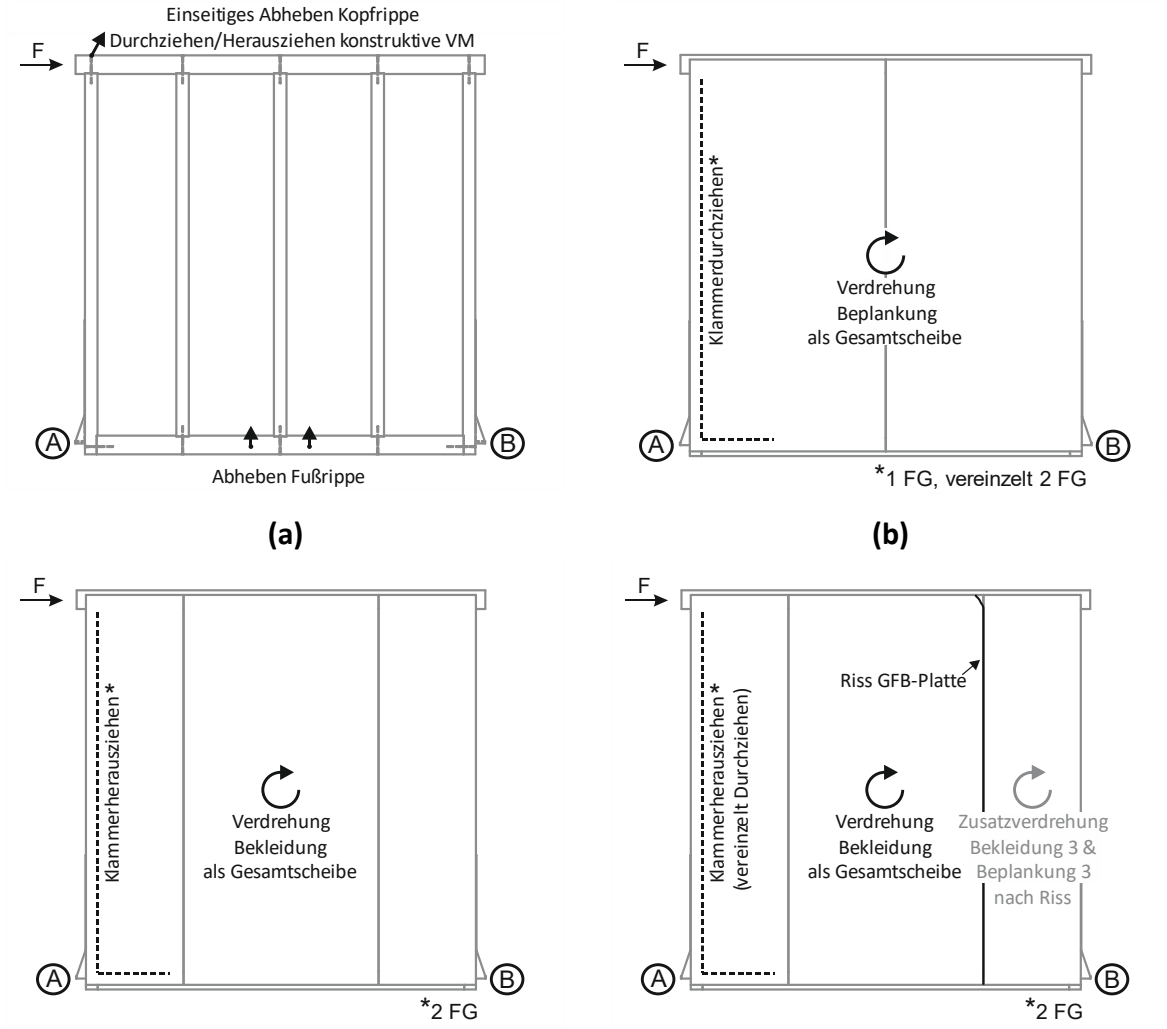
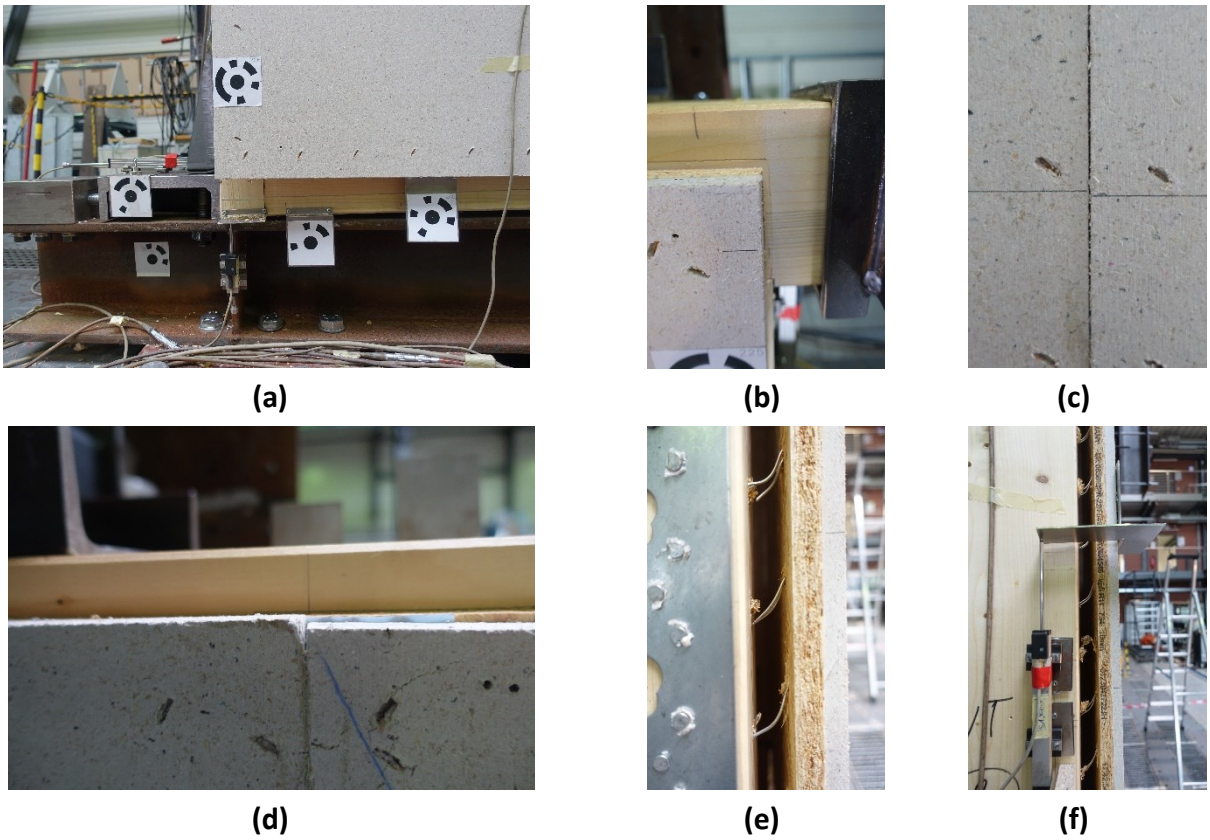


Abbildung B-25: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung Vorne und Hinten (b), Bekleidung Vorne (c) und Bekleidung Hinten(d); WT 12_m_1



(a) **(b)** **(c)**

Abbildung B-26: Versagensbild Vorderseite (a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Rückseite (c); WT 12_m_1



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

Abbildung B-27: Rotation Beplankung und Bekleidung (a-b), Rissbildung GFB-Bekleidung Rückseite (c-d), Durchziehen Beplankungsklammern und Herausziehen Bekleidungsklammern (e-f); WT 12_m_1

Untersuchungsergebnisse

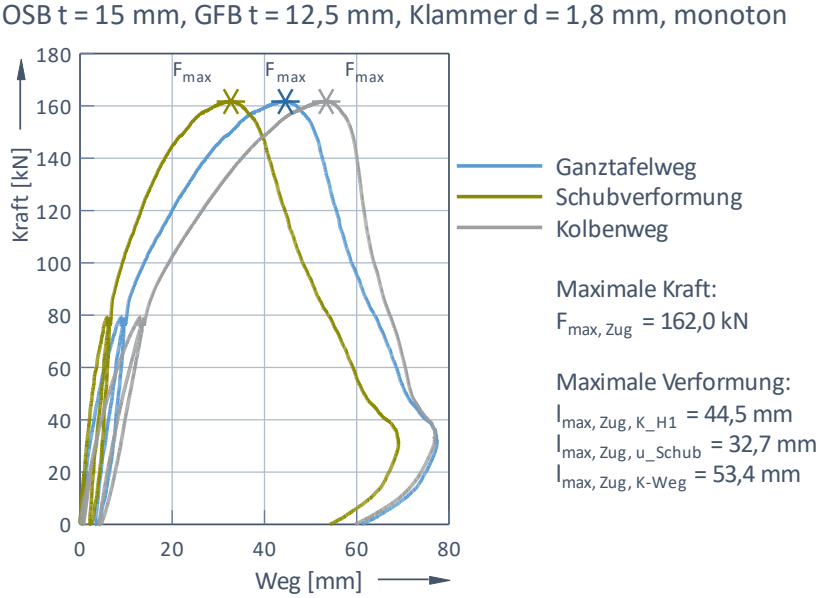


Abbildung B-28: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 12_m_1

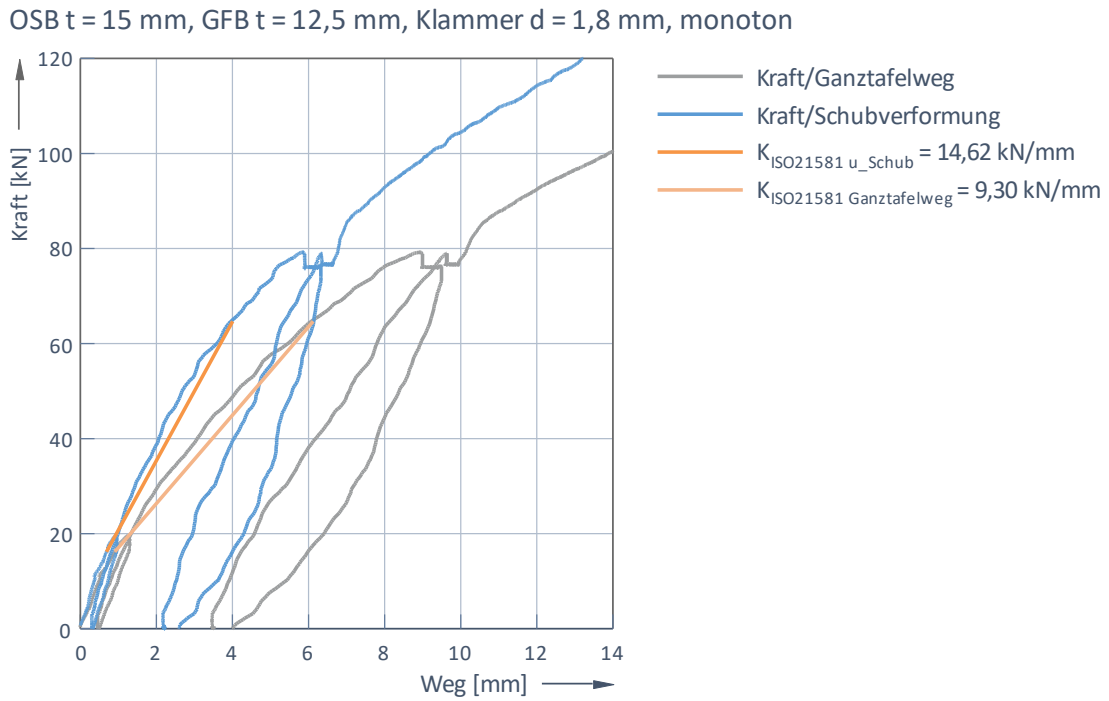


Abbildung B-29: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 12_m_1

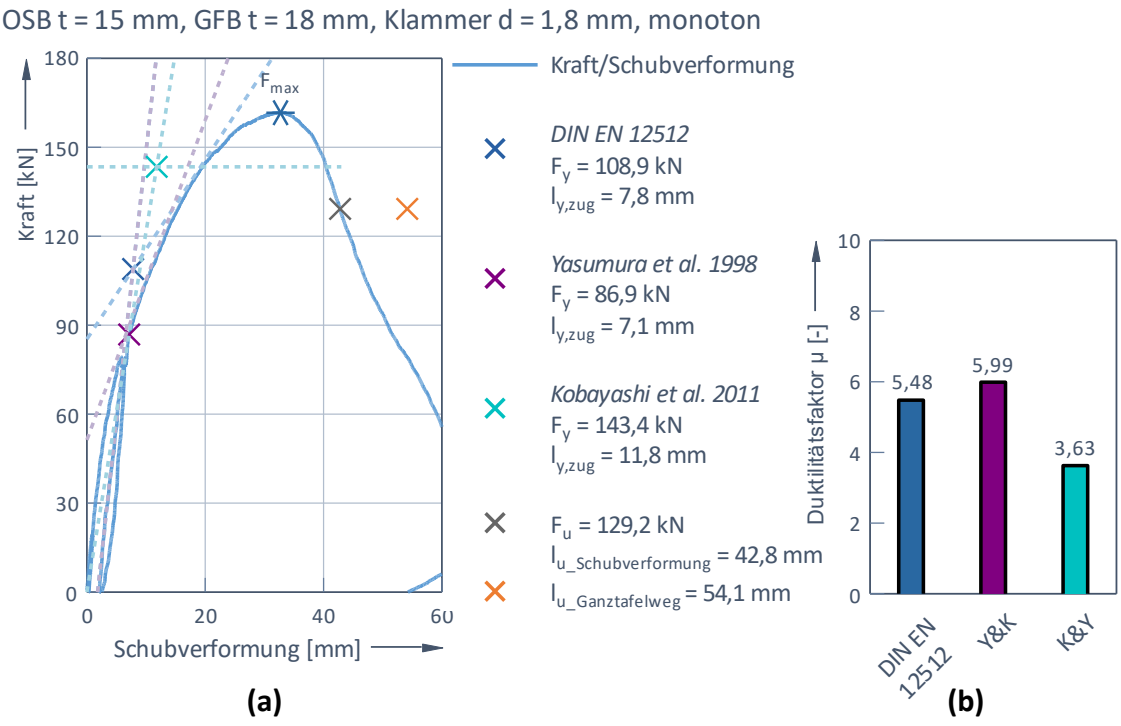


Abbildung B-30: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 12_m_1

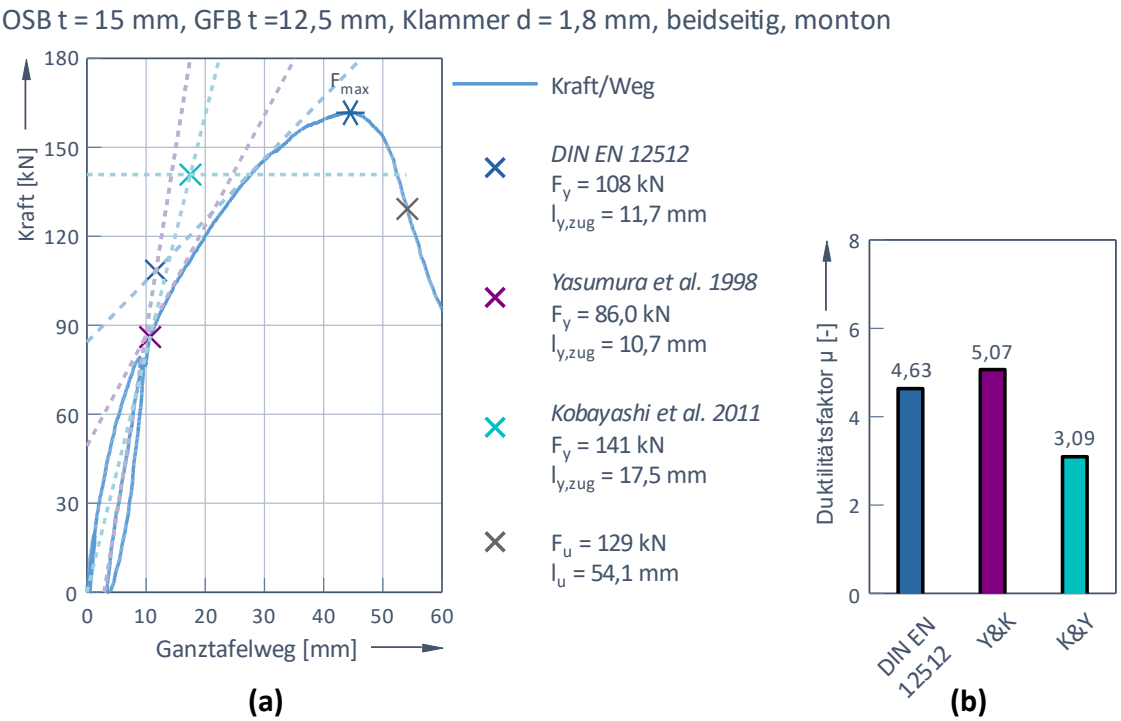


Abbildung B-31: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 12_m_1

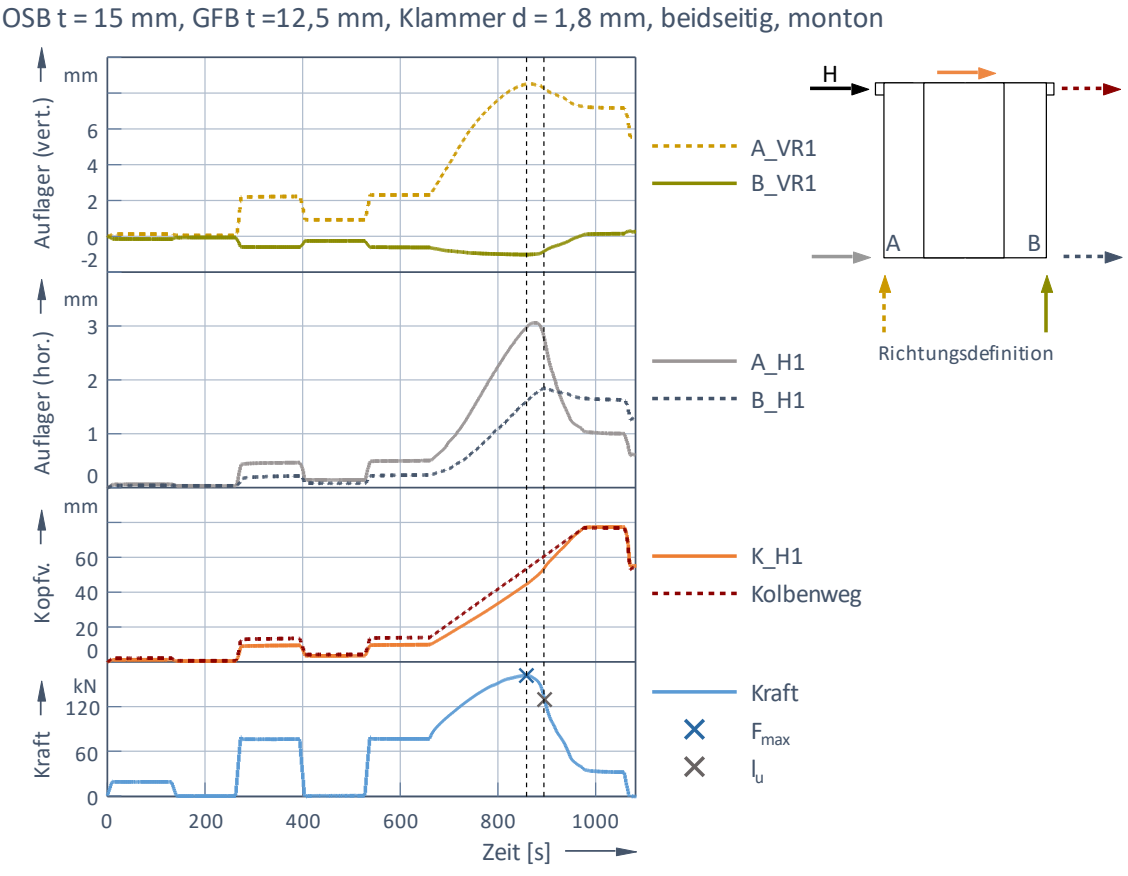


Abbildung B-32: Wegmessungen an Gesamtkörper; WT 12_m_1

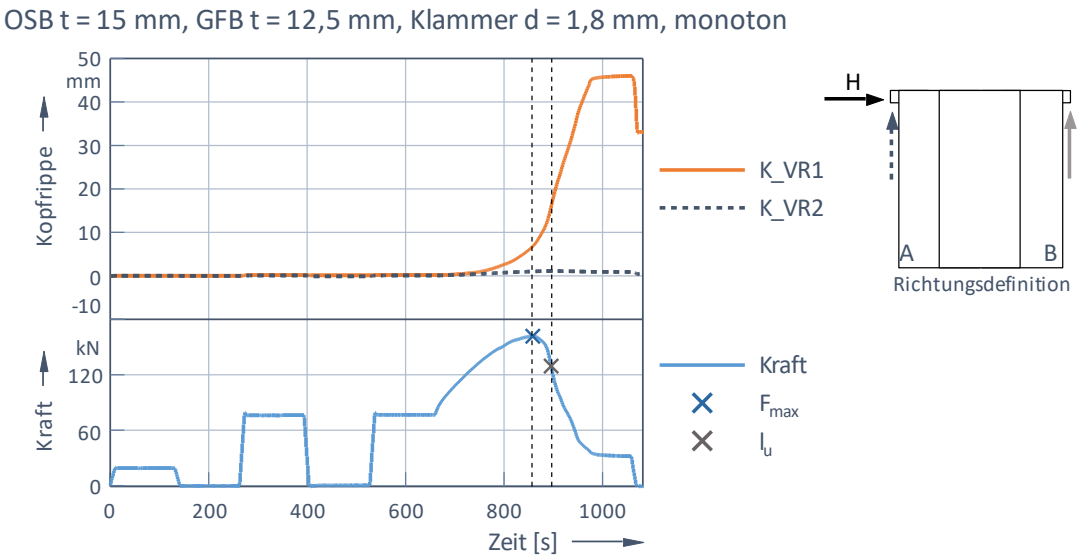


Abbildung B-33: Wegmessungen an Kopfrippe; WT 12_m_1

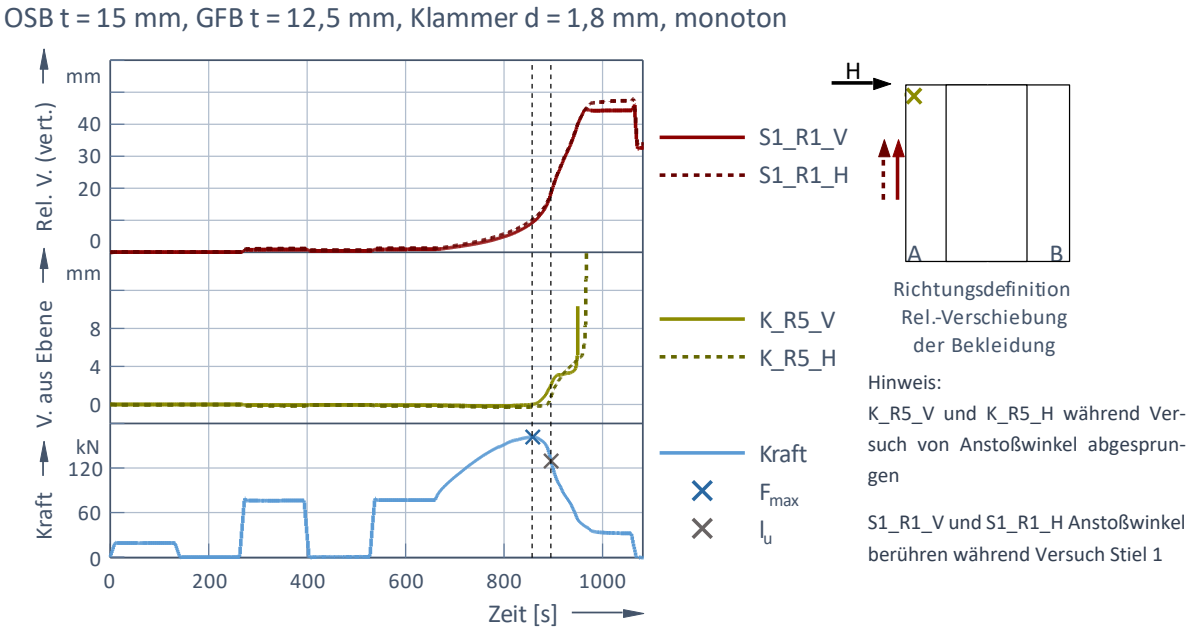


Abbildung B-34: Wegmessungen an Bekleidung; WT 12_m_1

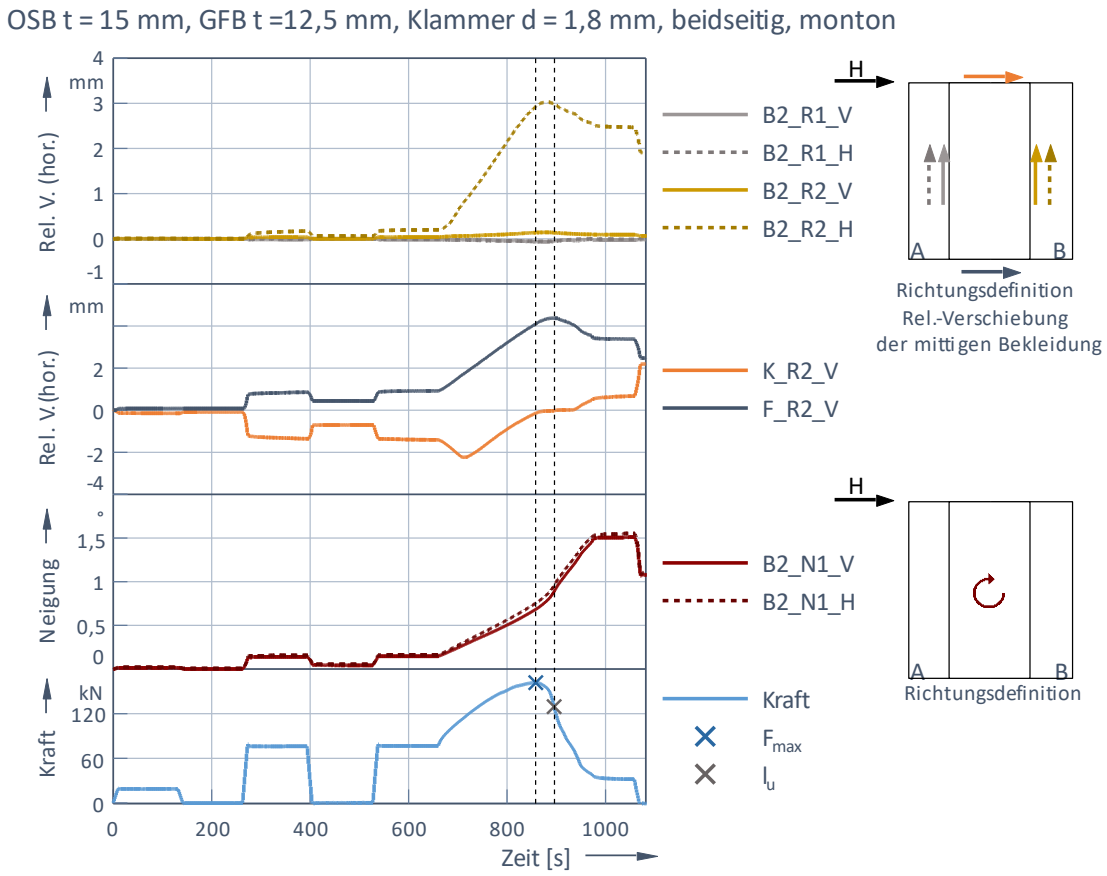


Abbildung B-35: Weg- und Neigungsmessungen an Bekleidung; WT 12_m_1

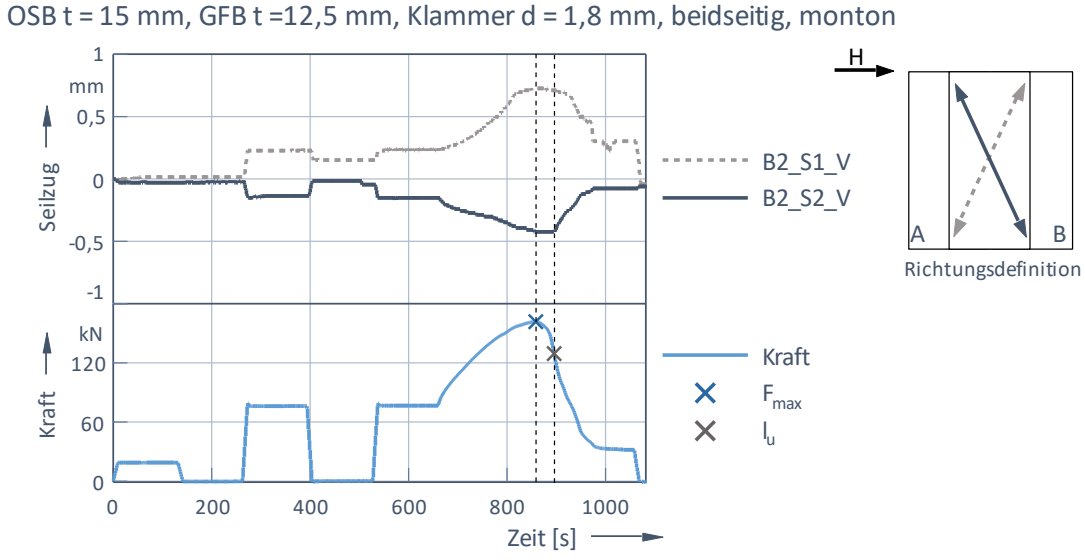


Abbildung B-36: Weg- und Neigungsmessungen an Bekleidung; WT 12_m_1

Wandtafel 12_oA_m_1

Tabelle B-4: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 12_oA_m_1

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Kopf-/Fußrippe:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 12,5 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

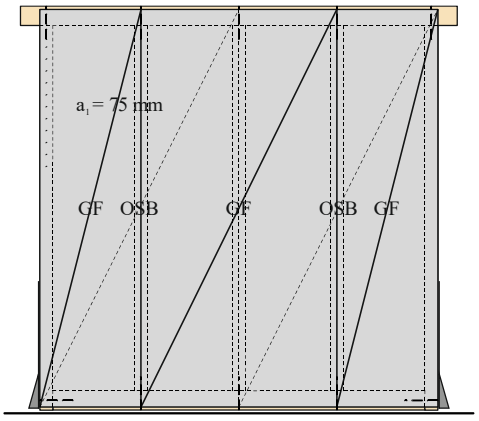


Abbildung B-37: Wandtafel 12_oA_m_1

Untersuchung		
Datum	25.07.2023	
Raumtemperatur T	24,4 °C	
Raumfeuchte R_H	46 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 660 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 676 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 454 kg/m³	(Kopfrippe)
	$\rho_{ges,m}$ = 597 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	15,6 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	172 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Wandtafel:

- Klammerung von Beplankung und Bekleidung in Stiel 1 ohne Versatz

Während Versuch:

- Rissbildung in Bekleidung 2 auf Wandtafelrückseite vor Erreichen des ersten Lasthochpunktes

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

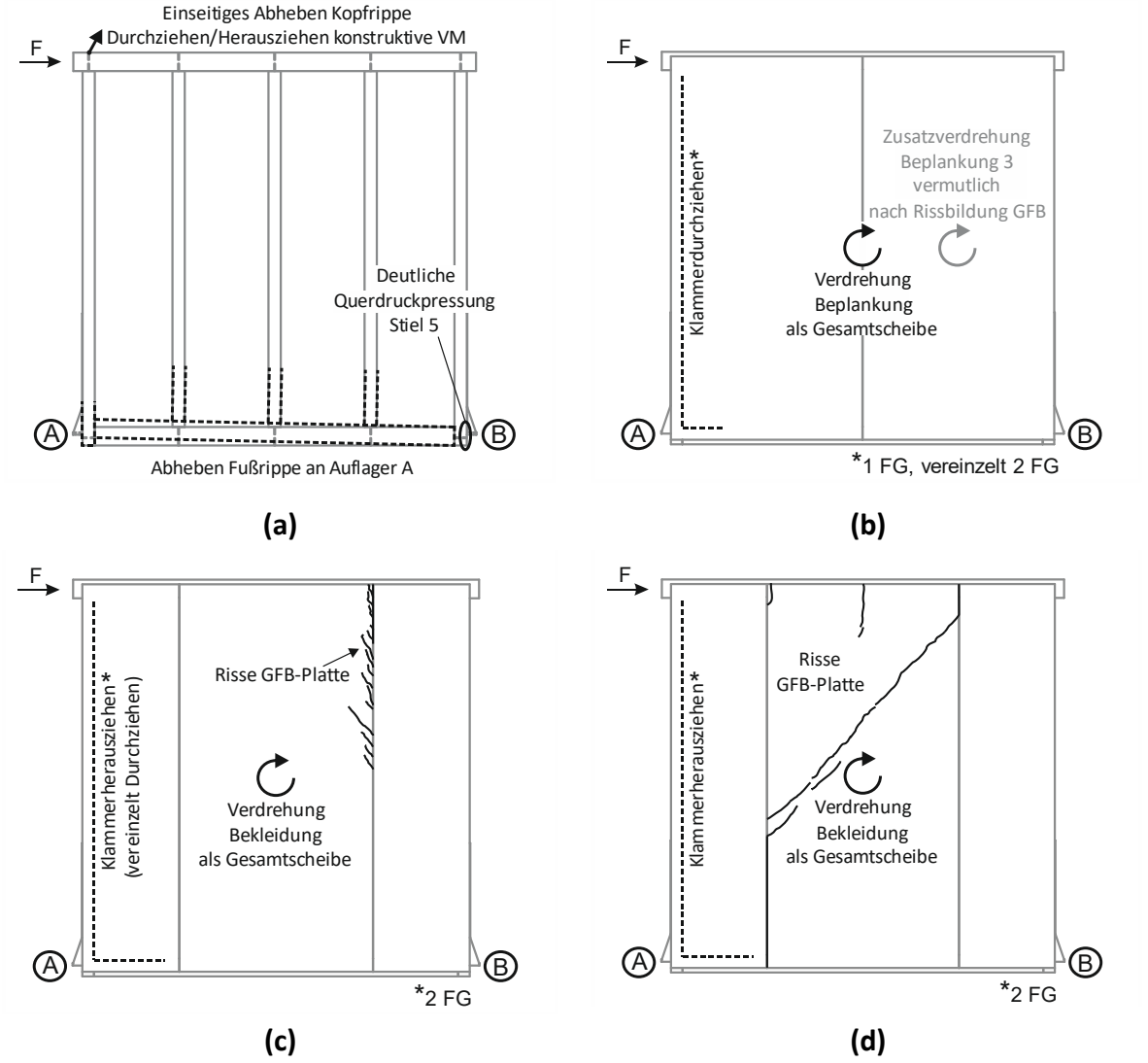
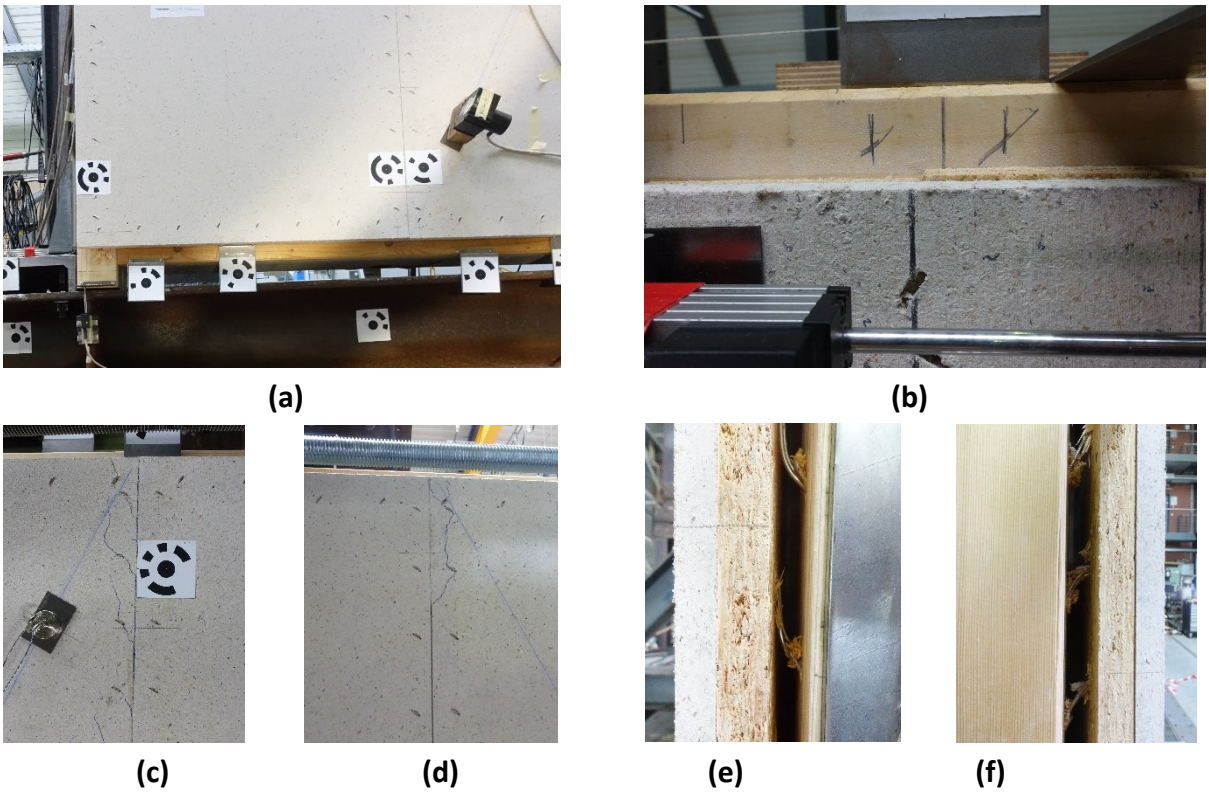


Abbildung B-38: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung Vorne und Hinten (b), Bekleidung Vorne (c) und Bekleidung Hinten(d); WT 12_oA_m_1



(a) **(b)** **(c)**

Abbildung B-39: Versagensbild Vorderseite (a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Rückseite (c); WT 12_oA_m_1



(a) (b)

(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-40: Abheben Fußrippe und Rotation Beplankung und Bekleidung (a-b), Rissbildung GFB-Bekleidung Vorderseite (c) und Rückseite (d), Durchziehen und Herausziehen Beplankungsklammern und Bekleidungsklammern (e-f); WT 12_oA_m_1

Untersuchungsergebnisse

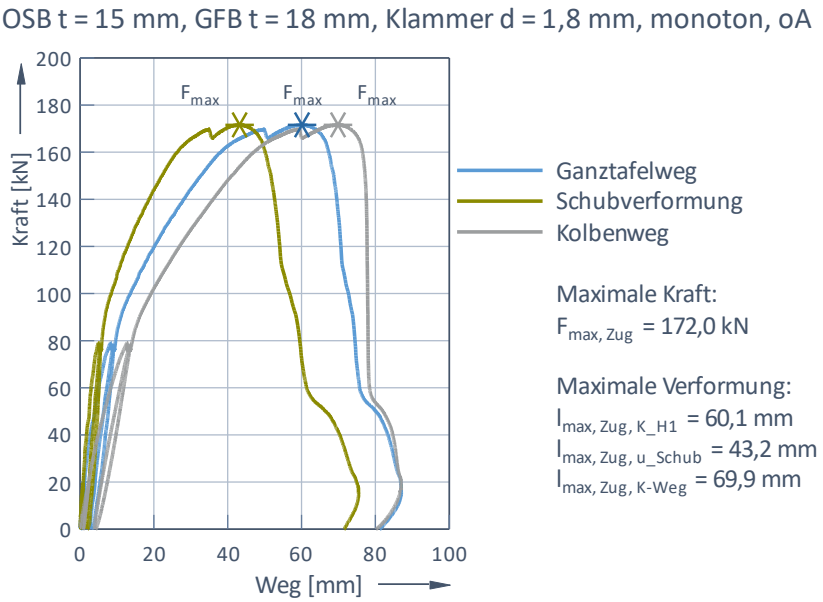


Abbildung B-41: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 12_oA_m_1

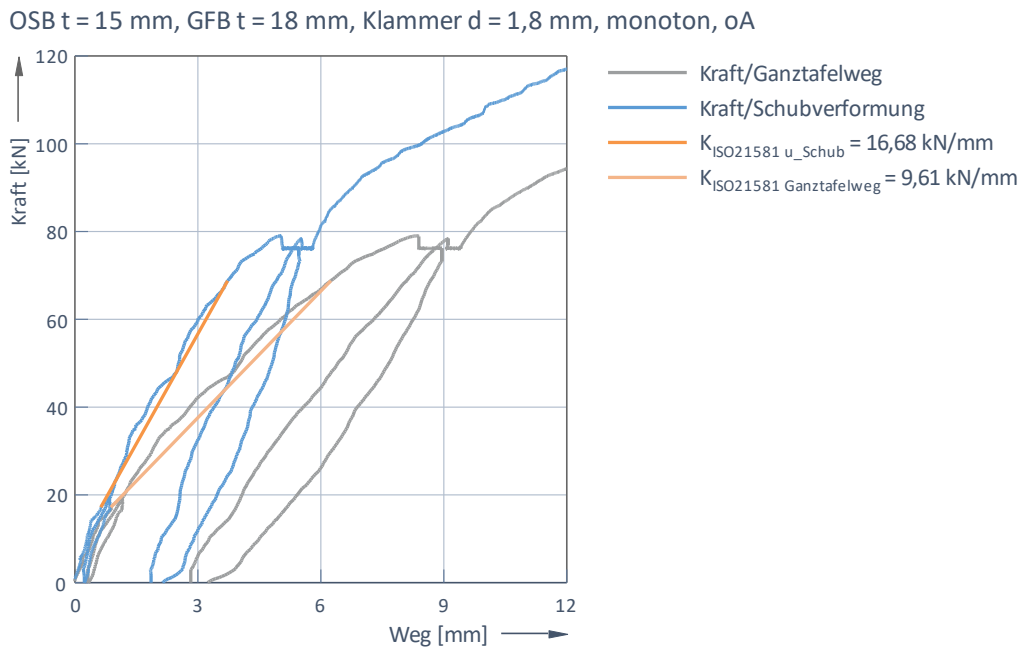


Abbildung B-42: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 12_oA_m_1

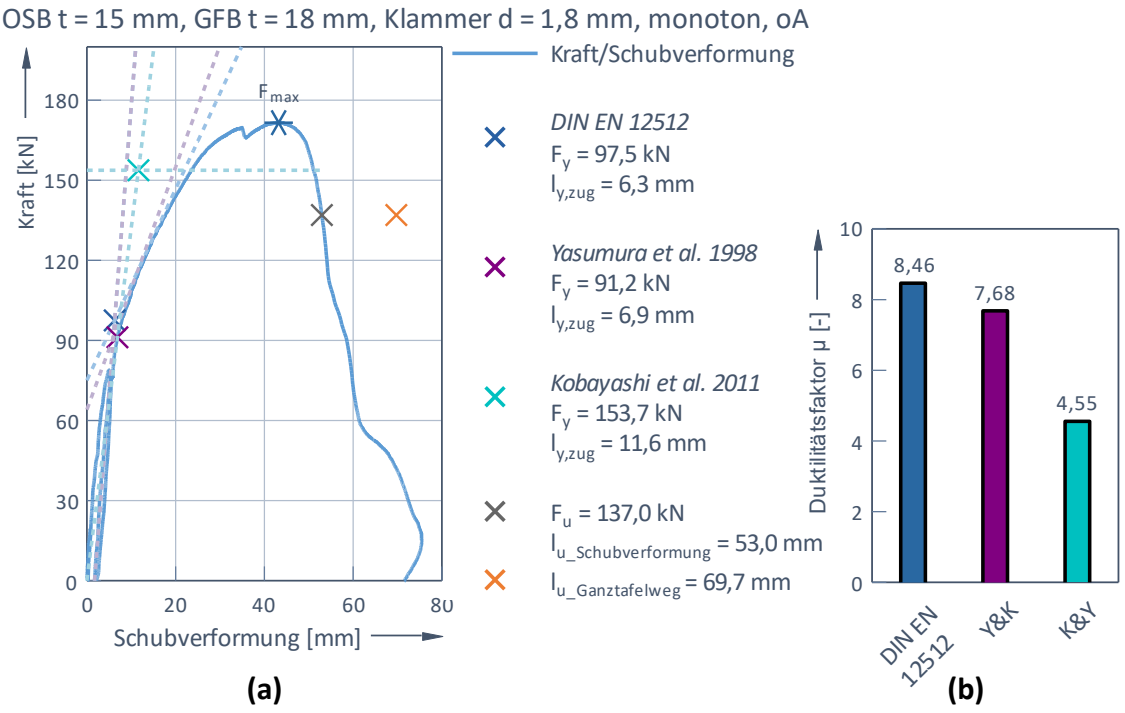


Abbildung B-43: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 12_oA_m_1

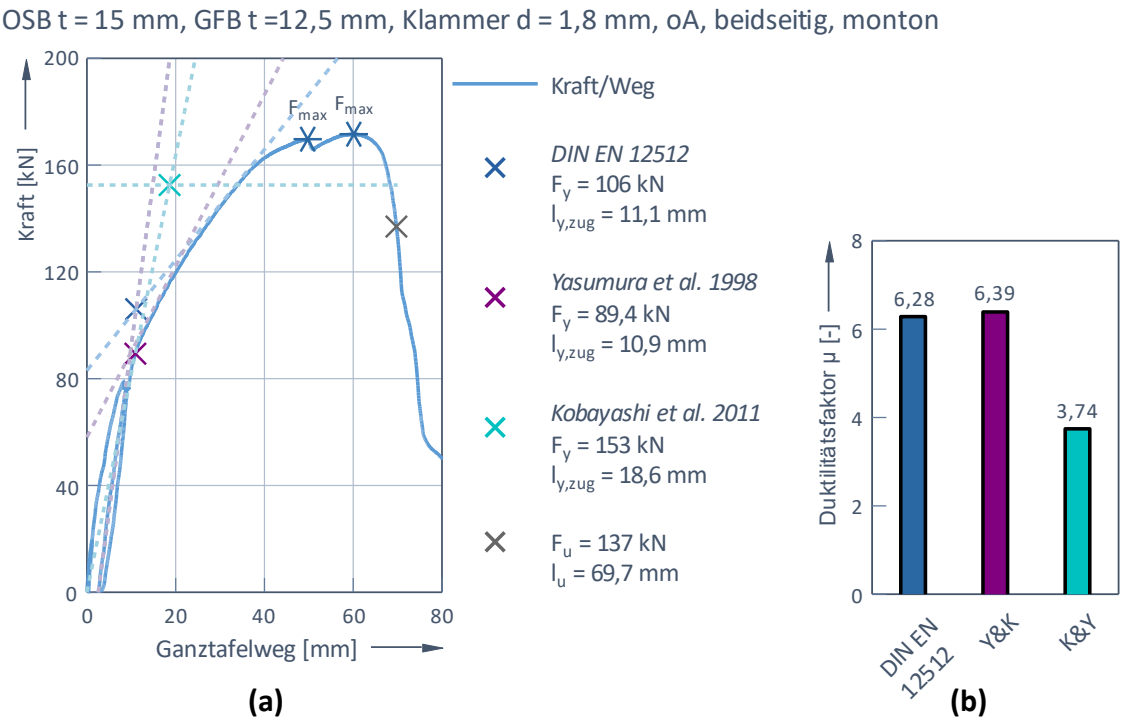


Abbildung B-44: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 12_oA_m_1

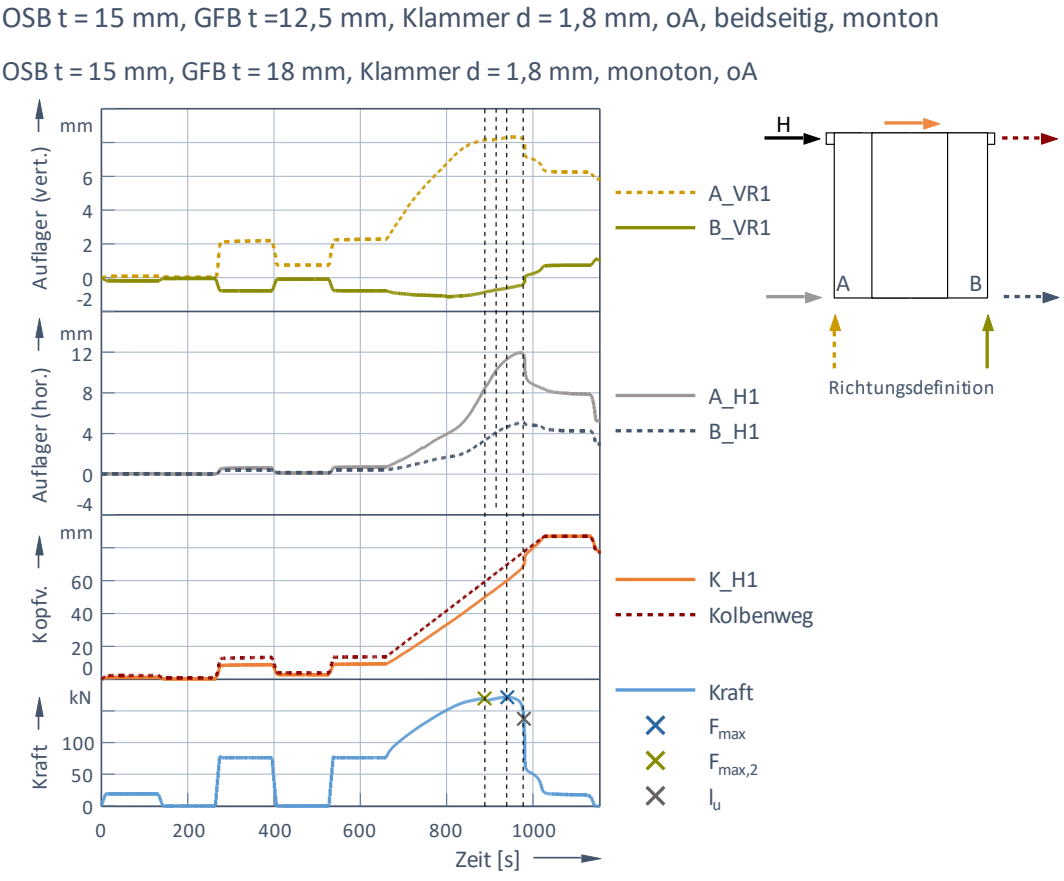


Abbildung B-45: Wegmessungen an Gesamtkörper; WT 12_oA_m_1

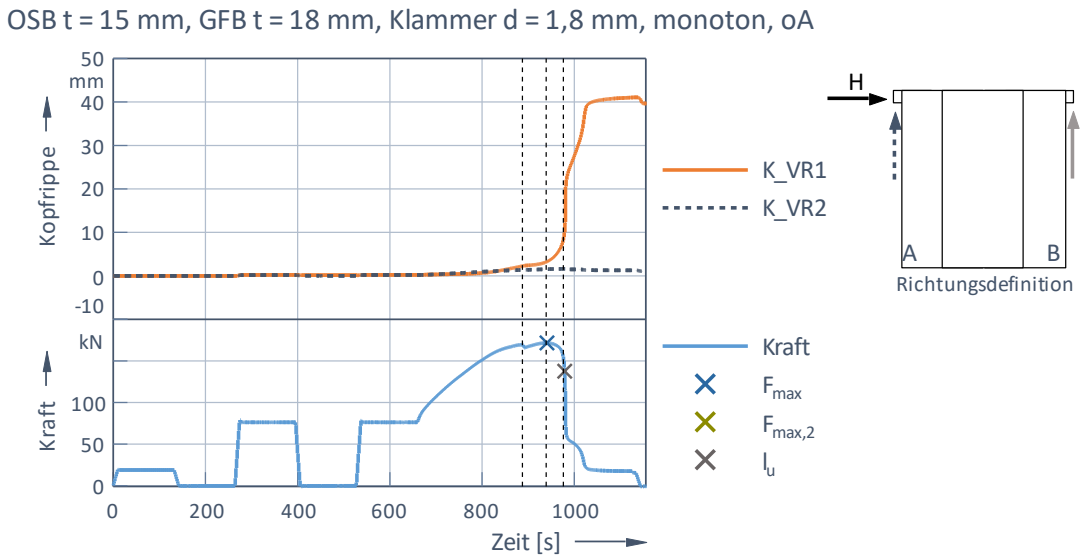


Abbildung B-46: Wegmessungen an Kopfrippe; WT 12_oA_m_1

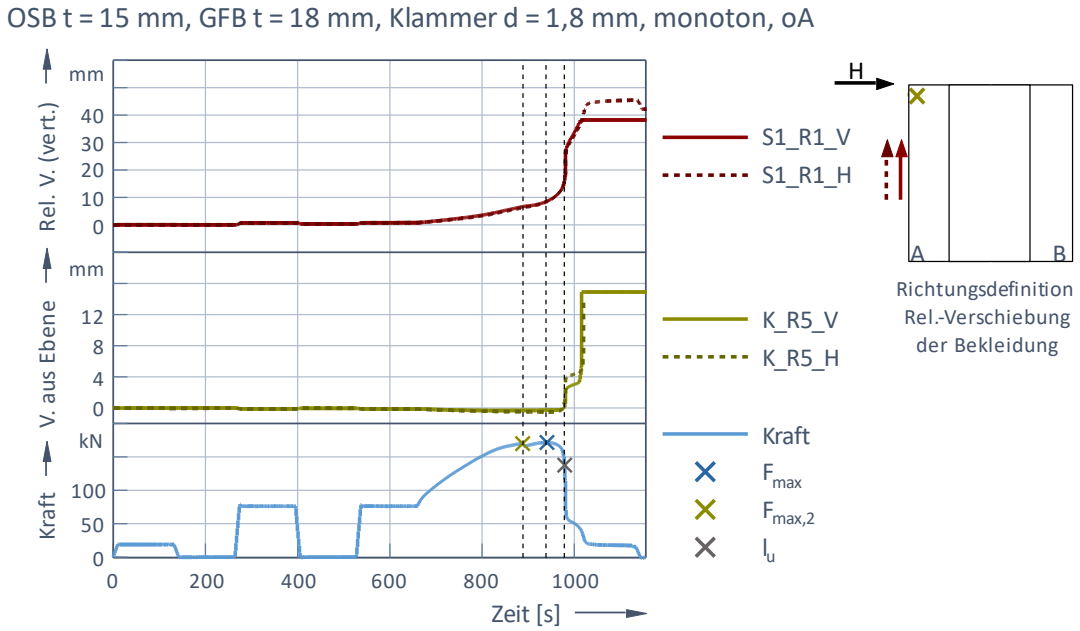


Abbildung B-47: Wegmessungen an Bekleidung; WT 12_oA_m_1

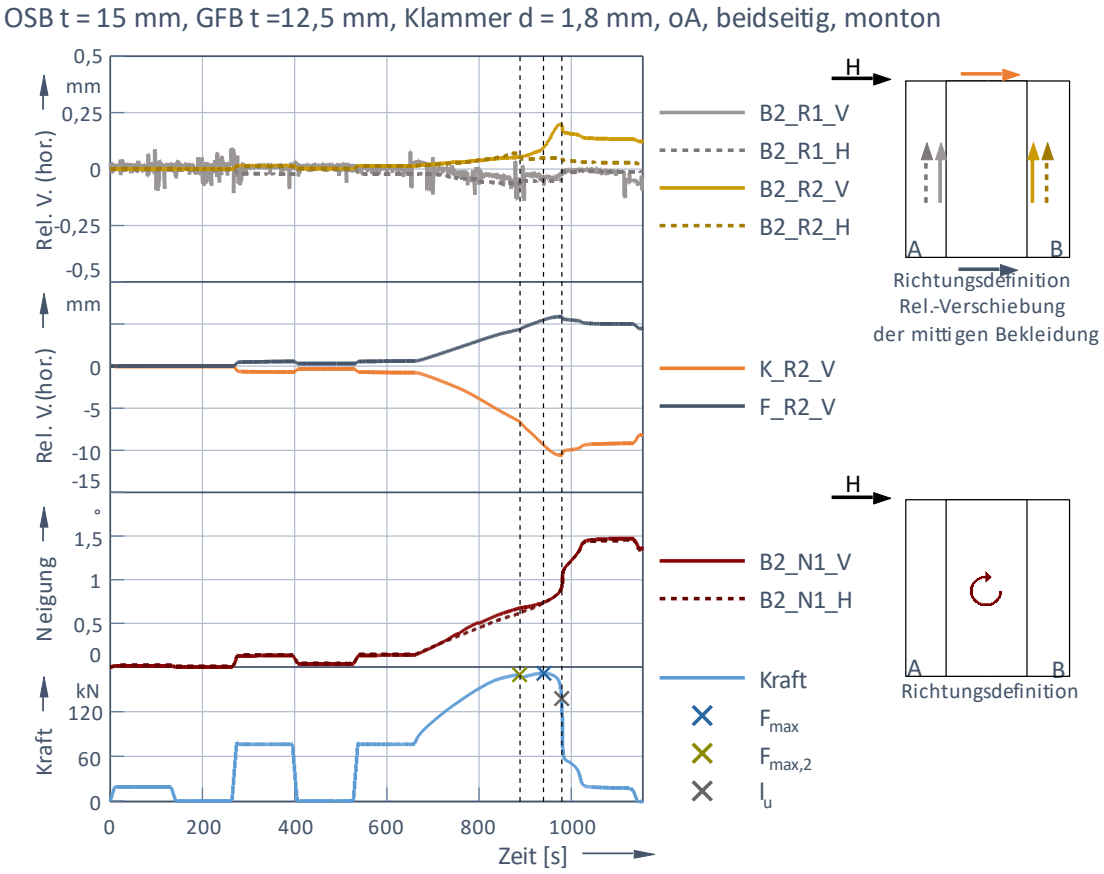


Abbildung B-48: Weg- und Neigungsmessungen an Bekleidung; WT 12_oA_m_1

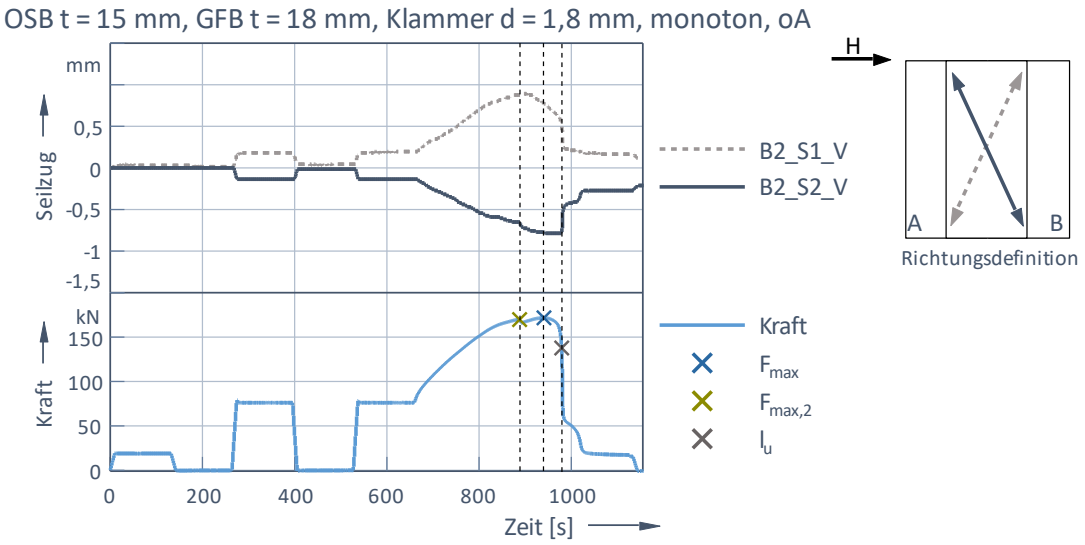


Abbildung B-49: Weg- und Neigungsmessungen an Bekleidung; WT 12_oA_m_1

Wandtafel 13_m_1

Tabelle B-6: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 13_m_1

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

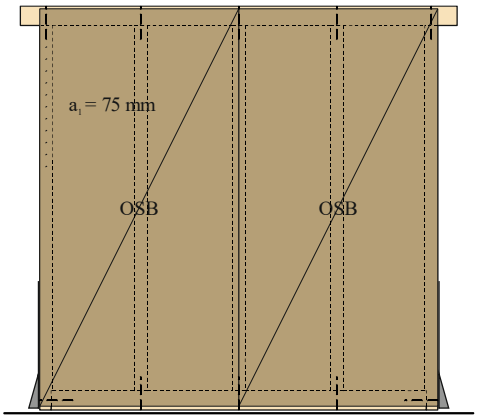


Abbildung B-50: Wandtafel 13_m_1

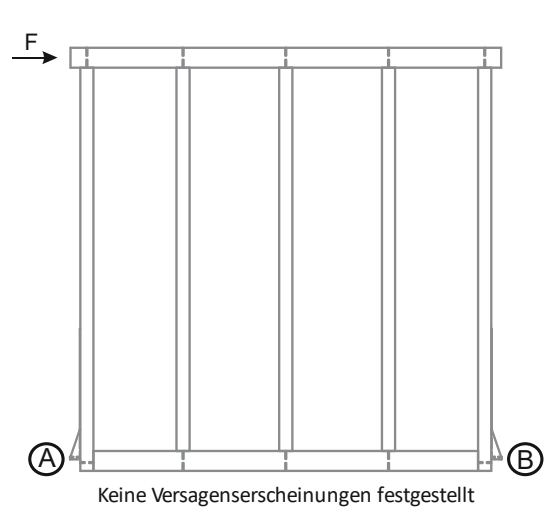
Untersuchung		
Datum	04.01.2024	
Raumtemperatur T	20,5°C	
Raumfeuchte R_H	44 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 455 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 394 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 410 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 420 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	16,7 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	99,2 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

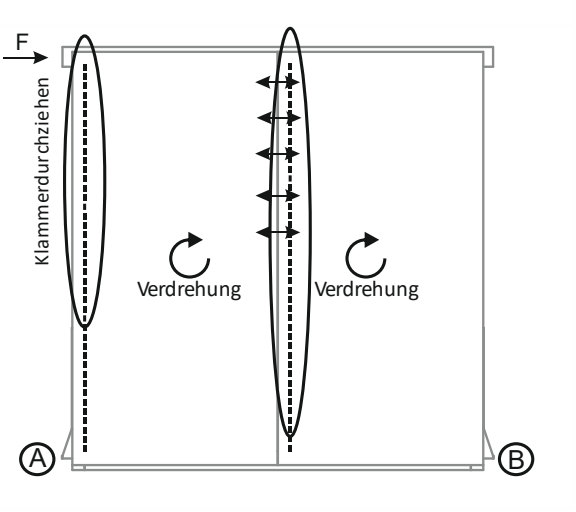
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Einzelplatten
- Ablösen der Beplankung an S1 (Platten 1) und S3 (Platten 3) vorne und hinten
- Leichtes Ablösen der Beplankung an S5 (Platten 3) und S3 (Platten 1)
- Aufsetzen der Lasteinleitung auf der Beplankung an S1 nach F_{max}

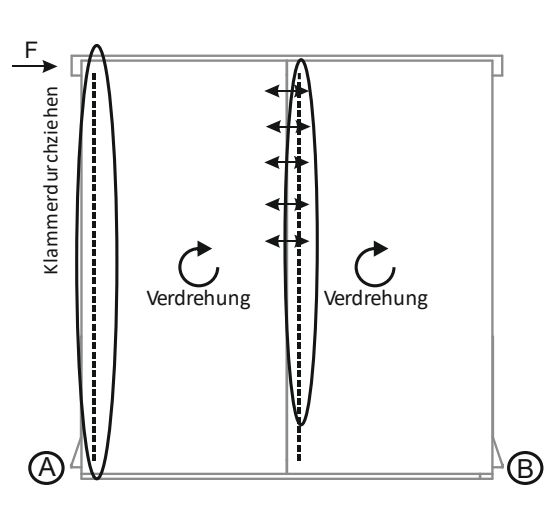
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)



(b)



(c)

Abbildung B-51: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne(b) und Beplankung hinten (c); WT 13_m_1



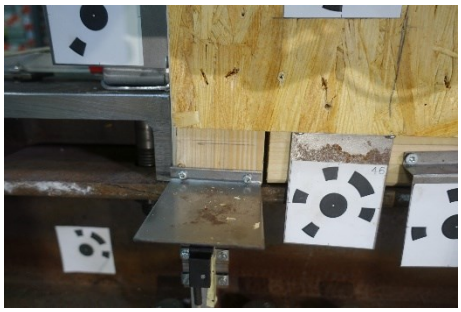
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Abbildung B-52: Ansicht Vorderseite (a) und Rückseite (c) nach Versuch, Stiel 1 nach Versuch (b), Öffnung des Stoßes von Schwelle und S1 (d), Aufsetzen der Lasteinleitung auf der Beplankung (e); WT 13_m_1

Untersuchungsergebnisse

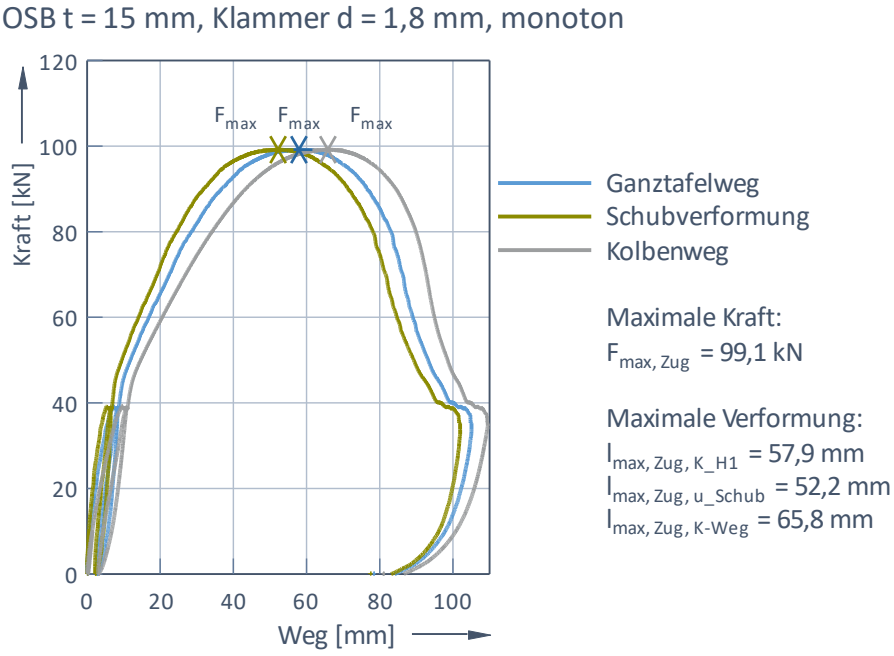


Abbildung B-53: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 13_m_1

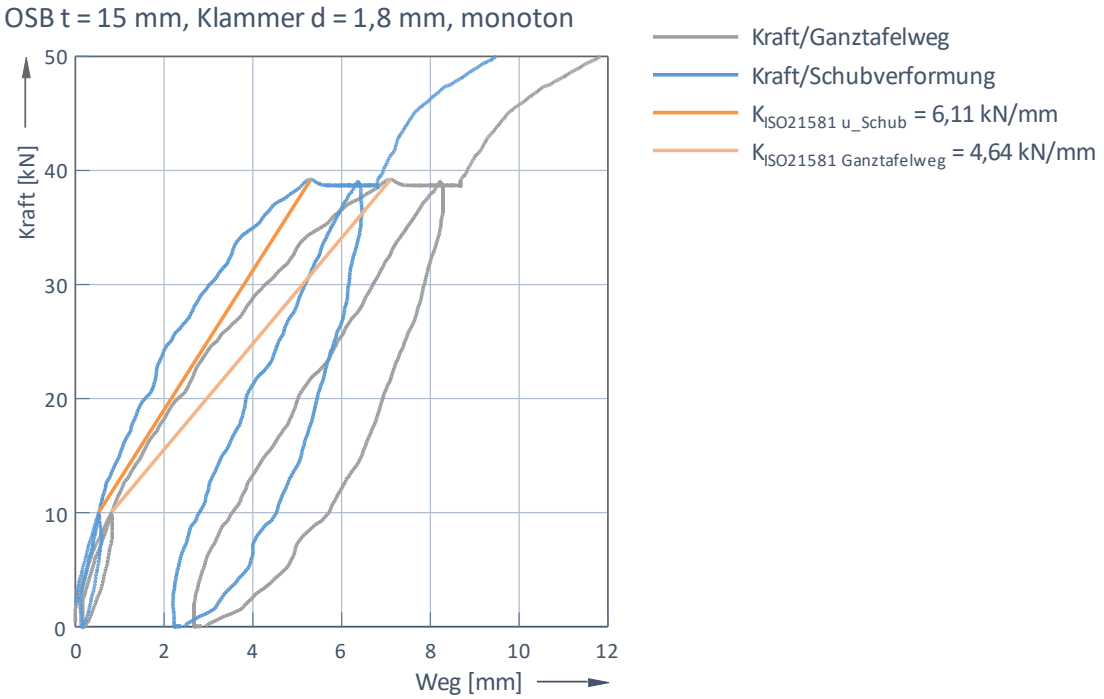


Abbildung B-54: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 13_m_1

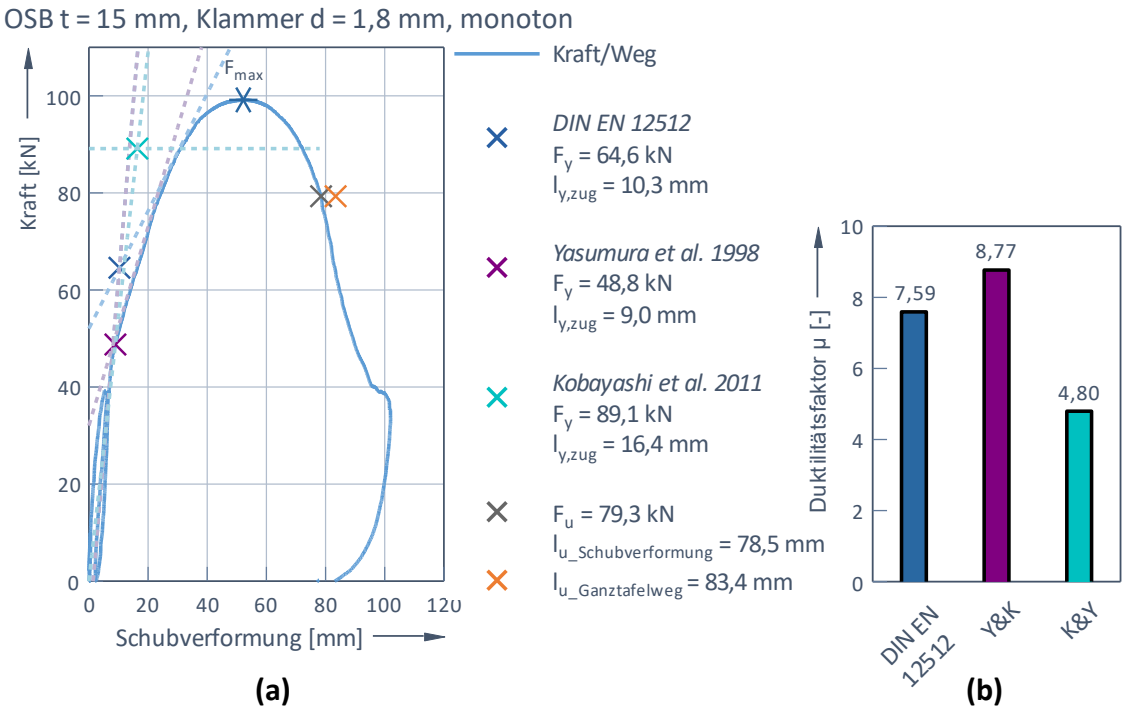


Abbildung B-55: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 13_m_1

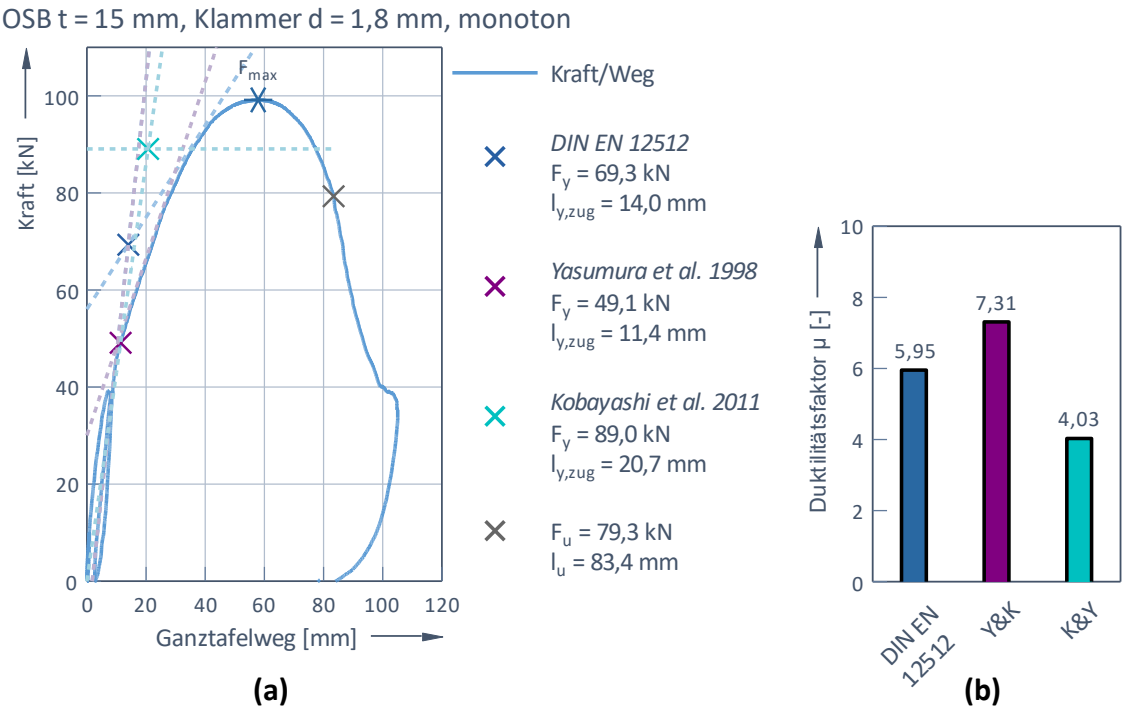


Abbildung B-56: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 13_m_1

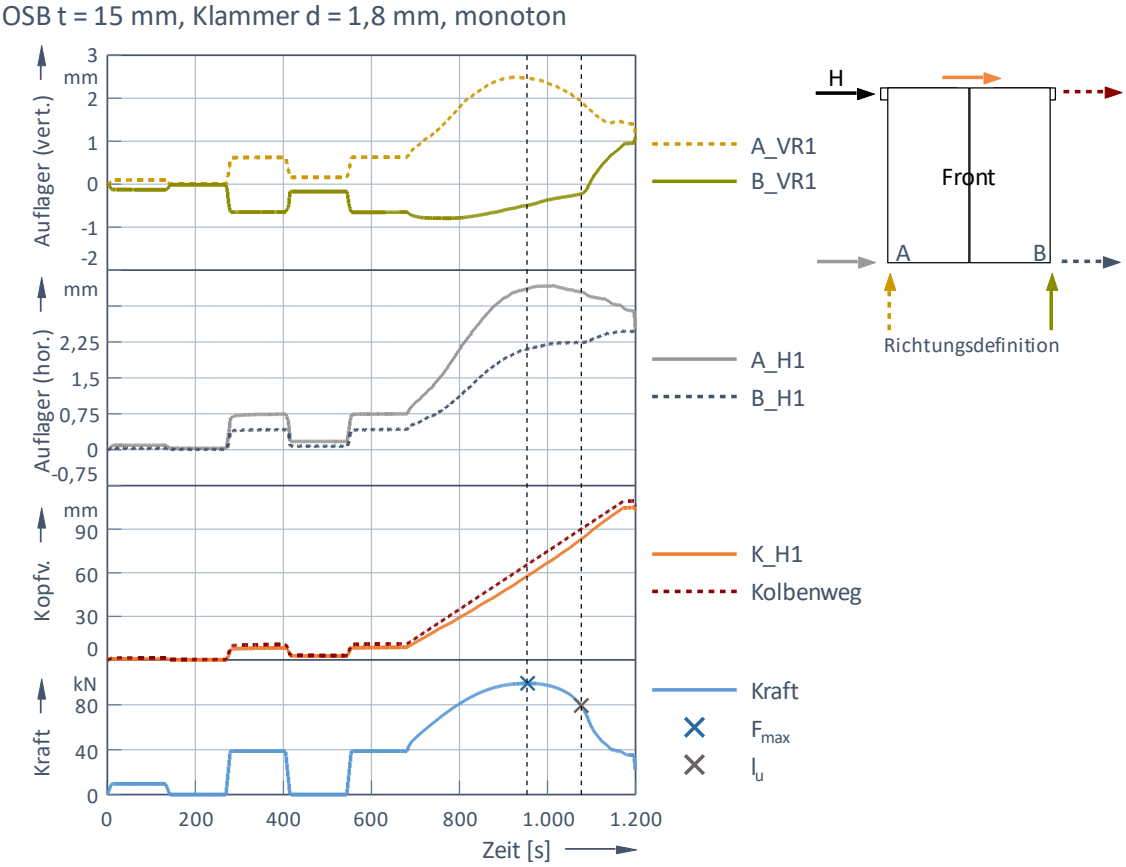


Abbildung B-57: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 13_m_1

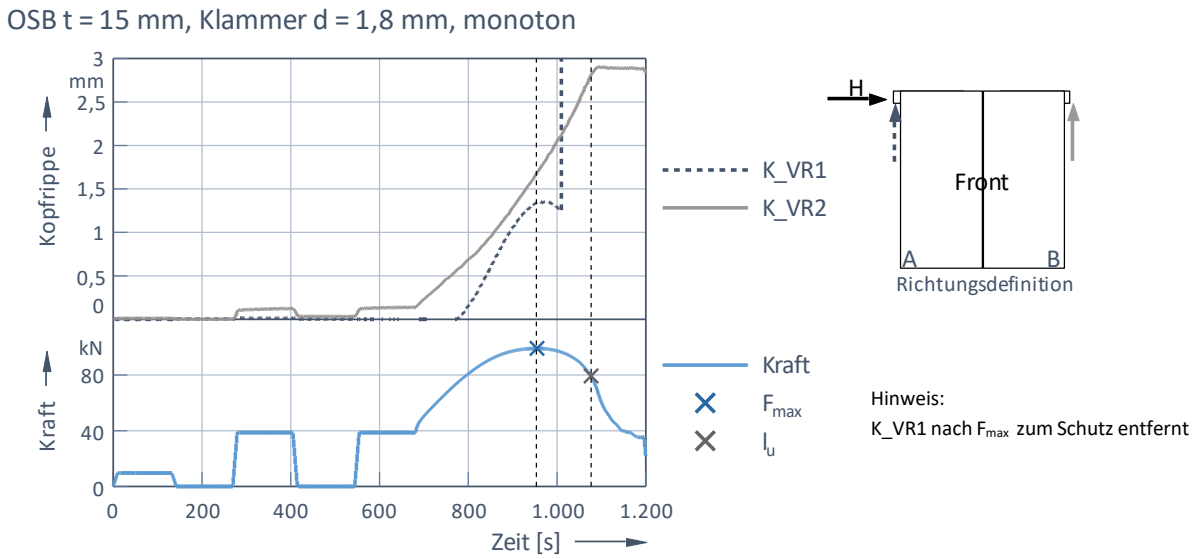


Abbildung B-58: Wegmessungen am Rähm; WT 13_m_1

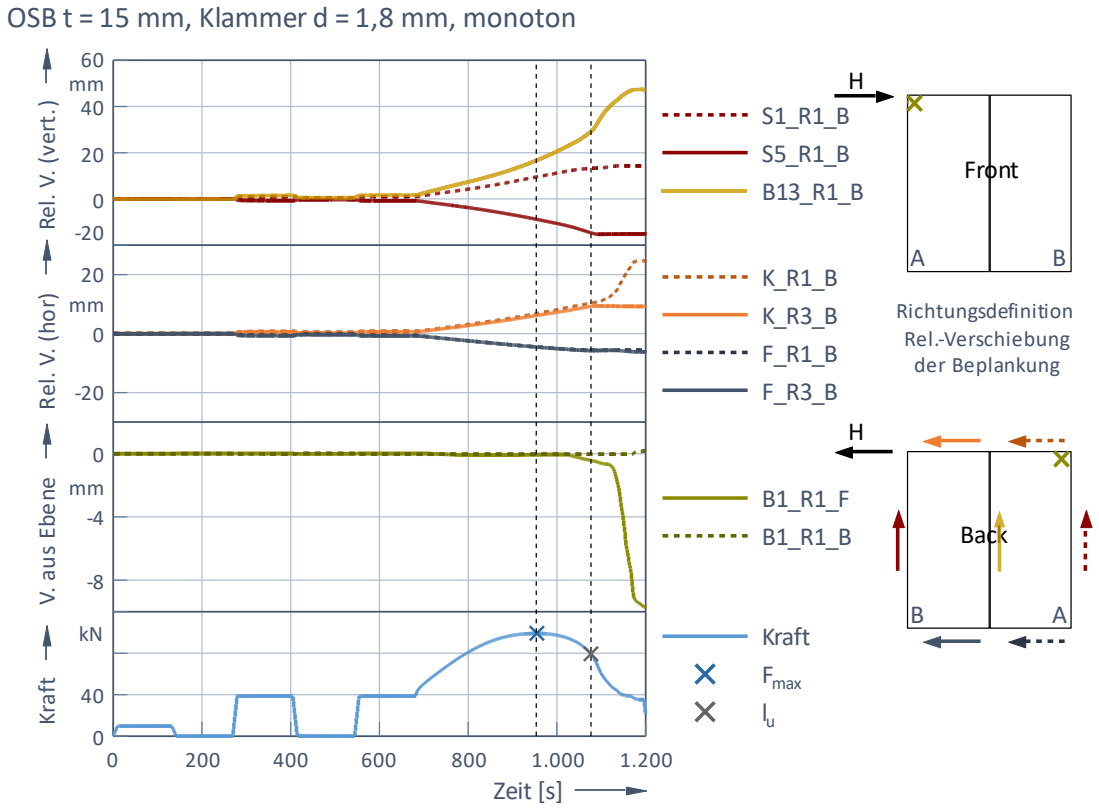


Abbildung B-59: Wegmessungen an der Beplankung; WT 13_m_1

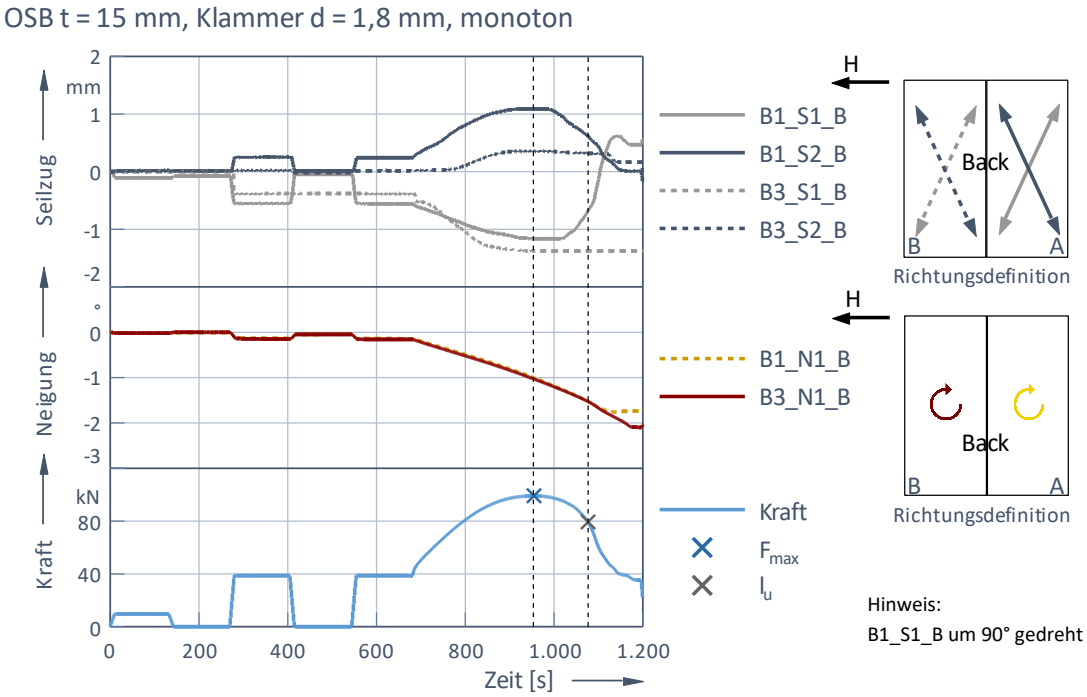


Abbildung B-60: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 13_m_1

Wandtafel 13_m_2

Tabelle B-7: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 13_m_2

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

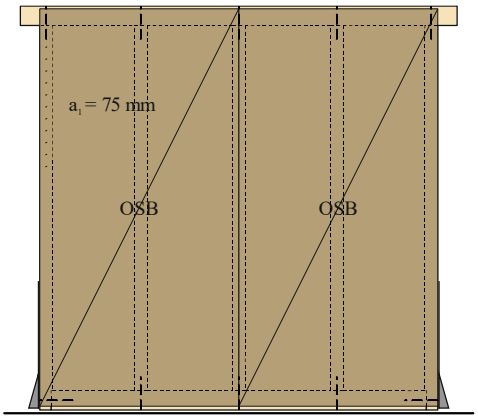


Abbildung B-61: Wandtafel 13_m_2

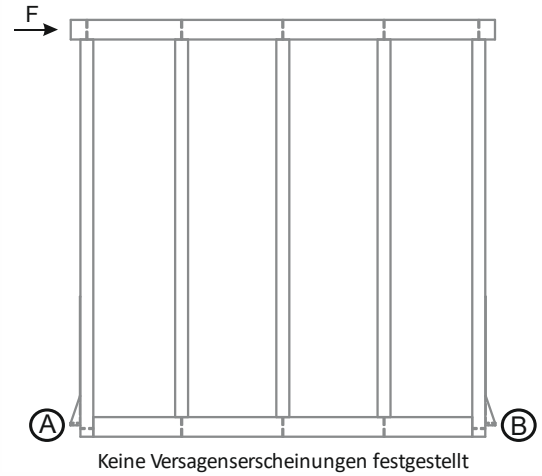
Untersuchung		
Datum	08.01.2024	
Raumtemperatur T	17,9°C	
Raumfeuchte R_H	32 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 447 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 508 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 449 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 468 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	16,8 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	99,8 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

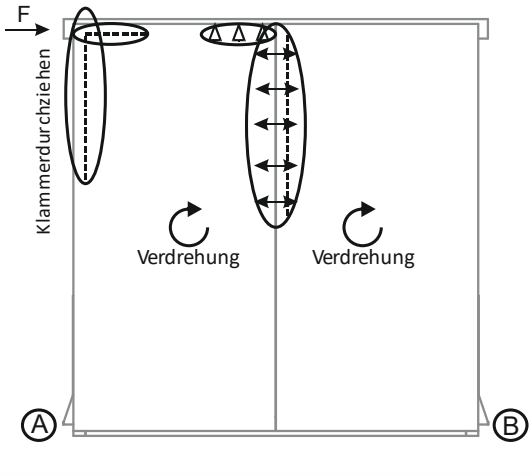
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Einzelplatten
- Öffnen der Fuge zwischen P1 & P3 vorne und hinten nach l_u
- Klammerdurchziehen an S1 & S3 vorne und hinten

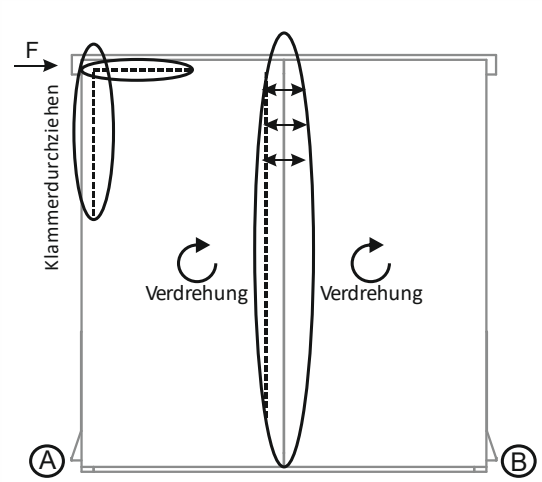
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)



(b)



(c)

Abbildung -62: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne(b) und Beplankung hinten (c); WT 13_m_2



(a)



(b)



(c)



(d) (e) (f)

Abbildung B-63: Ansicht Vorderseite (a) und Rückseite (c) nach Versuch, Stiel 1 nach Versuch (b), Relativverschiebung von P1&P3 an Schwelle vorn (d), Durchgezogene Klammern von P3 am Rähm auf Zylinderseite vorne (e), Herausgezogene Klammern von P1 am Rähm auf Höhe von S3 (f); WT 13_m_2

Untersuchungsergebnisse

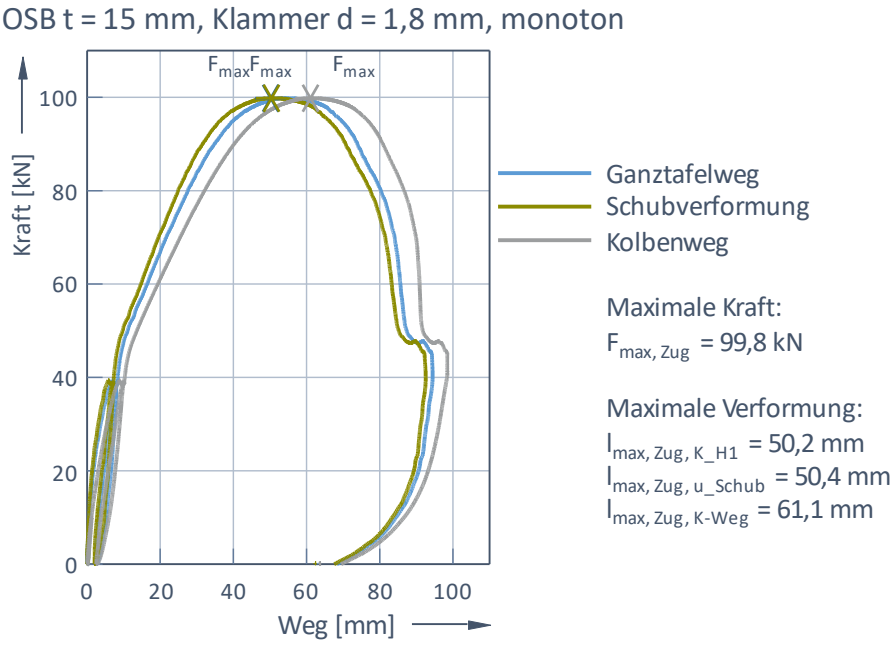


Abbildung B-64: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 13_m_2

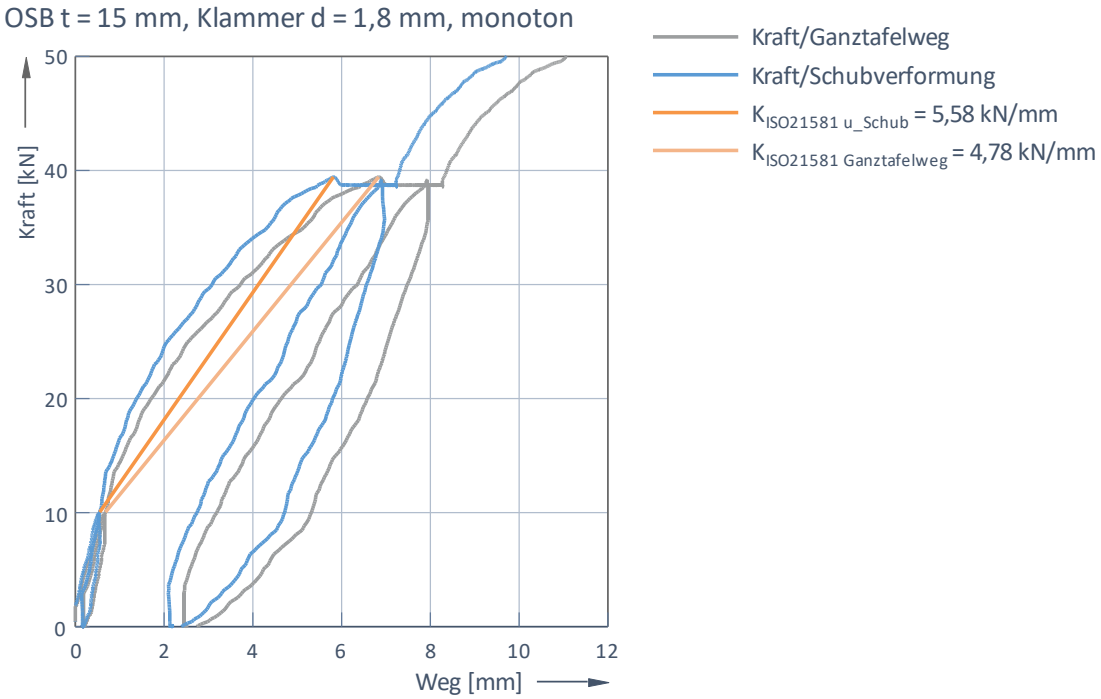


Abbildung B-65: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 13_m_2

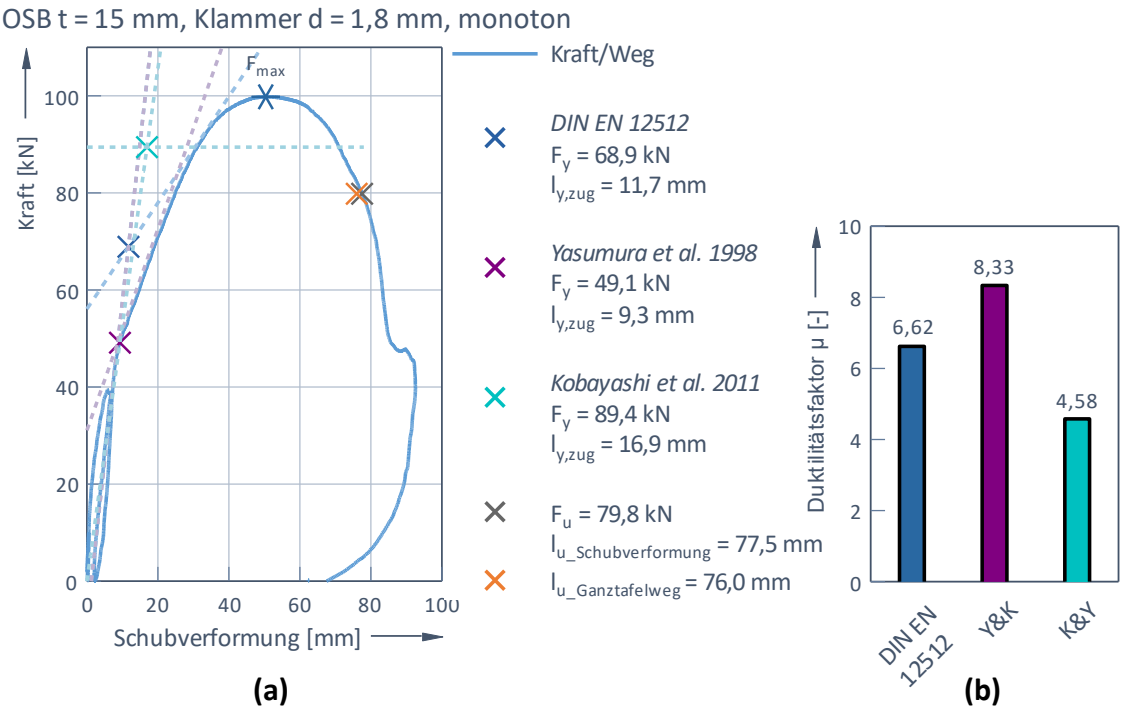


Abbildung B-66: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 13_m_2

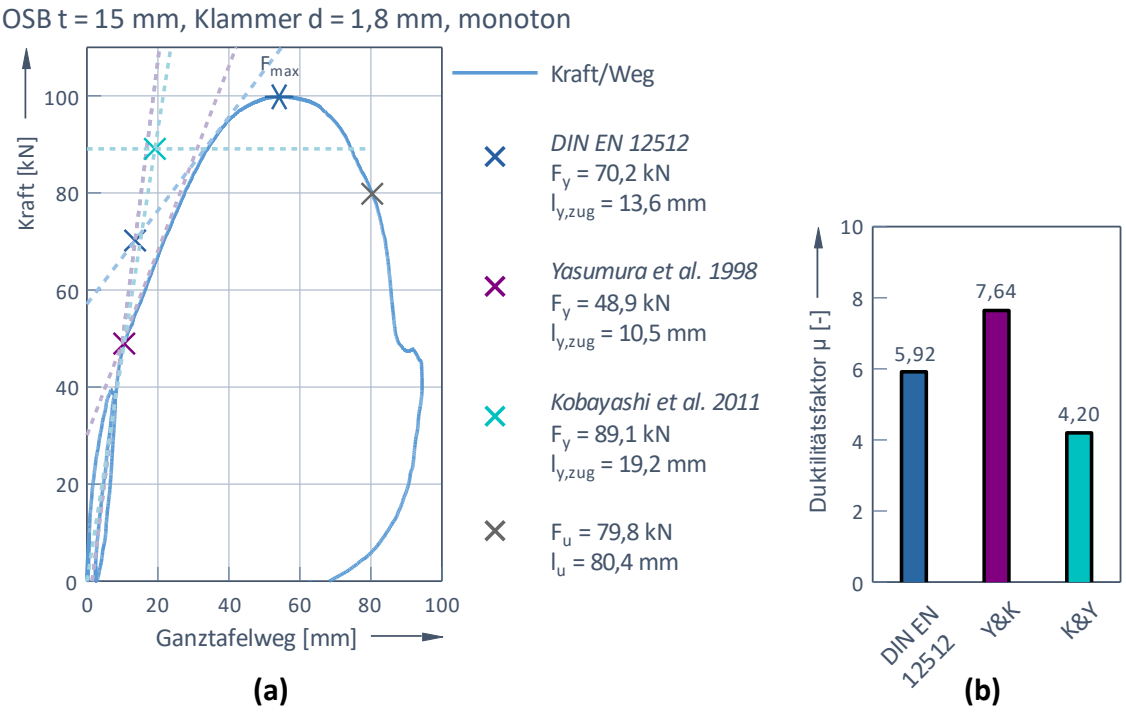


Abbildung B-67: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 13_m_2

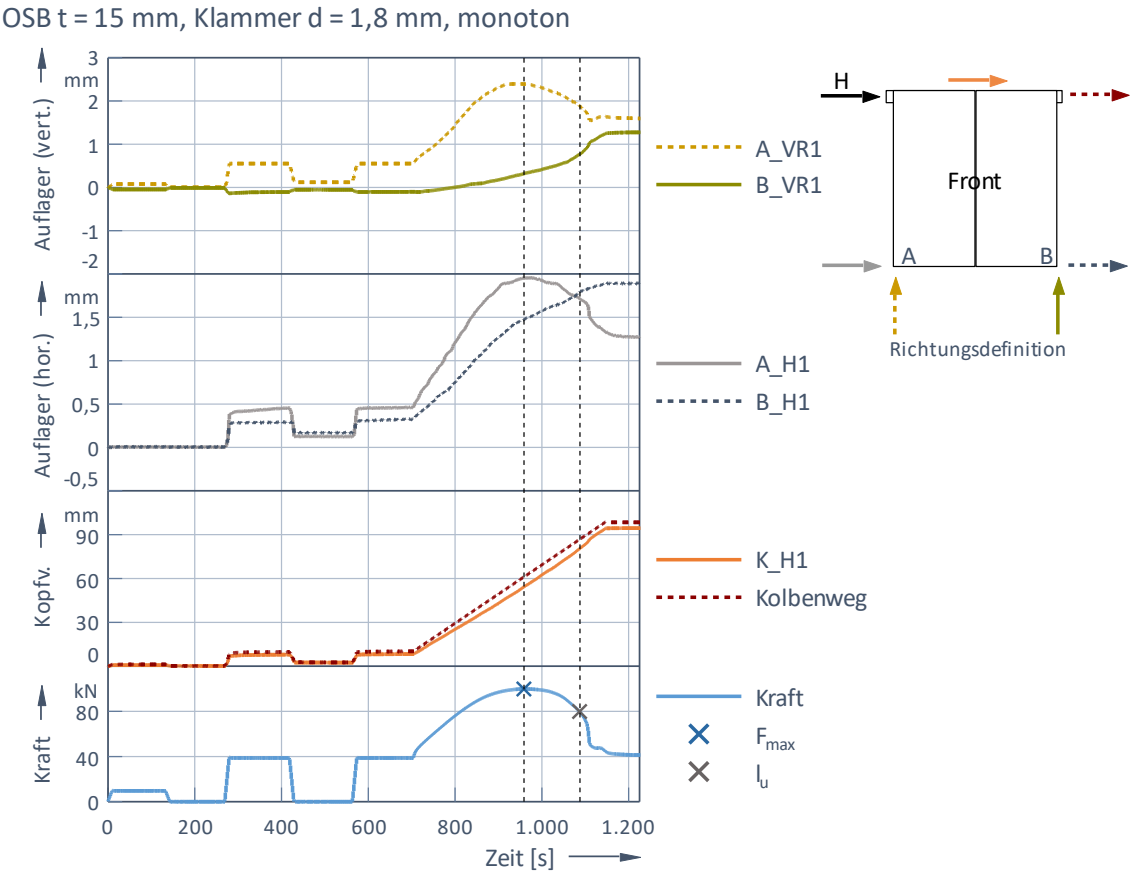


Abbildung B-68: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 13_m_2

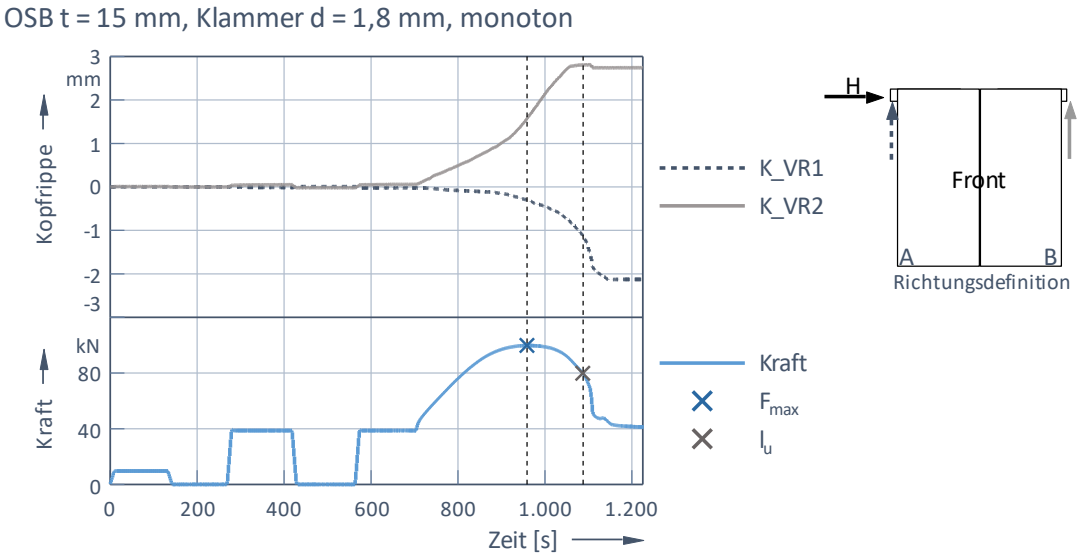


Abbildung B-69: Wegmessungen am Rähm; WT 13_m_2

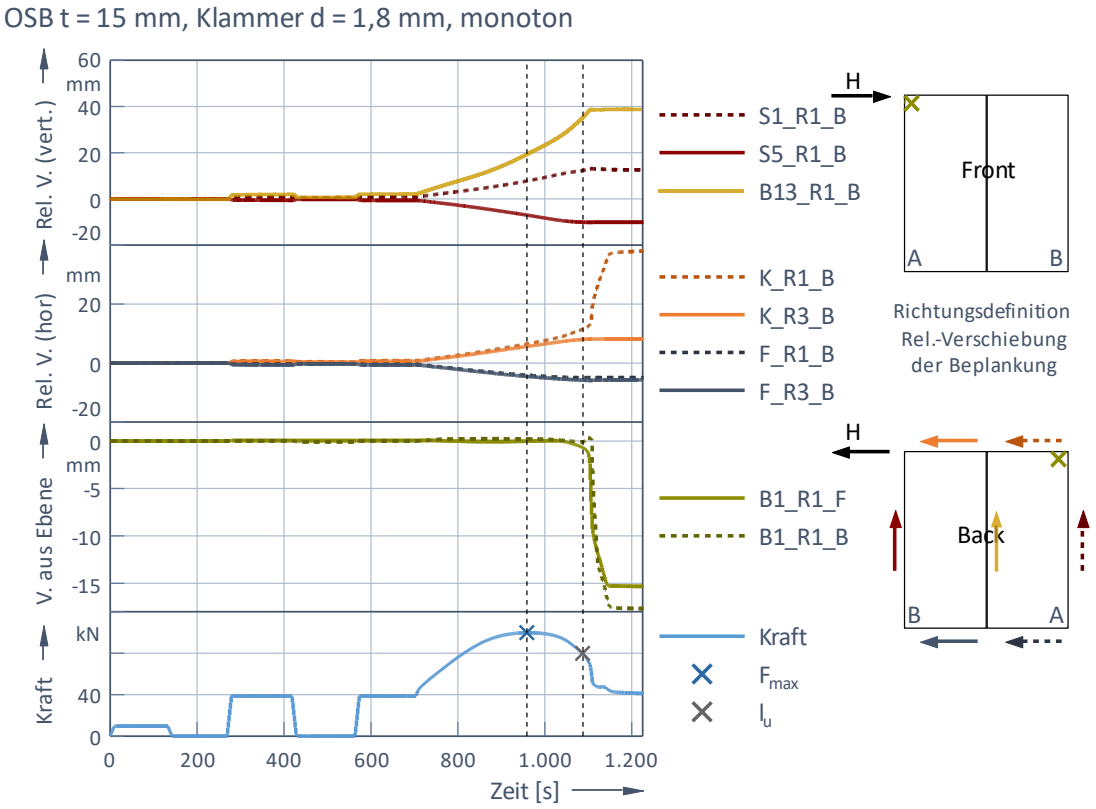


Abbildung B-70: Wegmessungen an der Beplankung; WT 13_m_2

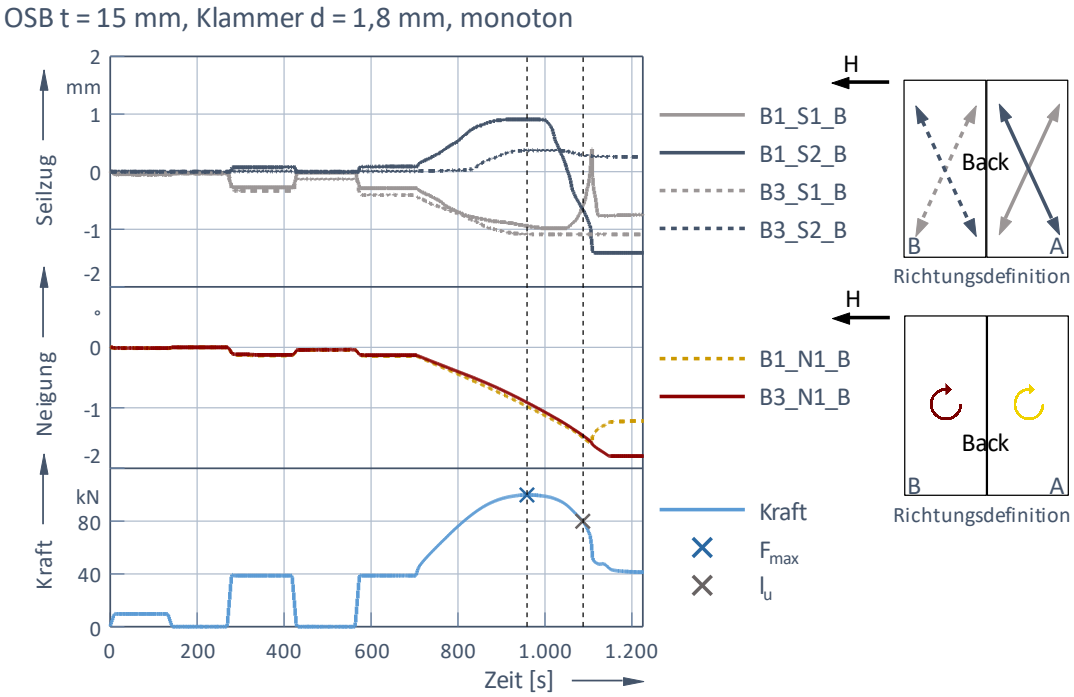


Abbildung B-71: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 13_m_2

Wandtafel 13_m_3

Tabelle B-8: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 13_m_3

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

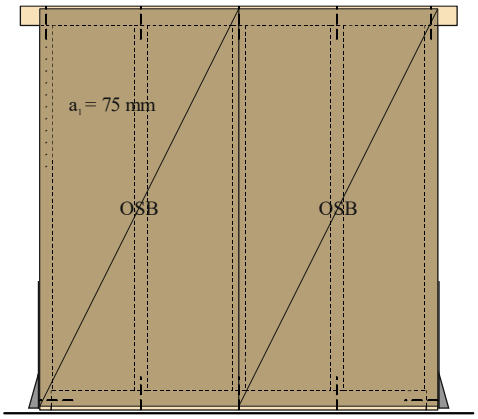


Abbildung B-72: Wandtafel 13_m_3

Untersuchung		
Datum	09.01.2024	
Raumtemperatur T	17,7°C	
Raumfeuchte R_H	25 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 512 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 466 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 413 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 466 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	15,0 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	98,9 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Einzelplatten
- Ablösen der Beplankung an S1 (Platten 1) vorne und hinten
- Schlagartiges Versagen bei F_{max} mit Klammerdurchziehen an S1 vorne und hinten
- Abheben des Rähm von S1 vor F_{max}

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

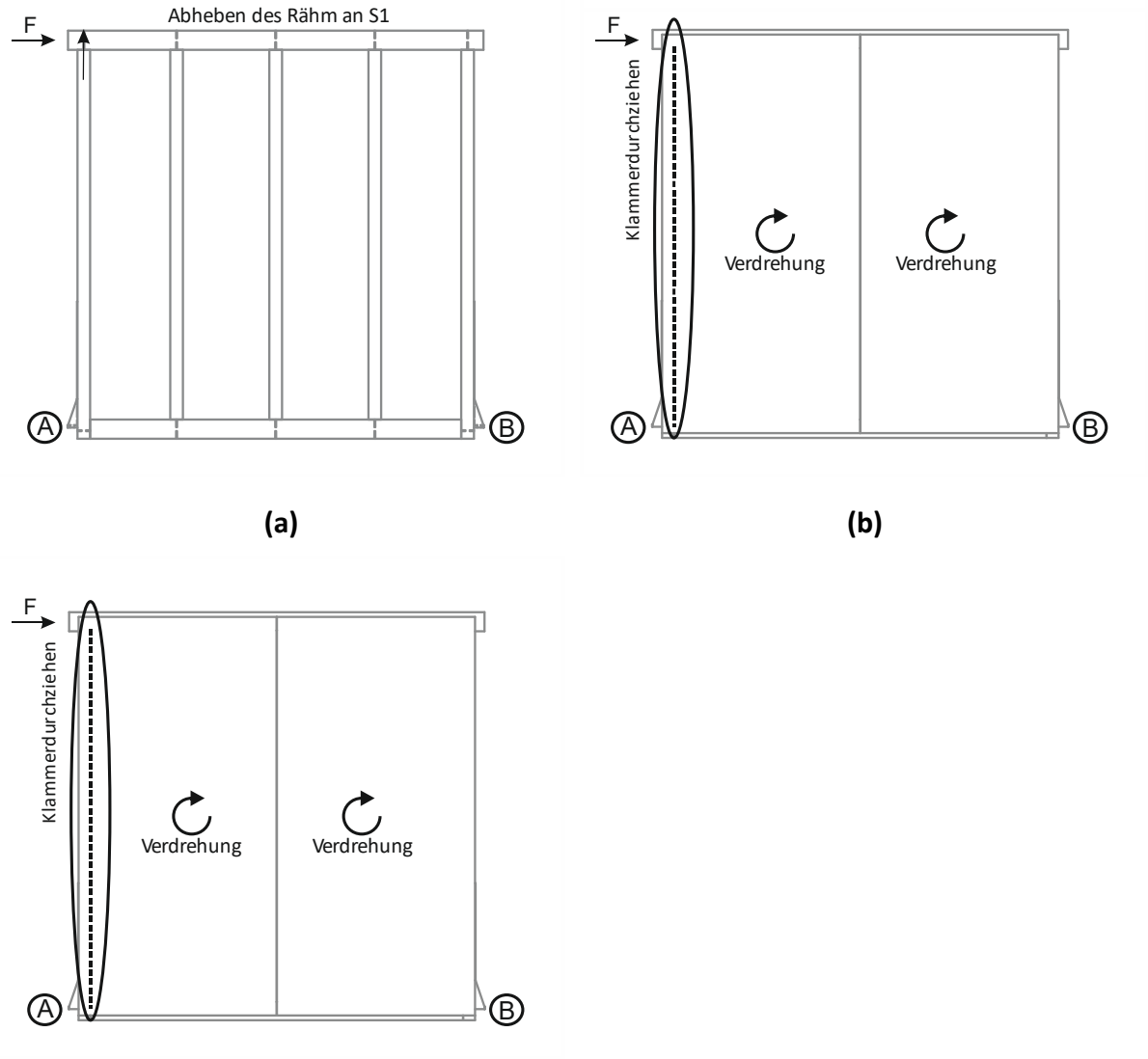
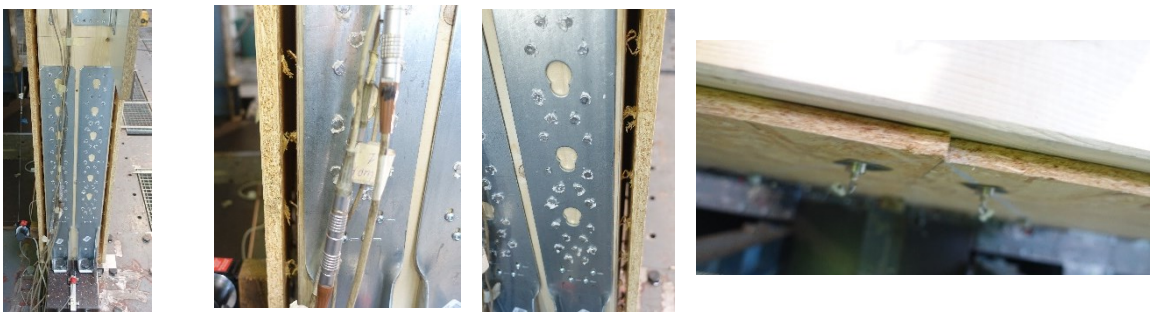


Abbildung B-73: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne(b) und Beplankung hinten (c); WT 13_m_3





(d) (e) (f) (g)

Abbildung B-74: Ansicht Vorderseite (a) und Rückseite (c) nach Versuch, Stiel 1 nach Versuch (b), Auflager A (d), Durchgezogene Klammern der Platten 1 am Auflager A vorne (e) und hinten (f), Relativverschiebung der Platten 1 und 2 auf Höhe von S3 hinten (g); WT 13_m_3

Untersuchungsergebnisse

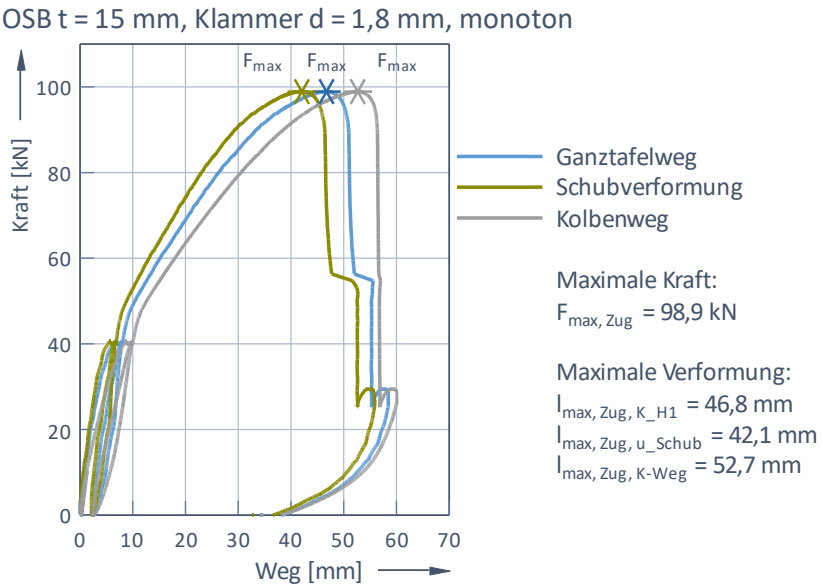


Abbildung B-75: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 13_m_3

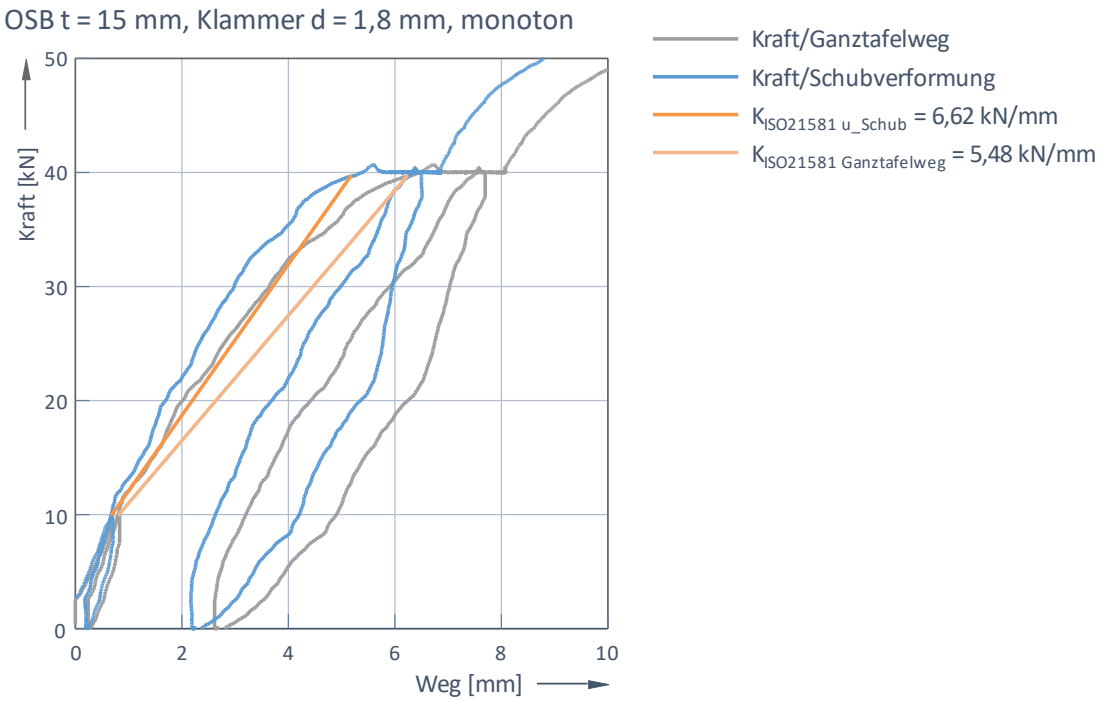


Abbildung B-76: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 13_m_3

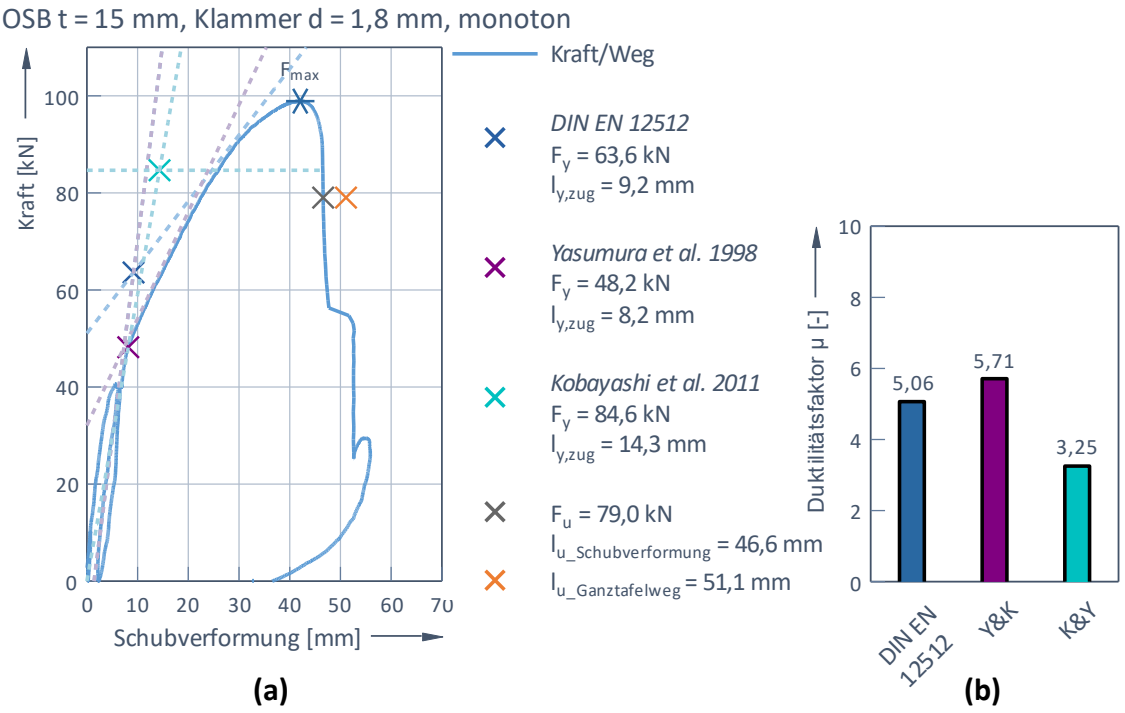


Abbildung B-77: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 13_m_3

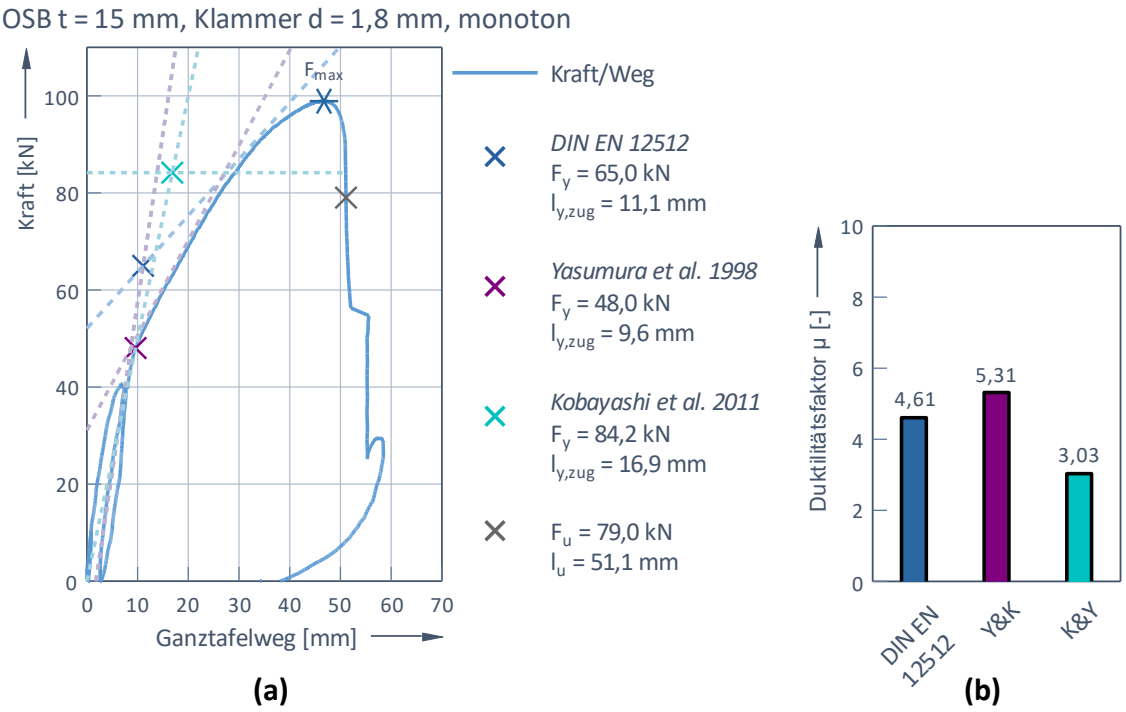


Abbildung B-78: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 13_m_3

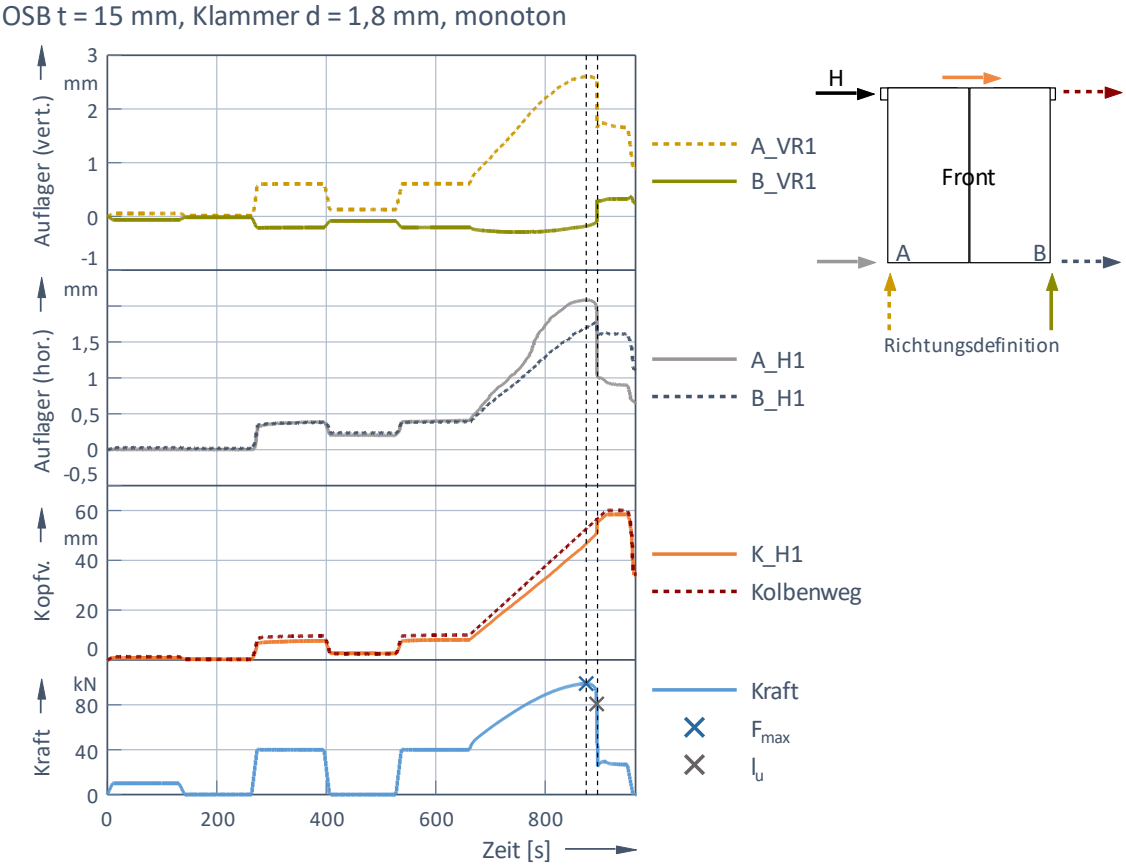


Abbildung B-79: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 13_m_3

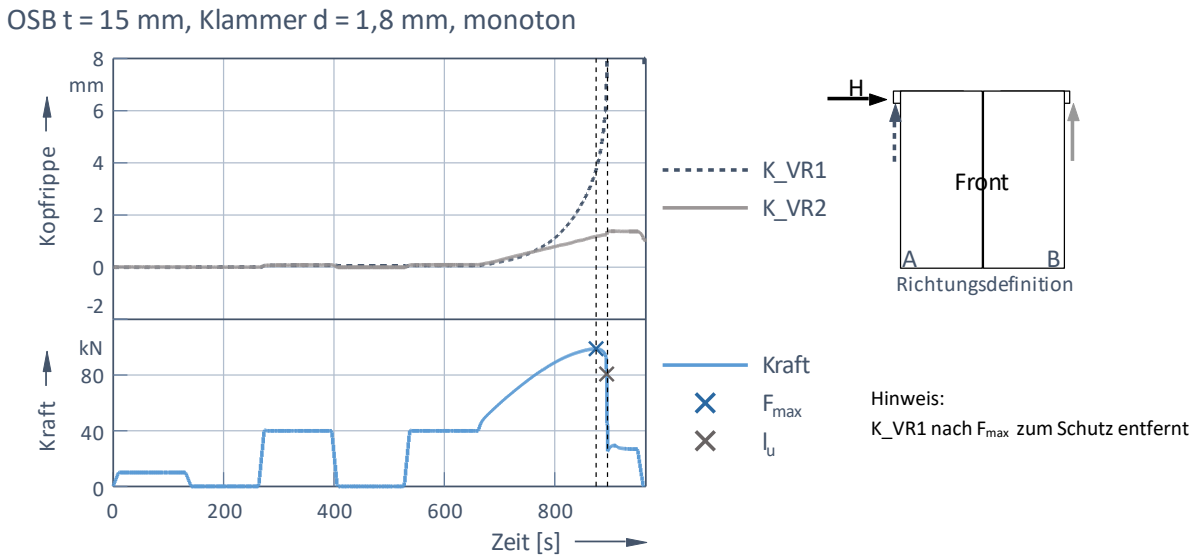


Abbildung B-80: Wegmessungen am Rähm; WT 13_m_3

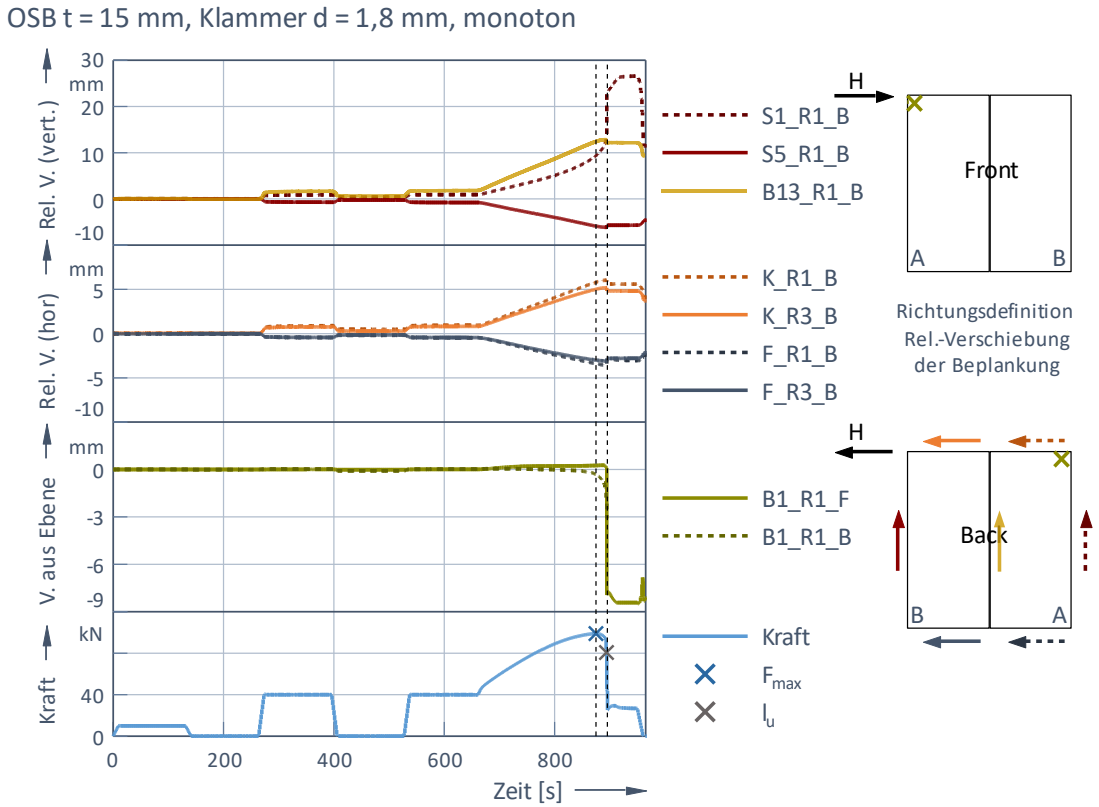


Abbildung B-81: Wegmessungen an der Beplankung; WT 13_m_3

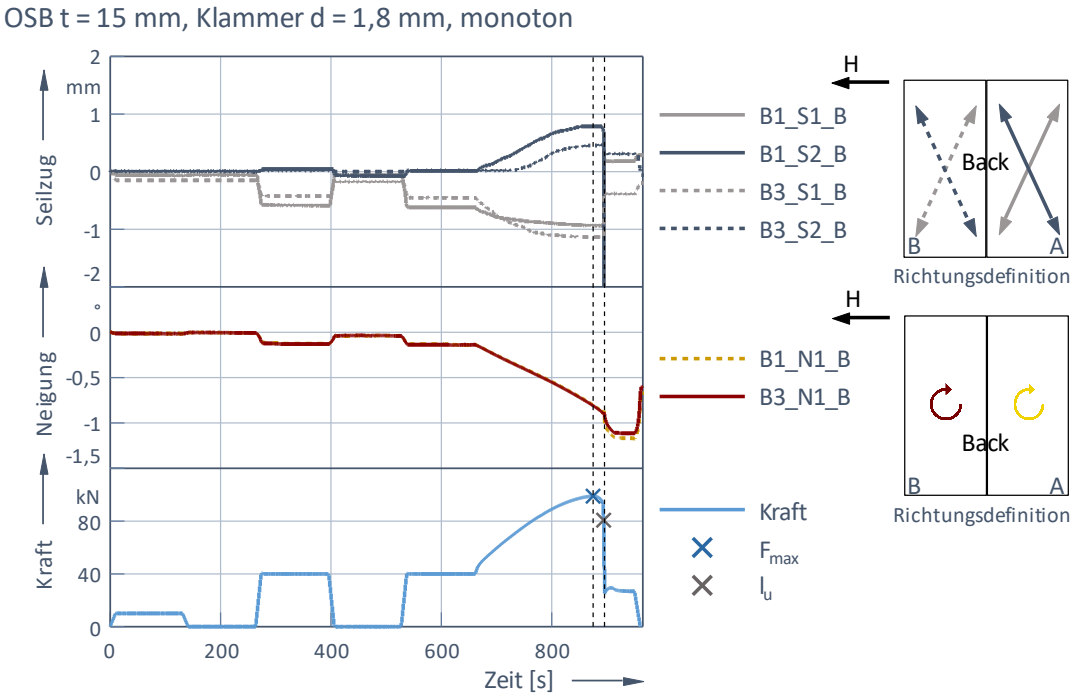


Abbildung B-82: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 13_m_3

Wandtafel 13_m_4

Tabelle B-9: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 13_m_4

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

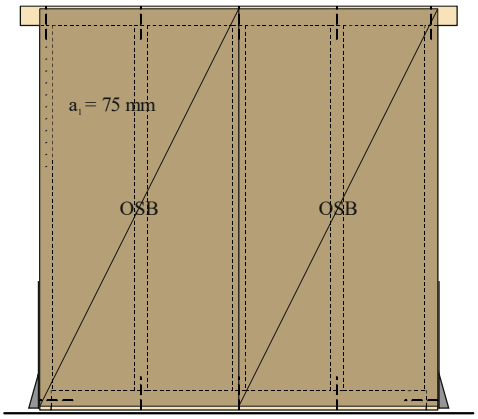


Abbildung B-83: Wandtafel 13_m_4

Untersuchung		
Datum	10.01.2024	
Raumtemperatur T	19,3°C	
Raumfeuchte R_H	23 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 495 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 420 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 412 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 442 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	15,7 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	97,0 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Vor Versuch:

- Schuh am Auflager B leicht schief: Stiel S5 in sich verdreht

Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Einzelplatten
- Schlagartiges Versagen bei F_{max} mit Klammerdurchziehen an S1 vorne und hinten
- Abheben des Rähm von S1 vor F_{max}

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

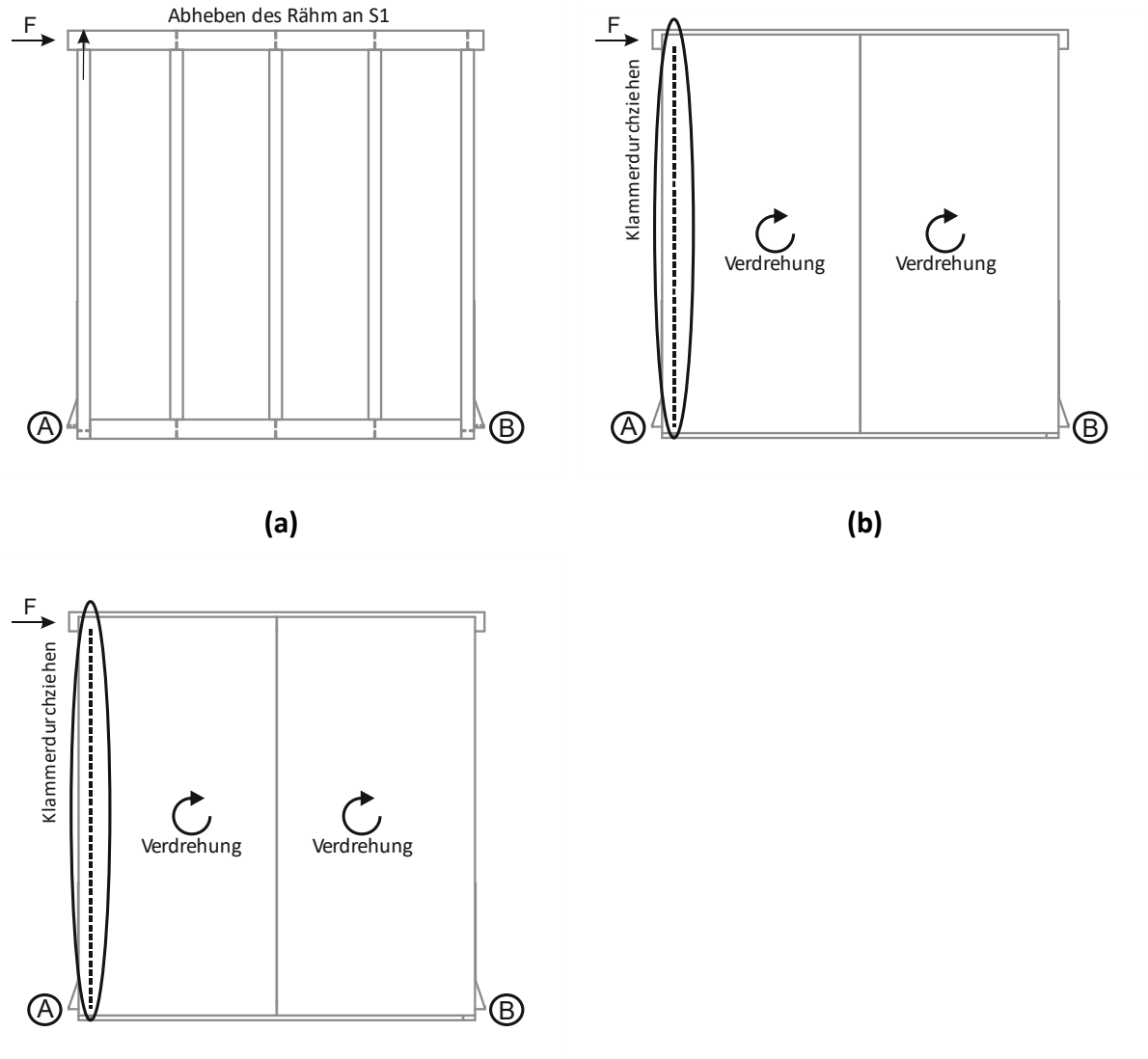


Abbildung B-84: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne(b) und Beplankung hinten (c); WT 13_m_4



(a) **(b)** **(c)**



(d) **(e)** **(f)** **(g)**

Abbildung 85: Ansicht Vorderseite (a) und Rückseite (c) nach Versuch, Stiel 1 nach Versuch (b), Durchgezogene Klammern der Platten 1 an S1 vorne (d) und hinten (e), Relativverschiebung der Platten 1 und 2 auf Höhe von S3 an der Schwelle hinten (f) und am Rähm vorne (g); WT 13_m_4

Untersuchungsergebnisse

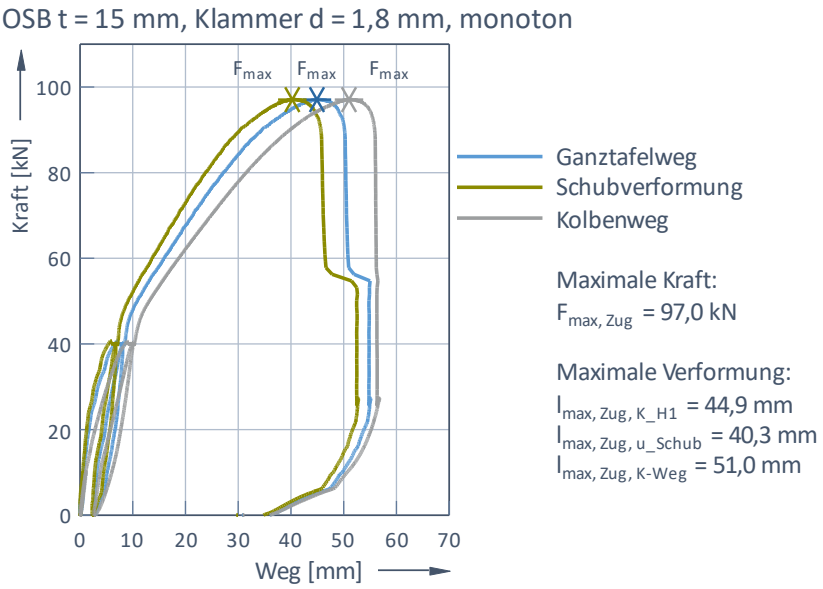


Abbildung B-86: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 13_m_4

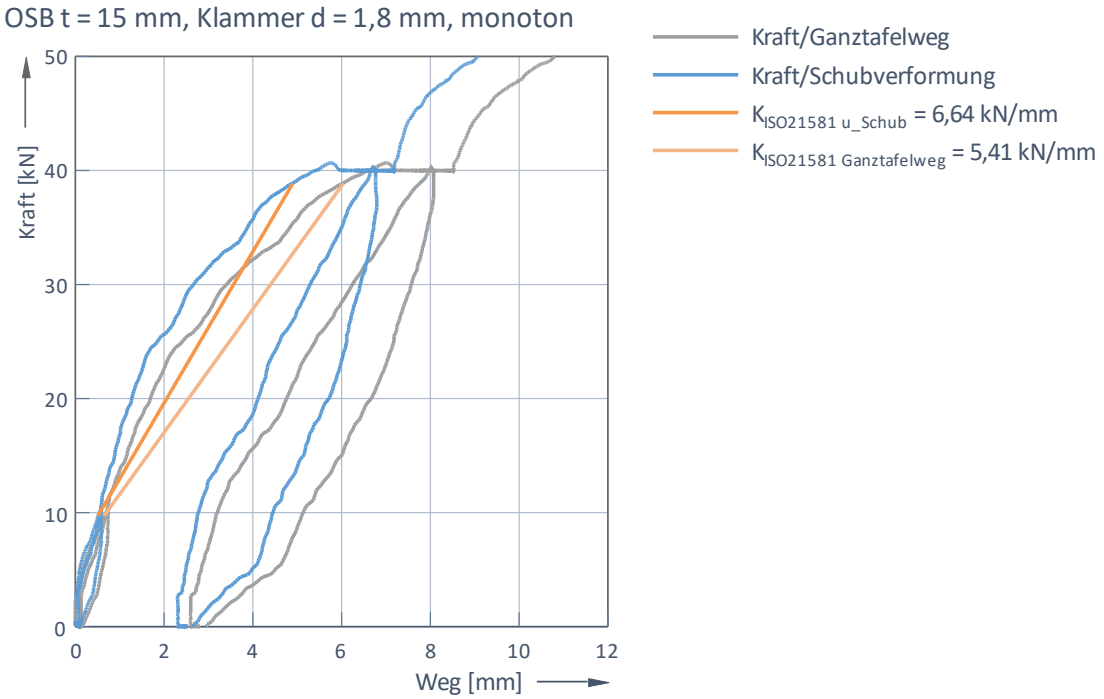


Abbildung B-87: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 13_m_4

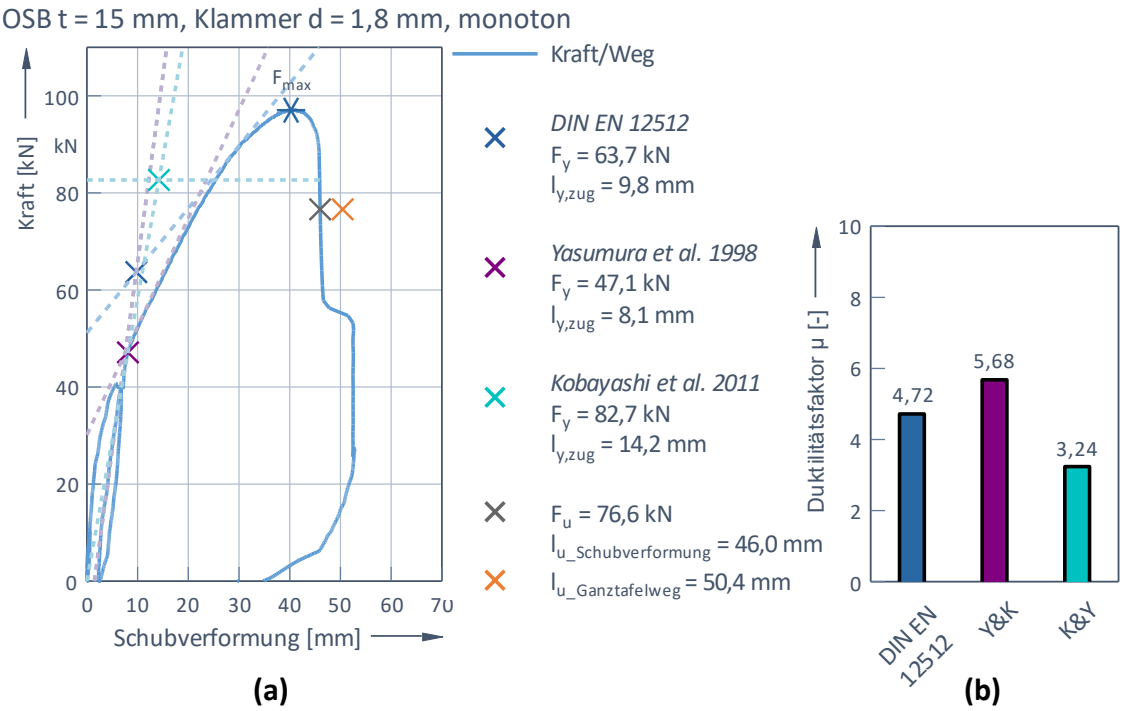


Abbildung B-88: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 13_m_4

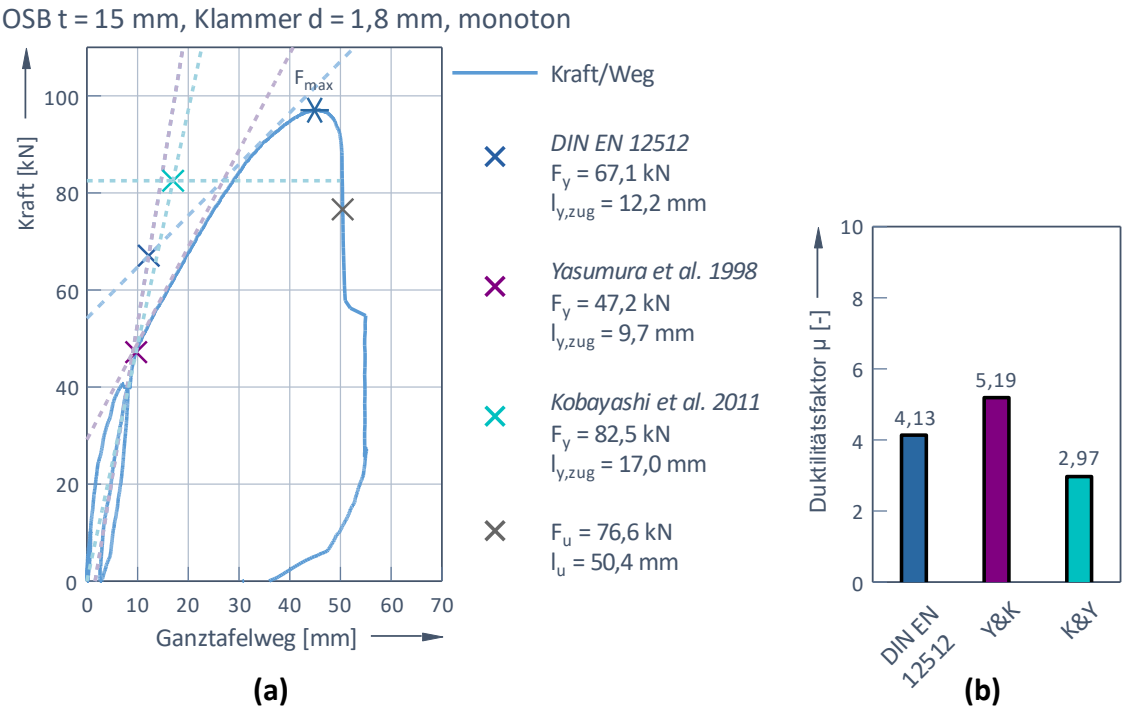


Abbildung B-89: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 13_m_4

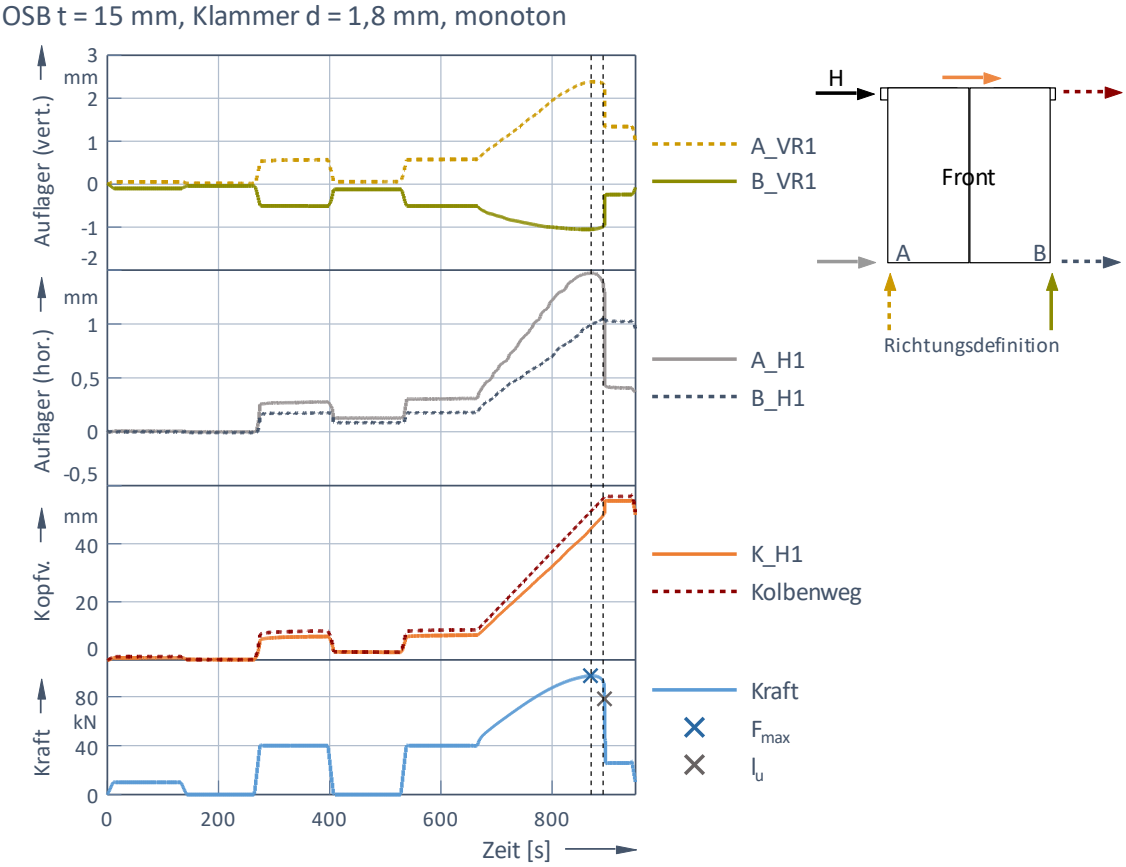


Abbildung B-90: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 13_m_4

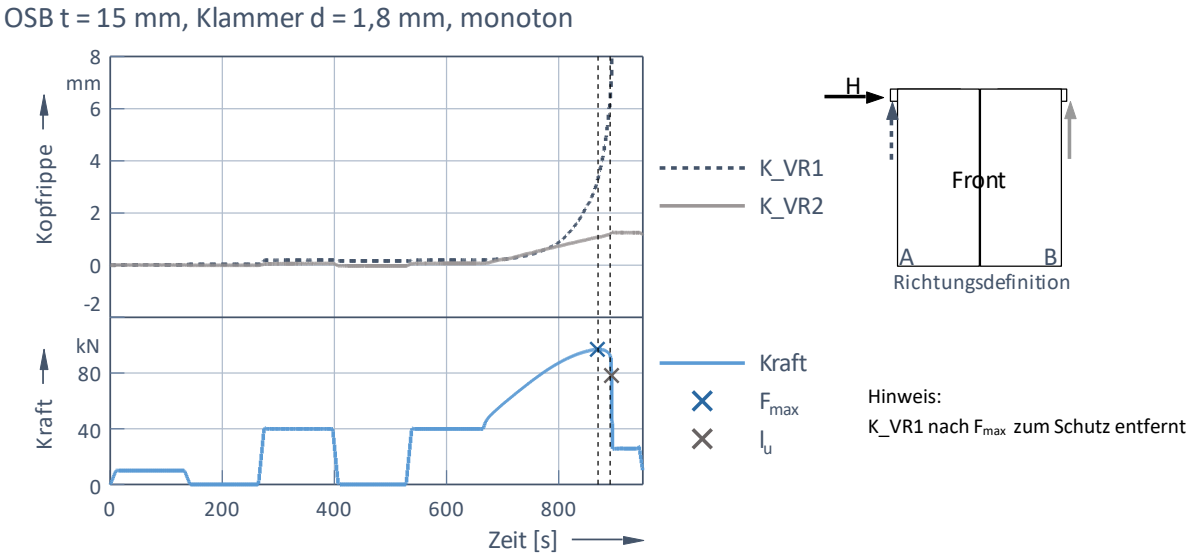


Abbildung B-91: Wegmessungen am Rähm; WT 13_m_4

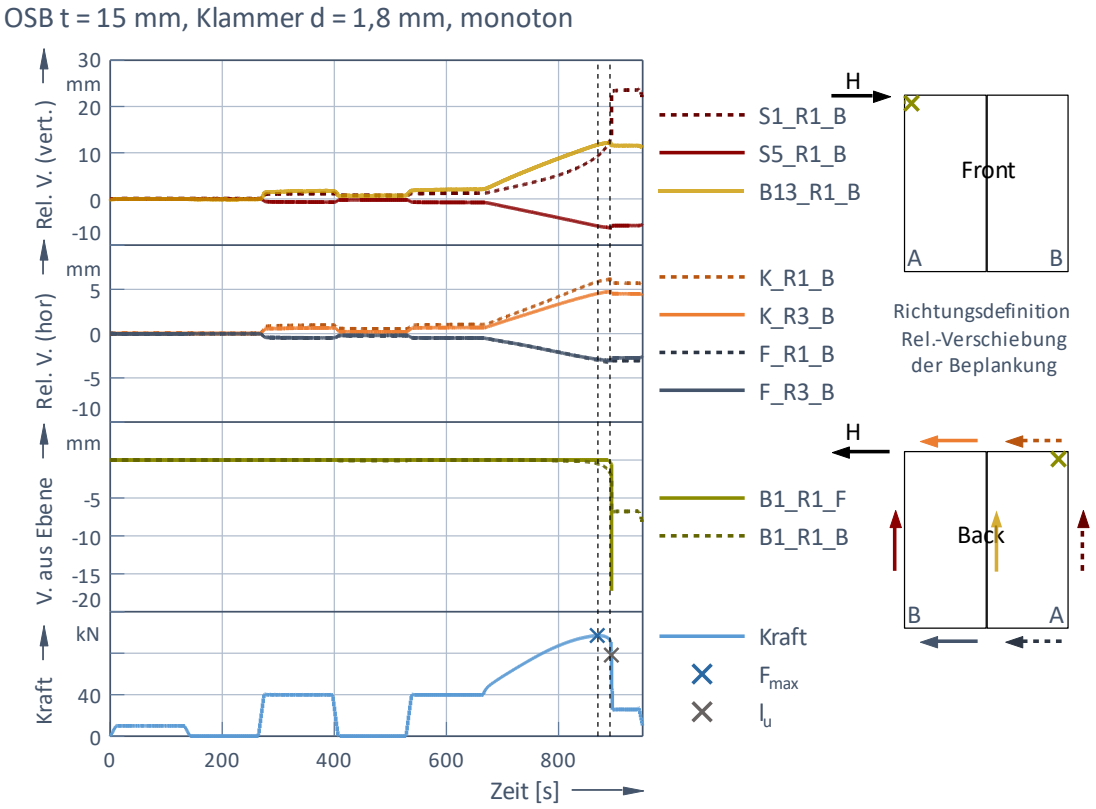


Abbildung B-92: Wegmessungen an der Beplankung; WT 13_m_4

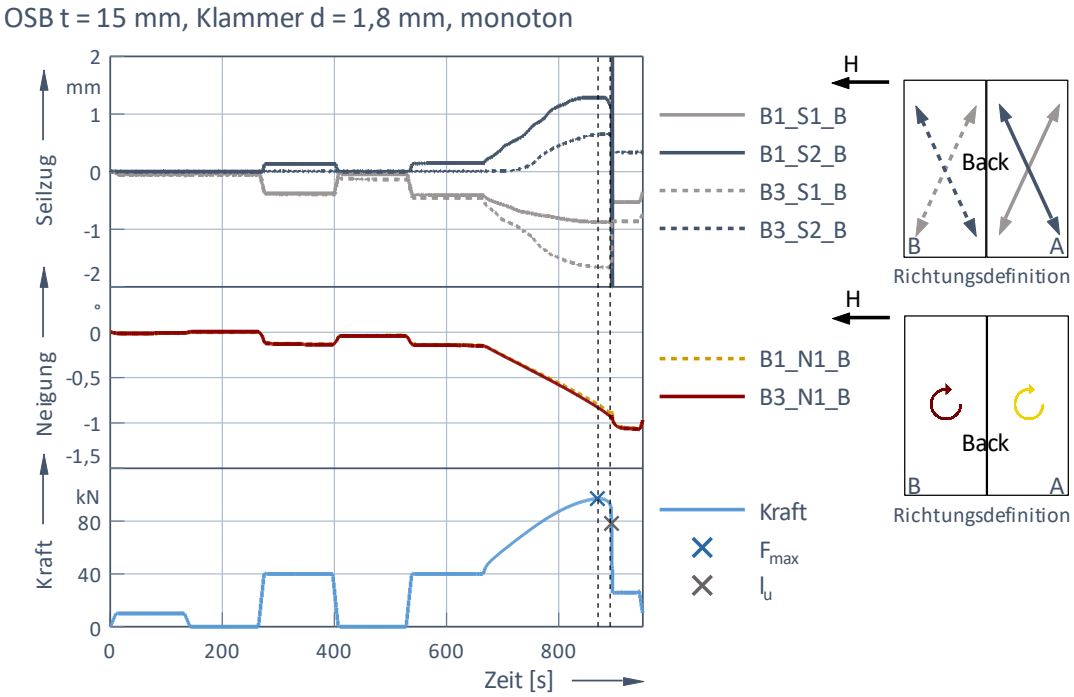


Abbildung B-93: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 13_m_4

Wandtafel 14_m_1_dSt

Tabelle B-10: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 14_m_1_dSt

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 37,5 mm	
Bekleidung 1:	Keine	
Bekleidung 2:	Keine	

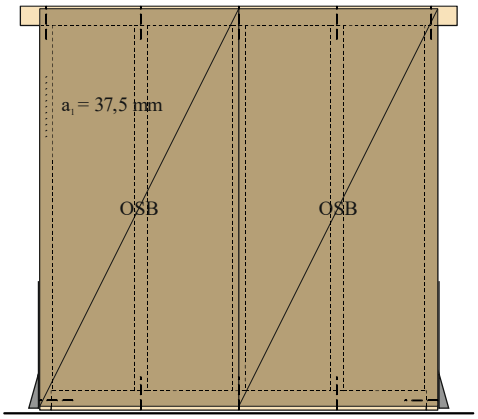


Abbildung B-94: Wandtafel 14_m_1

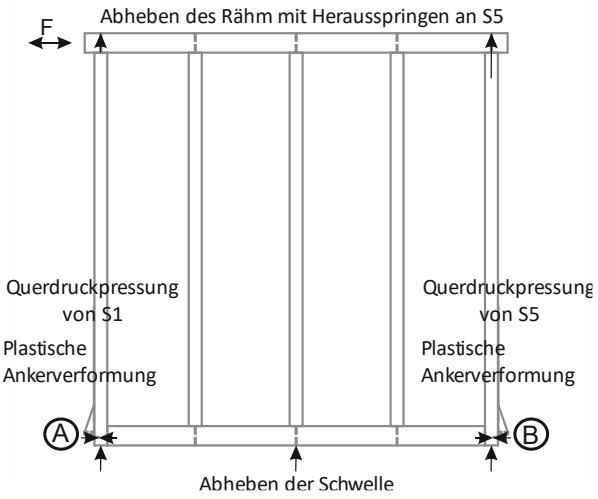
Untersuchung		
Datum	17.01.2024	
Raumtemperatur T	19,3°C	
Raumfeuchte R_H	27 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 473 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 401 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 354 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 409 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	15,5 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	195,7 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

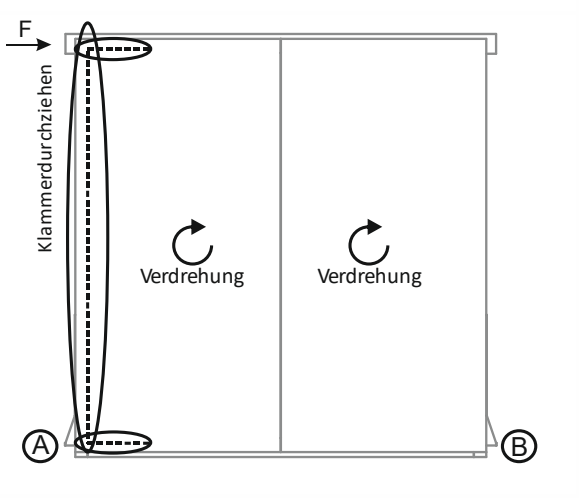
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Einzelplatten
- Plastische Ankerverformung in Richtung des Zylinders
- Querdruckversagen von S5 am Auflager B → große Verschiebung der Tafel
- Schlagartiges Klammerdurchziehen an S1 vorne und hinten bei F_{max}
- Schlagartiges Ablösen des Rähm von S1 bei F_{max}

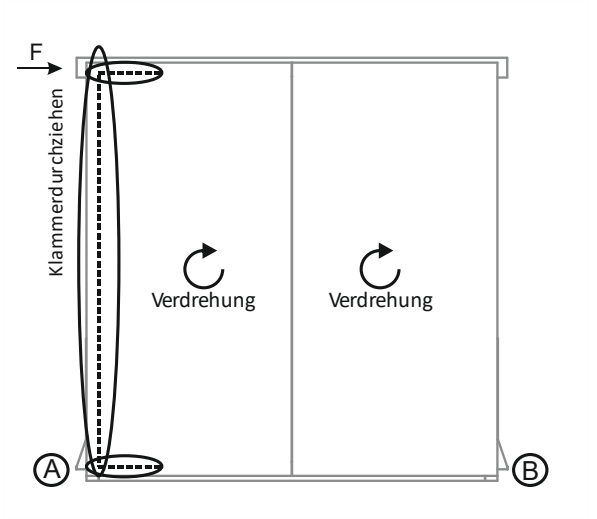
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)

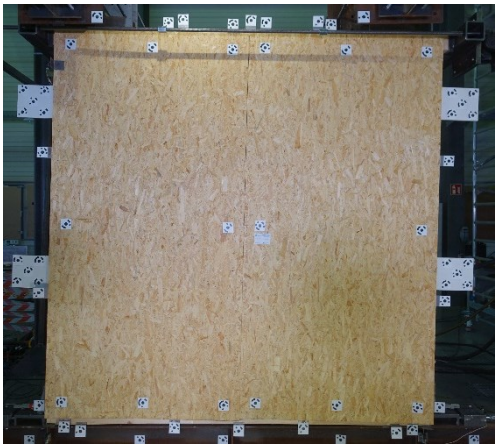


(b)



(c)

Abbildung B-95: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne(b) und Beplankung hinten (c); WT 14_m_1



(a)



(b)



(c)



(d) **(e)** **(f)** **(g)**

Abbildung B-96: Ansicht Vorderseite (a) und Rückseite (c) nach Versuch, Stiel 1 nach Versuch (b), Auflager A (d), Plastisch verformter Anker an Auflager A (e), Querdruckversagen an Stiel 5/ Auflager B (f), Durchgezogene Klammern von P1 an S1 vorne (g); WT 14_m_1

Untersuchungsergebnisse

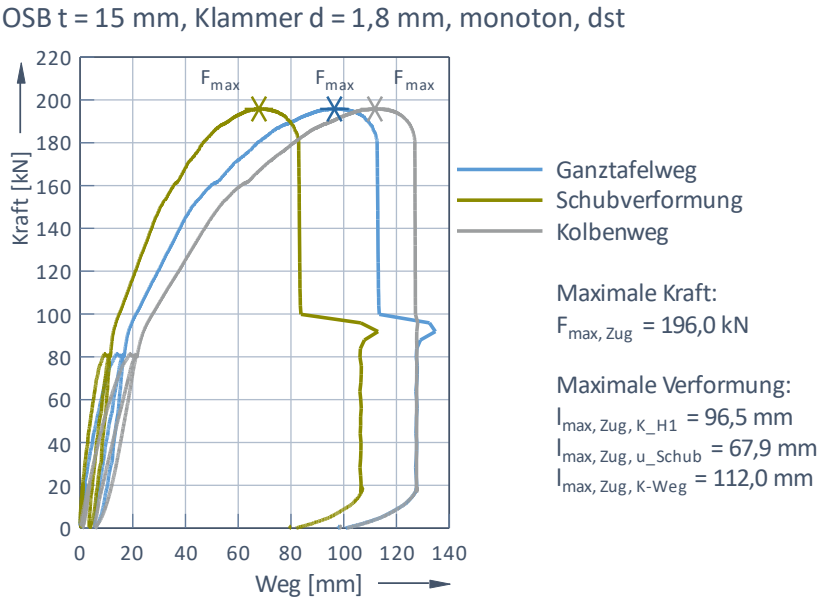


Abbildung B-97: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 14_m_1

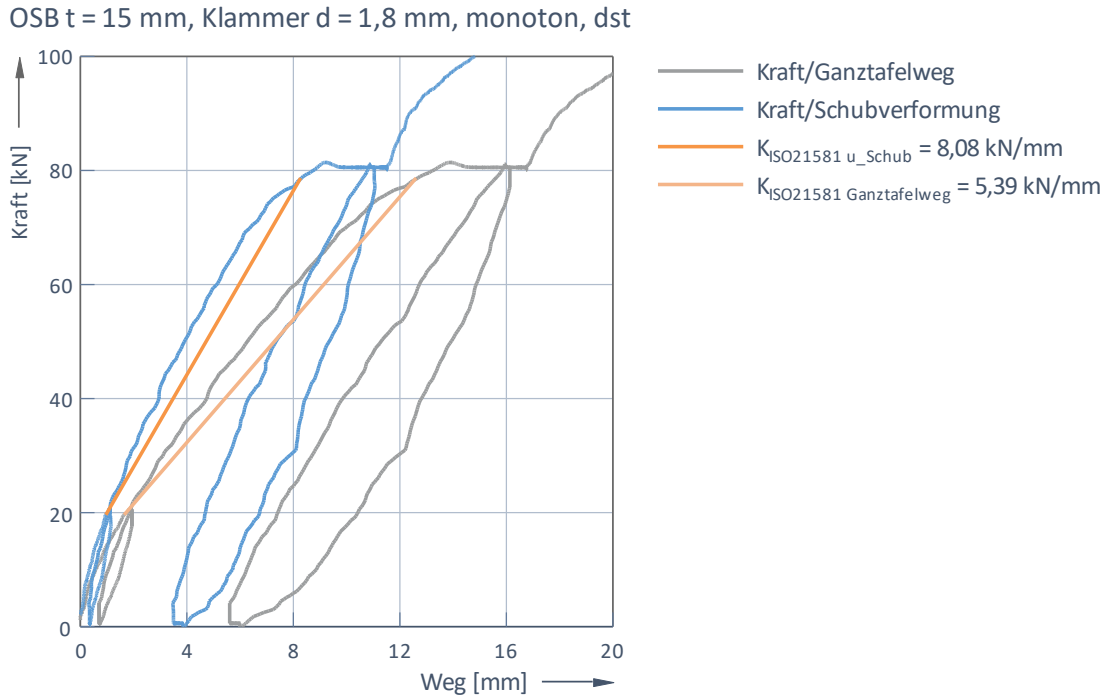


Abbildung B-98: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 14_m_1

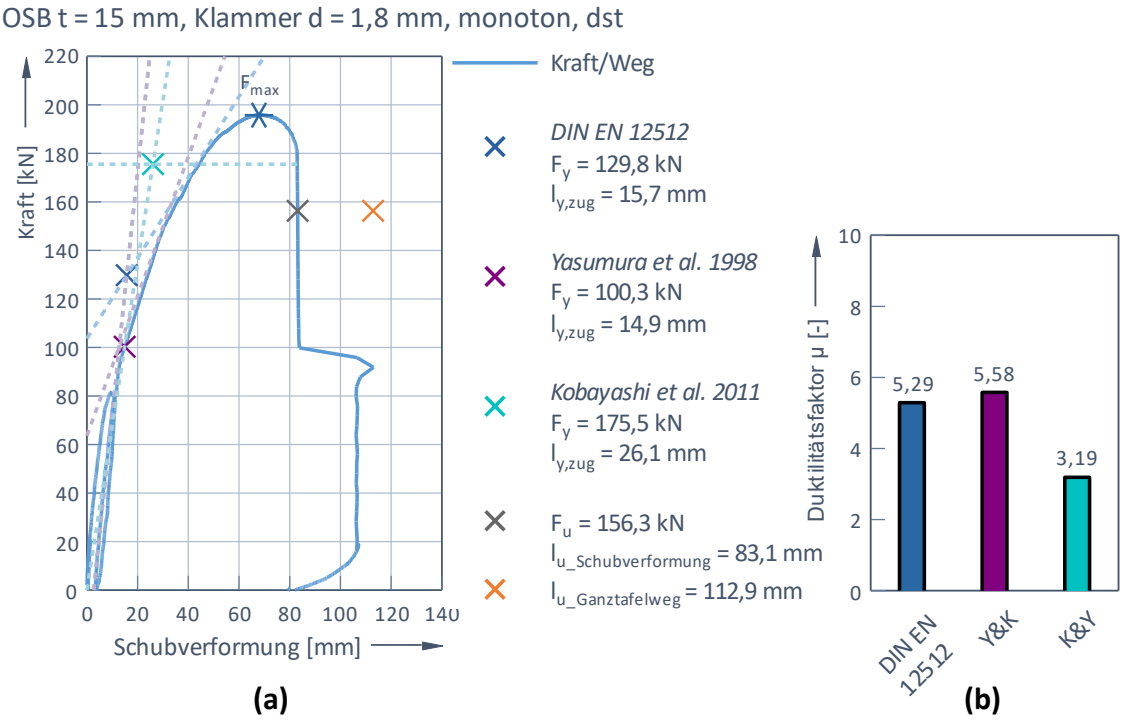


Abbildung B-99: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 14_m_1

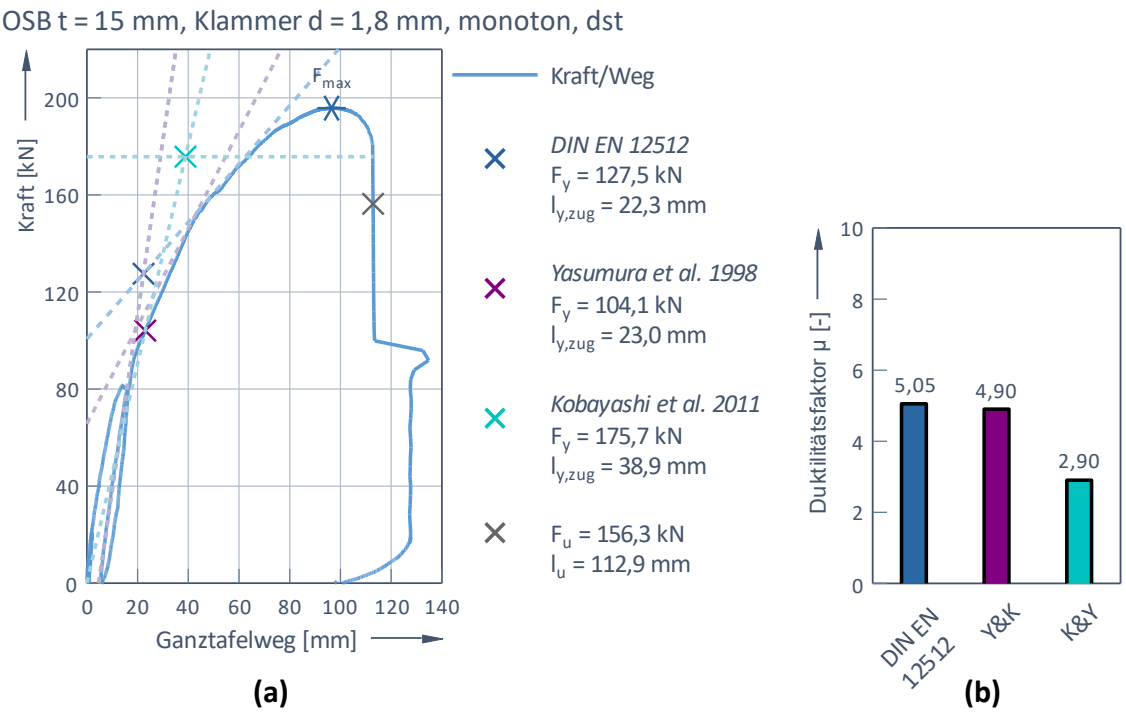


Abbildung B-100: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 14_m_1

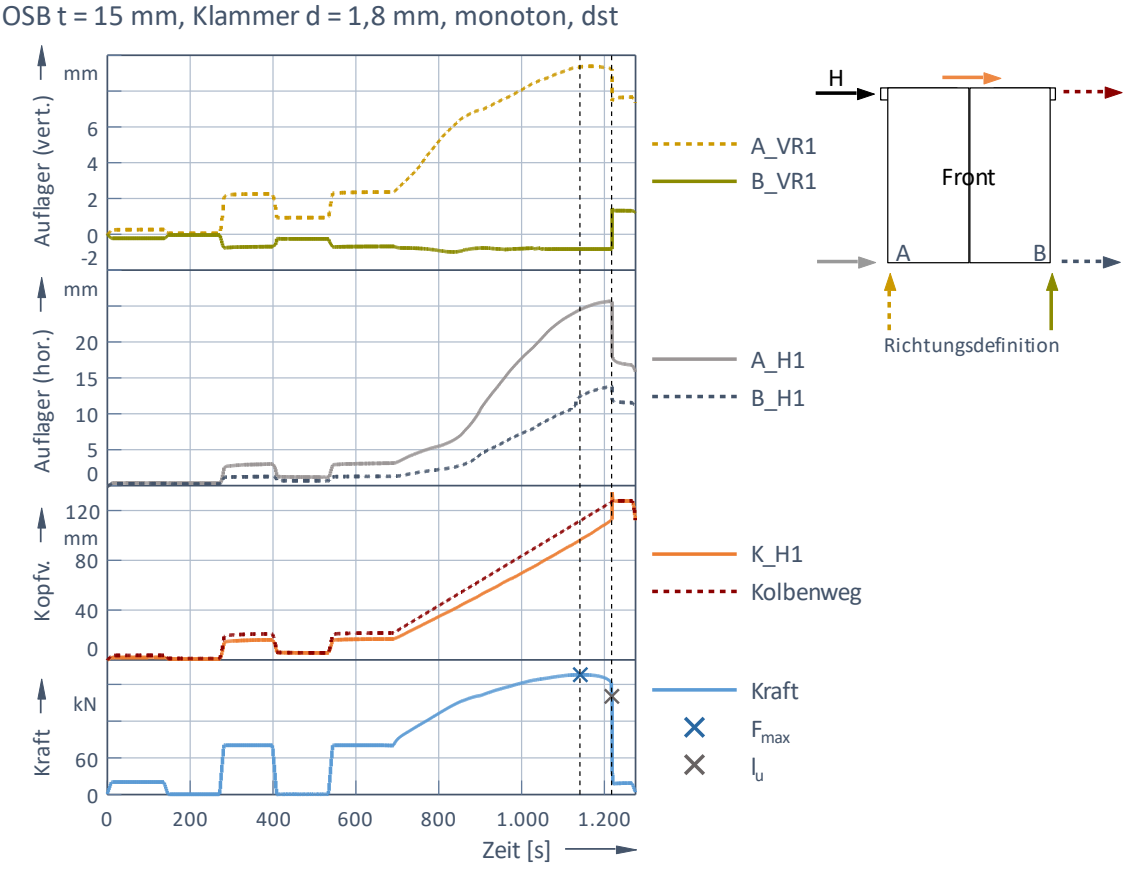


Abbildung B-101: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 14_m_1

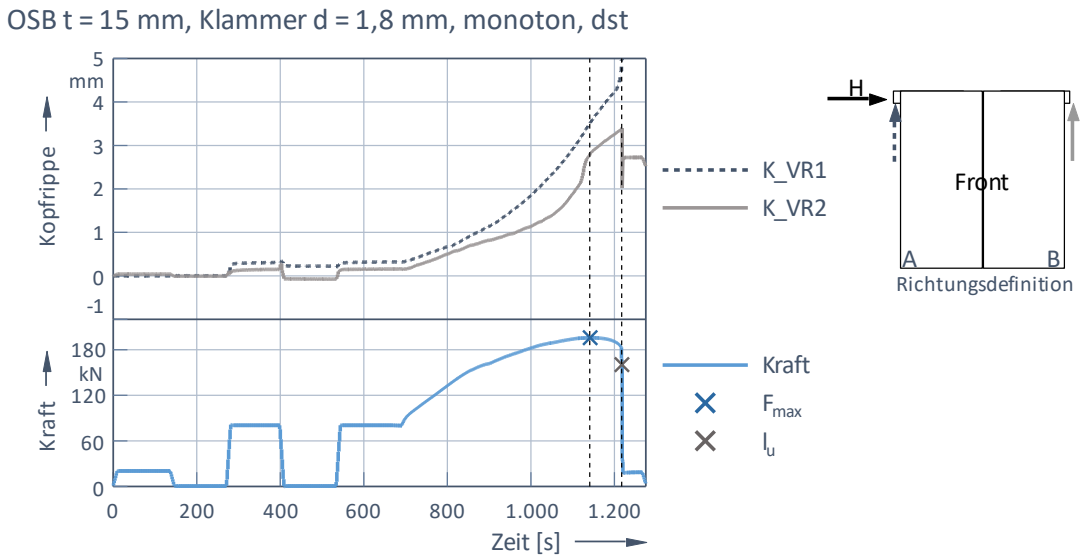


Abbildung B-102: Wegmessungen am Rähm; WT 14_m_1

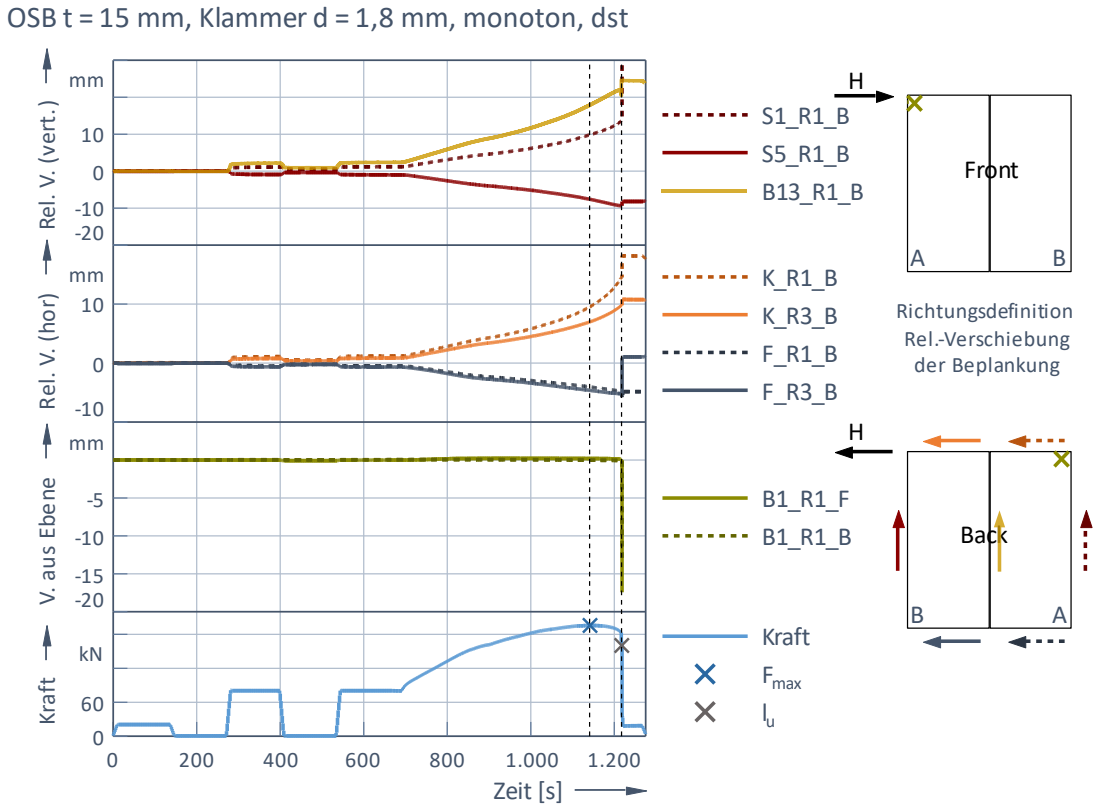


Abbildung B-103: Wegmessungen an der Beplankung; WT 14_m_1

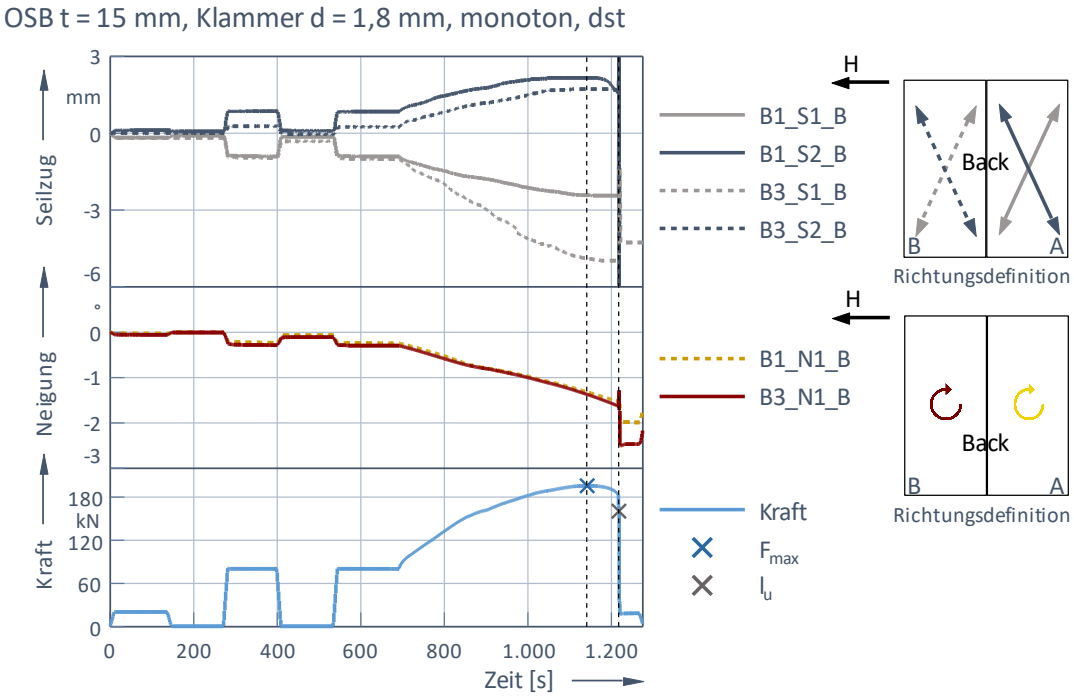


Abbildung B-104: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 14_m_1

Wandtafel 14_m_2_dSt

Tabelle B-11: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 14_m_2_dSt

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 37,5 mm	
Bekleidung 1:	Keine	
Bekleidung 2:	Keine	

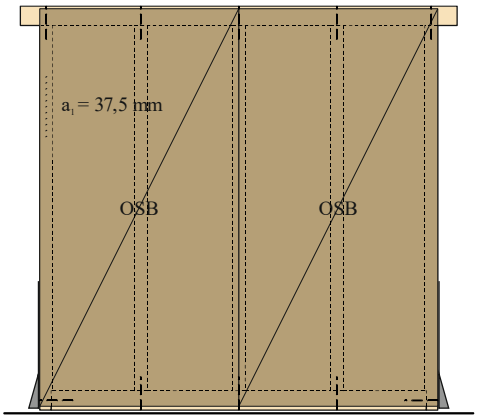


Abbildung B-105: Wandtafel 14_m_2

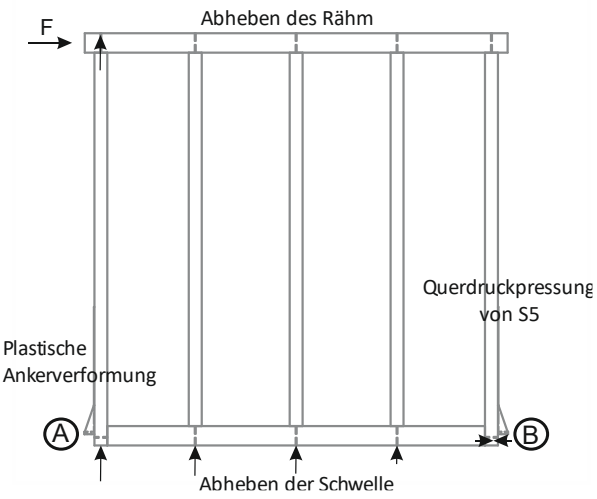
Untersuchung		
Datum	18.01.2024	
Raumtemperatur T	20,1°C	
Raumfeuchte R_H	28 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 399 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 409 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 426 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 411 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,6 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	184,2 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

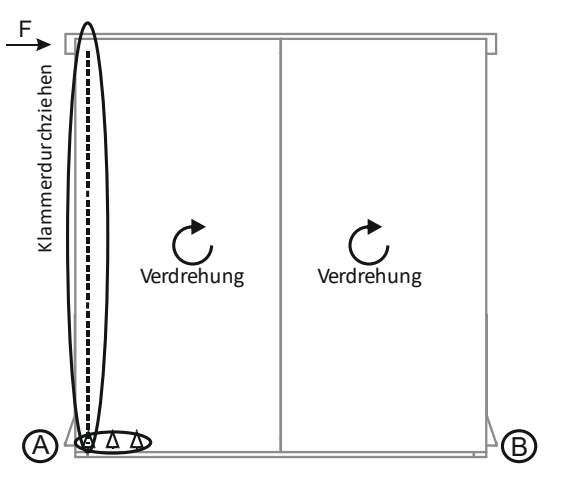
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Einzelplatten
- Plastische Ankerverformung in Richtung des Zylinders
- Querdruckversagen von S5 am Auflager B → große Verschiebung der Tafel
- Schlagartiges Klammerdurchziehen an S1 vorne und hinten bei F_{max}
- Herausspringen des Rähm von S1 kurz nach F_{max}

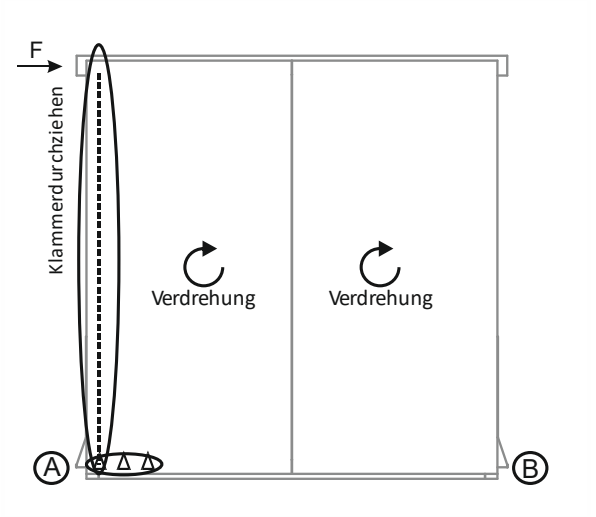
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)

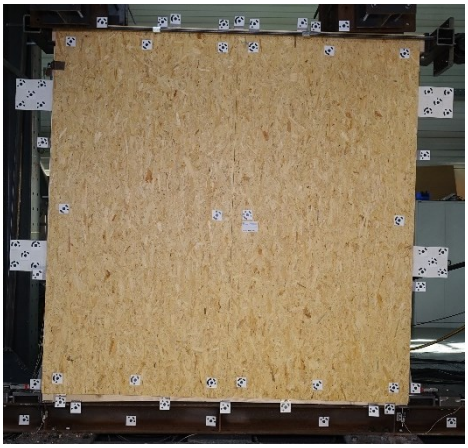


(b)



(c)

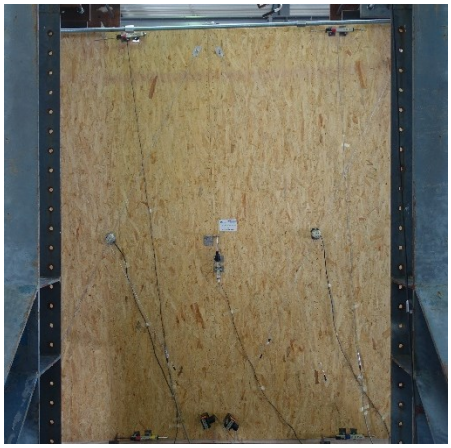
Abbildung B-106: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne(b) und Beplankung hinten (c); WT 14_m_2



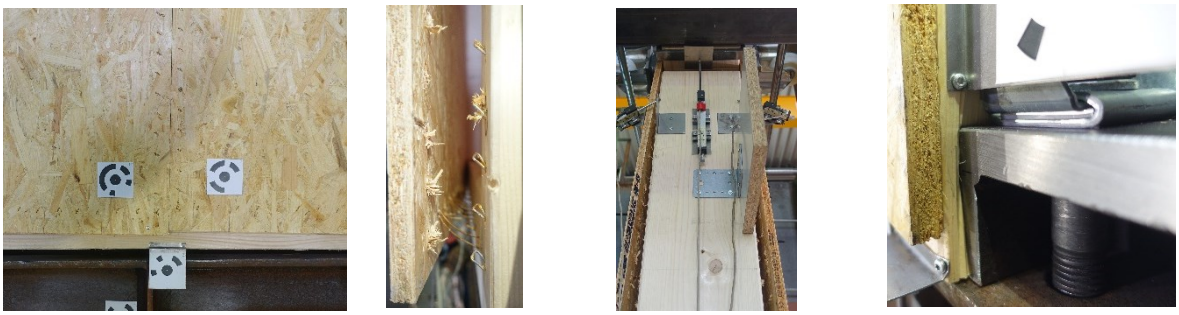
(a)



(b)



(c)



(d) (e) (f) (g)

Abbildung B-107: Ansicht Vorderseite (a) und Rückseite (c) nach Versuch, Stiel 1 nach Versuch (b), Abheben der Schwelle und Relativverschiebung von P1 & P3 an S3 (d), Durchziehen der Klammern an S1 hinten (e), Abheben des Rähm von S1 (f), Querdruckpressung von S5 an Auflager B (g); WT 14_m_2

Untersuchungsergebnisse

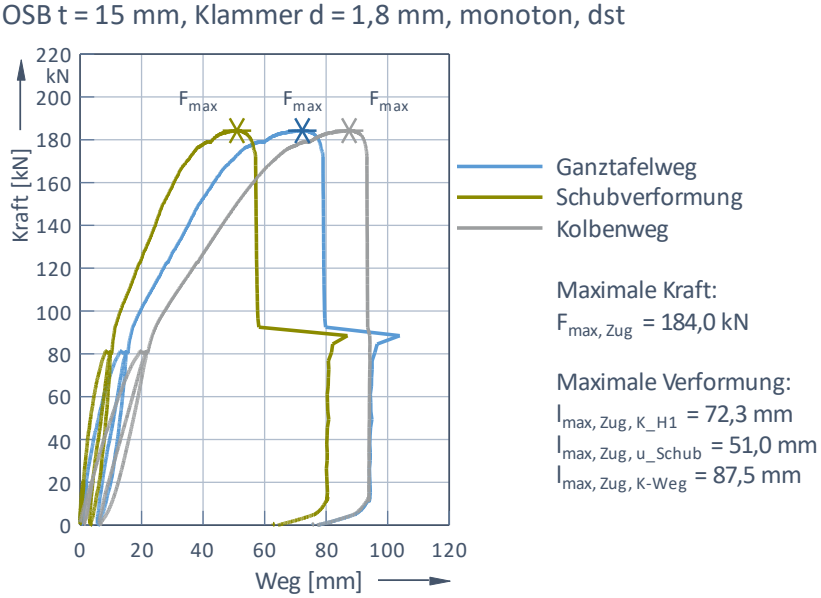


Abbildung B-108: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 14_m_2

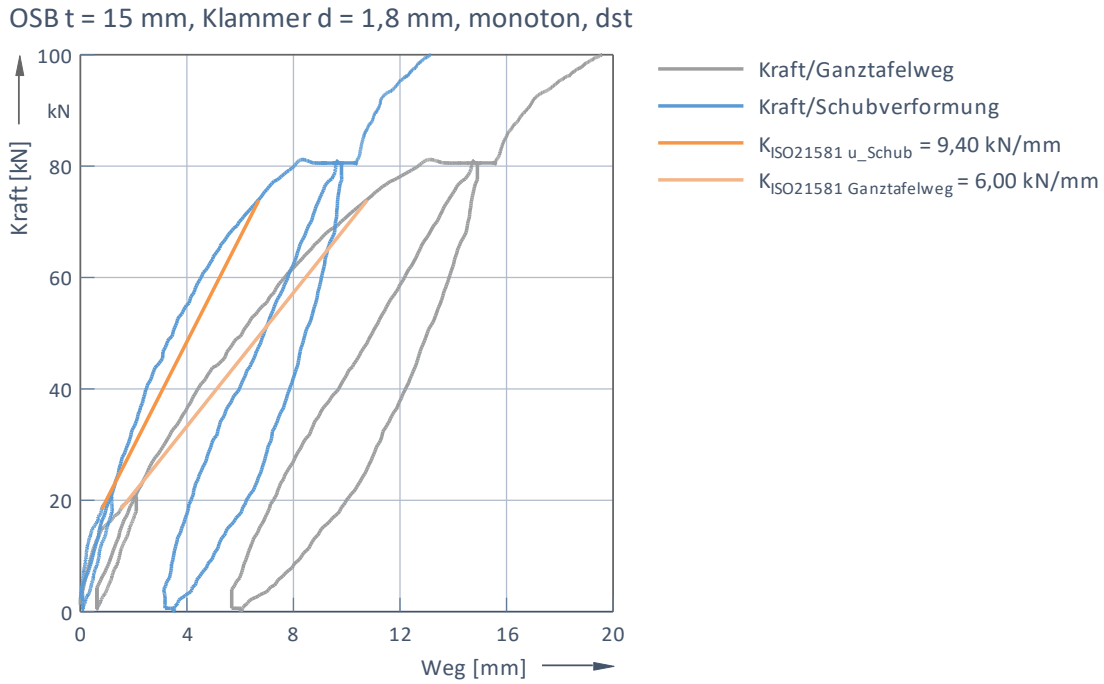


Abbildung B-109: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 14_m_2

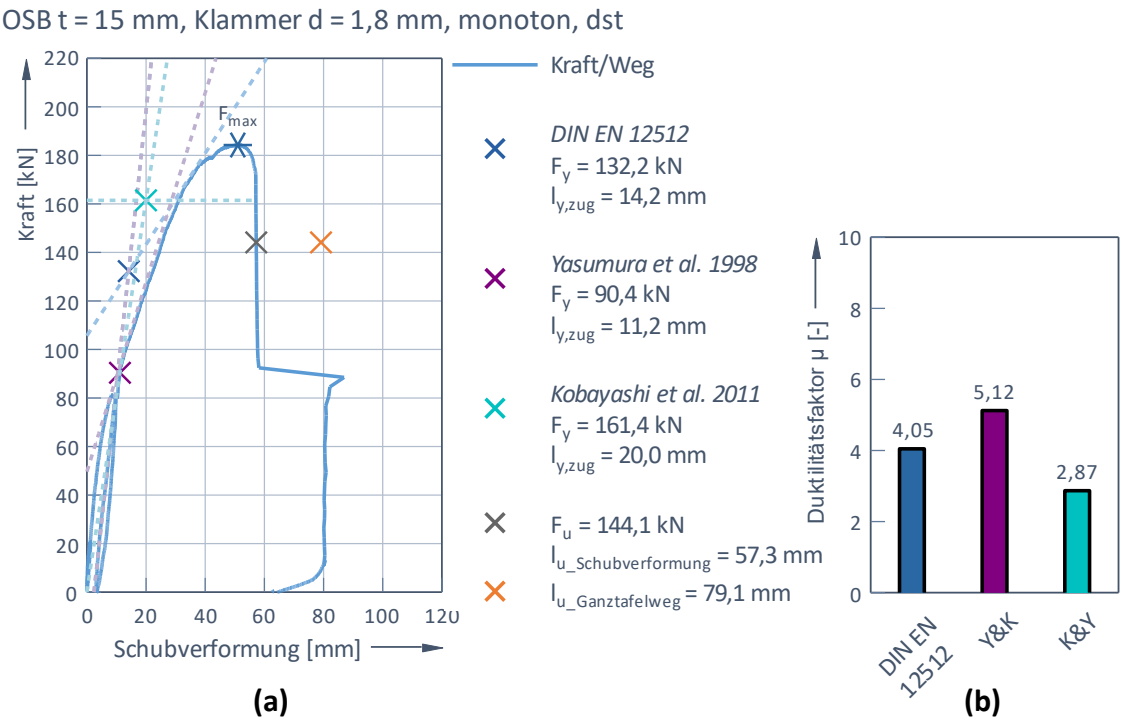


Abbildung B-110: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 14_m_2

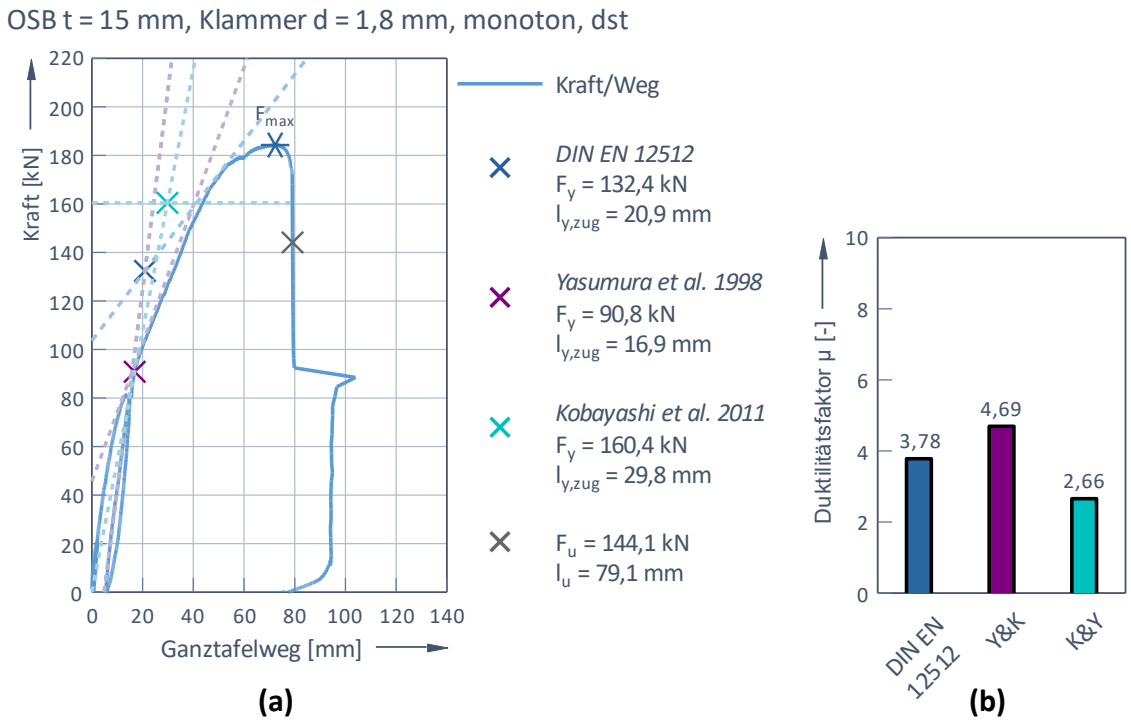


Abbildung B-111: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 14_m_2

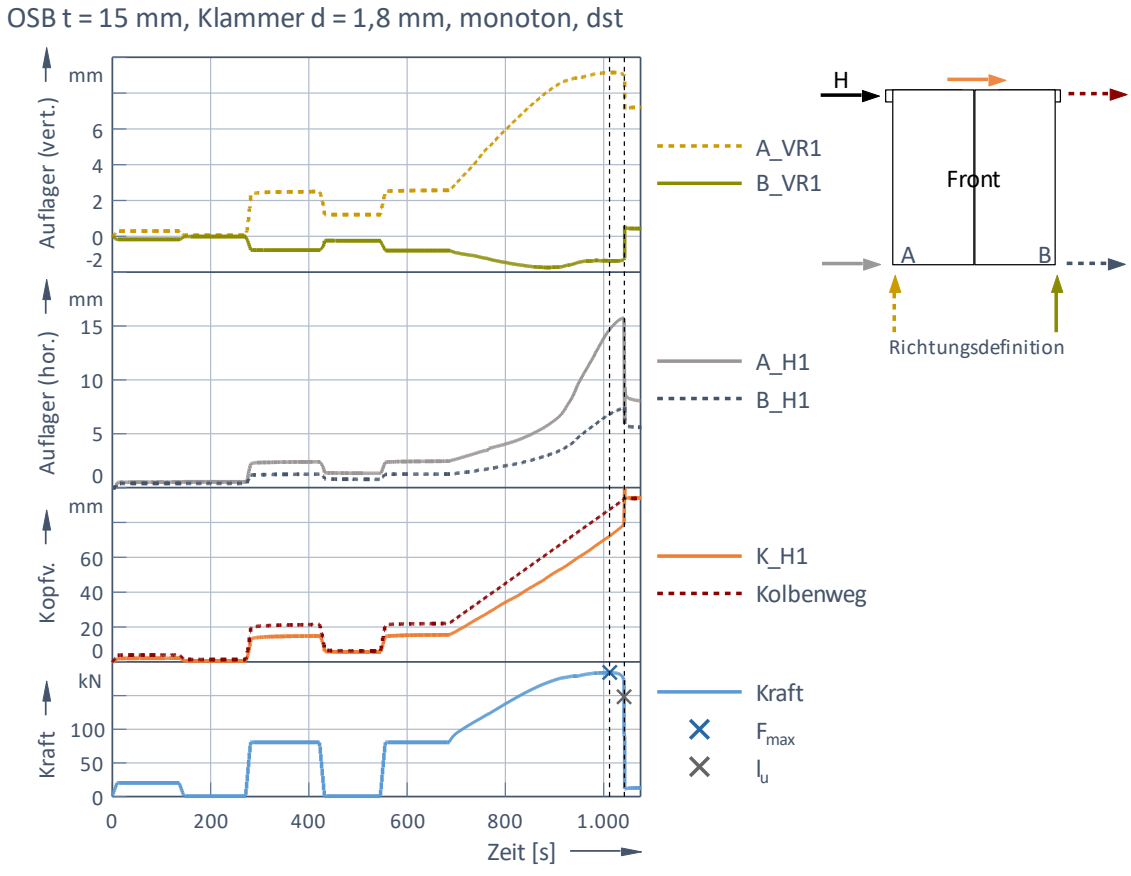


Abbildung B-112: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 14_m_2

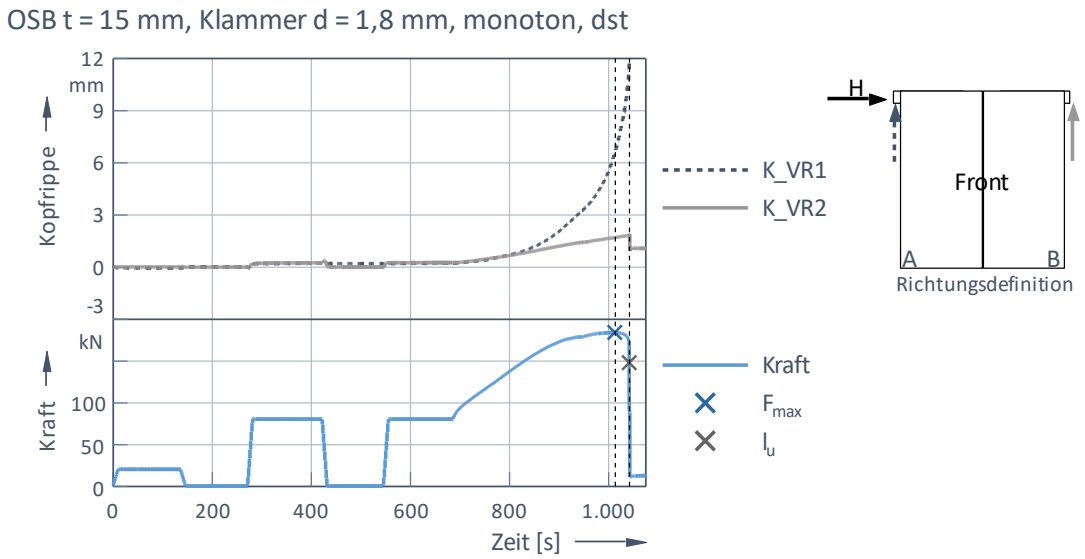


Abbildung B-113: Wegmessungen am Rähm; WT 14_m_2

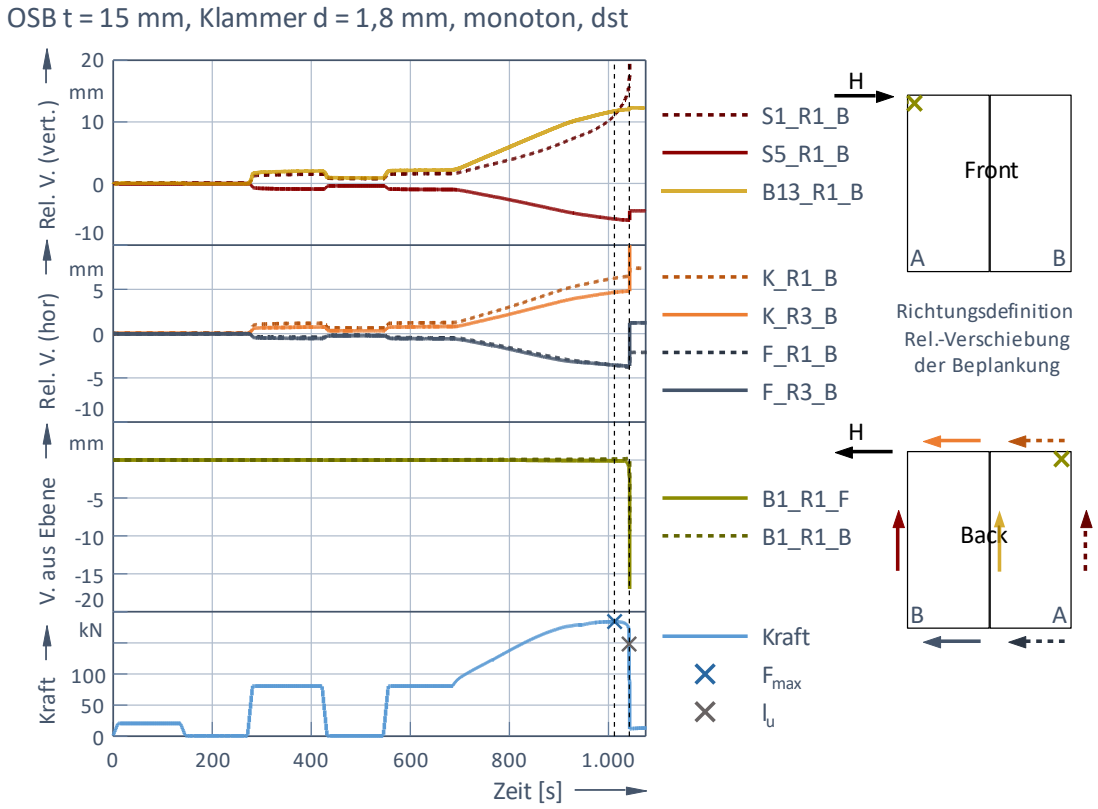


Abbildung B-114: Wegmessungen an der Beplankung; WT 14_m_2

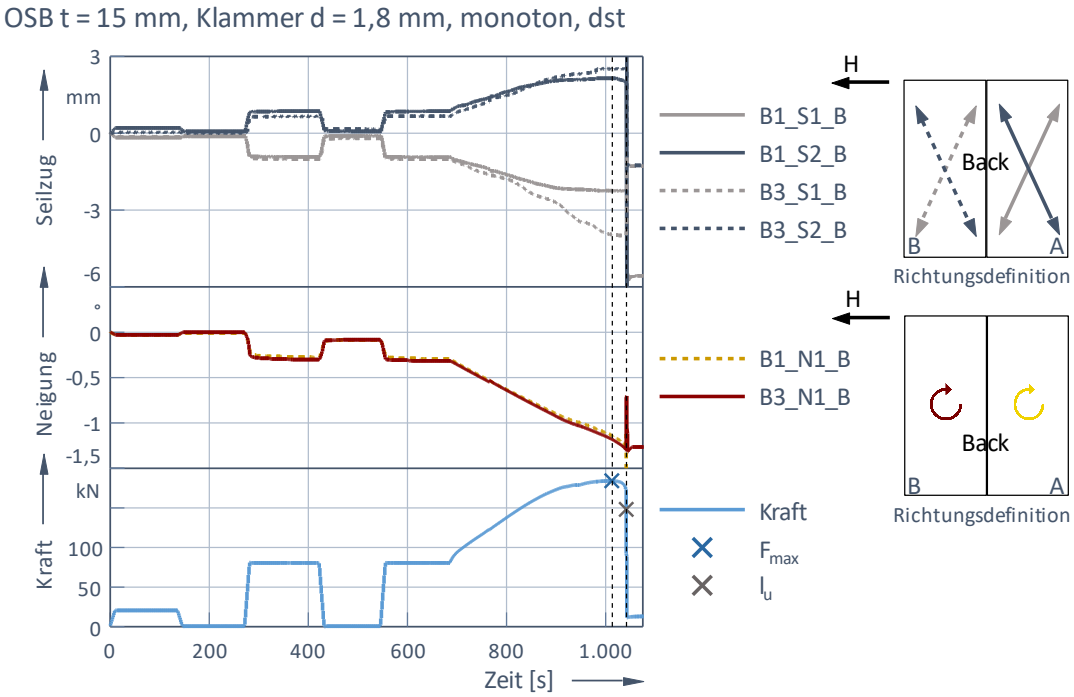


Abbildung B-115: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 14_m_2

Wandtafel 15_m_1

Tabelle B-12: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 15_m_1

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

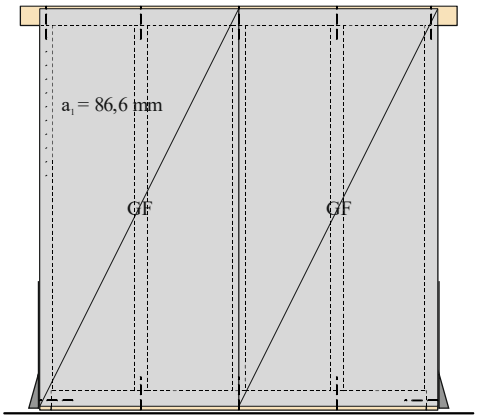


Abbildung B-116: Wandtafel 15_m_1

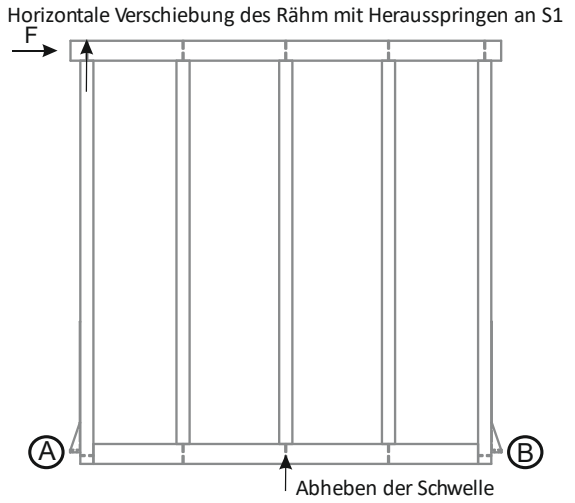
Untersuchung		
Datum	22.01.2024	
Raumtemperatur T	19,4°C	
Raumfeuchte R_H	36 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 410 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 449 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 384 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 414 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	15,7 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	108,9 kN	(Beplankungsversagen maßgebend)

Anmerkungen

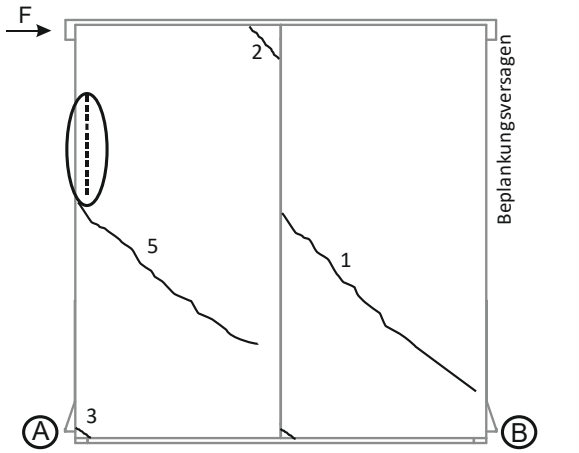
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Gesamtplatte
- Lastabfall nach Aufreißen der Fuge mit Diagonalriss in Platte 3 vorne vor F_{max}
- Diagonalriss von Platte 1 bei F_{max} mit starkem Lastabfall
- Nachverfestigung nach F_{max} bis Riss in Platte 3 hinten
- Abheben von Schwelle und Rähm

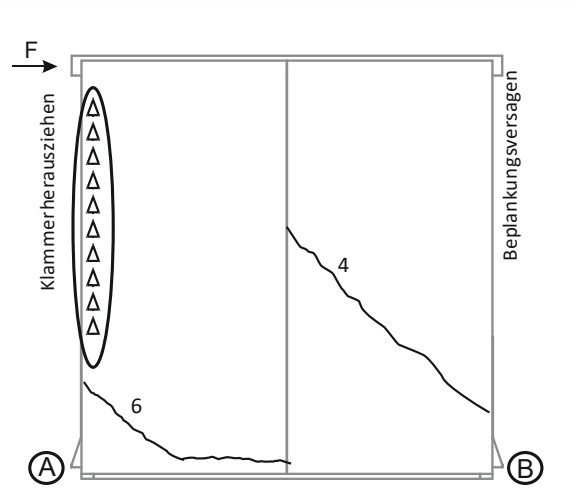
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)

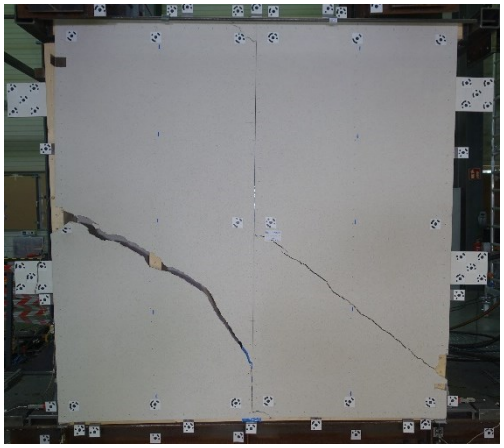


(b)

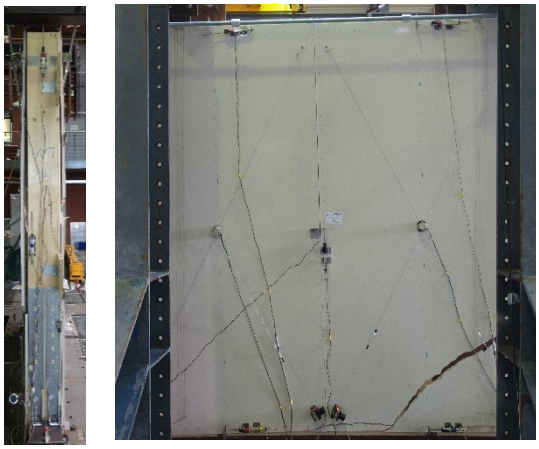


(c)

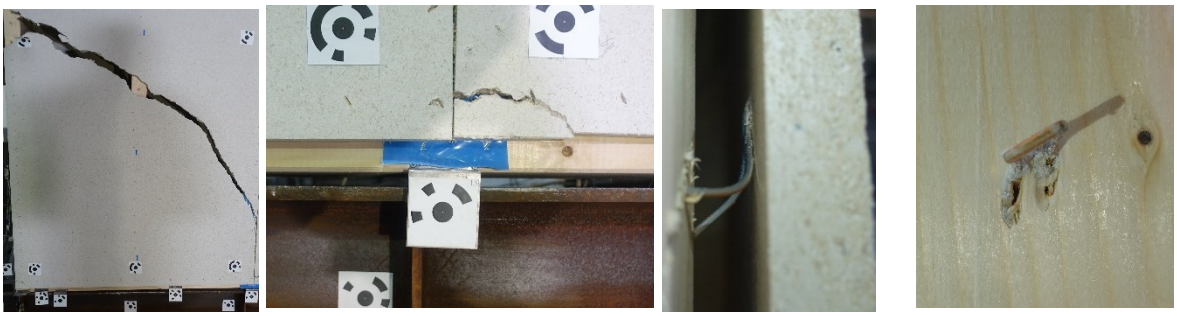
Abbildung B-117: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne(b) und Beplankung hinten (c); WT 15_m_1



(a)



(b) **(c)**



(d) (e) (f) (g)

Abbildung B-118: Ansicht Vorderseite (a) und Rückseite (c) nach Versuch, Stiel 1 nach Versuch (b), Diagonaler Schubriss in Platte 3 vorne (d), Abheben der Schwelle in Wandmitte (e), Herausgezogene Klammer von P1 an S1 (f), in S1 verbliebene Klammer nach Riss in P1 (g); WT 15_m_1

Untersuchungsergebnisse

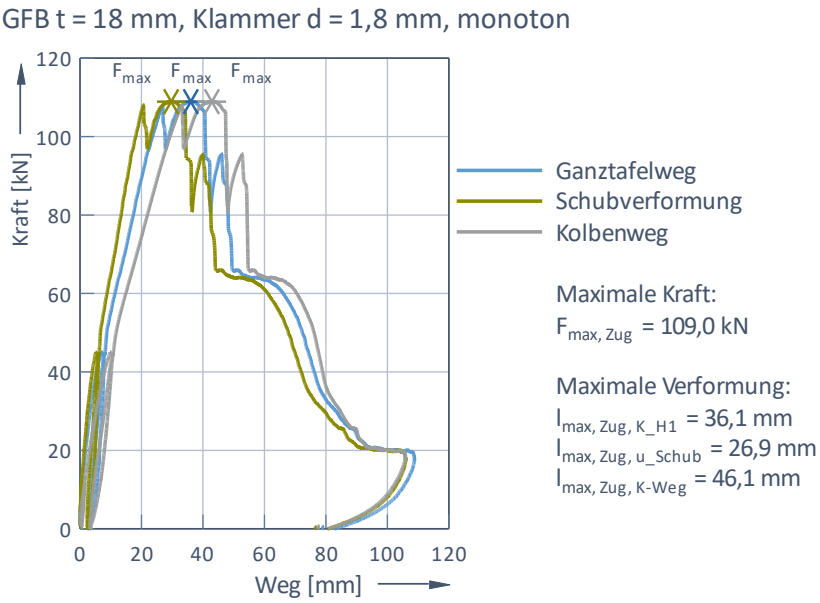


Abbildung B-119: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 15_m_1

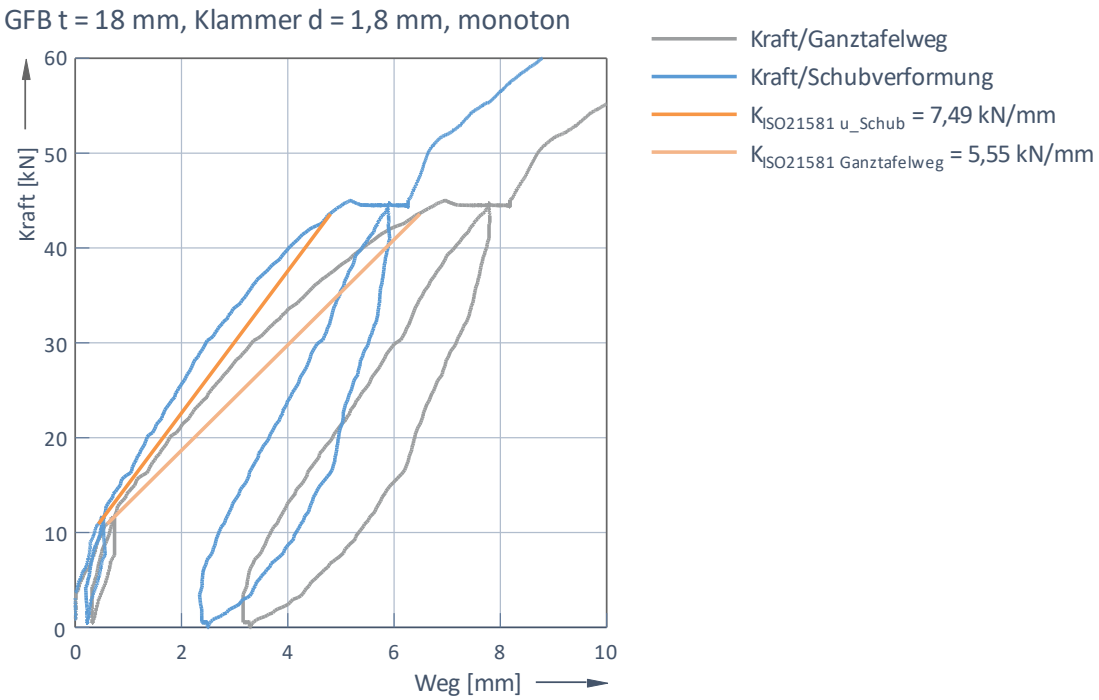


Abbildung B-120: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 15_m_1

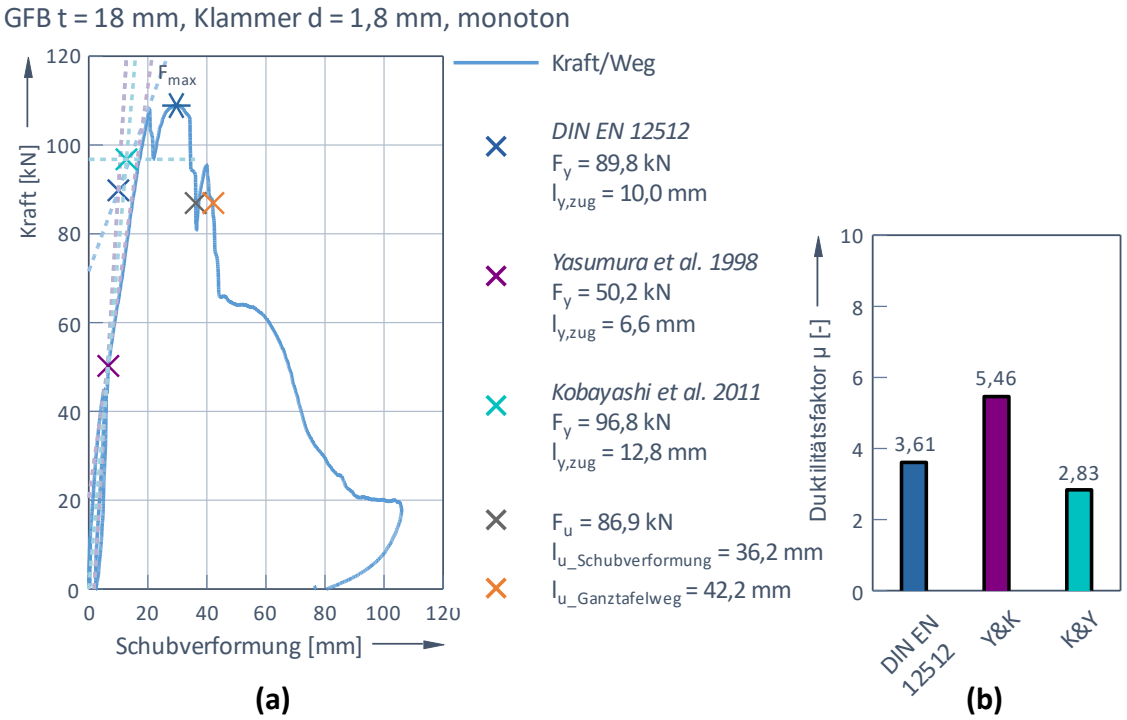


Abbildung B-121: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 15_m_1

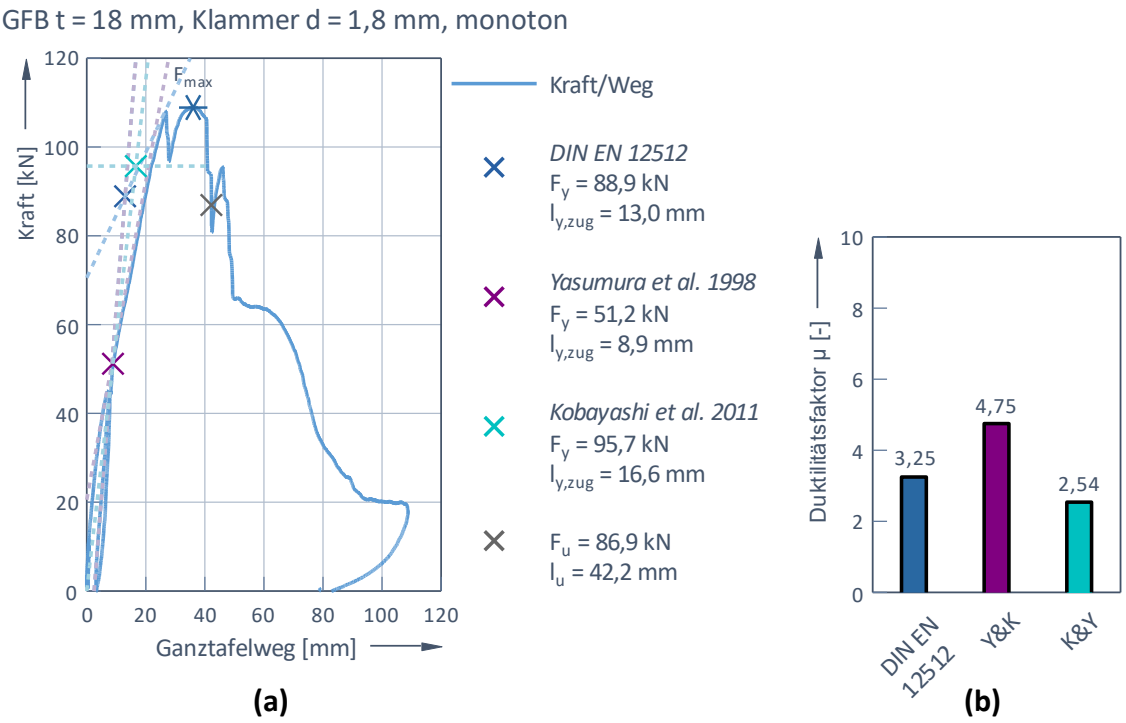


Abbildung B-122: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 15_m_1

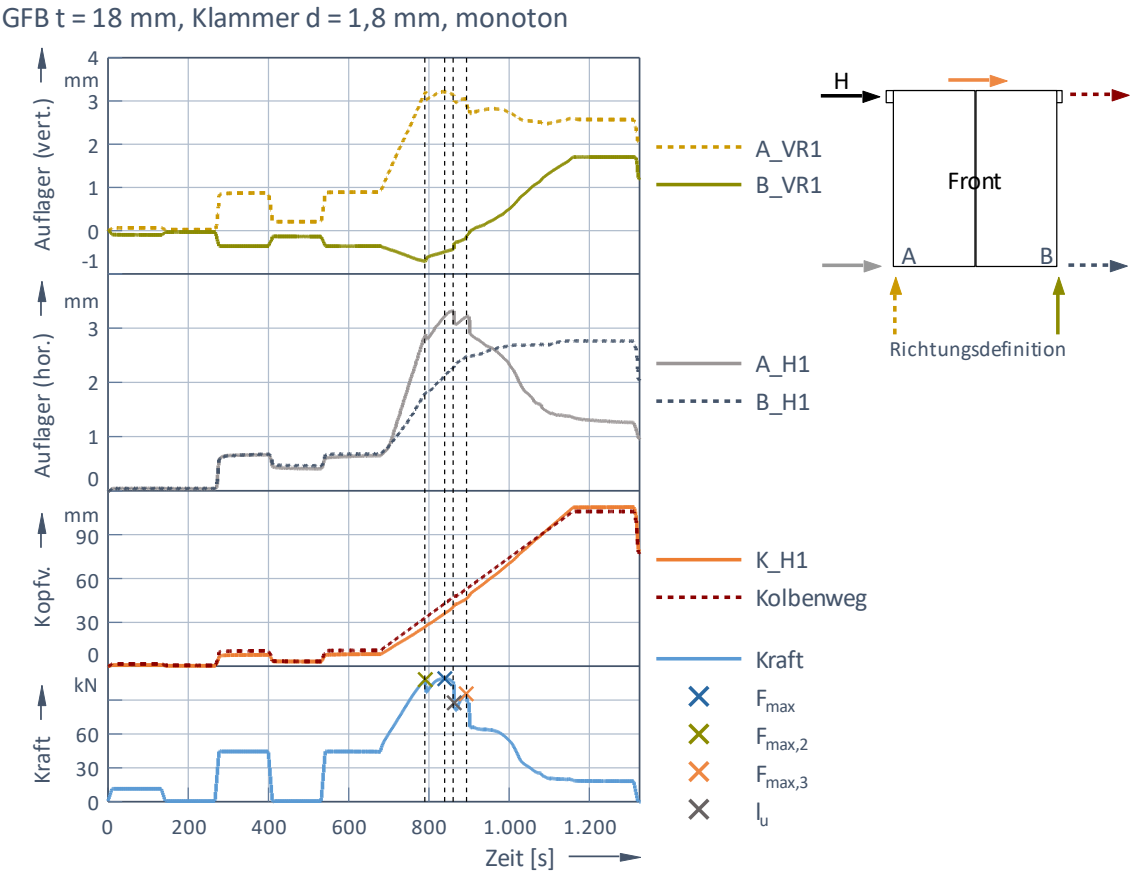


Abbildung B-123: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 15_m_1

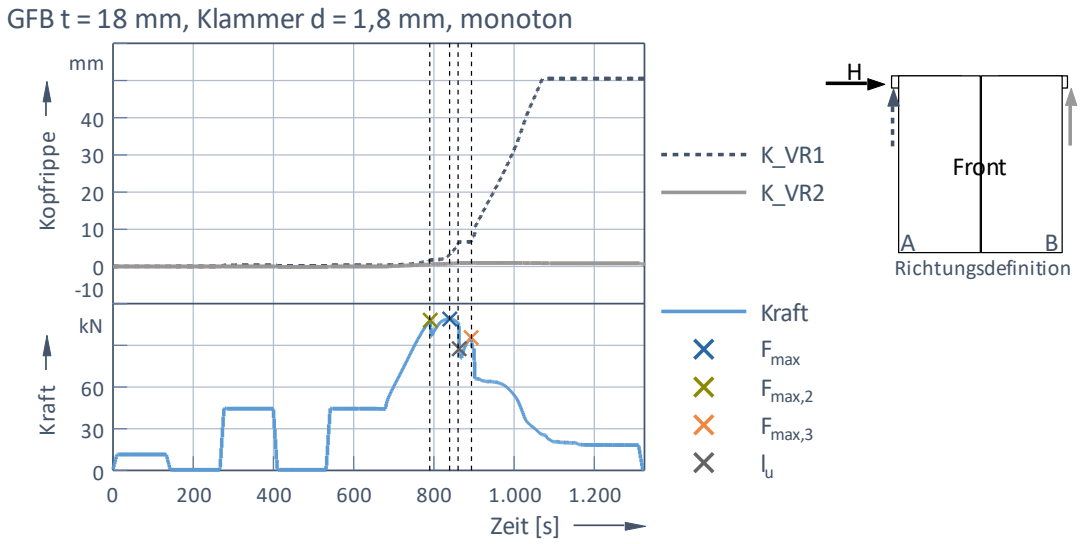


Abbildung B-124: Wegmessungen am Rähm; WT 15_m_1

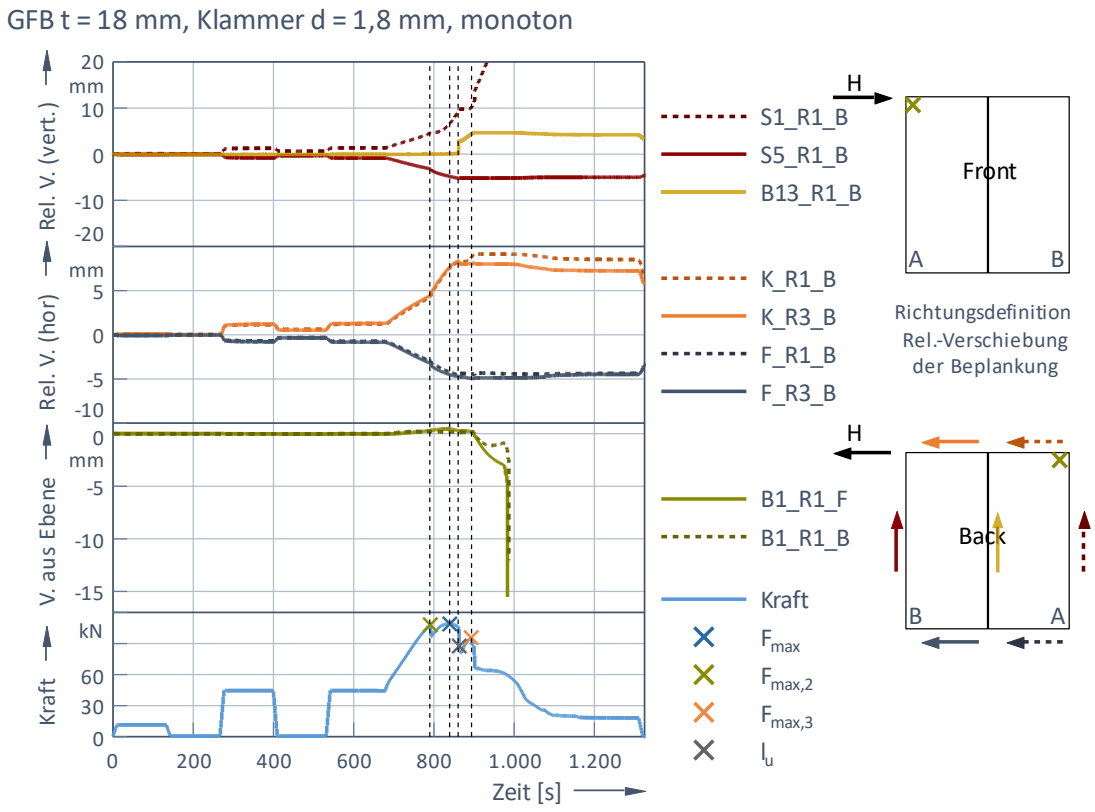


Abbildung B-125: Wegmessungen an der Beplankung; WT 15_m_1

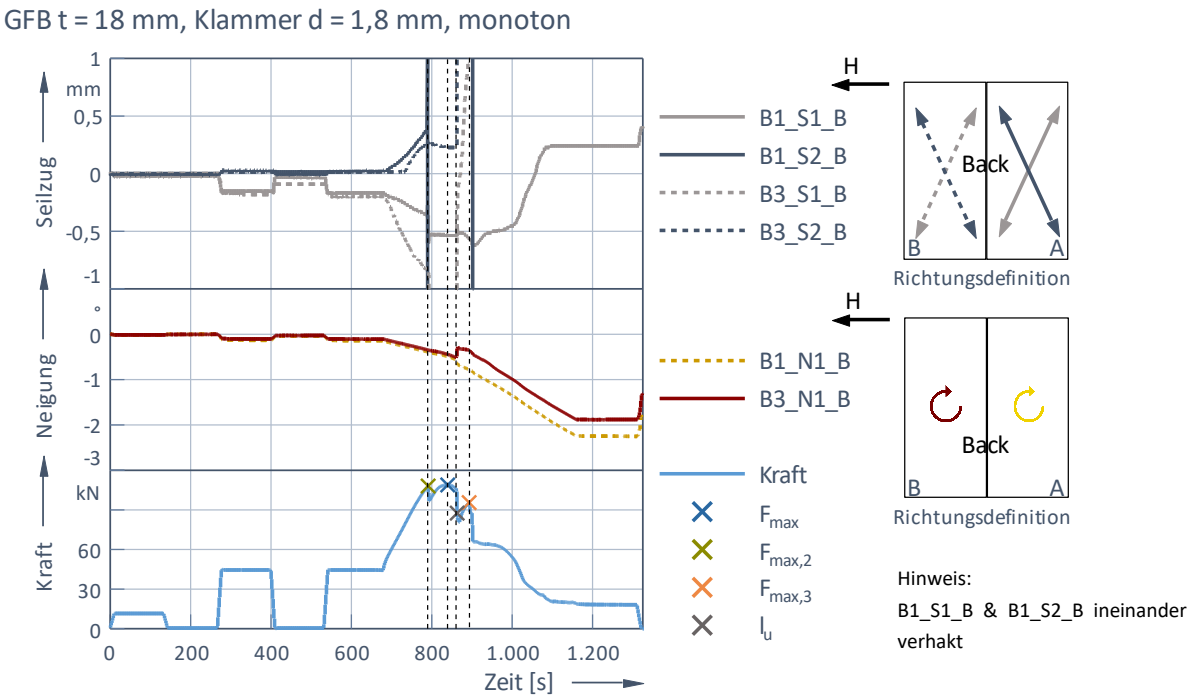


Abbildung B-126: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 15_m_1

Wandtafel 15_m_2

Tabelle B-13: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 15_m_2

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

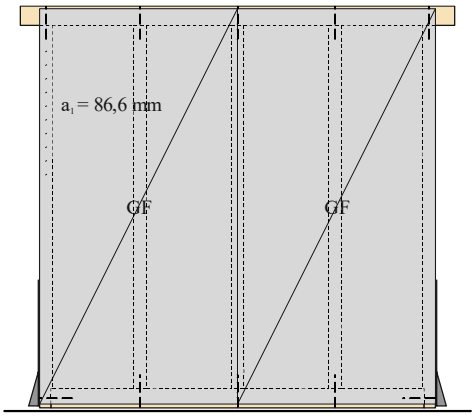


Abbildung B-127: Wandtafel 15_m_2

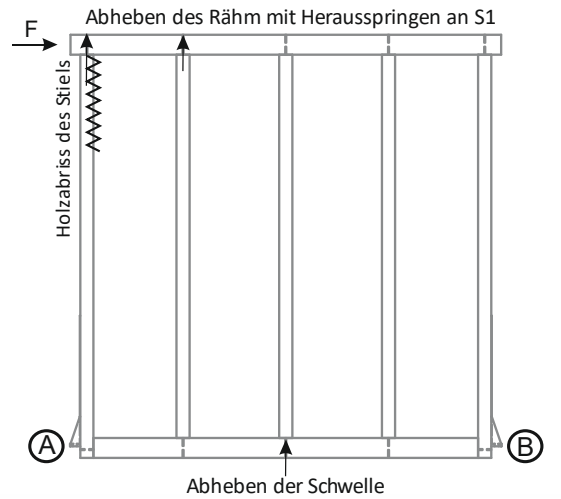
Untersuchung		
Datum	23.01.2024	
Raumtemperatur T	20,4°C	
Raumfeuchte R_H	36 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 495 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 398 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 461 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 451 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	15,8 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	115,4 kN	(Beplankungsversagen maßgebend)

Anmerkungen

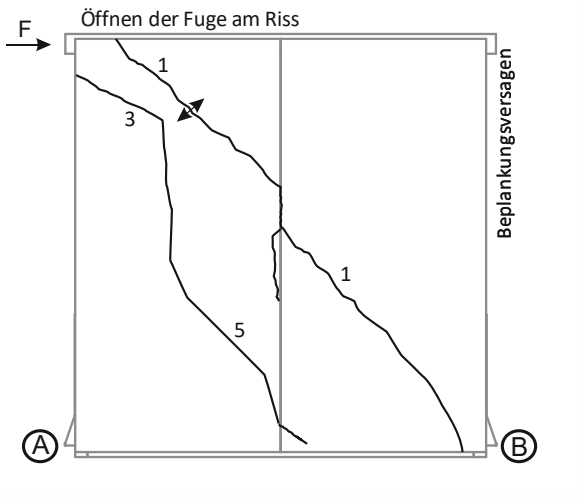
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Gesamtplatte
- Schlagartiges Versagen mit Diagonalriss bei F_{max} durch beide Platten vorne
- Nachverfestigung nach F_{max} bis zur Öffnung des Stoßes mit Riss in P3 & P1 hinten
- Exzentrische Belastung nach Versagen der Vorderseite
- Abheben von Schwelle und Aufsetzen der Lasteinleitung auf Beplankung nach F_{max}
- Herausziehen der Klammern von P1 an S1 nach Riss in P1 hinten

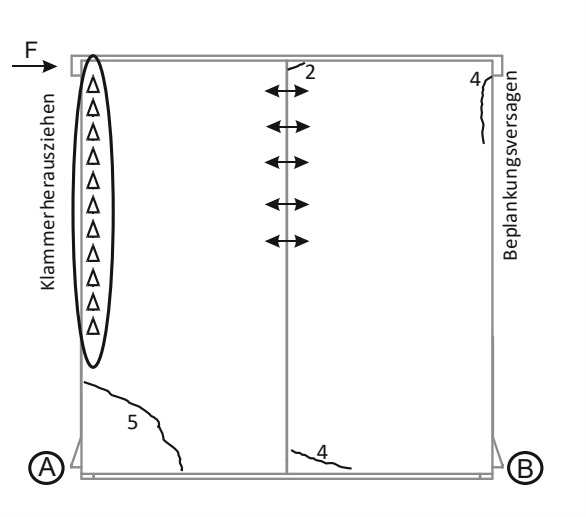
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)

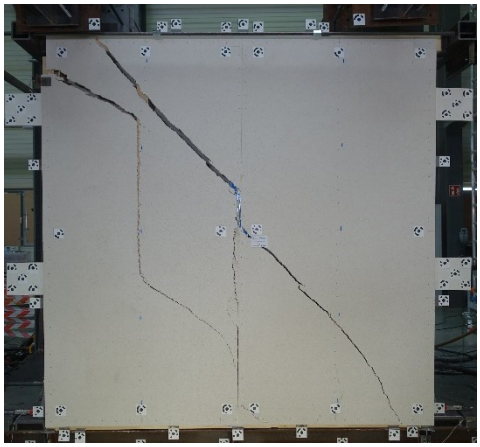


(b)



(c)

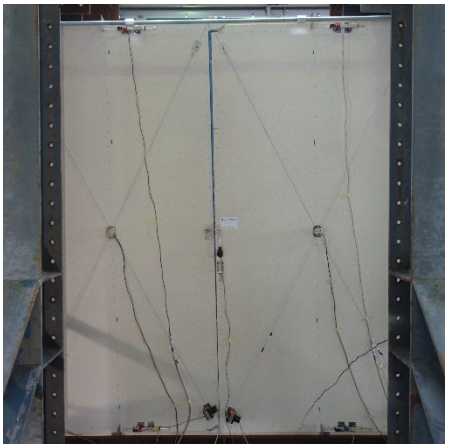
Abbildung B-128: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne(b) und Beplankung hinten (c); WT 15_m_2



(a)



(b)



(c)



(d) (e) (f) (g)

Abbildung B-129: Ansicht Vorderseite (a) und Rückseite (c) nach Versuch, Stiel 1 nach Versuch (b), Diagonaler Schubriss (oben) und Sekundärriss (unten) in P1 vorne (d),Aufgerissene Fuge zwischen P1 & P3 hinten (e), Herausgesprungener Stiehl 1 mit durchgezogenen Klammern (f), Durchgezogene Klammern und aufgesetzte Lasteinleitung auf der Beplankung an S1 (g); WT 15_m_2

Untersuchungsergebnisse

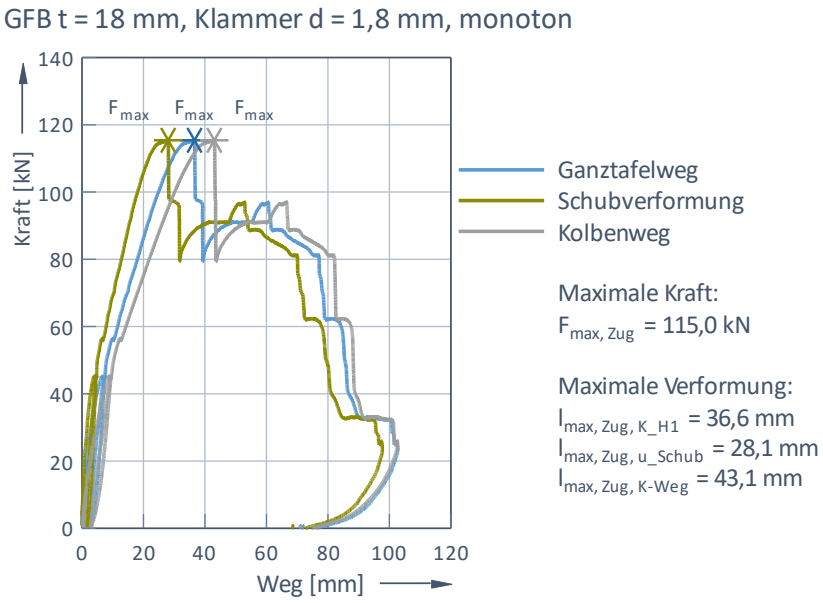


Abbildung B-130: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 15_m_2

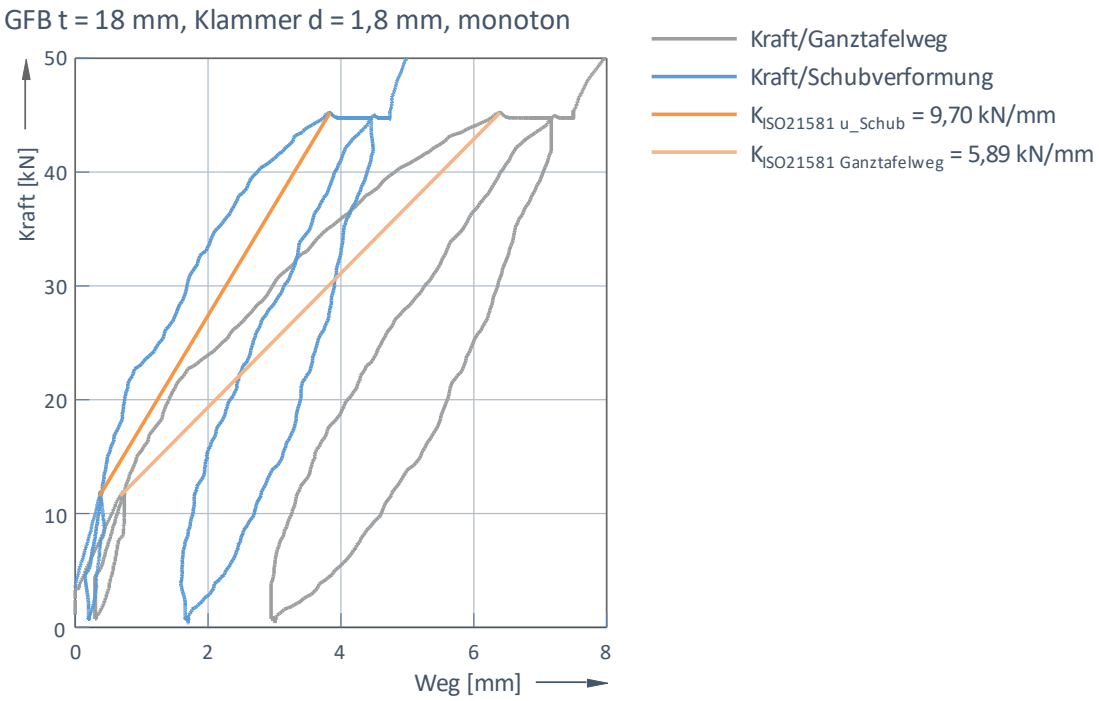


Abbildung B-131: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 15_m_2

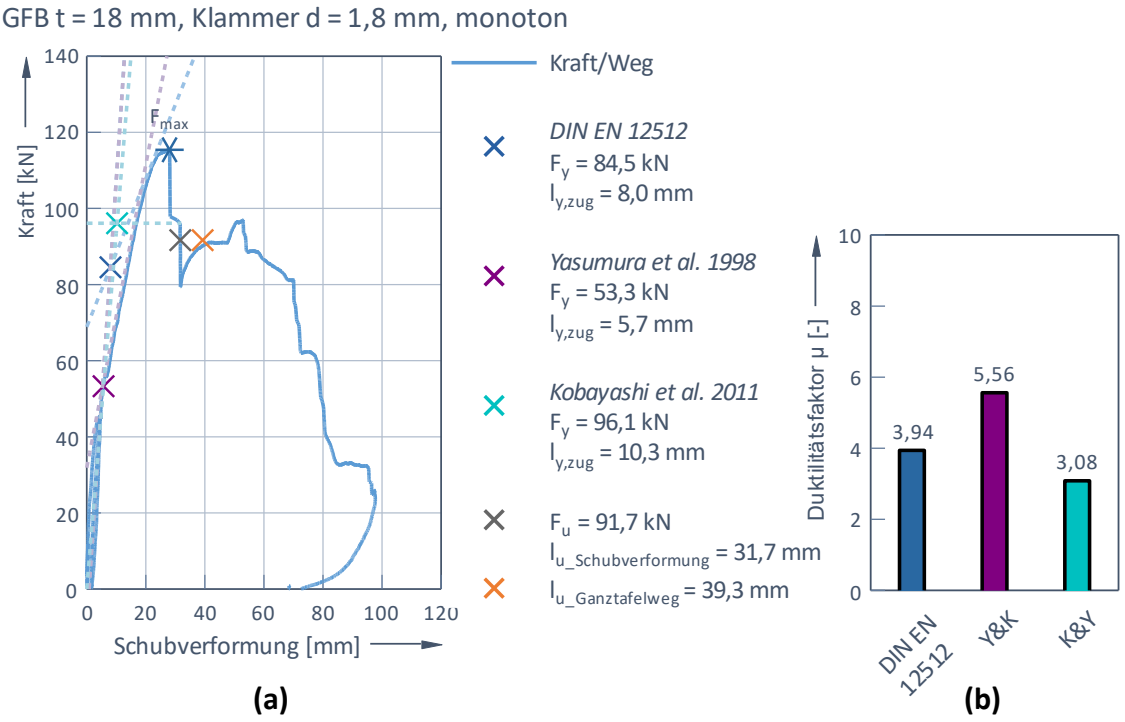


Abbildung B-132: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 15_m_2

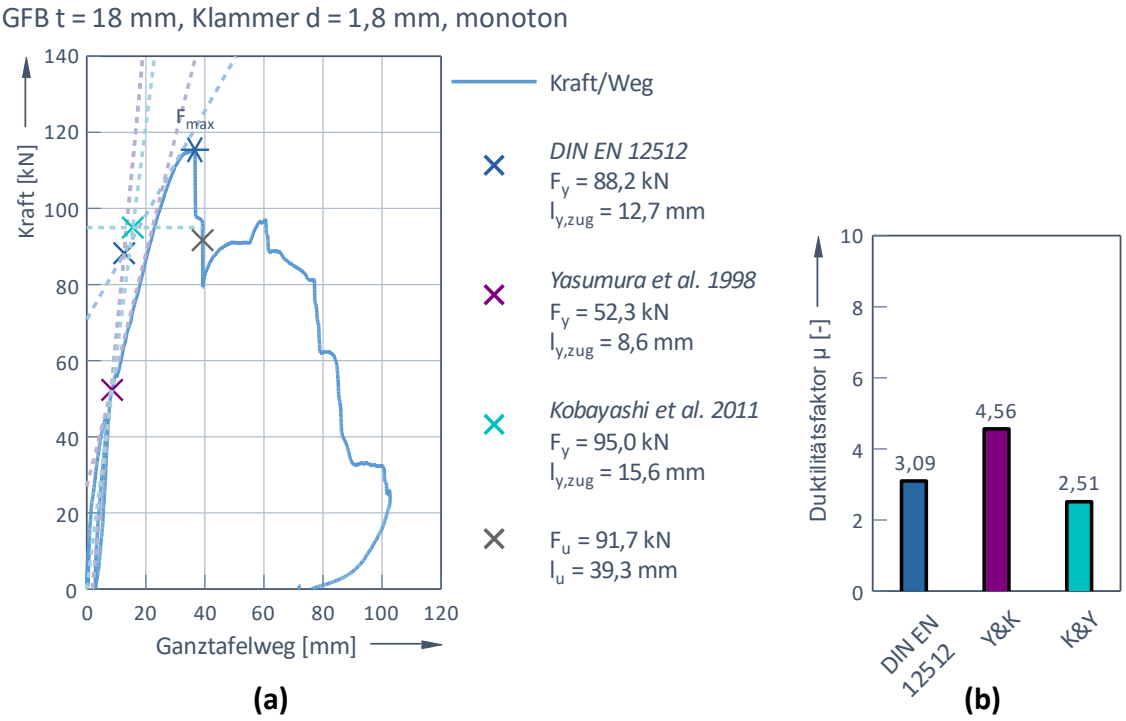


Abbildung B-133: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 15_m_2

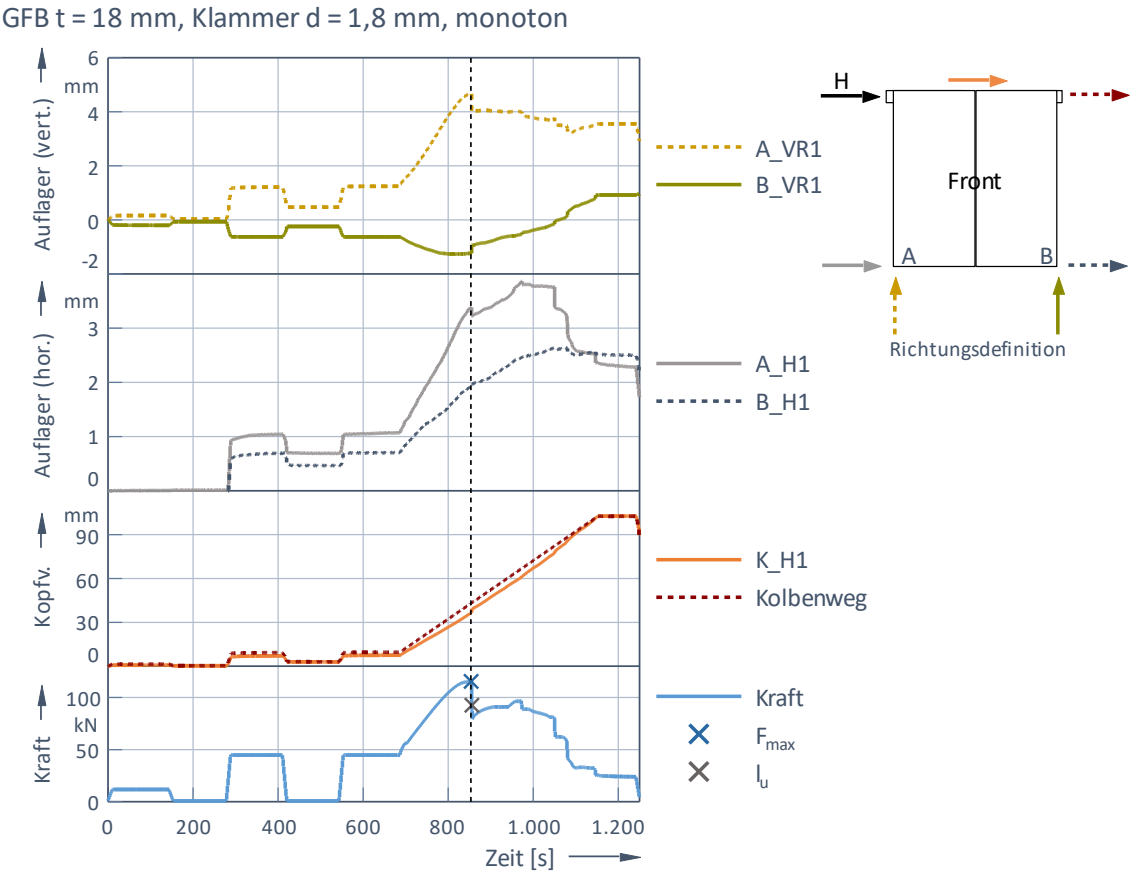


Abbildung B-134: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 15_m_2

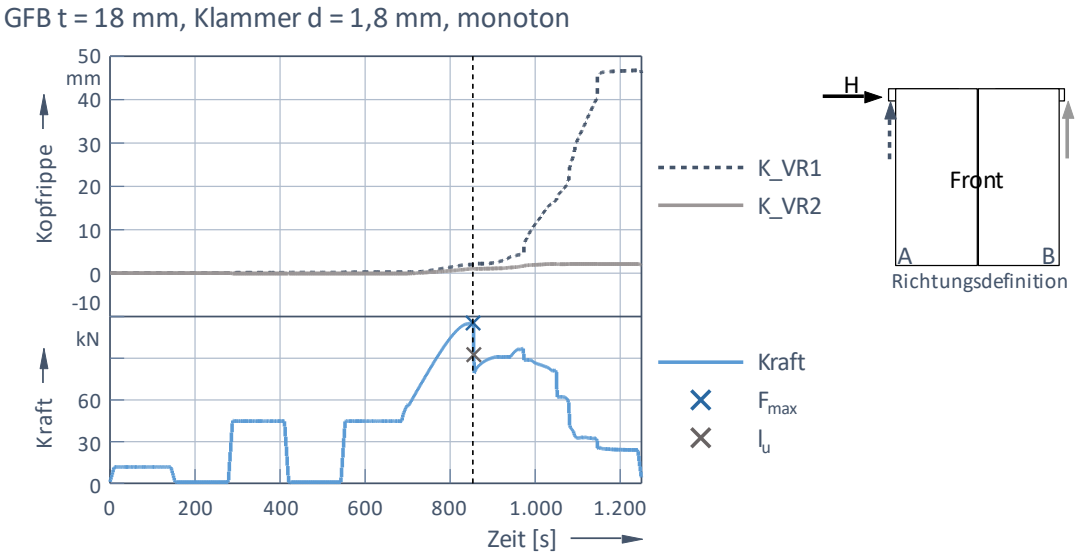


Abbildung B-135: Wegmessungen am Rähm; WT 15_m_2

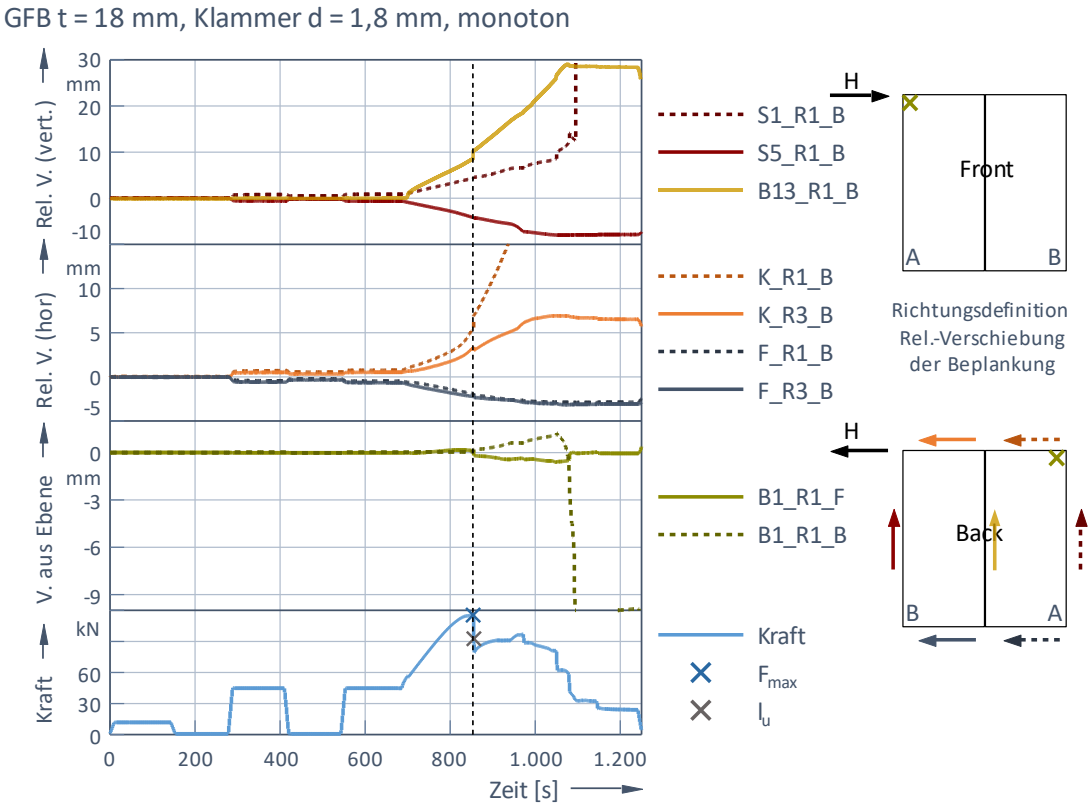


Abbildung B-136: Wegmessungen an der Beplankung; WT 15_m_2

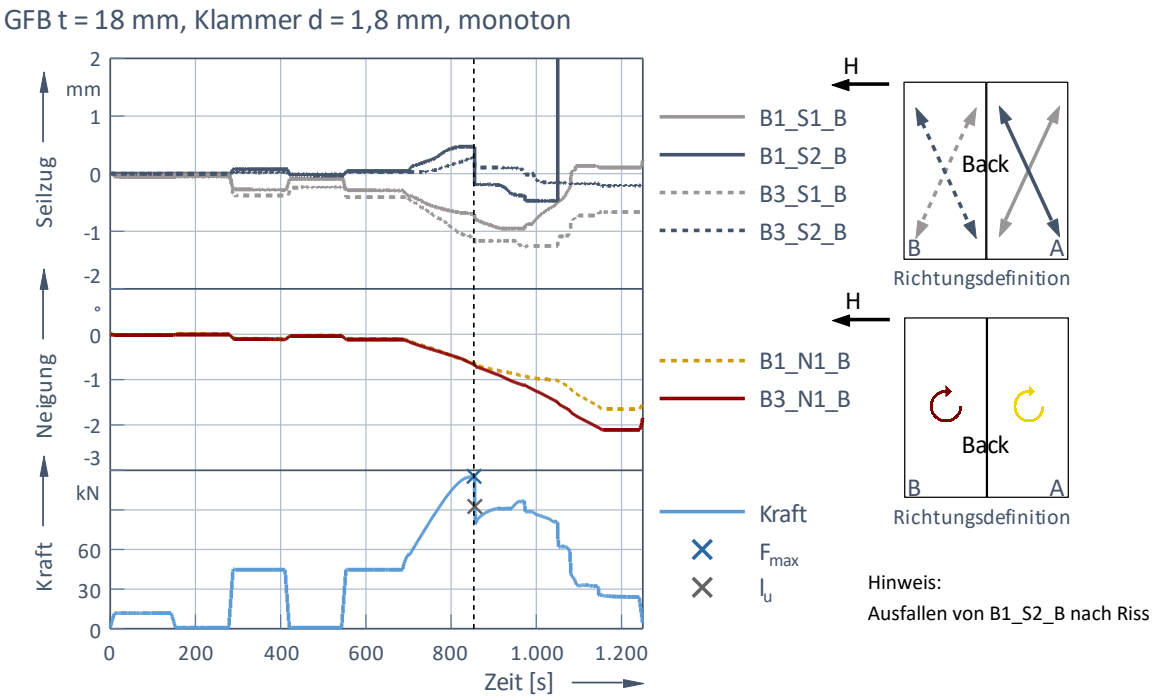


Abbildung B-137: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 15_m_2

Wandtafel 15_m_3

Tabelle B-14: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 15_m_3

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

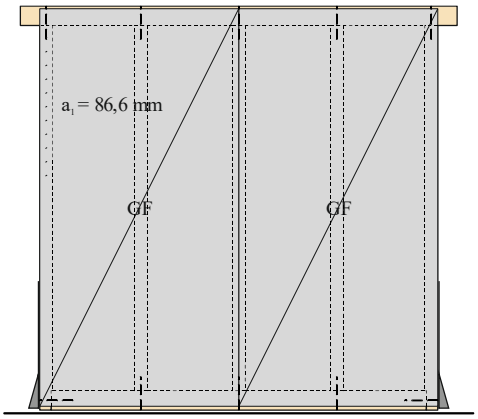


Abbildung B-138: Wandtafel 15_m_3

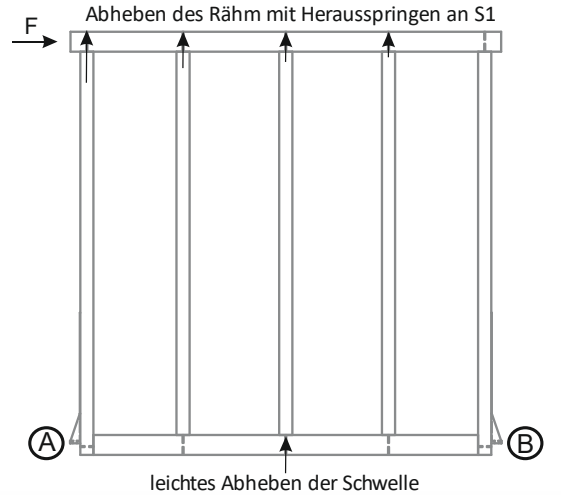
Untersuchung		
Datum	24.01.2024	
Raumtemperatur T	20,3°C	
Raumfeuchte R_H	41 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 450 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 505 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 389 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 448 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,8%	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	101,3 kN	(Beplankungsversagen maßgebend)

Anmerkungen

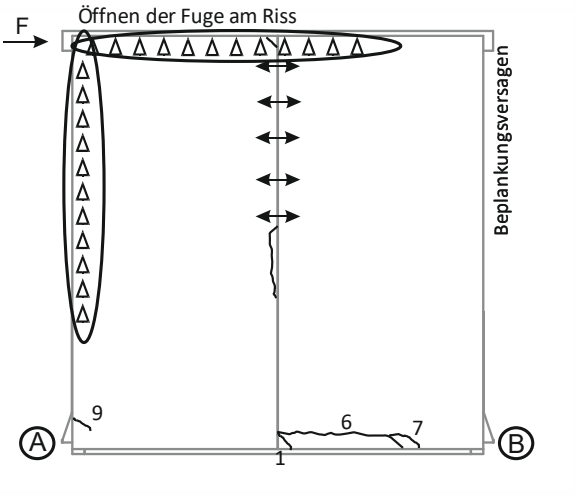
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Gesamtpaket
- Aufreißen der Fuge zwischen P1 & P3 mit Lastabfall vorne (ca. 80kN)
- Diagonalriss in P3 hinten (ca. 90kN)
- Erreichen von F_{max} mit Aufreißen der Plattenfuge und verbinden mit Diagonalriss hinten
- Nachverfestigungen bis zum Herausreißen des Rähm an S1 bei ca. 120mm

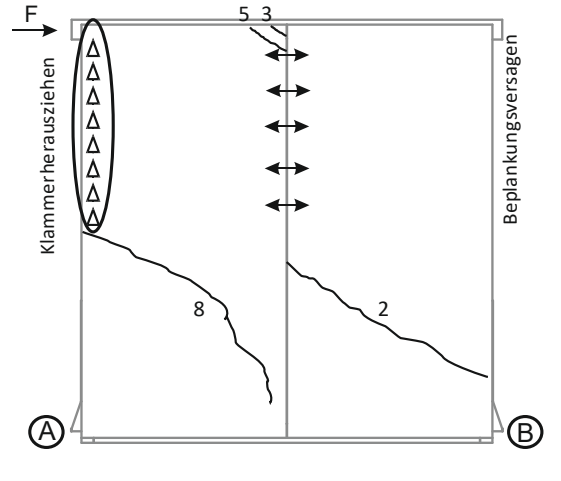
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)

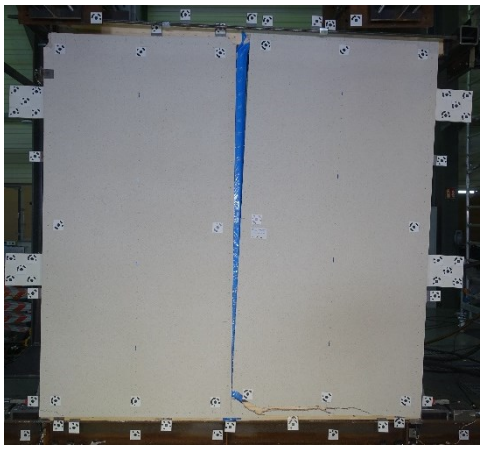


(b)



(c)

Abbildung B-139: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne(b) und Beplankung hinten (c); WT 15_m_3



(a)



(b) (c)



(d) **(e)** **(f)**

Abbildung B-140: Ansicht Vorderseite (a) und Rückseite (c) nach Versuch, Stiel 1 nach Versuch (b), Diagonalriss in Platte 3 hinten (d), Ablösen des Rähm von S1, S2 und S3 mit Herausgezogenen Klammern des Rähm (e), Herausgezogene Klammern am Rähm (f); WT 15_m_3

Untersuchungsergebnisse

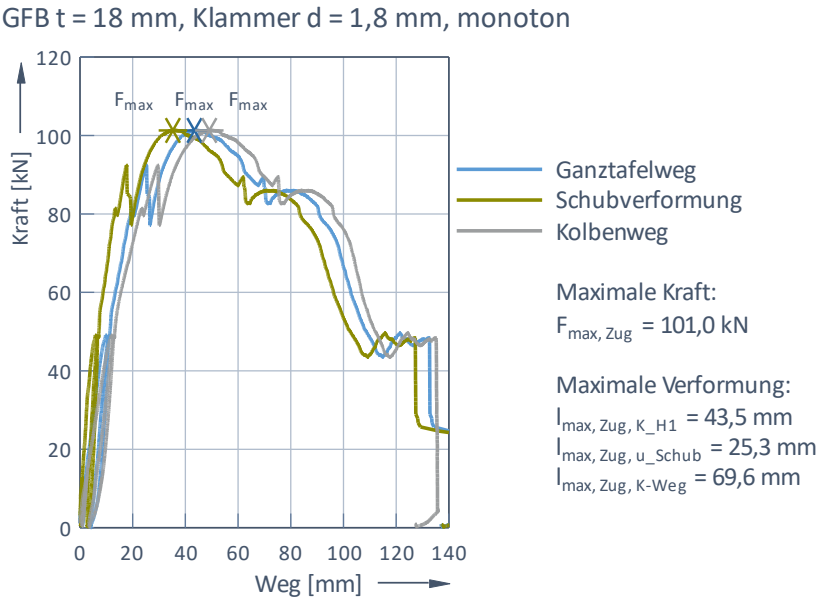


Abbildung B-141: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 15_m_3

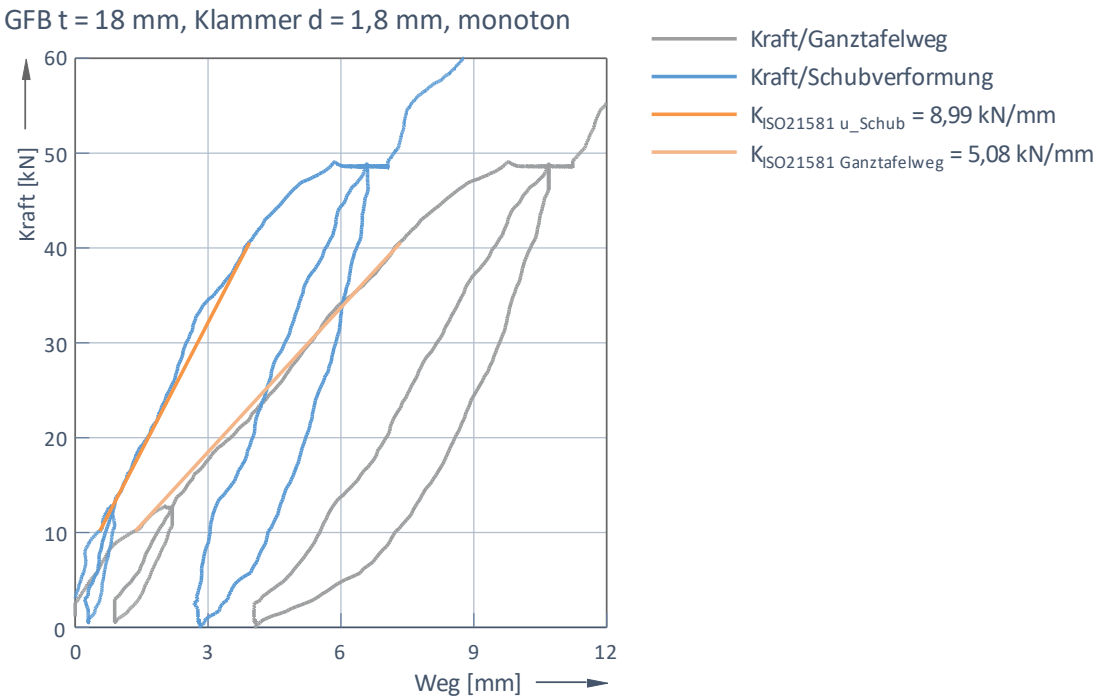


Abbildung B-142: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 15_m_3

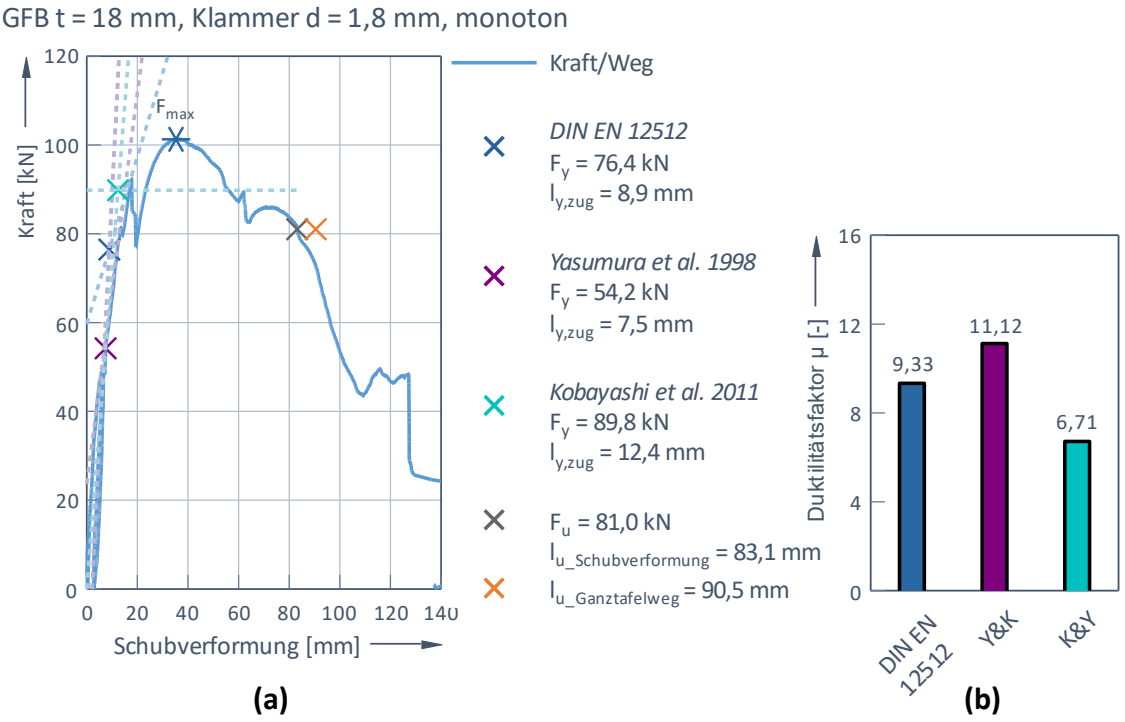


Abbildung B-143: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 15_m_3

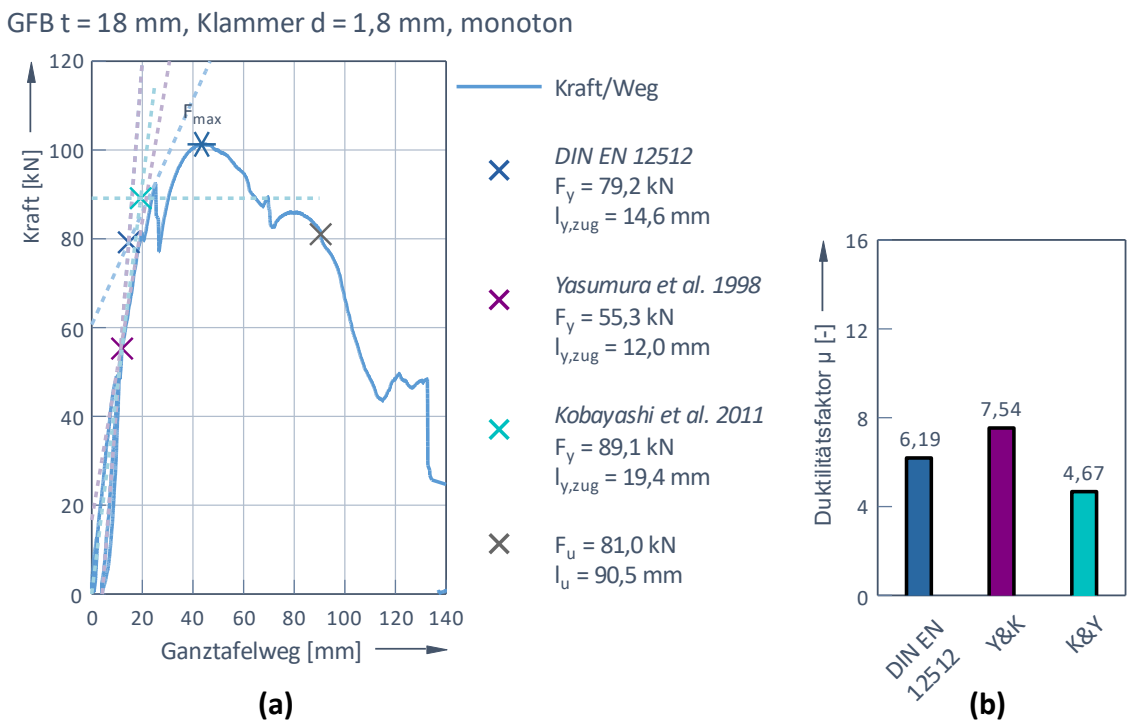


Abbildung B-144: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 15_m_3

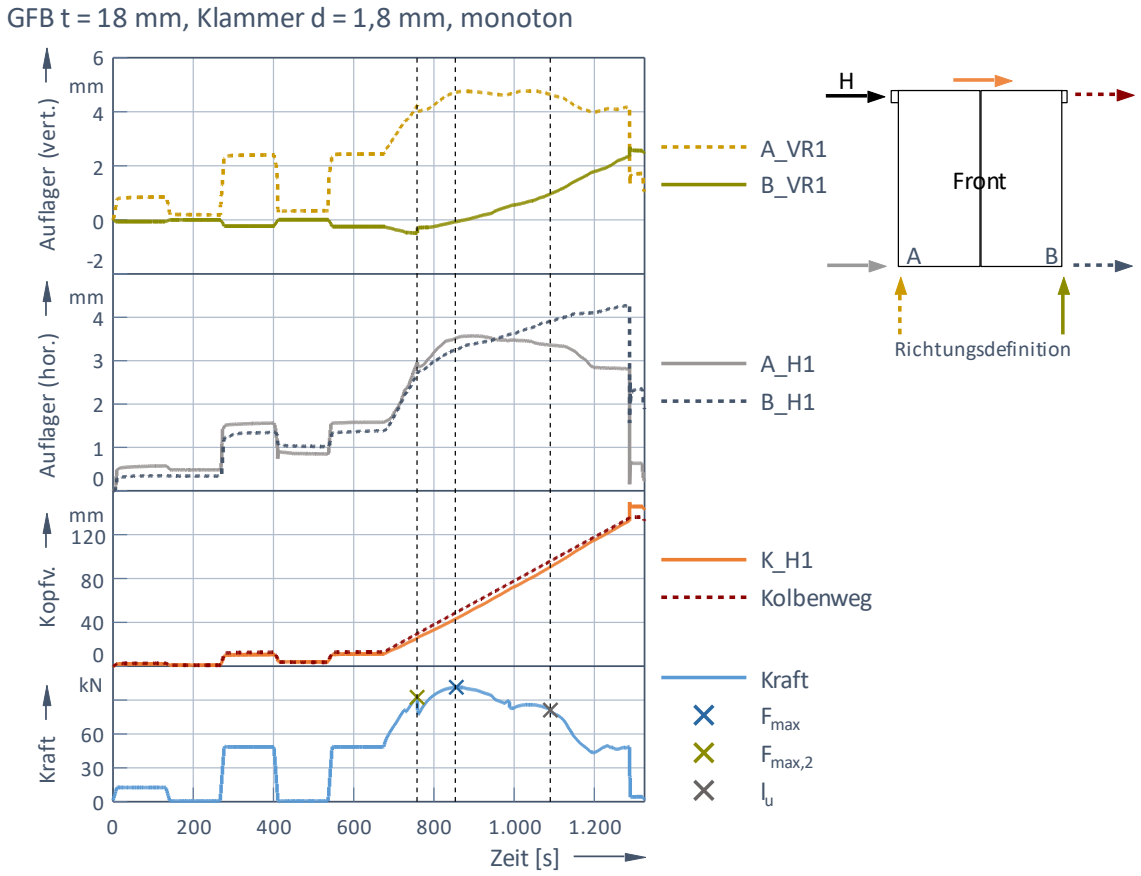


Abbildung B-145: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 15_m_3

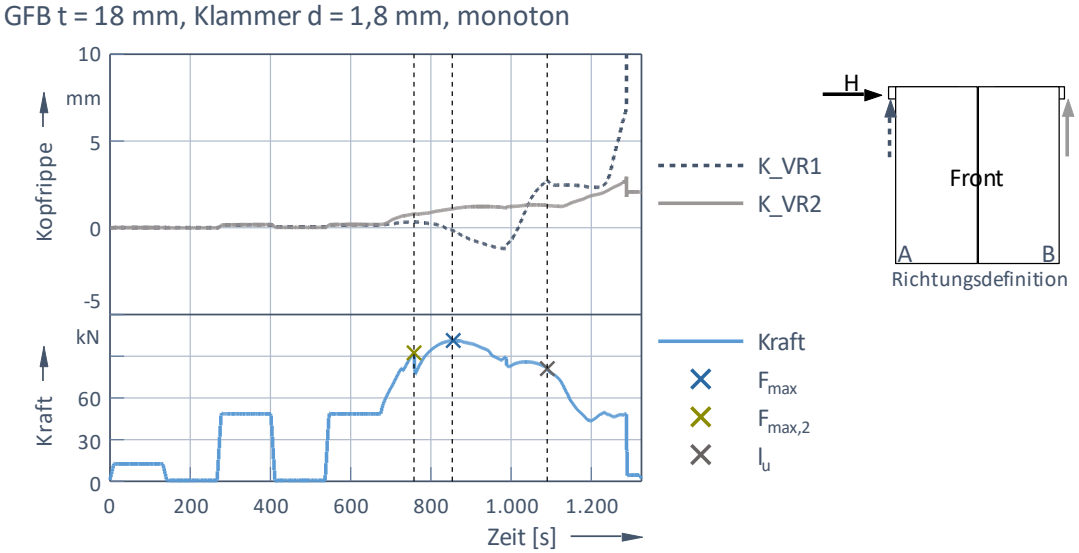


Abbildung B-146: Wegmessungen am Rähm; WT 15_m_3

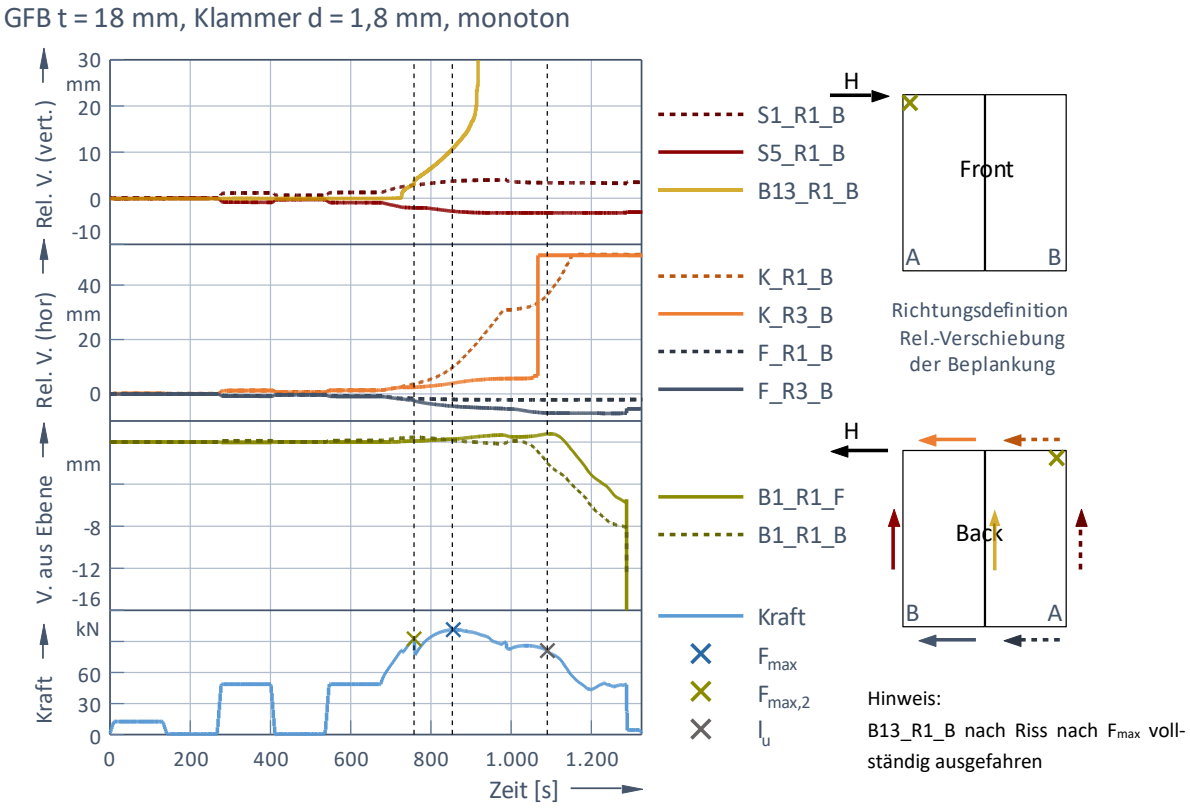


Abbildung B-147: Wegmessungen an der Beplankung; WT 15_m_3

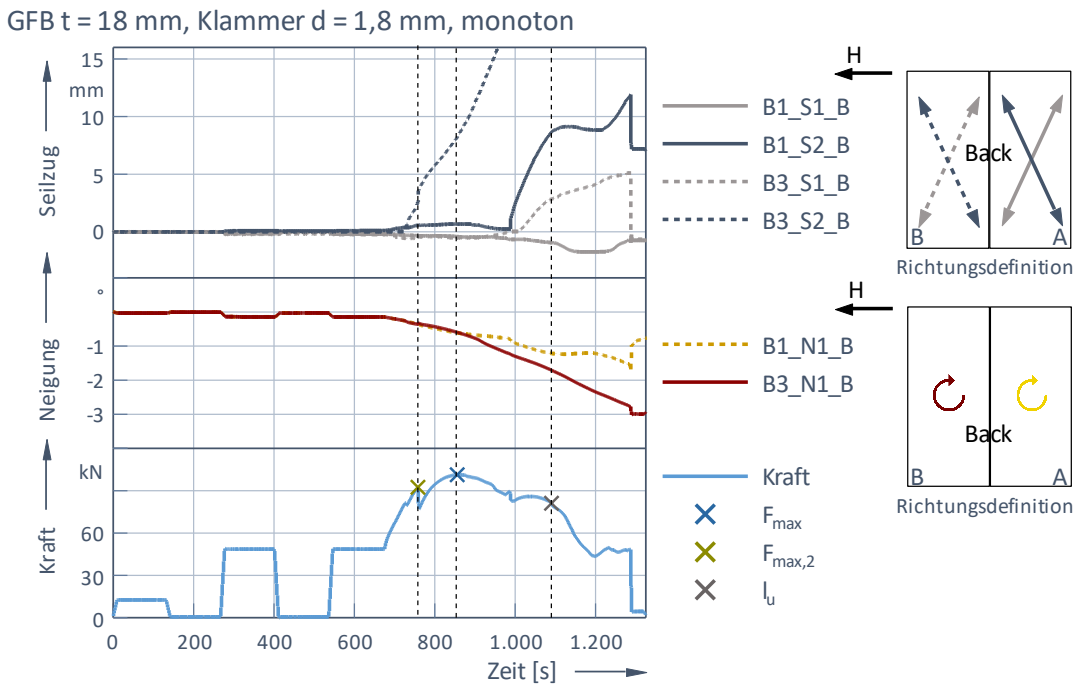


Abbildung B-148: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 15_m_3

Wandtafel 15_m_4

Tabelle B-15: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 15_m_4

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

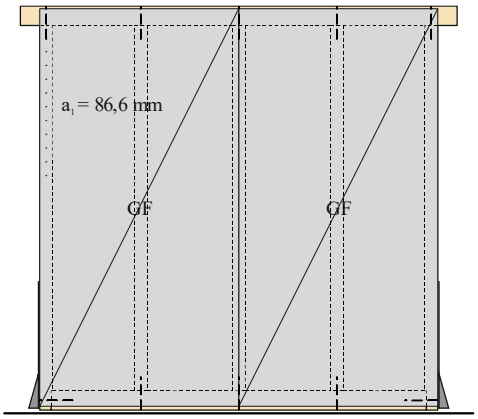


Abbildung B-149: Wandtafel 15_m_4

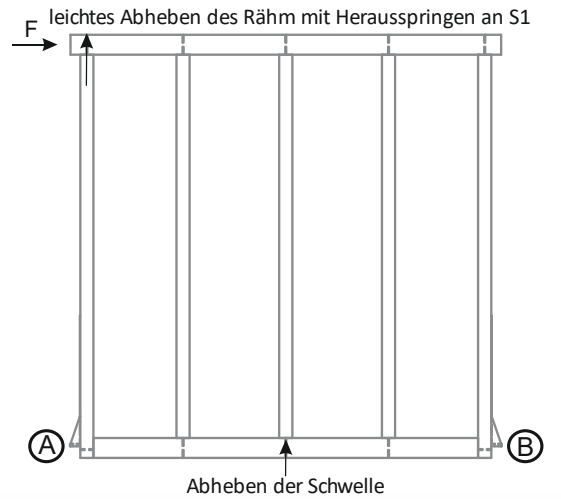
Untersuchung		
Datum	25.01.2024	
Raumtemperatur T	21,1°C	
Raumfeuchte R_H	39 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 431 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 402 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 401 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 411 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,3 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	121,5 kN	(Beplankungsversagen maßgebend)

Anmerkungen

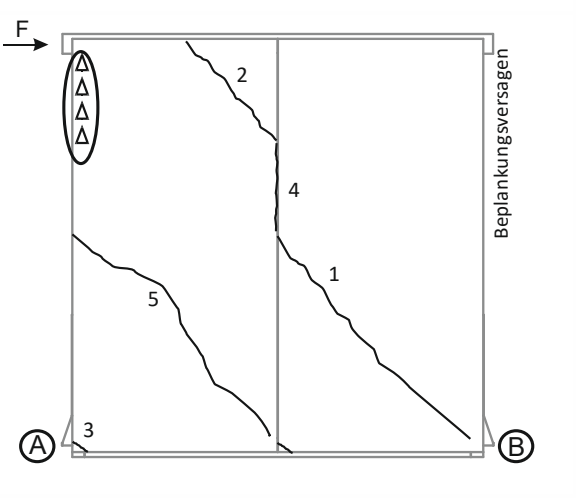
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Gesamtpaket
- Kein Lastabfall vor F_{max}
- Erreichen von F_{max} mit Diagonalriss durch beide Platten vorne und Riss in P3 hinten
- Abheben/ Durchbiegen der Schwelle
- Klammerherausziehen an S1 nach F_{max}

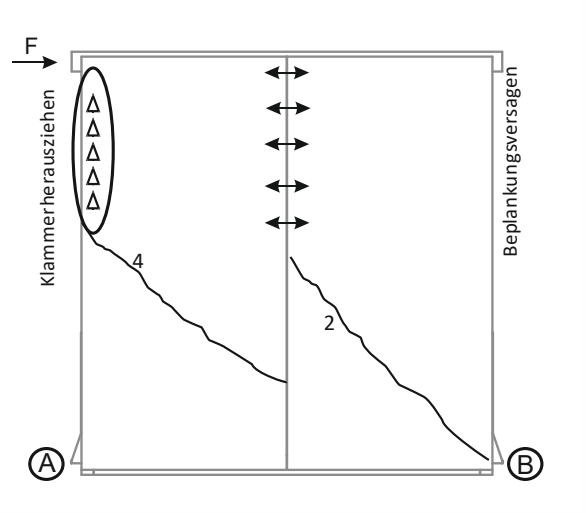
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)

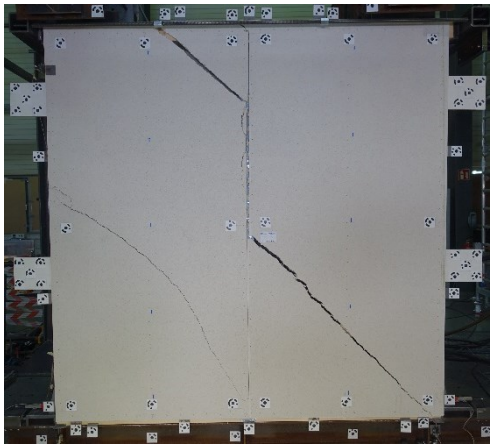


(b)



(c)

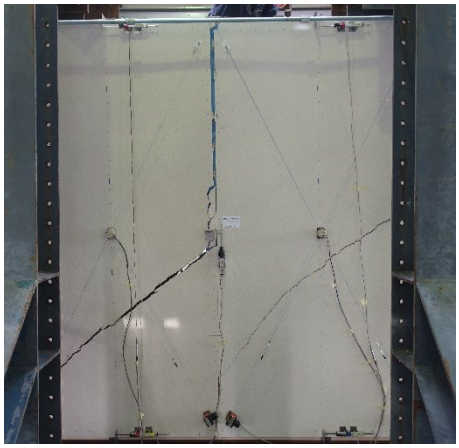
Abbildung B-150: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne(b) und Beplankung hinten (c); WT 15_m_4



(a)



(b)



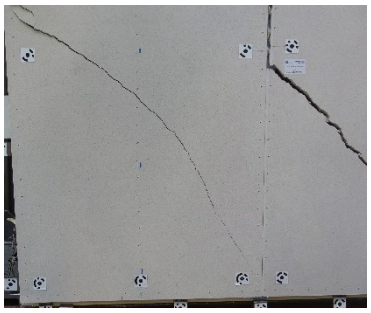
(c)



(d)



(e)



(f)

Abbildung B-151: Ansicht Vorderseite (a) und Rückseite (c) nach Versuch, Stiel 1 nach Versuch (b), Aufgerissene Plattenfuge zwischen Diagonalrissen in Platten vorne (d) und hinten bis zum Diagonalriss in P3 (e), Diagonalriss in P1 vorne (f); WT 15_m_4

Untersuchungsergebnisse

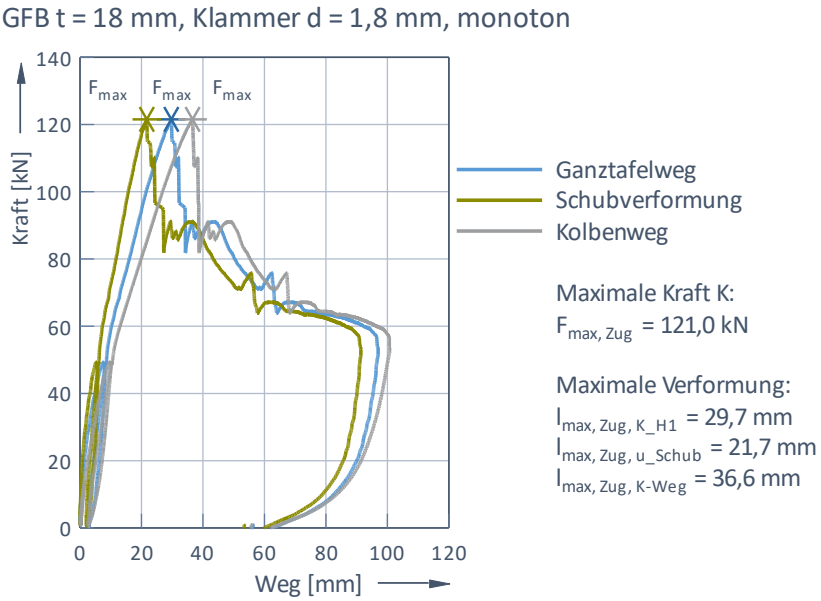


Abbildung B-152: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 15_m_4

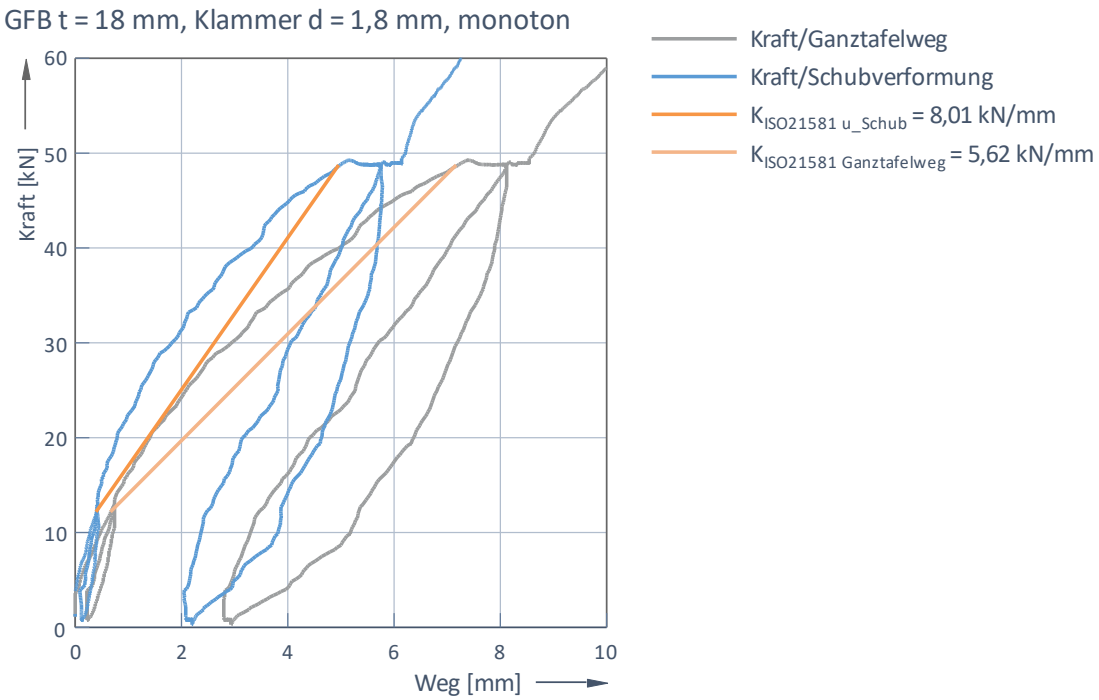


Abbildung B-153: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 15_m_4

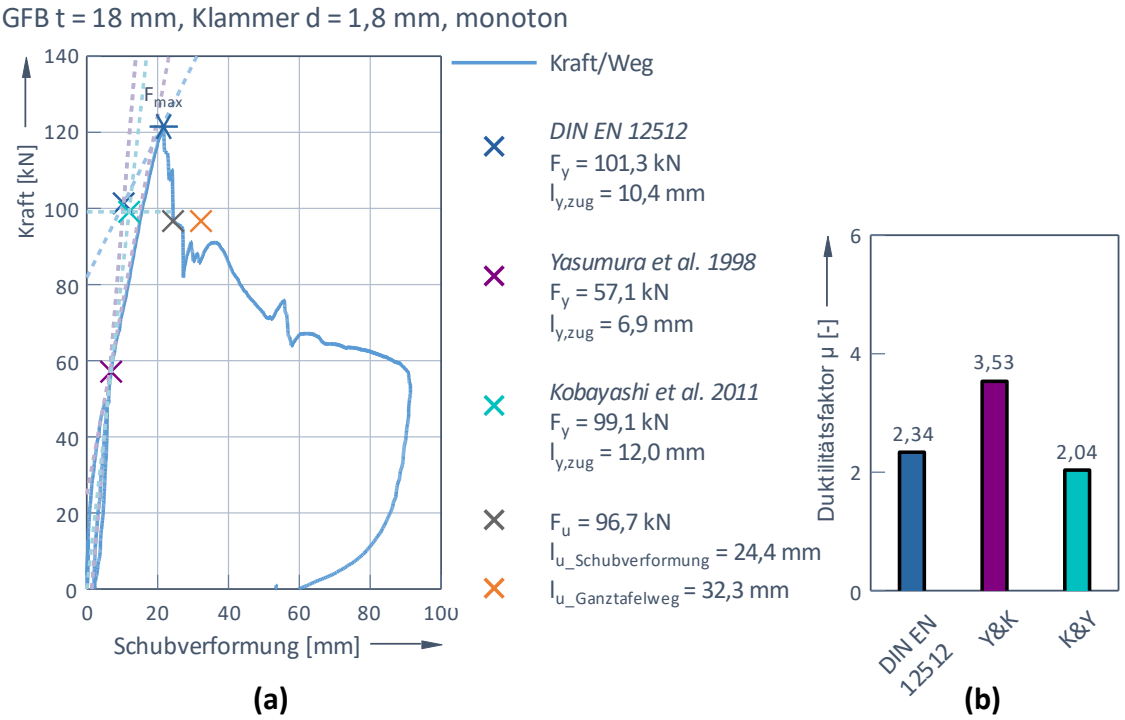


Abbildung B-154: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 15_m_4

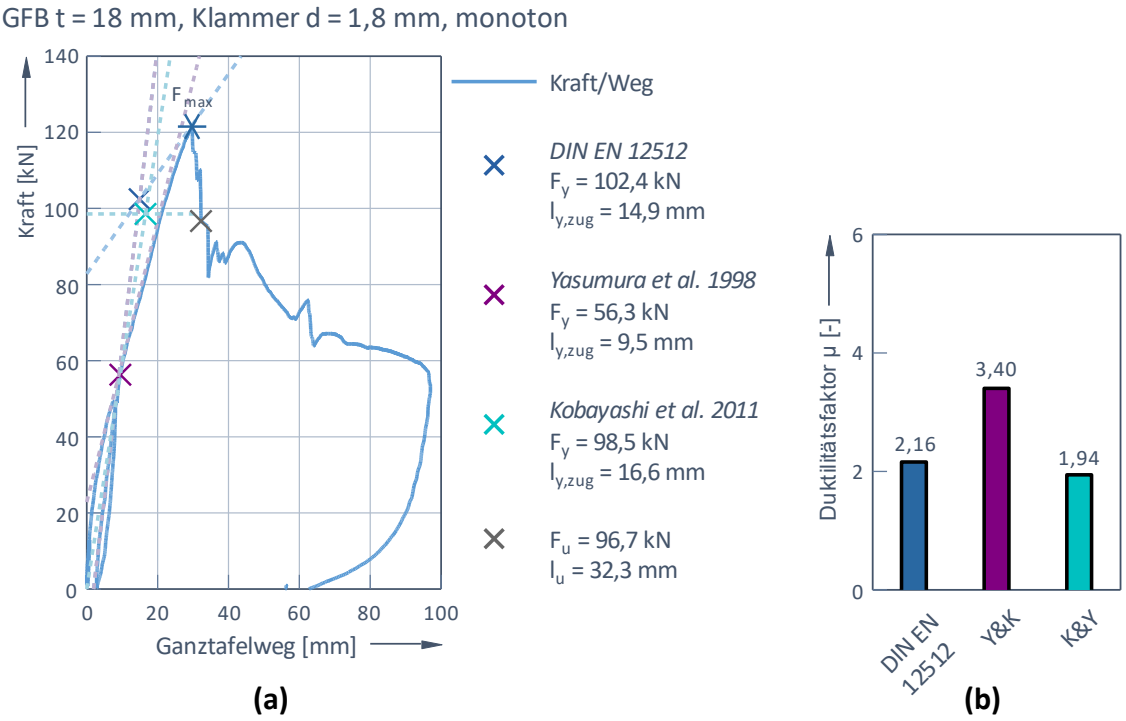


Abbildung B-155: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 15_m_4

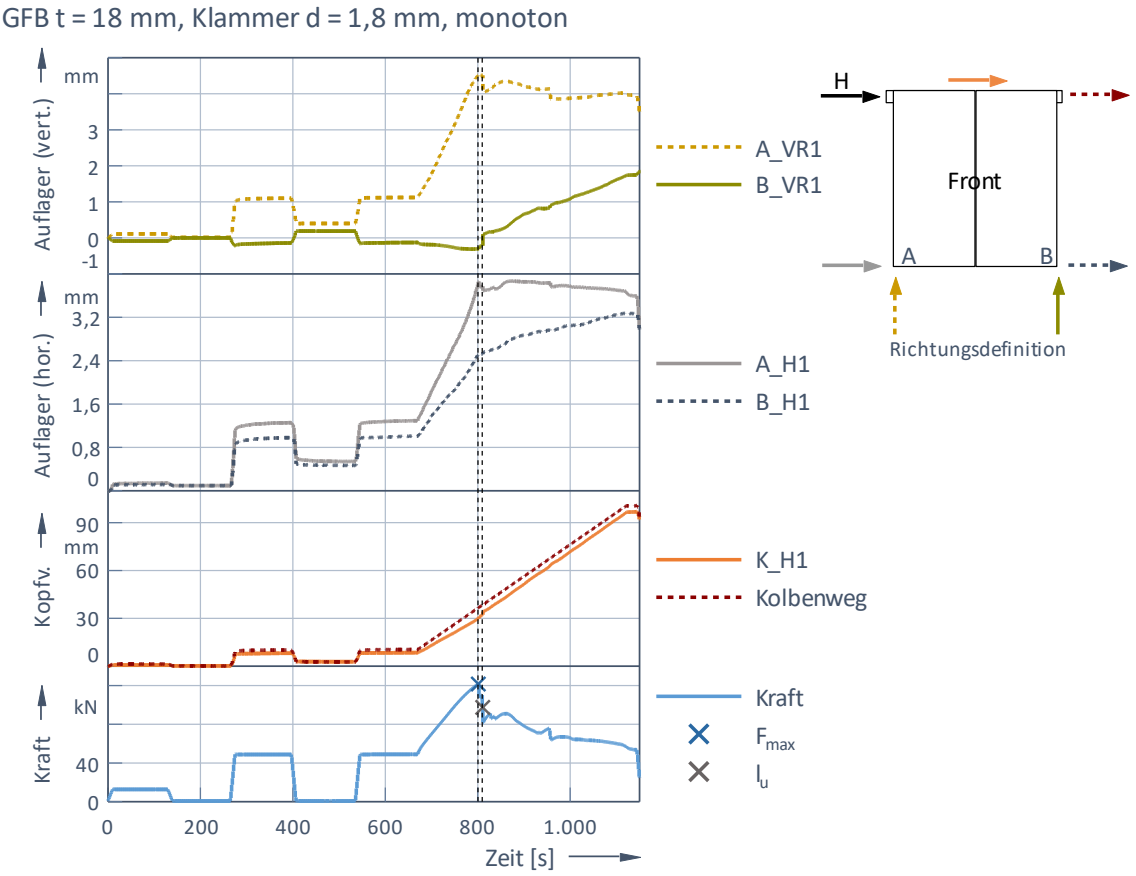


Abbildung B-156: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 15_m_4

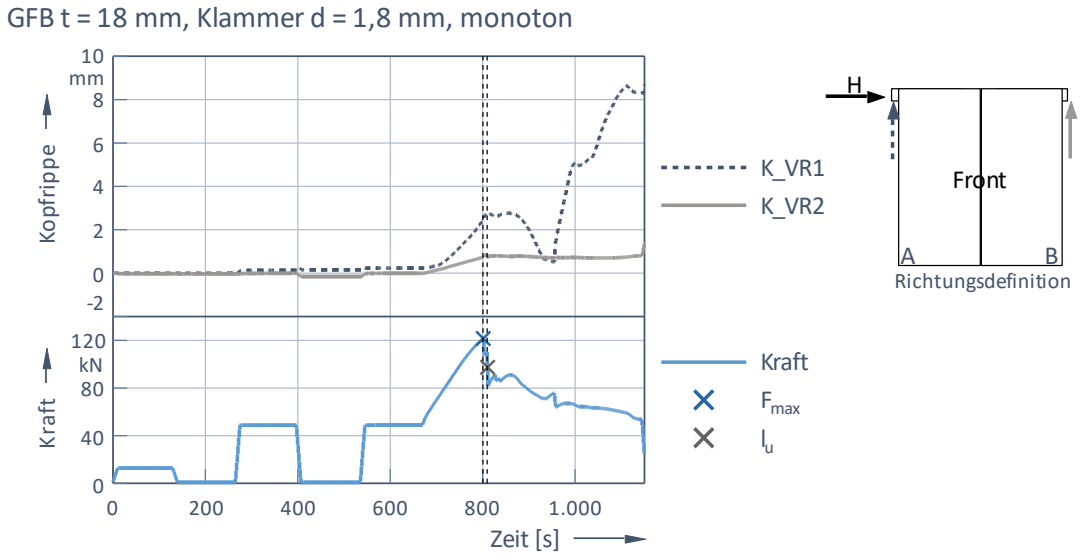


Abbildung B-157: Wegmessungen am Rähm; WT 15_m_4

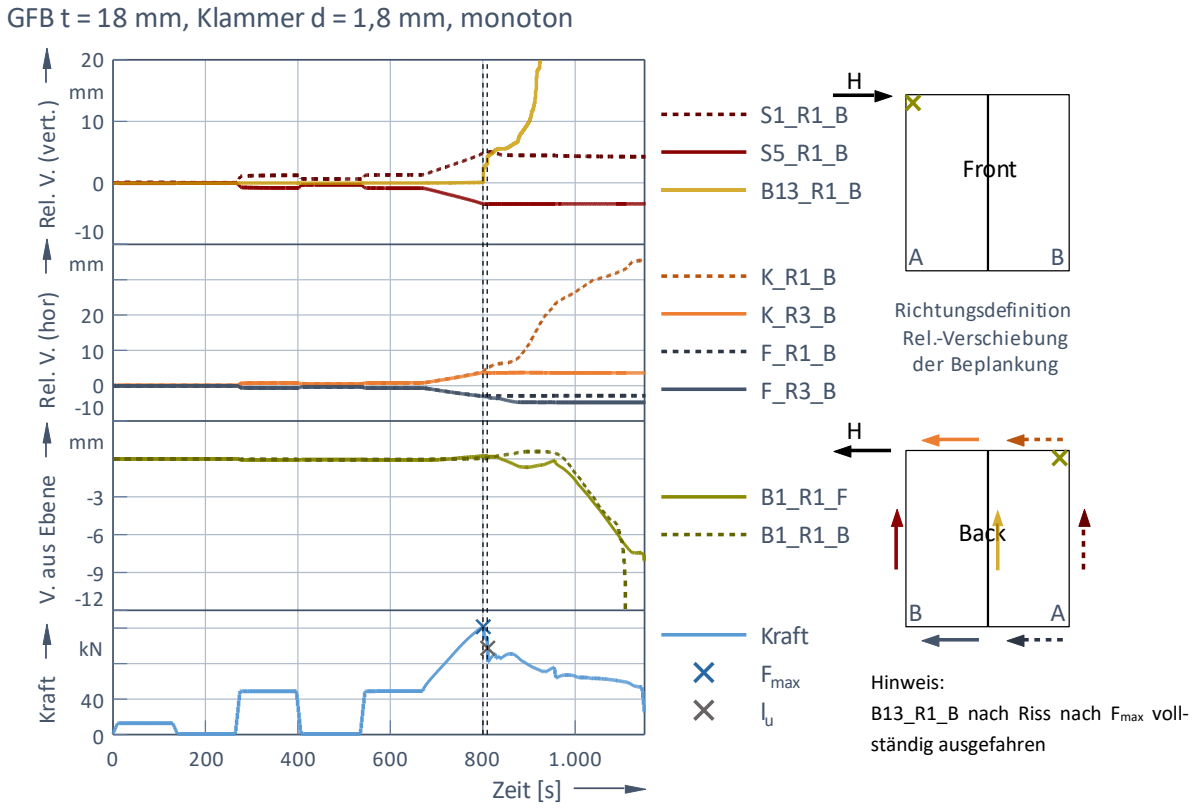


Abbildung B-158: Wegmessungen an der Beplankung; WT 15_m_4

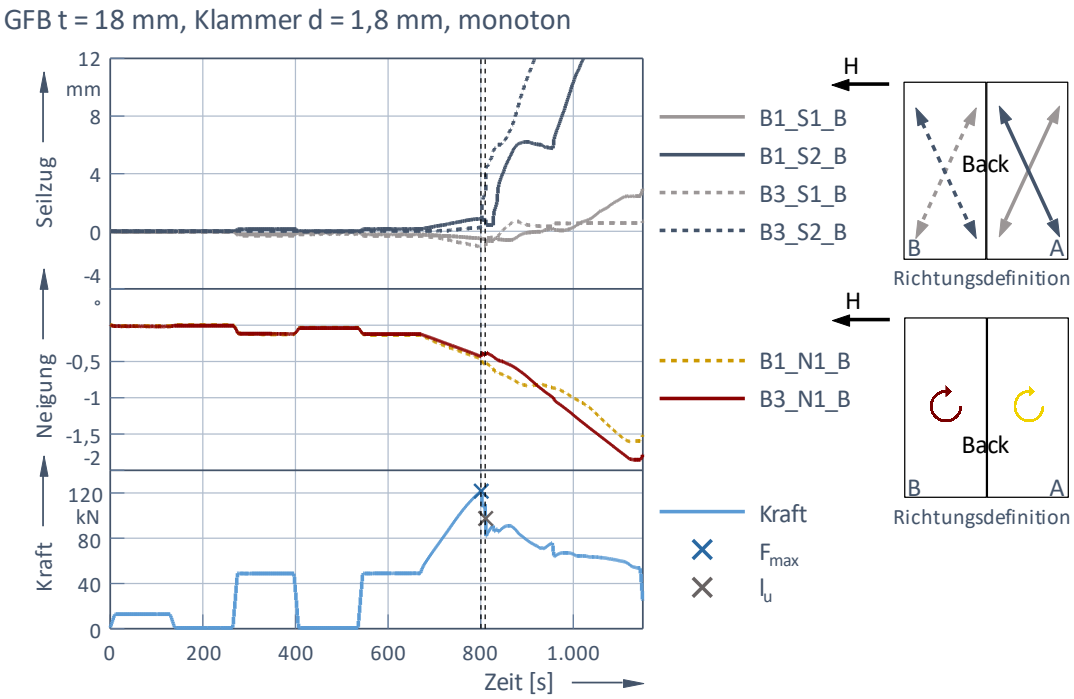


Abbildung B-159: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 15_m_4

Wandtafel 15_m_5

Tabelle B-16: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 15_m_5

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

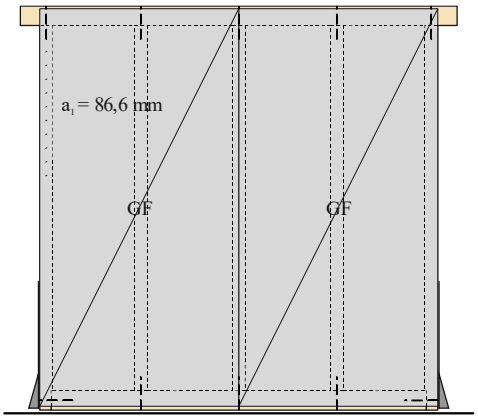


Abbildung B-160: Wandtafel 15_m_5

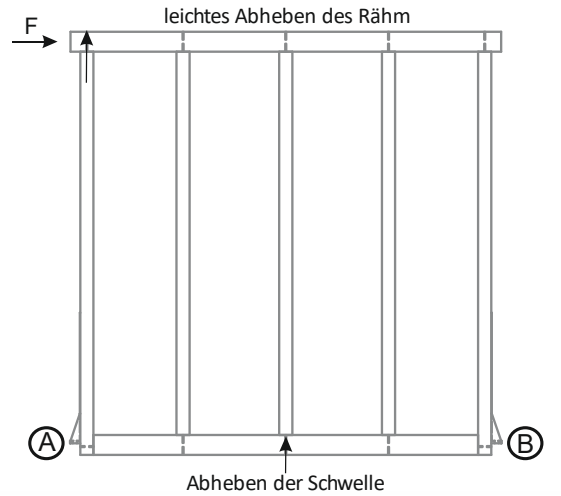
Untersuchung		
Datum	26.01.2024	
Raumtemperatur T	21,3°C	
Raumfeuchte R_H	44 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 514 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 468 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 429 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 470 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	16,2 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	106,0 kN	(Beplankungsversagen maßgebend)

Anmerkungen

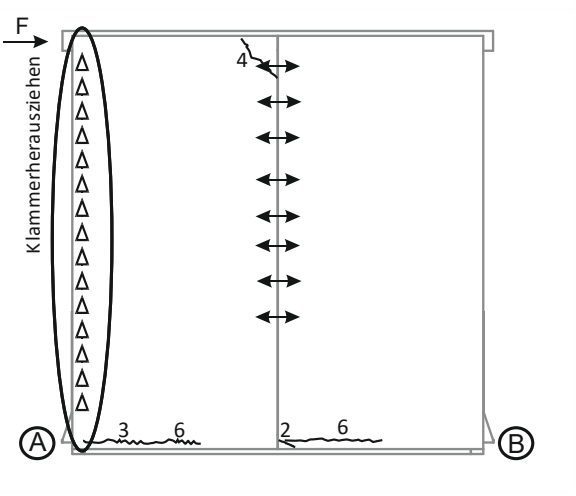
Während Versuch:

- Nach Vorbelastung Anker nochmals angezogen
- Verdrehen der Platten als Gesamtpaket vor Auftreten von Rissen
- Diagonalriss der Plattenfuge hinten mit Lastabfall
- Erreichen von F_{max} mit Diagonalriss durch beide Platten vorne
- Abheben der Schwelle
- Klammerherausziehen an S1 nach F_{max}

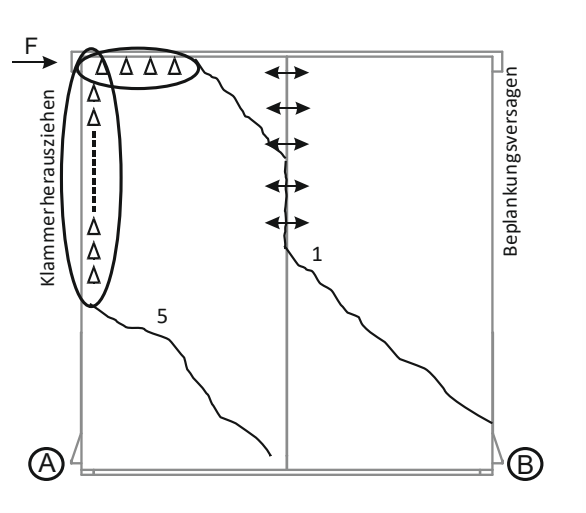
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)

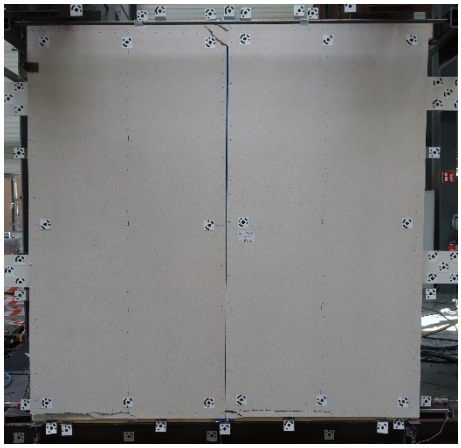


(b)



(c)

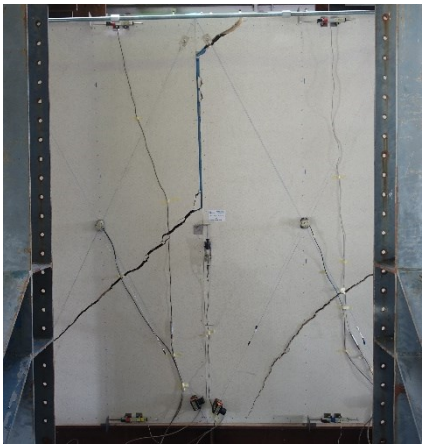
Abbildung B-161: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne(b) und Beplankung hinten (c); WT 15_m_5



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Abbildung B-162: Ansicht Vorderseite (a) und Rückseite (c) nach Versuch, Stiel 1 nach Versuch (b), Beplankungsriss an der Schwelle am Auflager A (d), Ablösen des Rähm und der Beplankung an S1 (e), Diagonalriss in P3 hinten (f); WT 15_m_5

Untersuchungsergebnisse

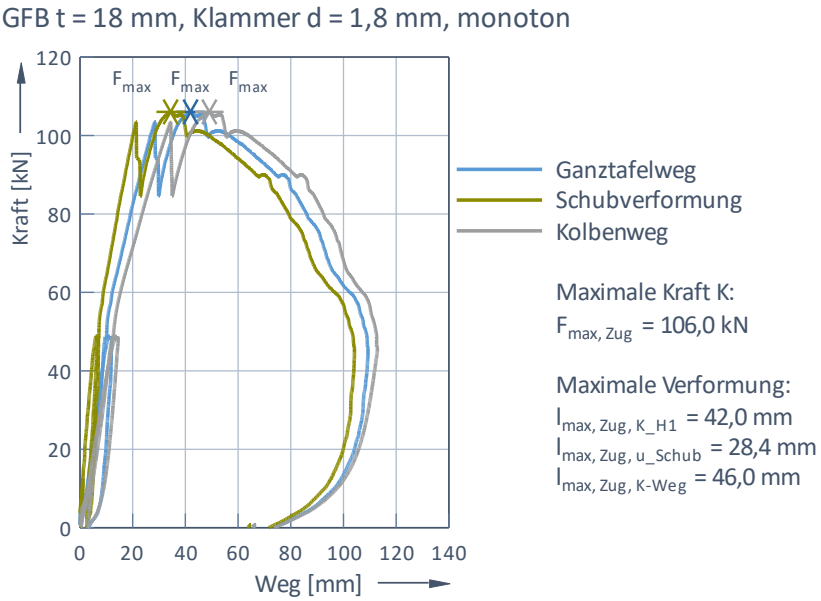


Abbildung B-163: Last-Verformungskurve über Ganztafelweg, Schubverformung und Kolbenweg; WT 15_m_5

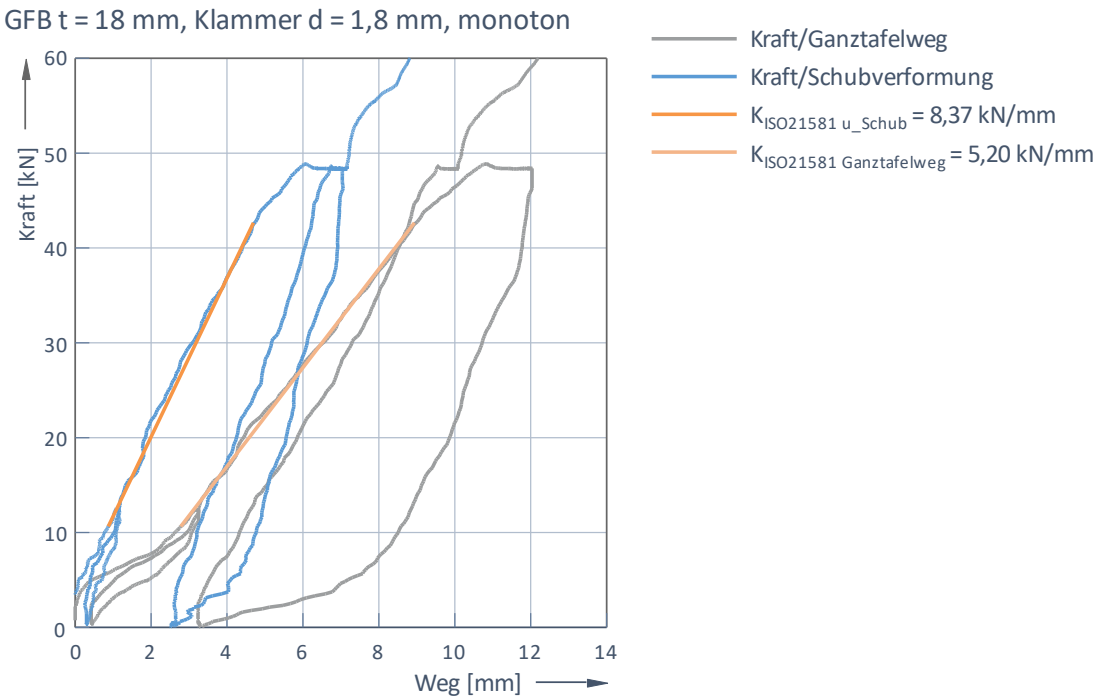


Abbildung B-164: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 15_m_5

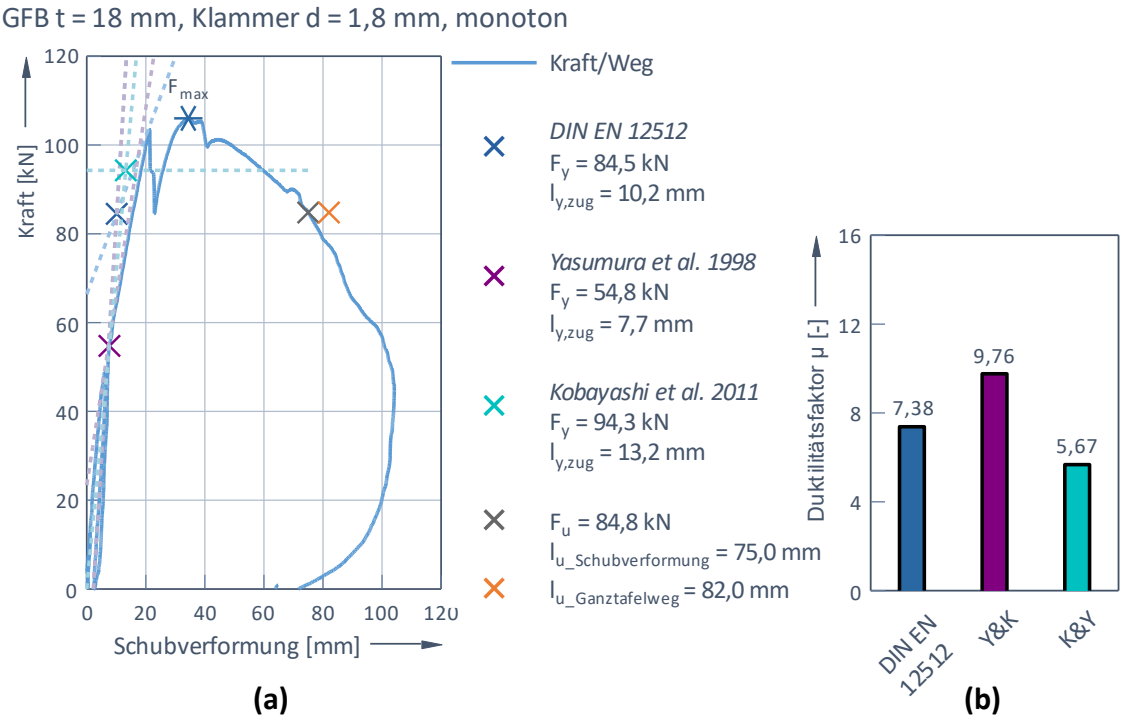


Abbildung B-165: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 15_m_5

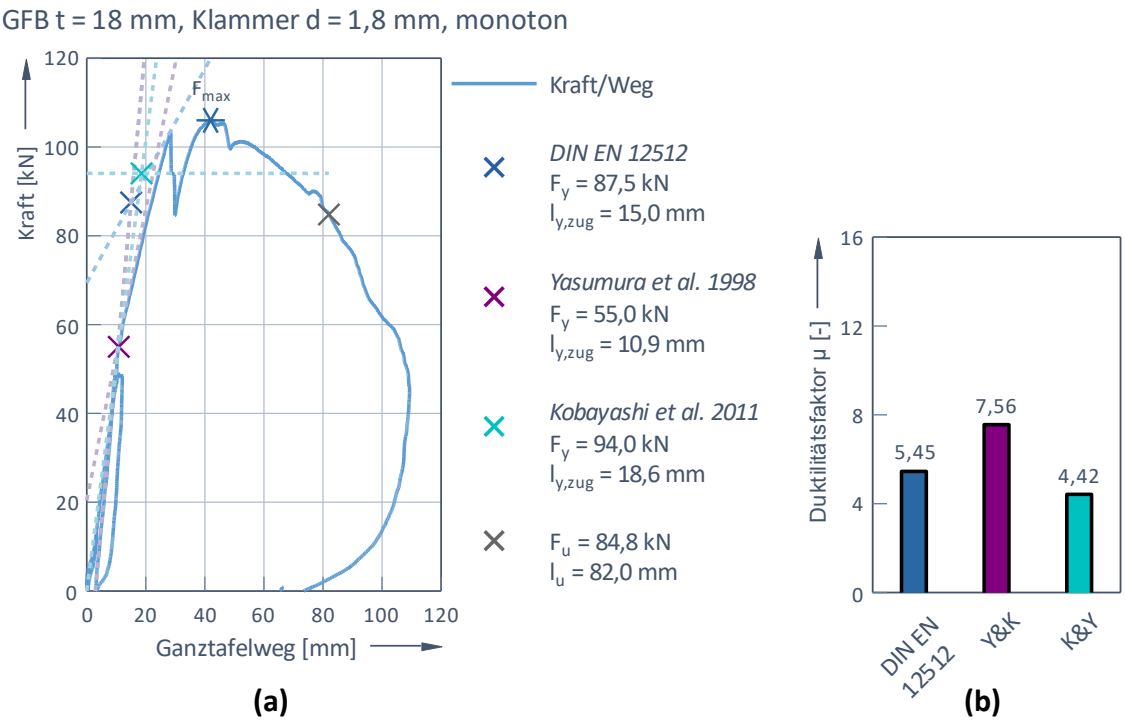


Abbildung B-166: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 15_m_5

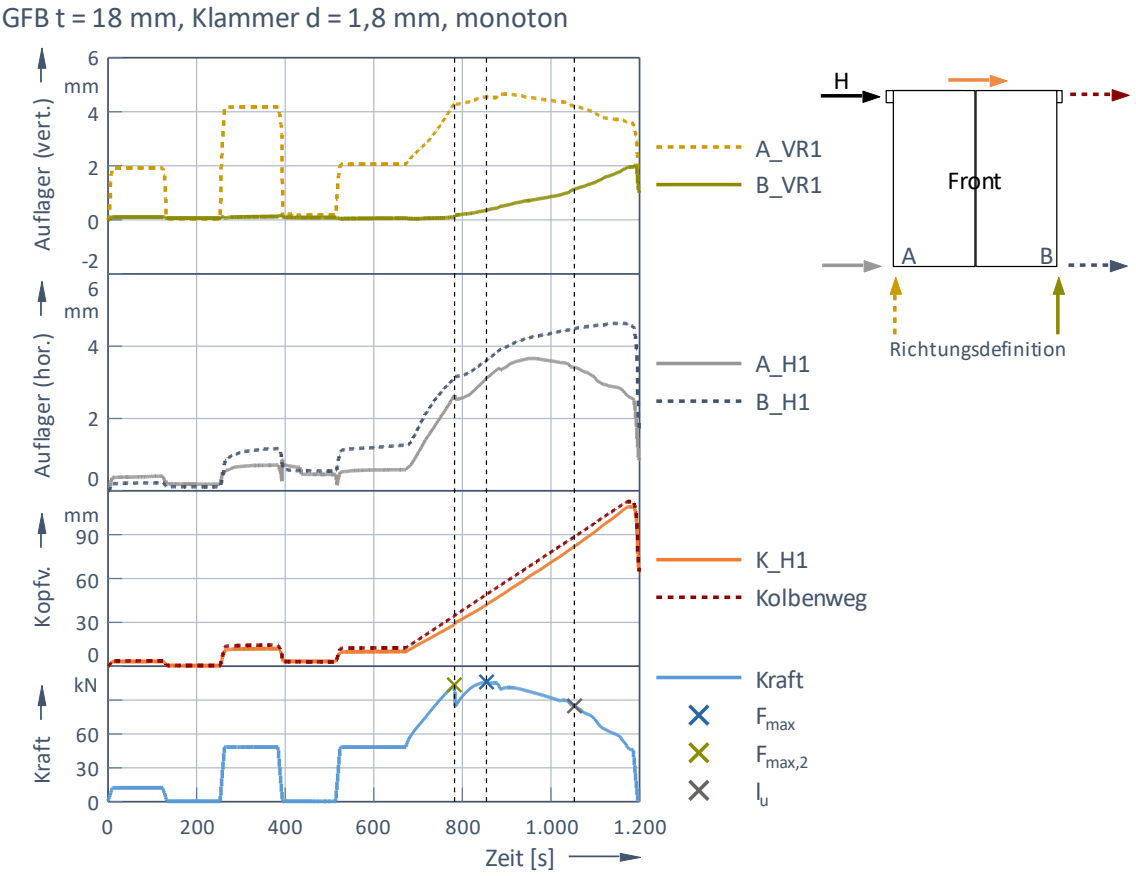


Abbildung B-167: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 15_m_5

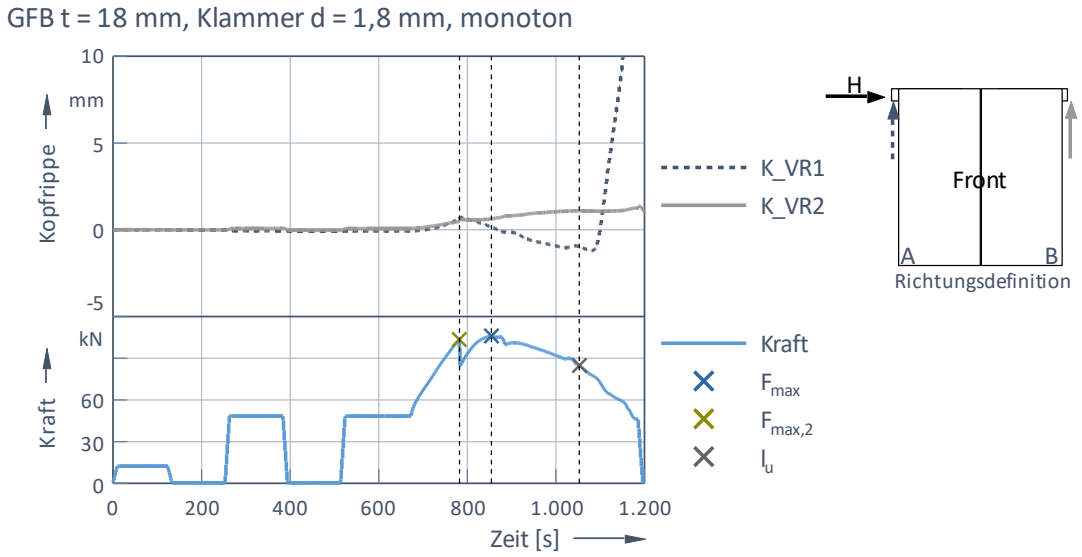


Abbildung B-168: Wegmessungen am Rähm; WT 15_m_5

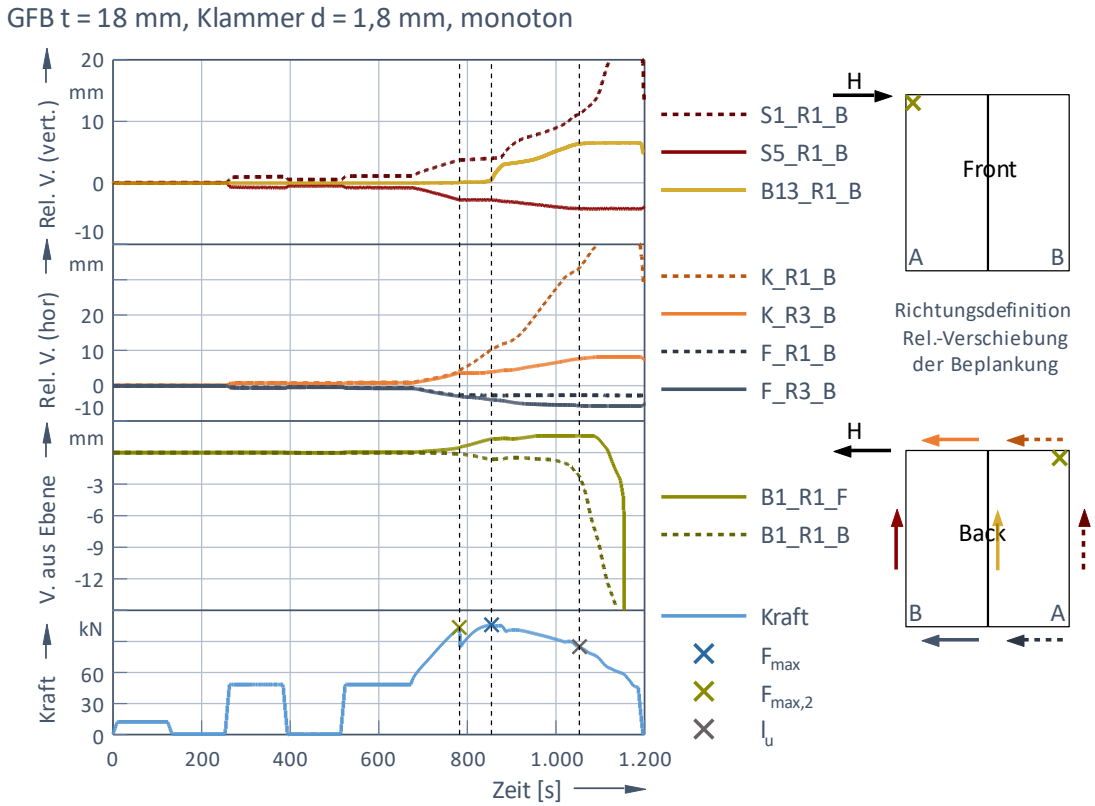


Abbildung B-169: Wegmessungen an der Beplankung; WT 15_m_5

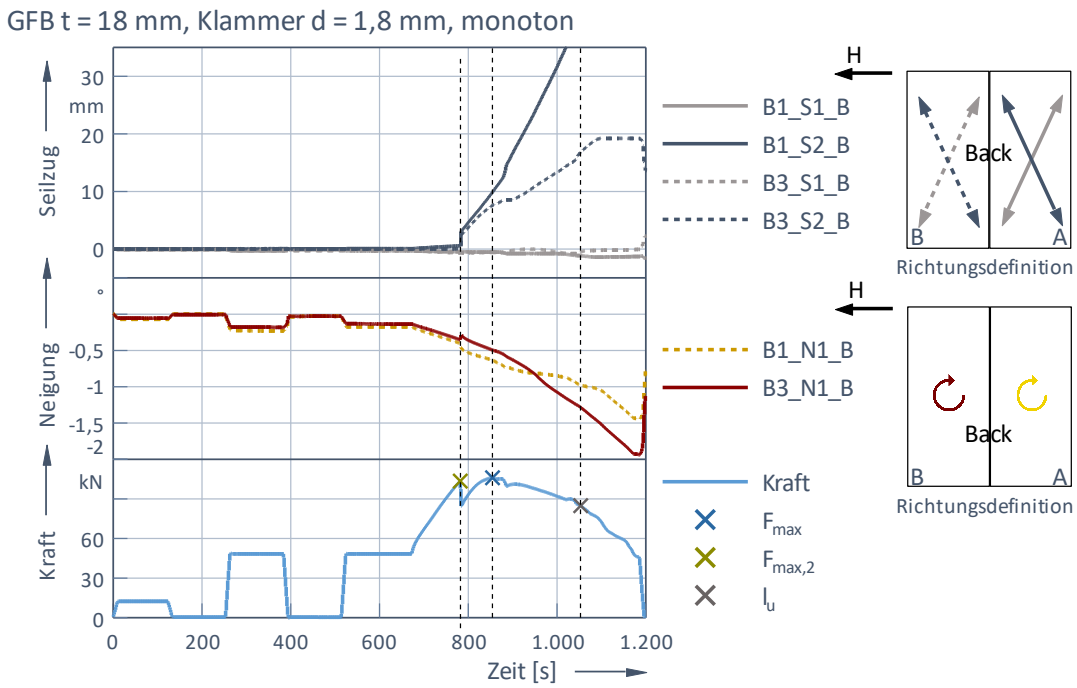


Abbildung B-170: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 15_m_5

Wandtafel 16_m_1

Tabelle B-17: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 16_m_1

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

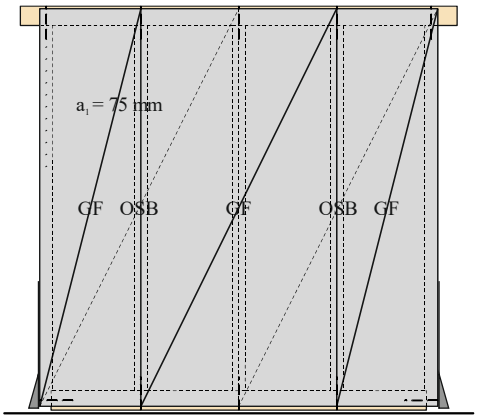


Abbildung B-171: Wandtafel 16_m_1

Untersuchung		
Datum	29.01.2024	
Raumtemperatur T	20,7°C	
Raumfeuchte R_H	36 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 408 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 365 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 387 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 387 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,0 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	131,7 kN	(Klammerversagen maßgebend)

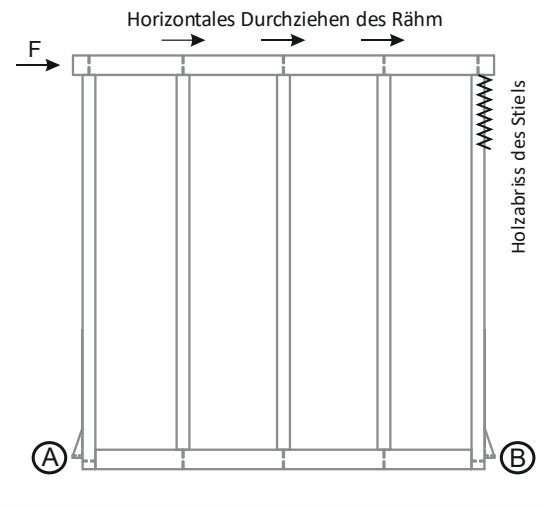
Anmerkungen

- Beplankung auf Vorderseite am Rähm nicht geklammert
- Querdruckverstärkung eingebracht

Während Versuch

- Keine Verdrehung der Platten
- Durchziehen des Rähm

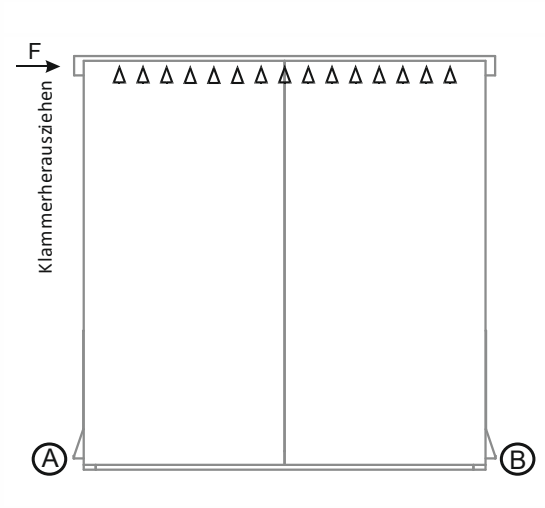
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



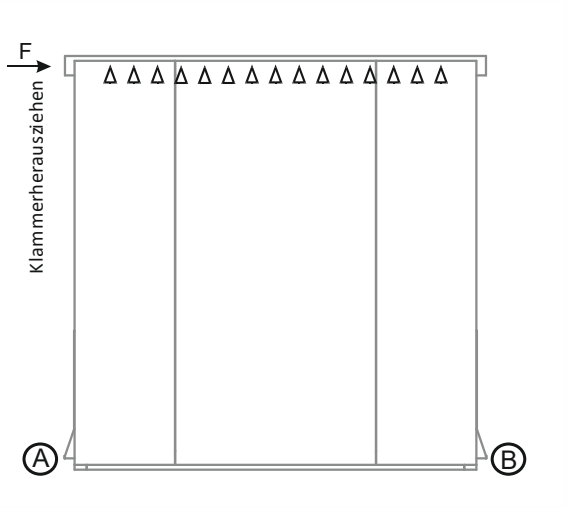
(a)



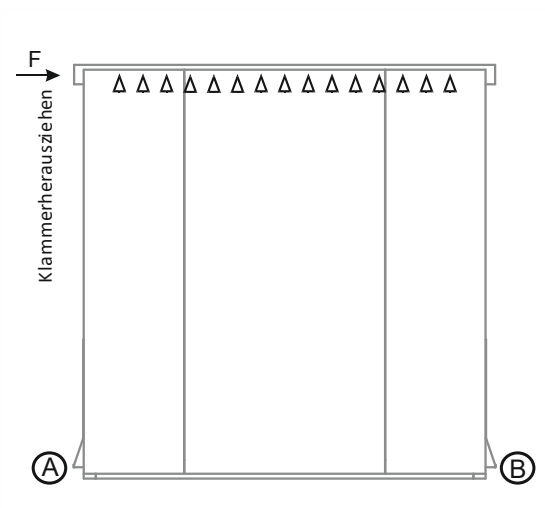
(b)



(c)

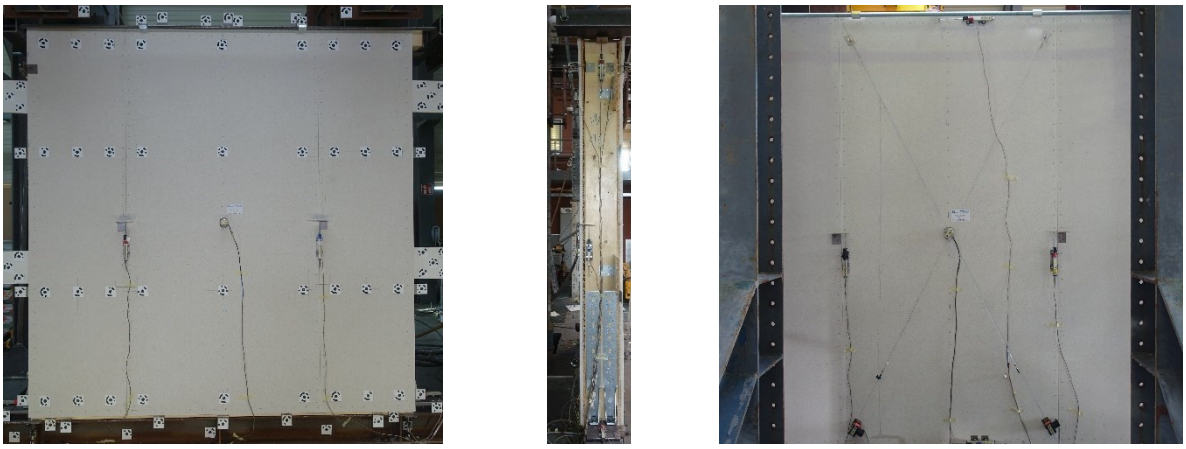


(d)



(e)

Abbildung B-172: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten (c), Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 16_m_1



(a) (b) (c)

Abbildung B-173: Ansicht Vorderseite (a) und Rückseite (c) nach Versuch, Stiel 1 nach Versuch (b); WT 16_m_1



(a) (b) (c)

Abbildung B-174: Holzabriss am Stiel S5 durch konstruktive Schrauben (a), Ablösen von Beplankung und Bekleidung durch Aufsetzen der Lasteinleitung an S1 (b), Ausschnitt aus Rähm mit fehlerhafter Klammerung (c), 16_m_1

Untersuchungsergebnisse

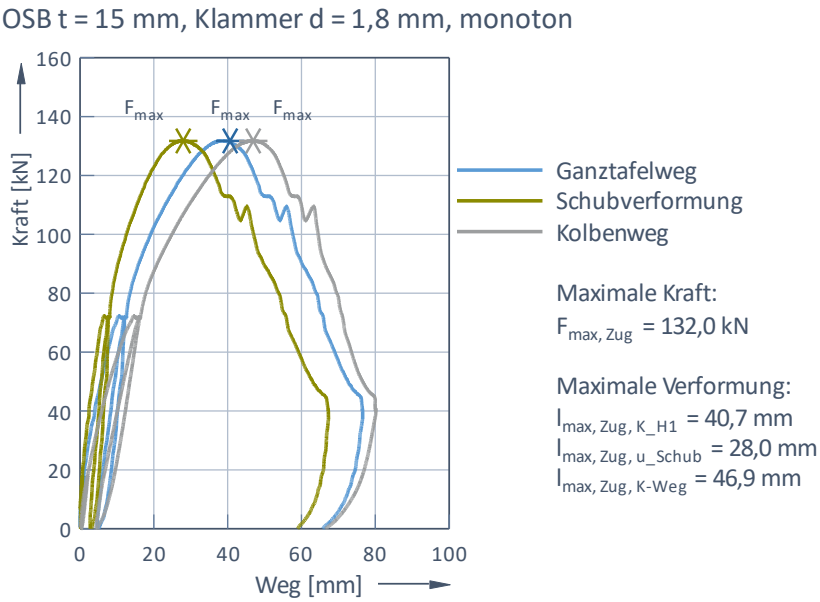


Abbildung B-175: Last-Verformungskurve über Schubverformung, Ganztafelweg und Kolbenweg; WT 16_m_1

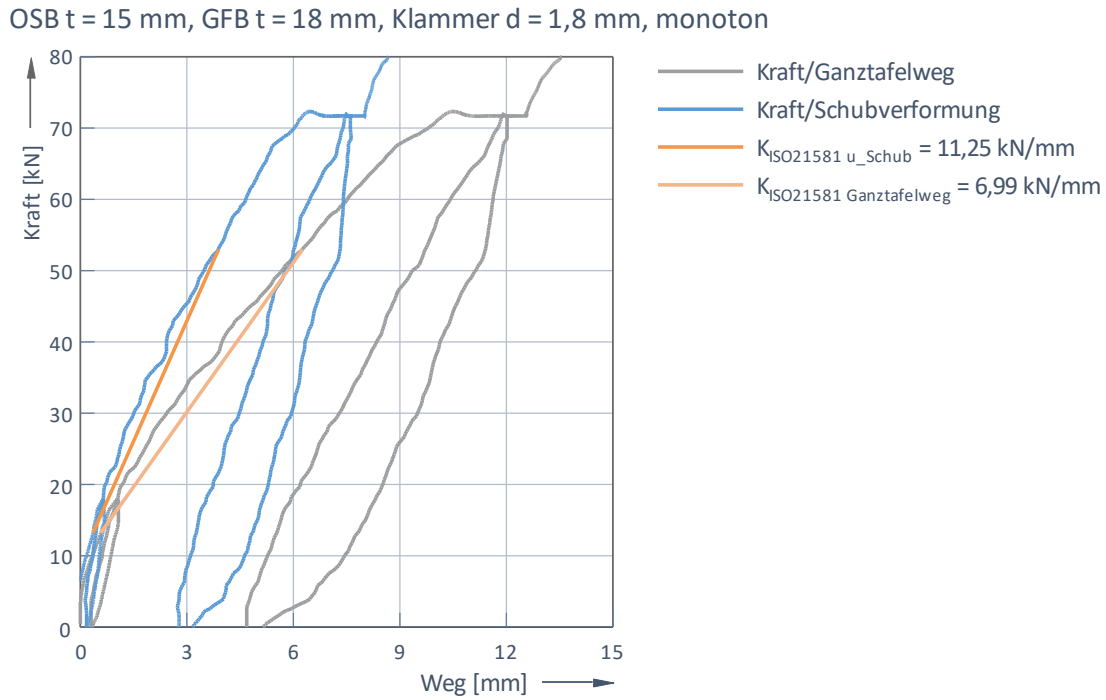


Abbildung B-176: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 16_m_1

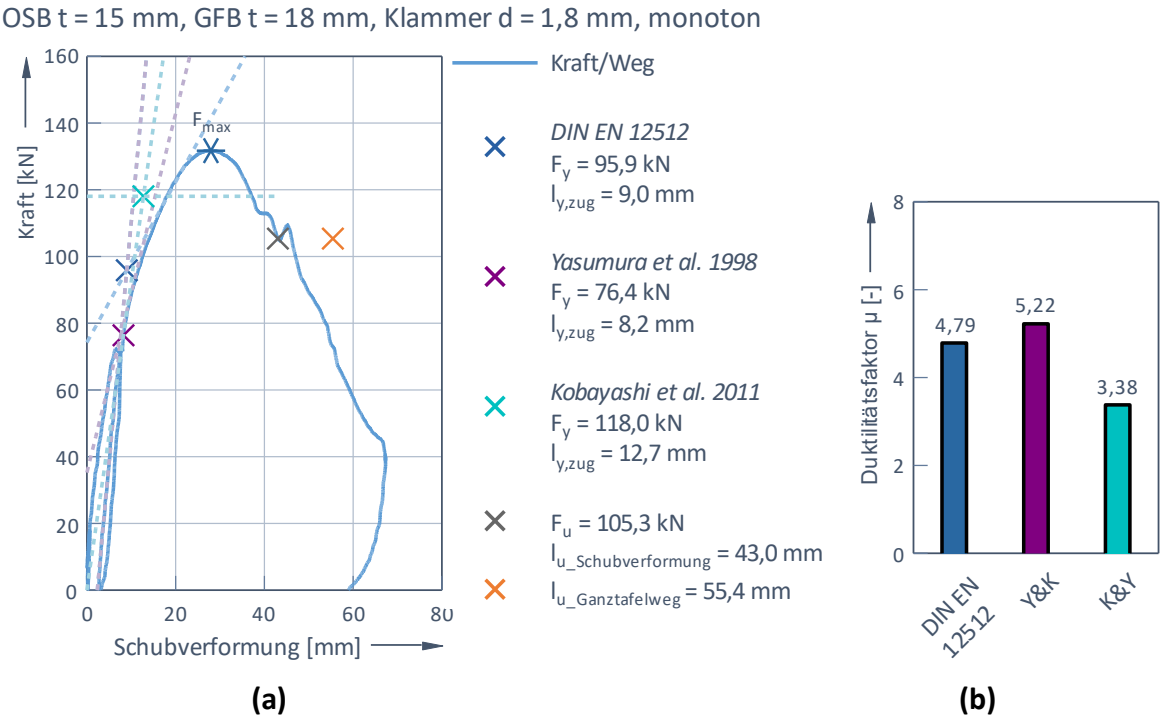


Abbildung B-177: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 16_m_1

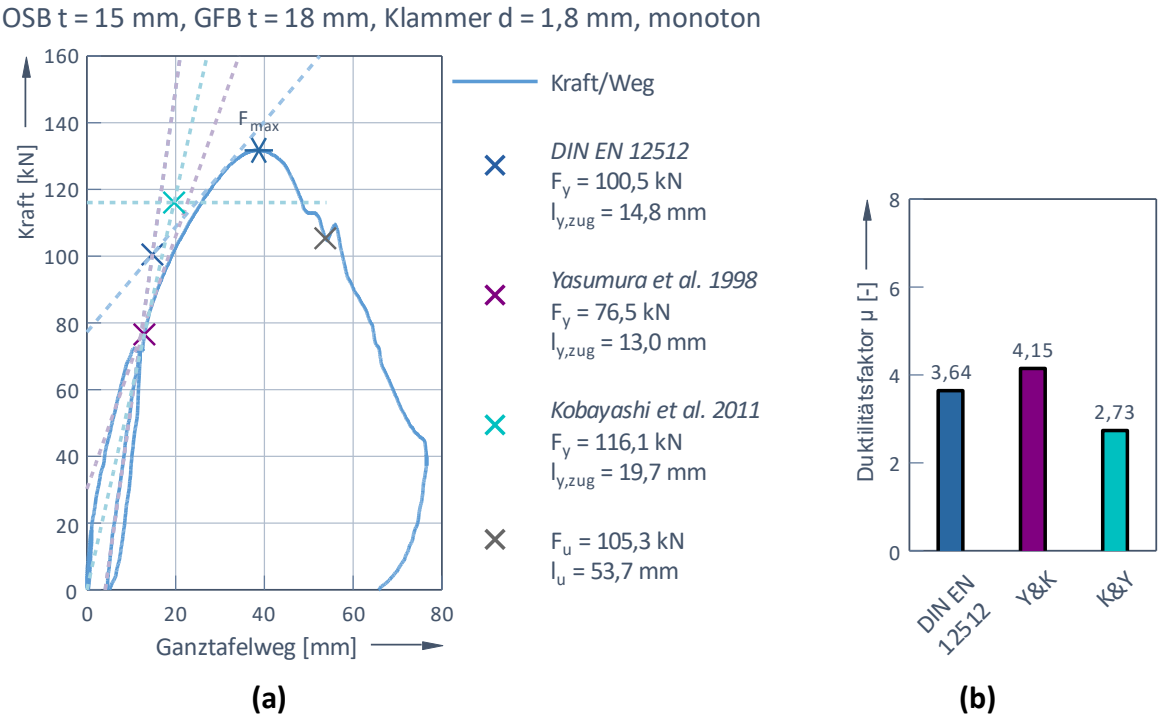


Abbildung B-178: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 16_m_1

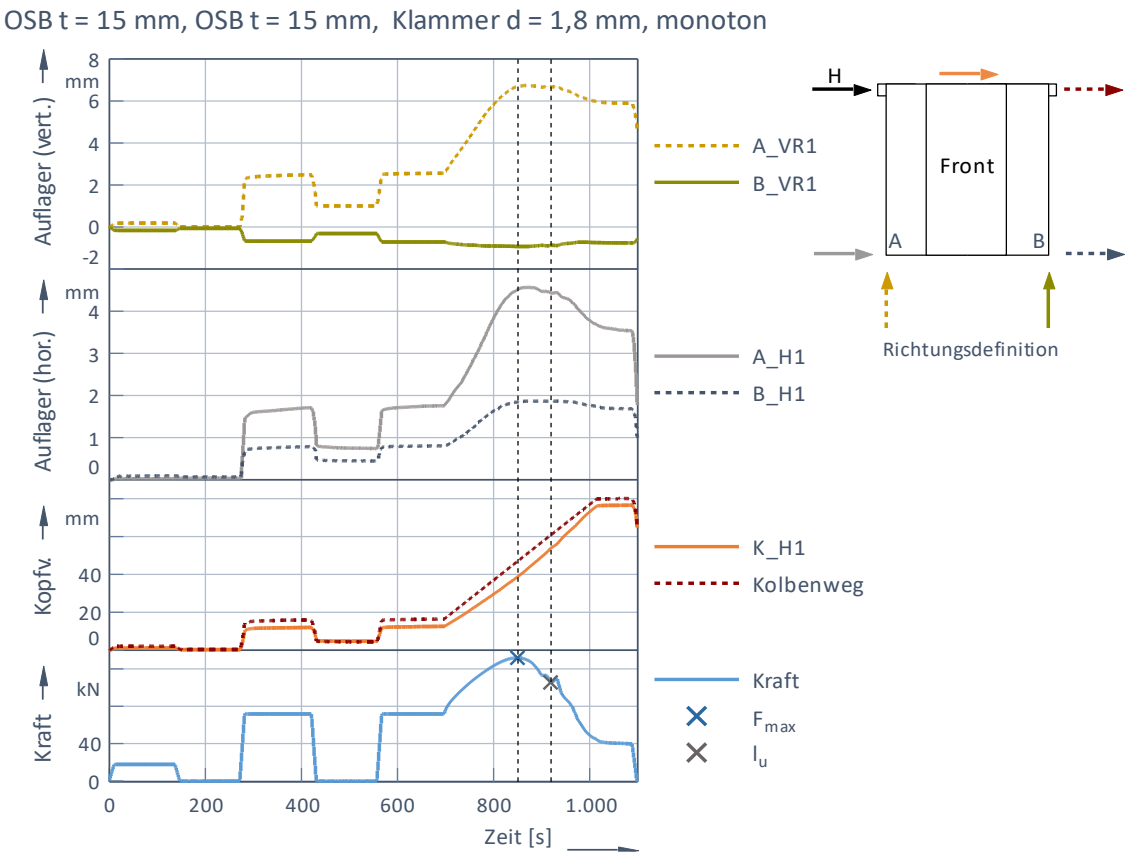


Abbildung B-179: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 16_m_1

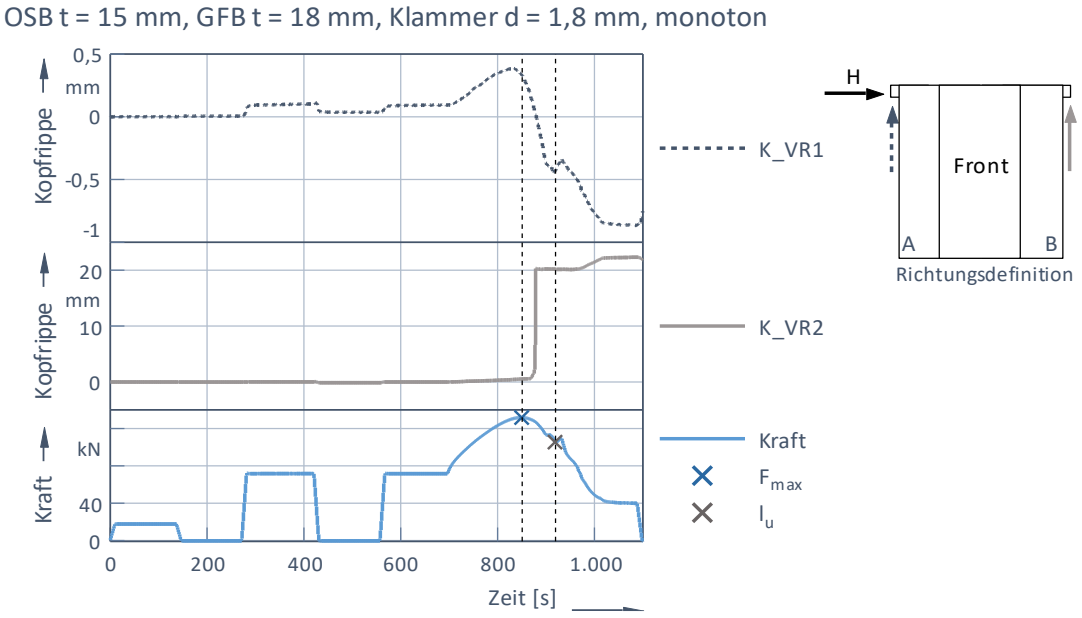


Abbildung B-180: Wegmessungen am Rähm; WT 16_m_1

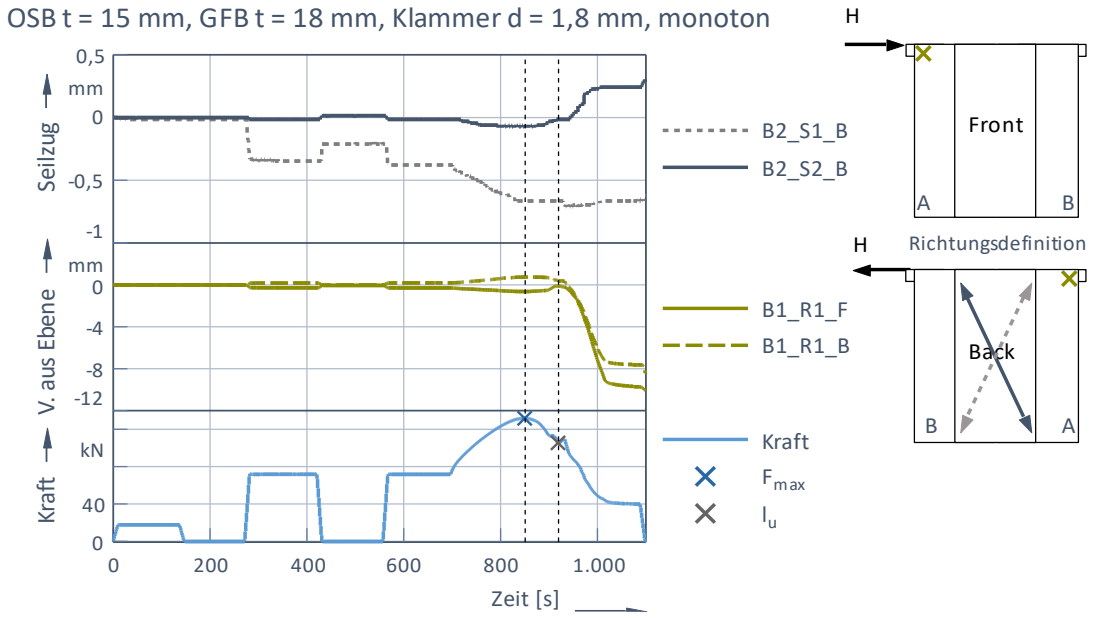


Abbildung B-181: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 16_m_1

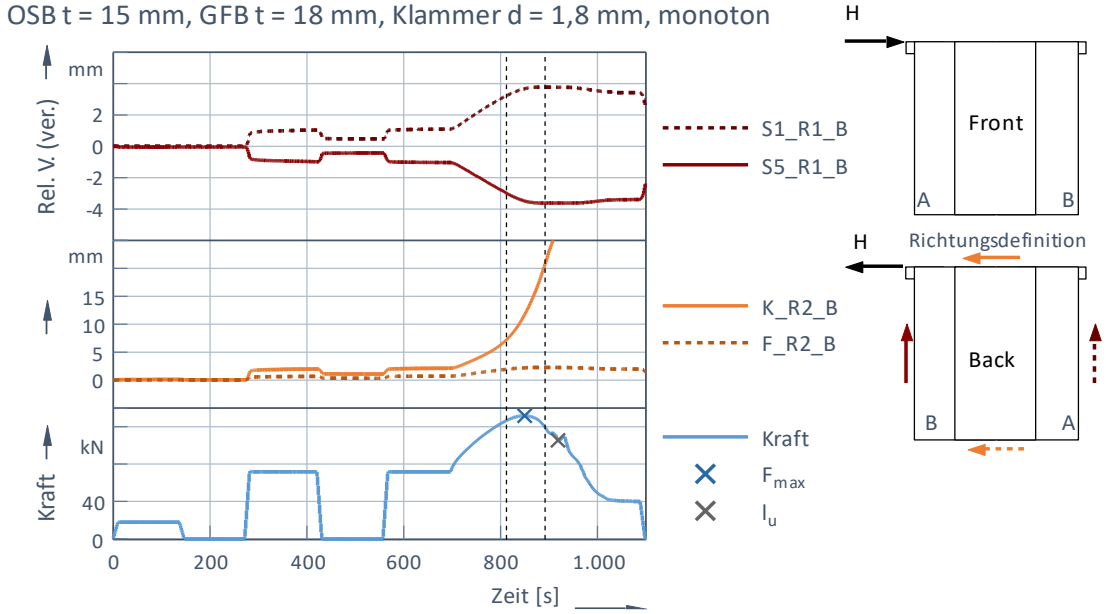


Abbildung B-182: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 16_m_1

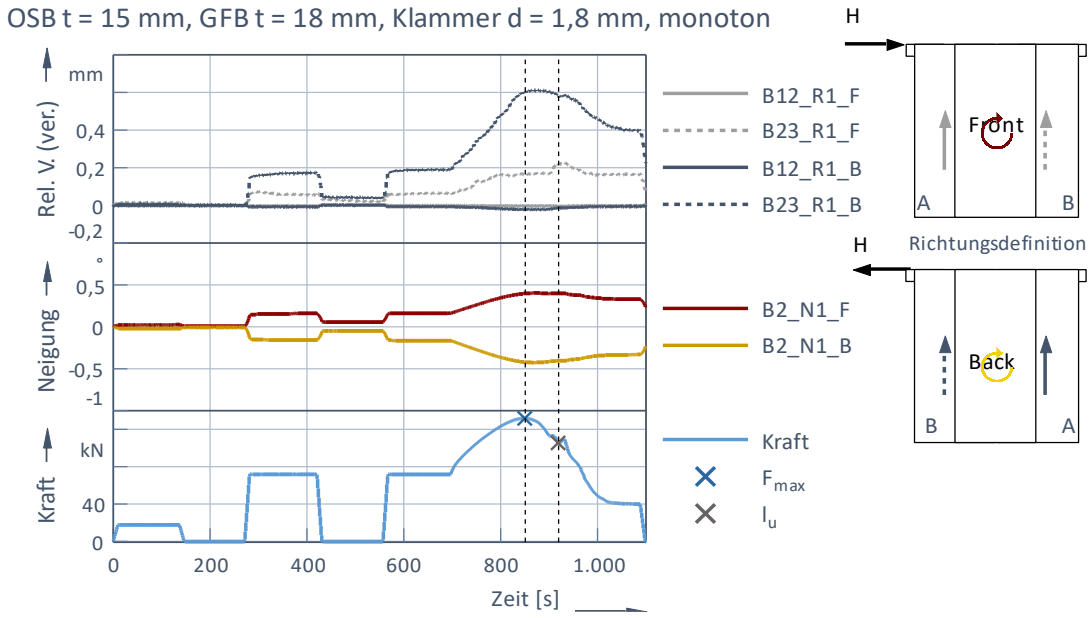


Abbildung B-183: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 16_m_1

Wandtafel 16_m_2

Tabelle B-18: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 16_m_2

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

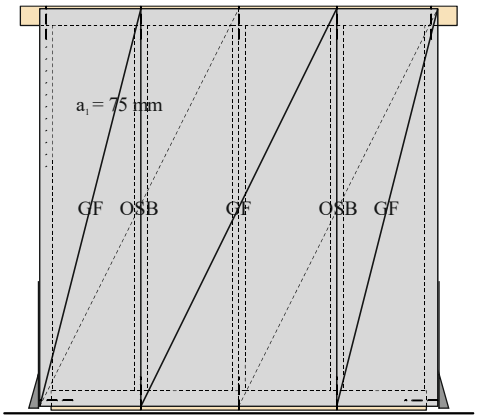


Abbildung B-184: Wandtafel 16_m_2

Untersuchung		
Datum	30.01.2024	
Raumtemperatur T	21,3°C	
Raumfeuchte R_H	40 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 470 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 394 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 410 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 425 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,4 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	200,0 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Verdrehung der Platten als Gesamtpaket
- Starke Ankerverformung an Auflager A
- Schlagartiges Lösen von Beplankung an S1 vorne und hinten
- Schlagartiges Herausspringen des Rähms an S1
- Leichte Querdruckpressung trotz Verstärkung an S5

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

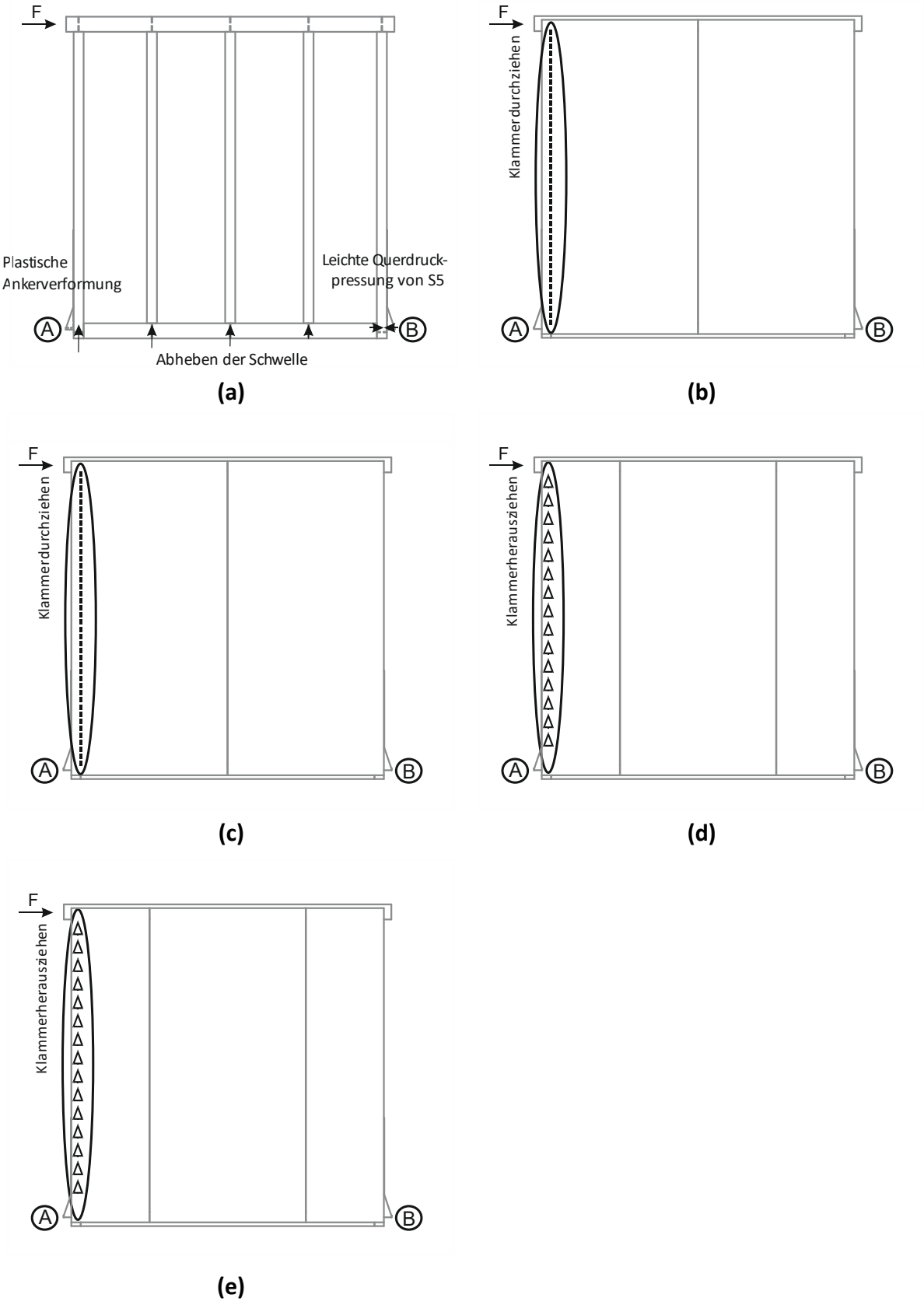
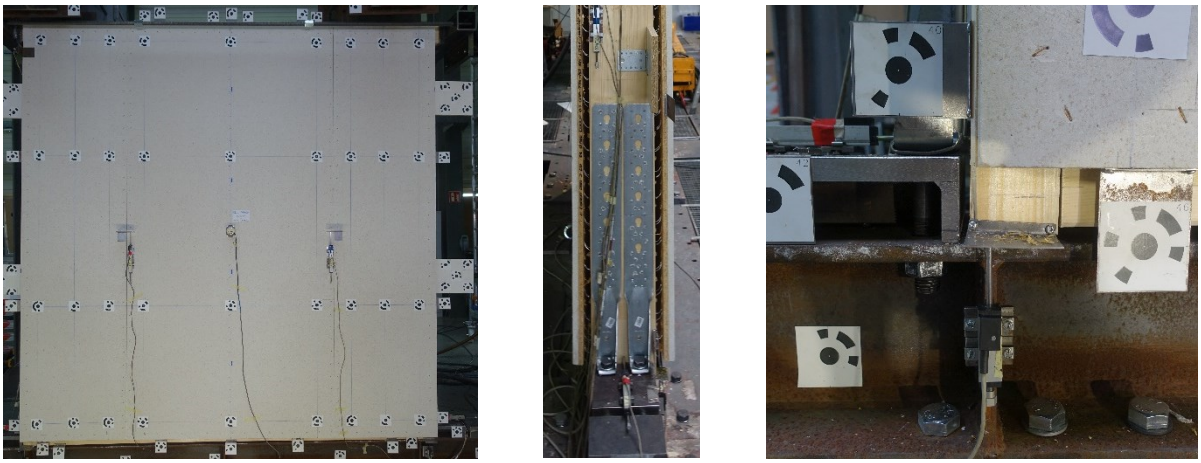


Abbildung B-185: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten (c), Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 16_m_2



(a) (b) (c)

Abbildung B-186: Vorderansicht nach Versuch(a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Auflager A vorne; WT 16_m_2



(a) (b)



(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-187: Rückansicht nach Versuch (a), Abheben der Schwelle (b), Plastische Verformung Anker A (c), Durchziehen Beplankungsklammern und Herausziehen Bekleidungsklammern (d-e), Querdruckverstärkung und leichte Pressung Stiel 5 (f); WT 16_m_2

Untersuchungsergebnisse

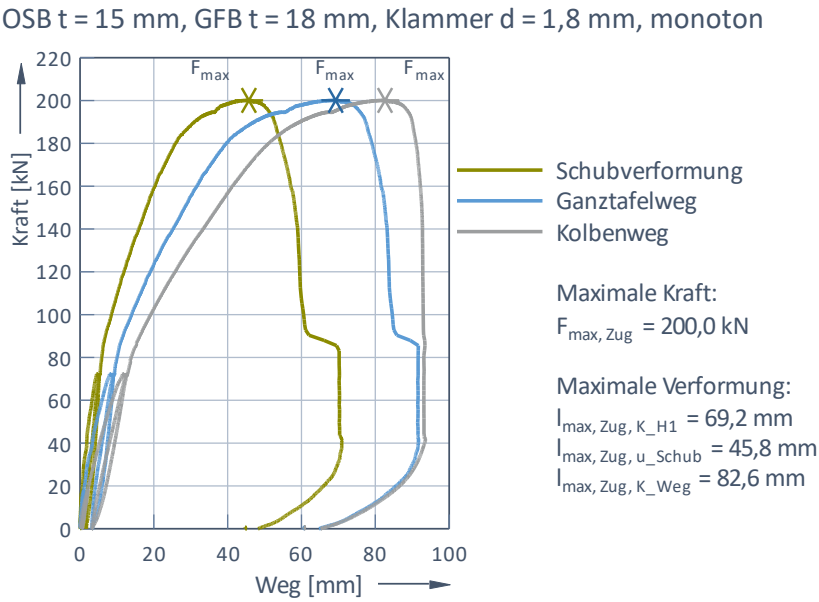


Abbildung B-188: Last-Verformungskurve über Schubverformung, Ganztafelweg und Kolbenweg; WT 16_m_2

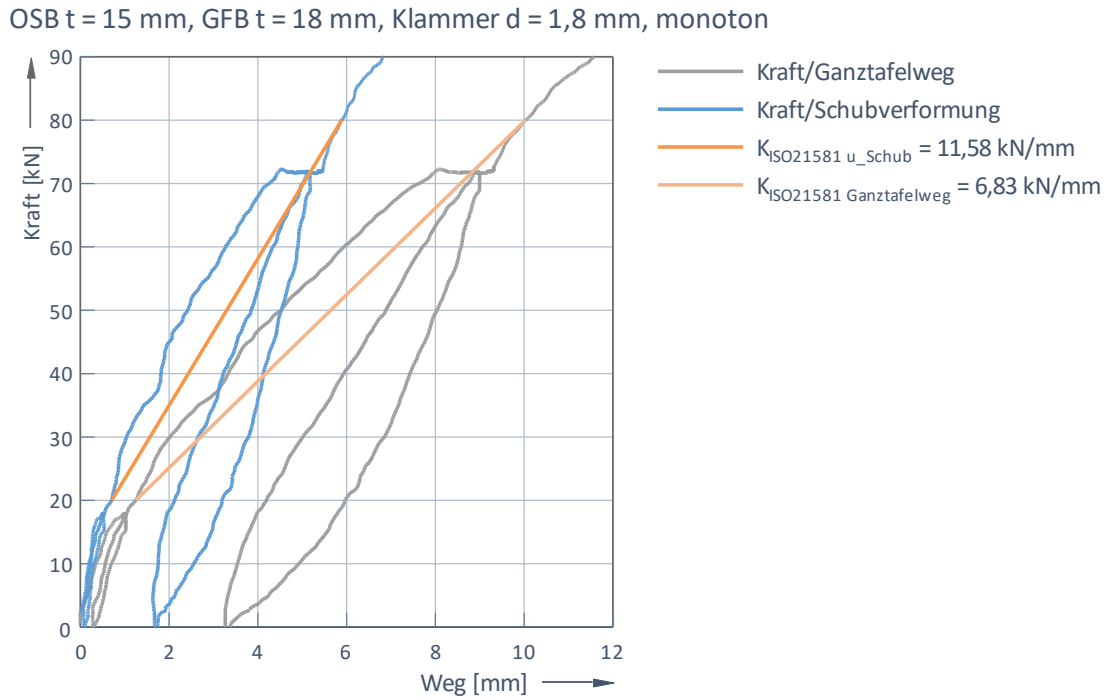


Abbildung B-189: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 16_m_2

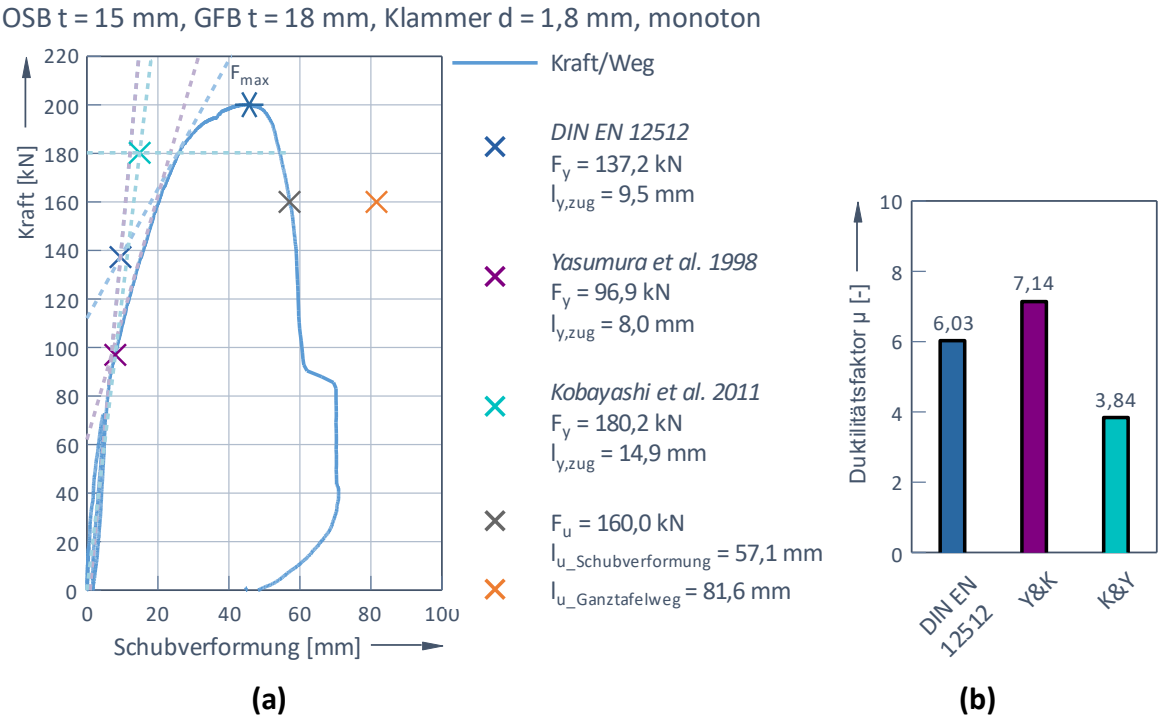


Abbildung B-190: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 16_m_2

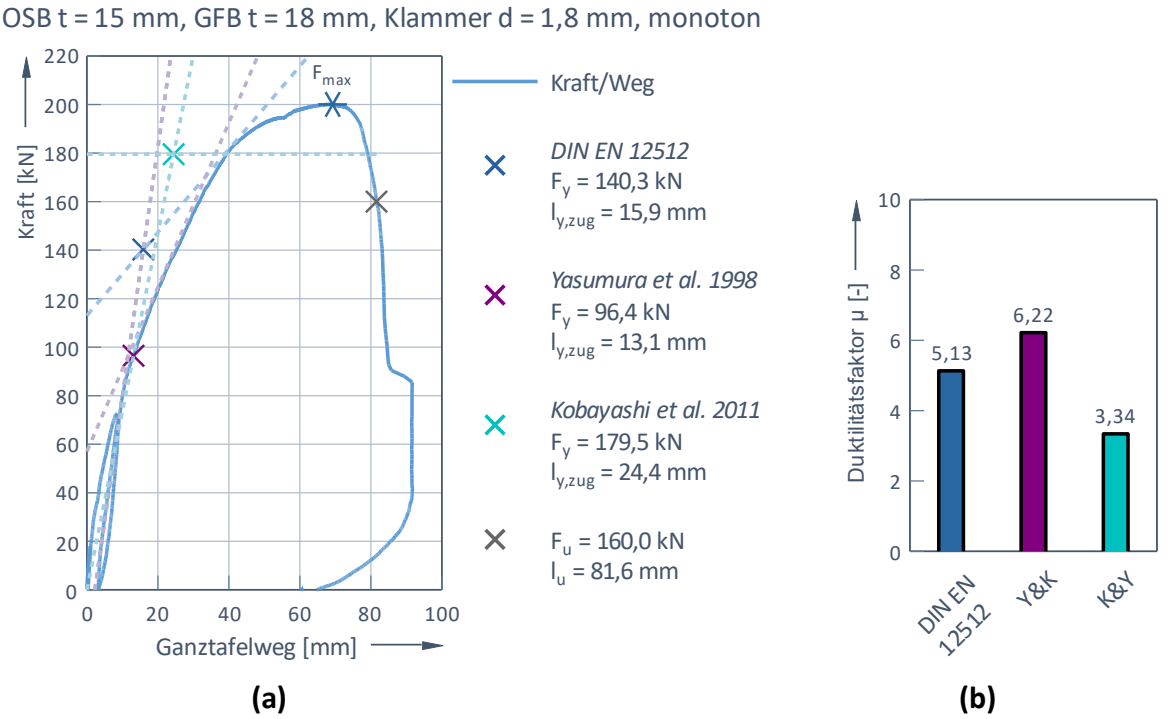


Abbildung B-191: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 16_m_2

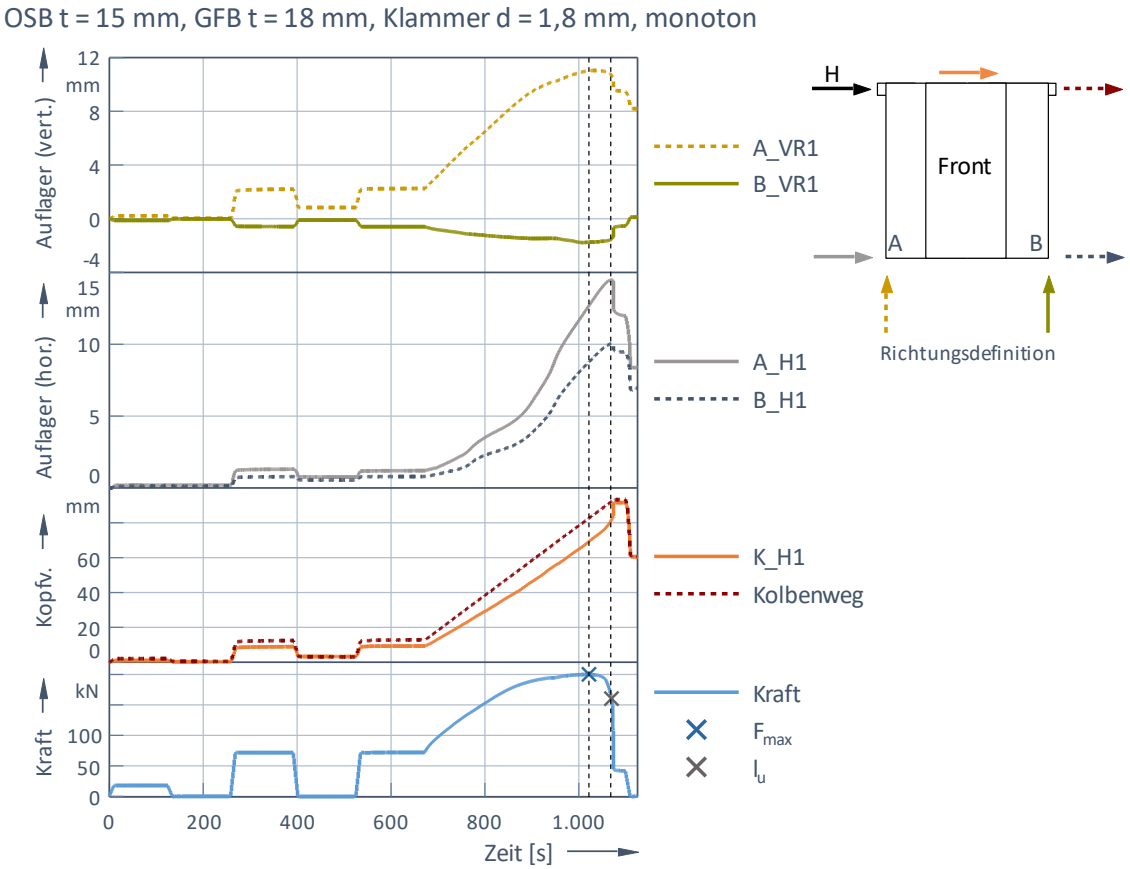


Abbildung B-192: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 16_m_2

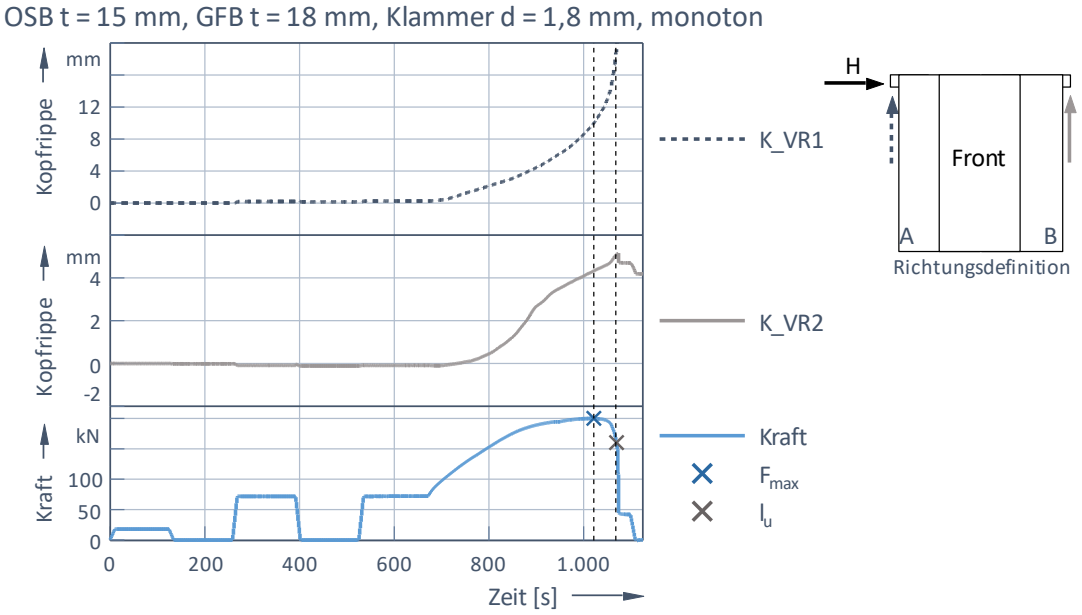


Abbildung B-193: Wegmessungen am Rähm; WT 16_m_2

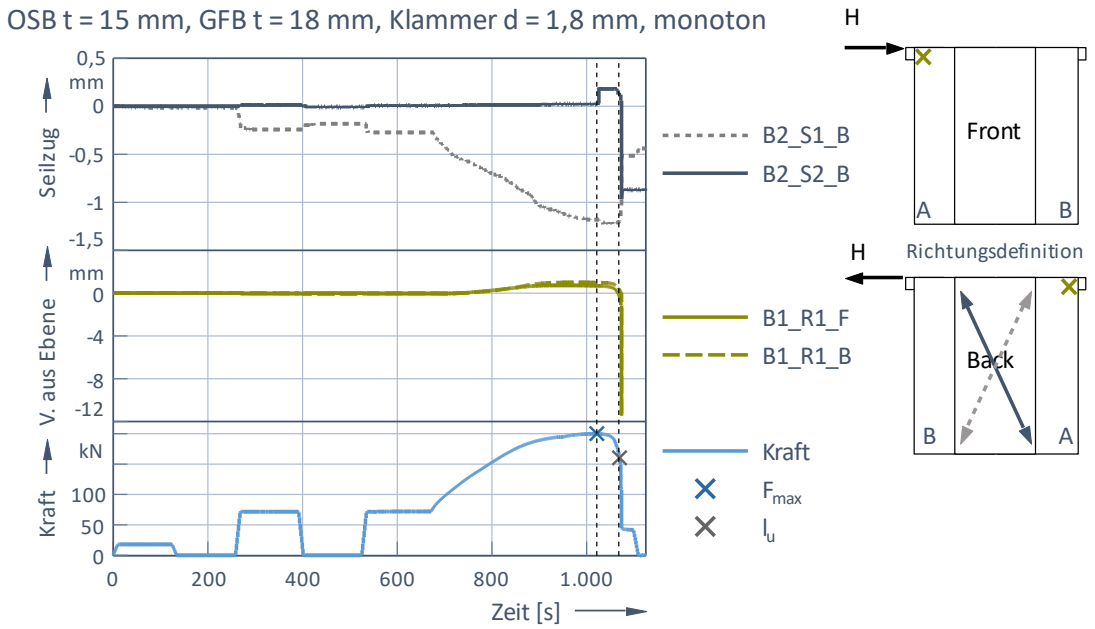


Abbildung B-194: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 16_m_2

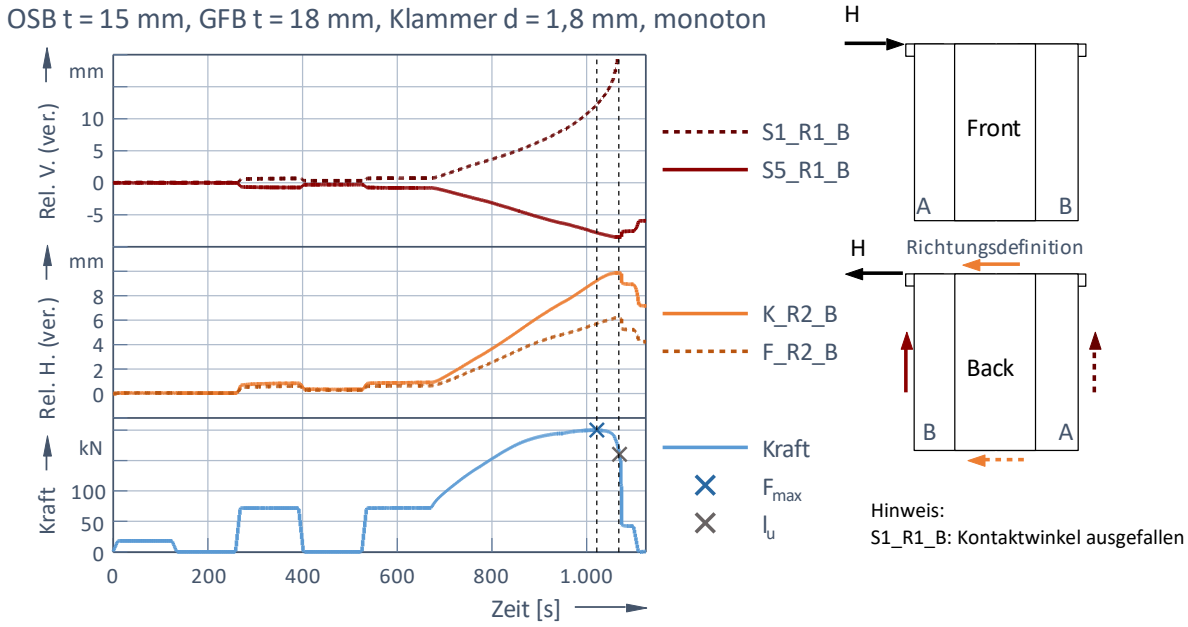


Abbildung B-195: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 16_m_2

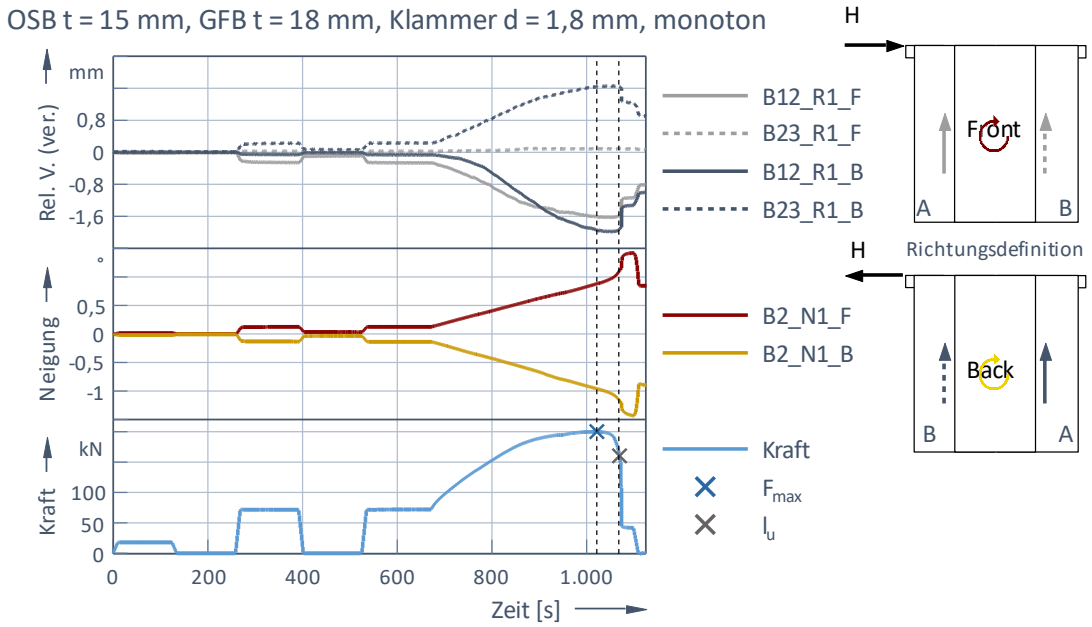


Abbildung 5-2: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 16_m_2

Wandtafel 16_m_3

Tabelle B-19: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 16_m_3

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

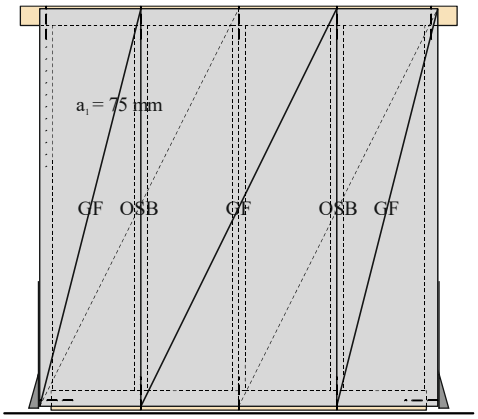


Abbildung B-196: Wandtafel 16_m_3

Untersuchung		
Datum	31.01.2024	
Raumtemperatur T	20,8°C	
Raumfeuchte R_H	40 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 533 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 410 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 405 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 449 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	15,4 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	200,0 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Herausziehen der Bekleidungs- und Durchziehen der Beplankungsklammern
- Starke Ankerverformung an Auflager A
- Abheben von Schwelle und Rähm
- Leichte Querdruckpressung trotz Verstärkung an S5

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

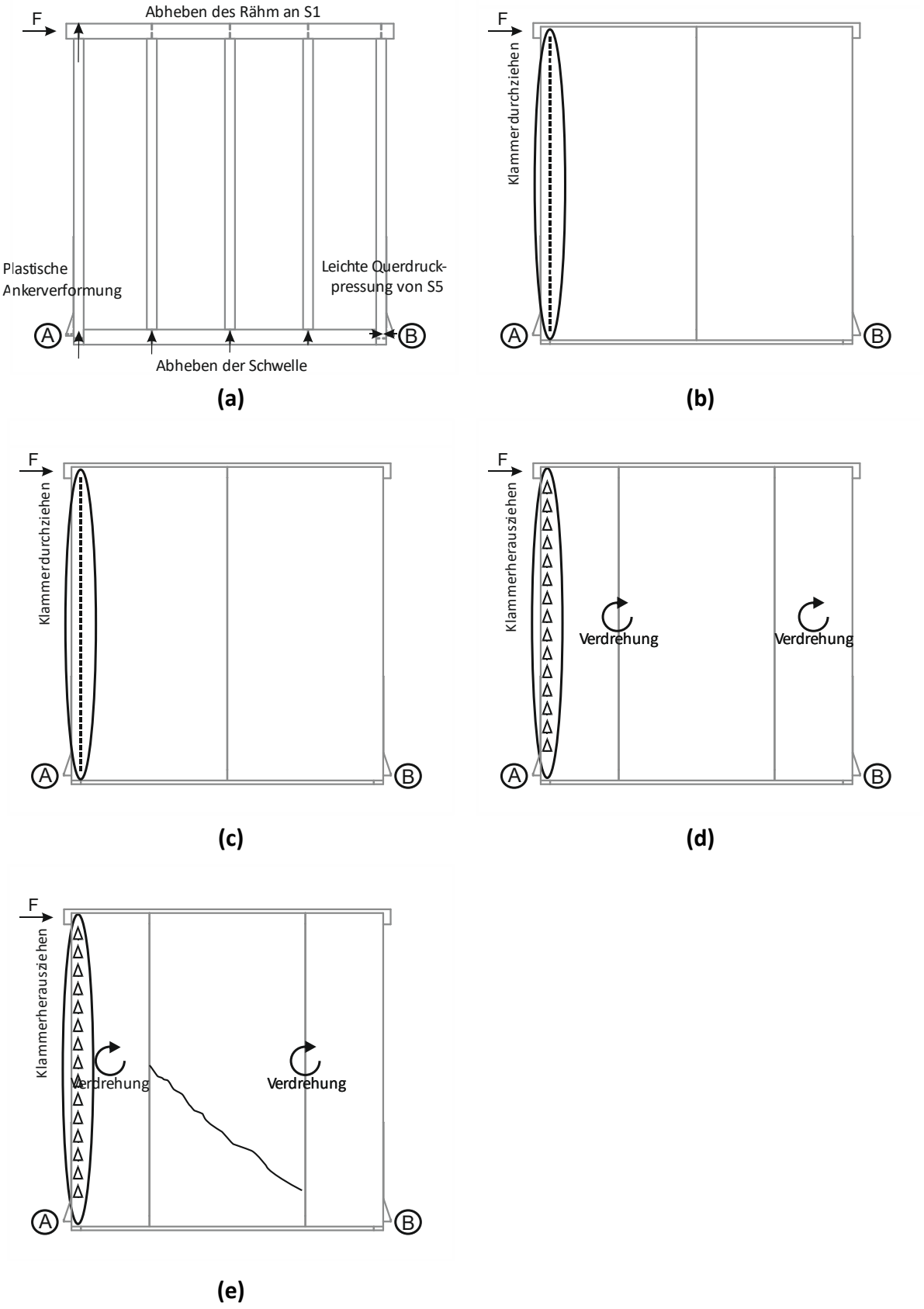
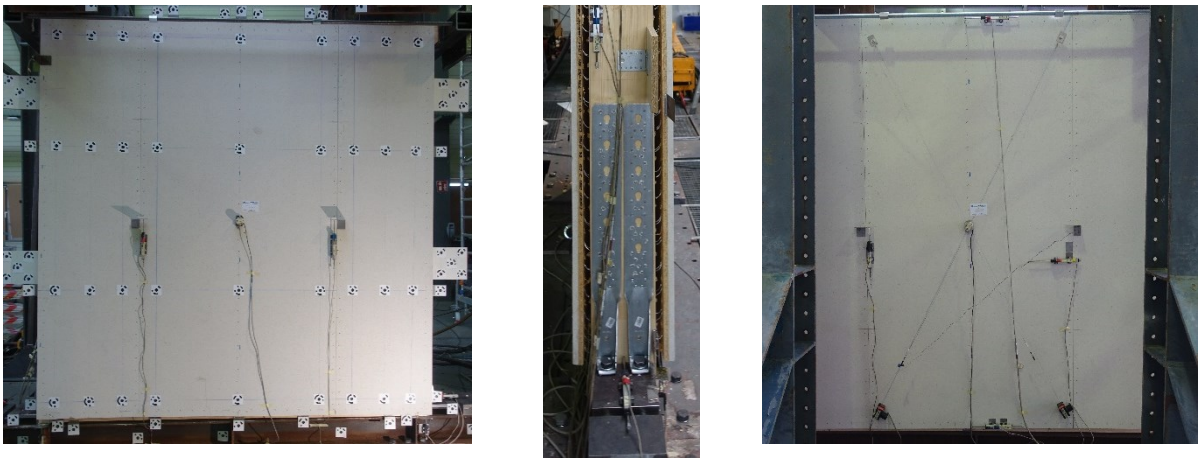
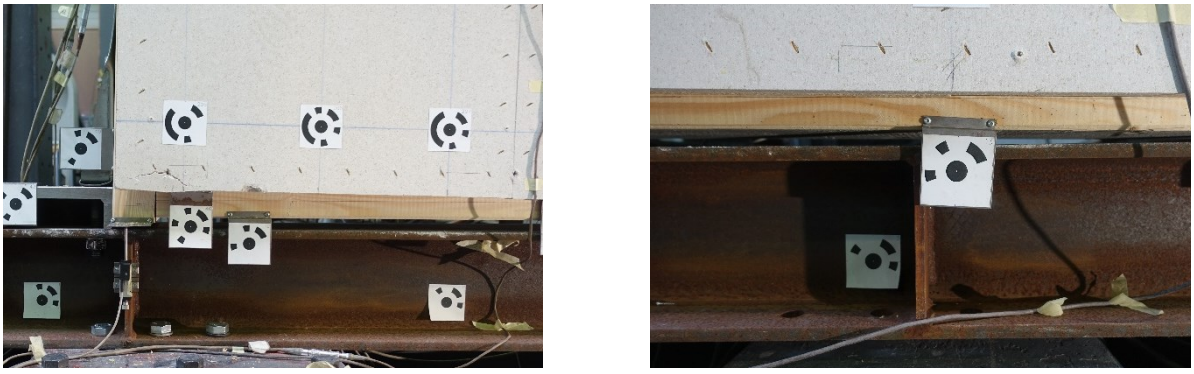


Abbildung B-197: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten (c), Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 16_m_3

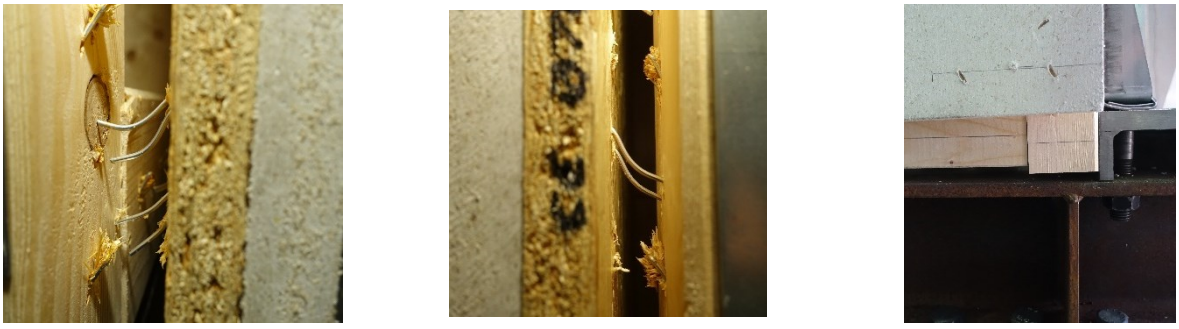


(a) (b) (c)

Abbildung B-198: Ansicht Vorderseite (a) und Rückseite (c) nach Versuch, Stiel 1 nach Versuch (b); WT 16_m_3



(a) (b)



(c) (d) (e)

Abbildung B-199: Abgehobene Schwelle am Auflager A (a) und in HTW-Mitte (b), Herausgezogene Klammern von Beplankung und Bekleidung an Schwelle und S1 am Auflager A (c), Herausgezogene Klammer der Bekleidung und Durchgezogene Klammer der Beplankung (d), Abgehobenes Auflager hinten (e); WT 16_m_3

Untersuchungsergebnisse

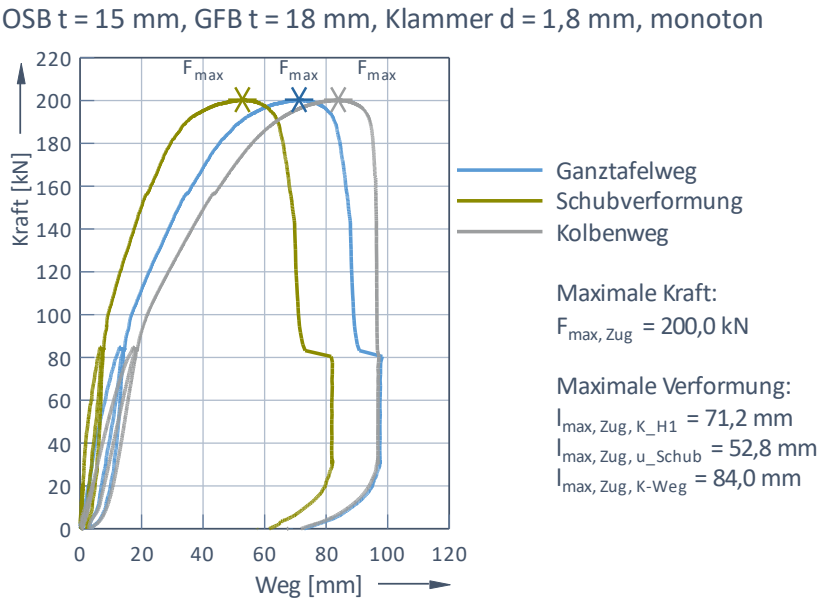


Abbildung B-200: Last-Verformungskurve über Schubverformung, Ganztafelweg und Kolbenweg; WT 16_m_3

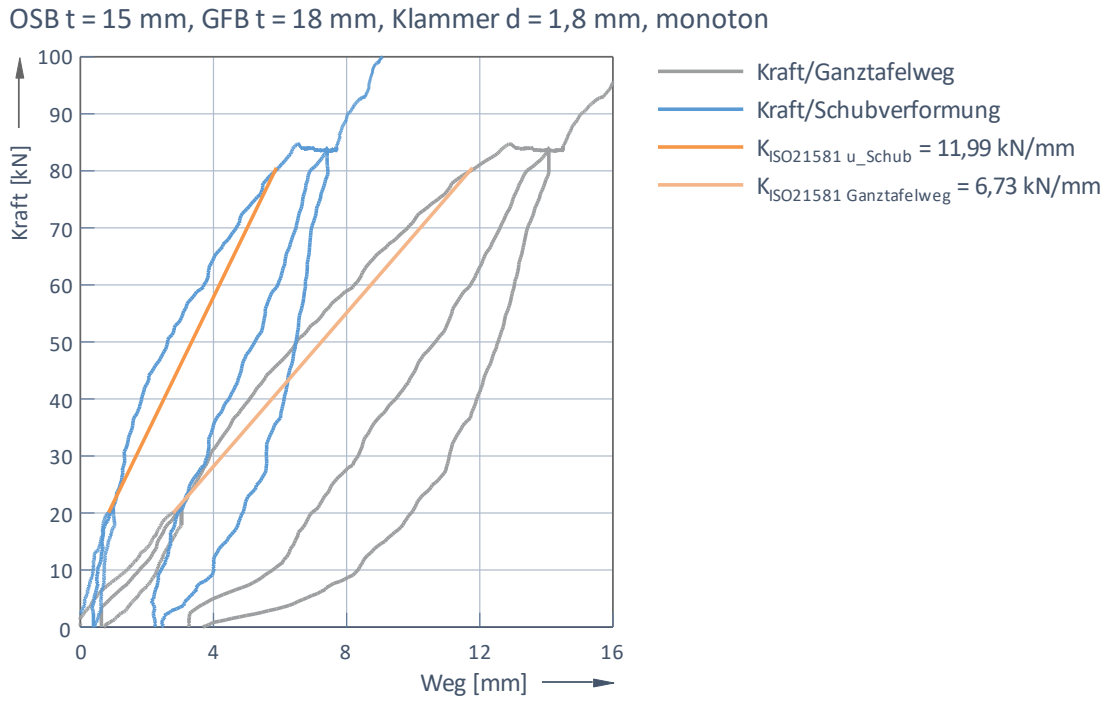


Abbildung B-201: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 16_m_3

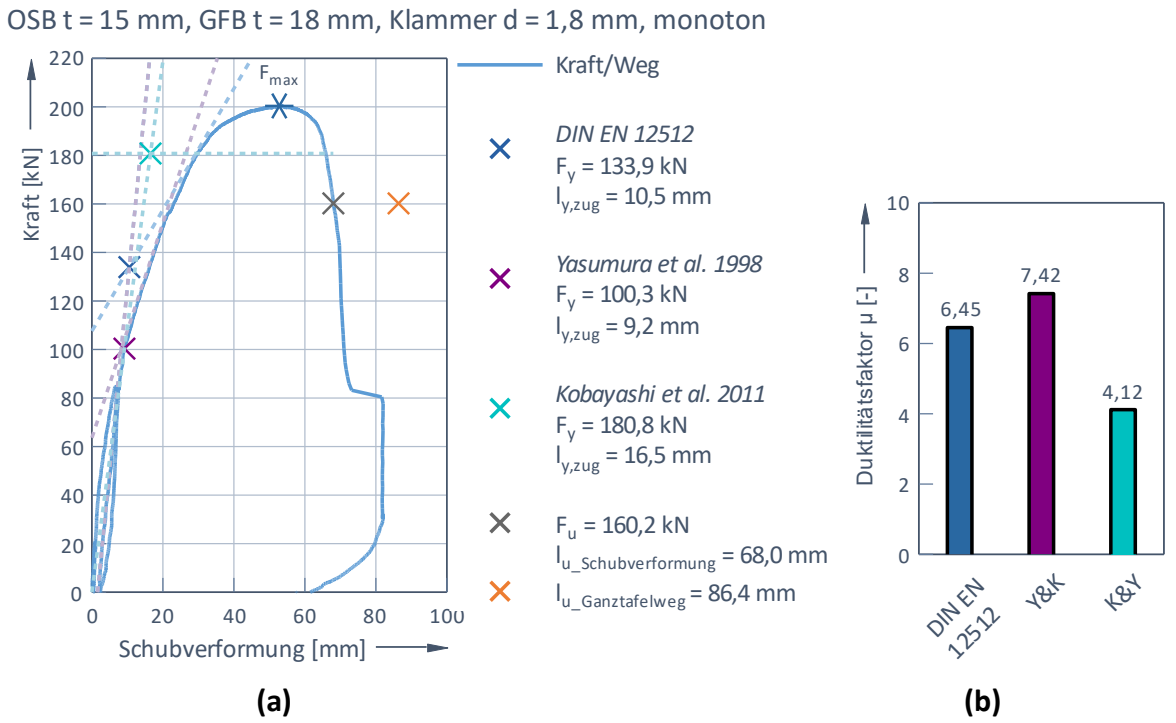


Abbildung B-202: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 16_m_3

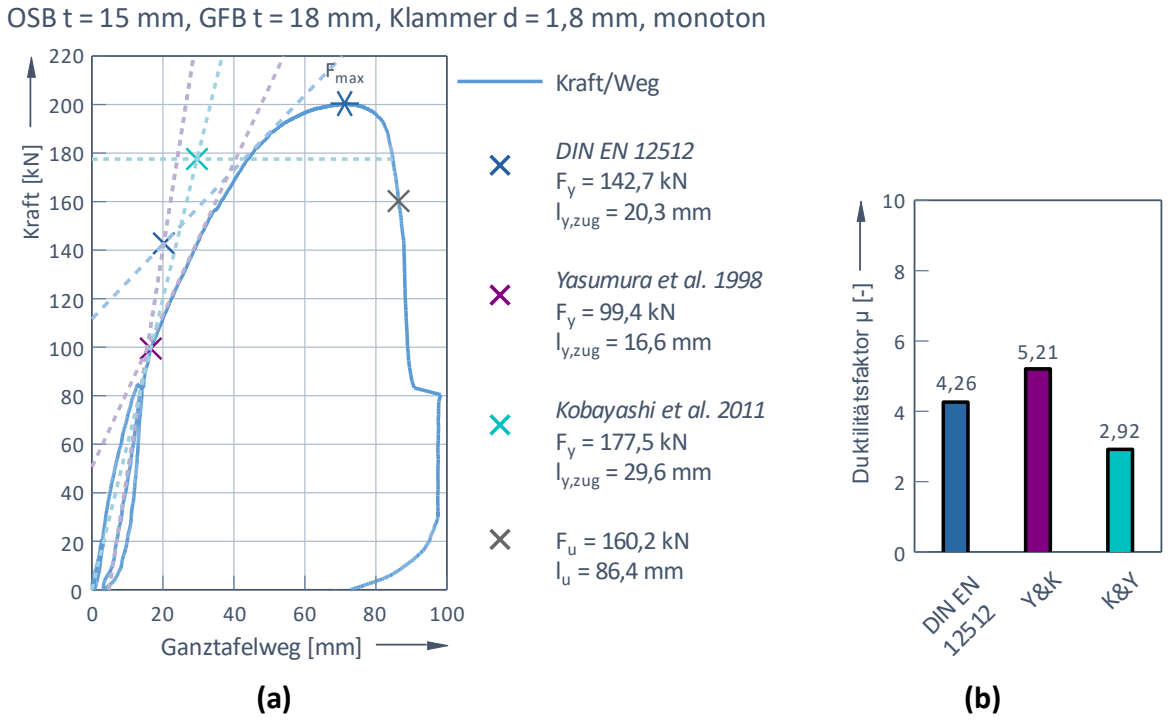


Abbildung B-203: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 16_m_3

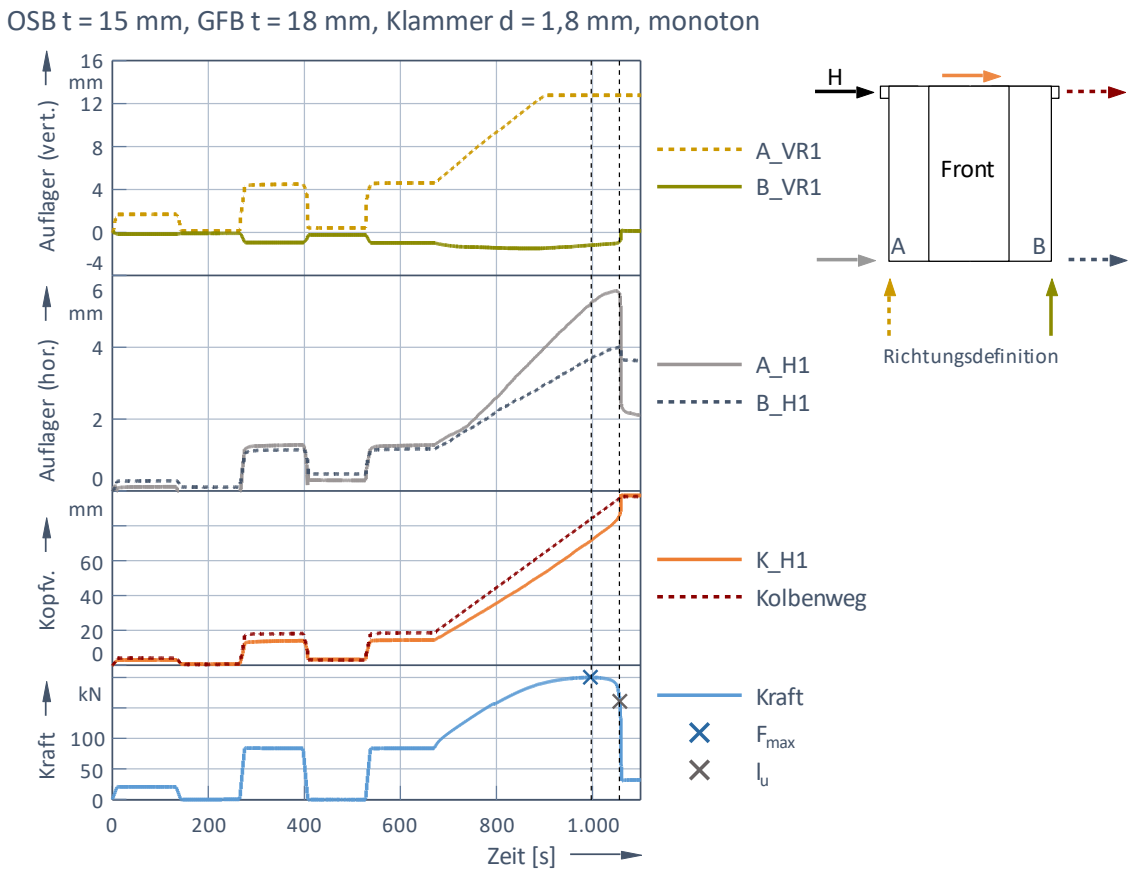


Abbildung B-204: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 16_m_3

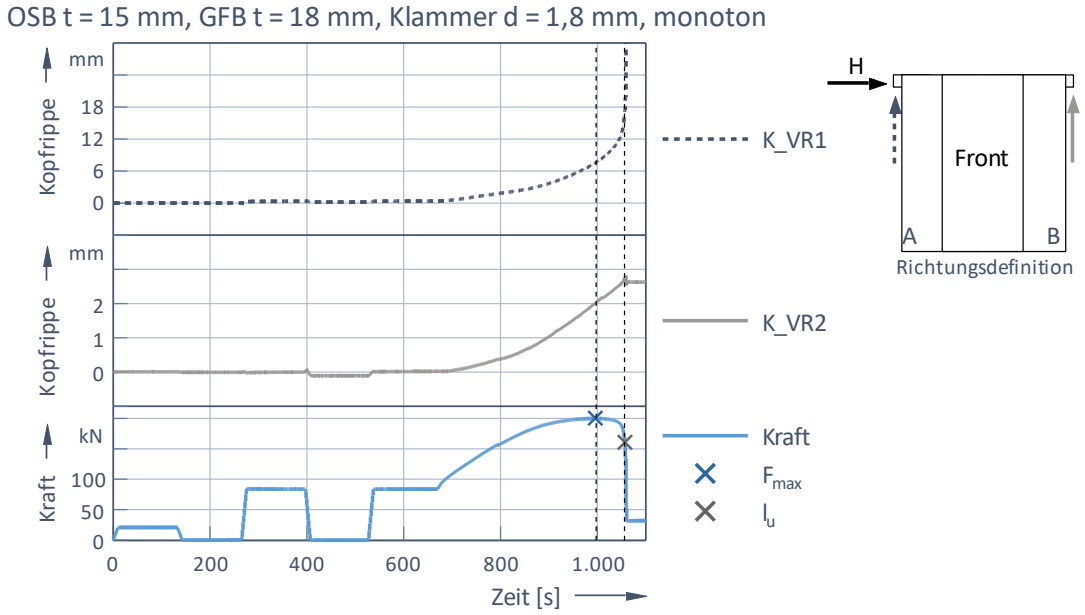


Abbildung B-205: Wegmessungen am Rähm; WT 16_m_3

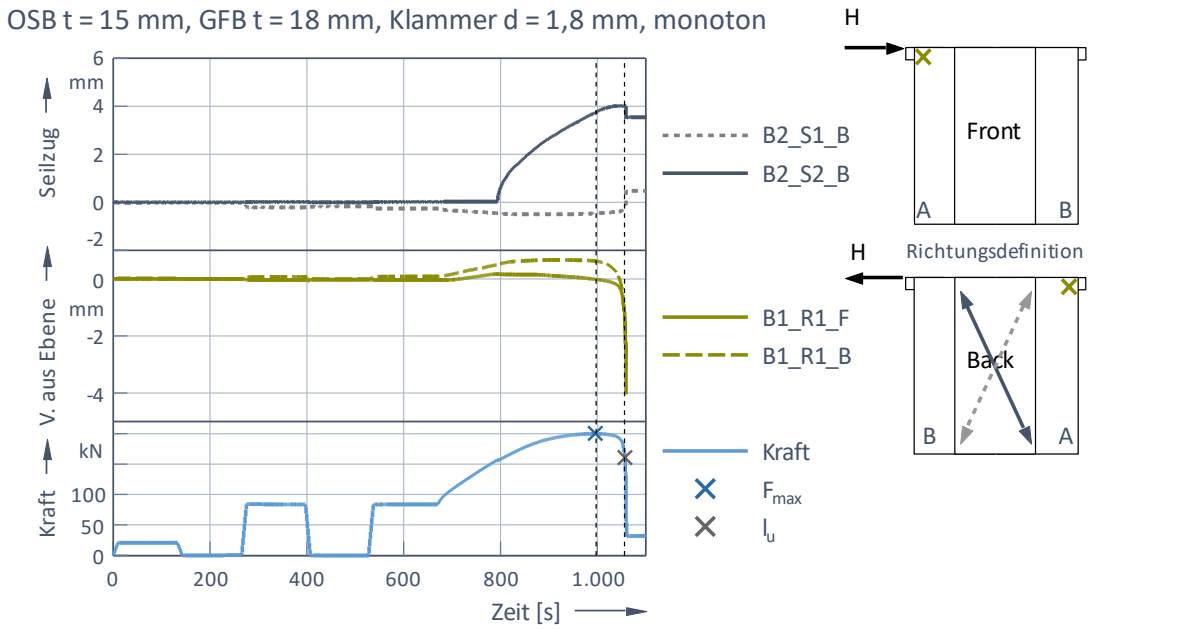


Abbildung B-206: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 16_m_3

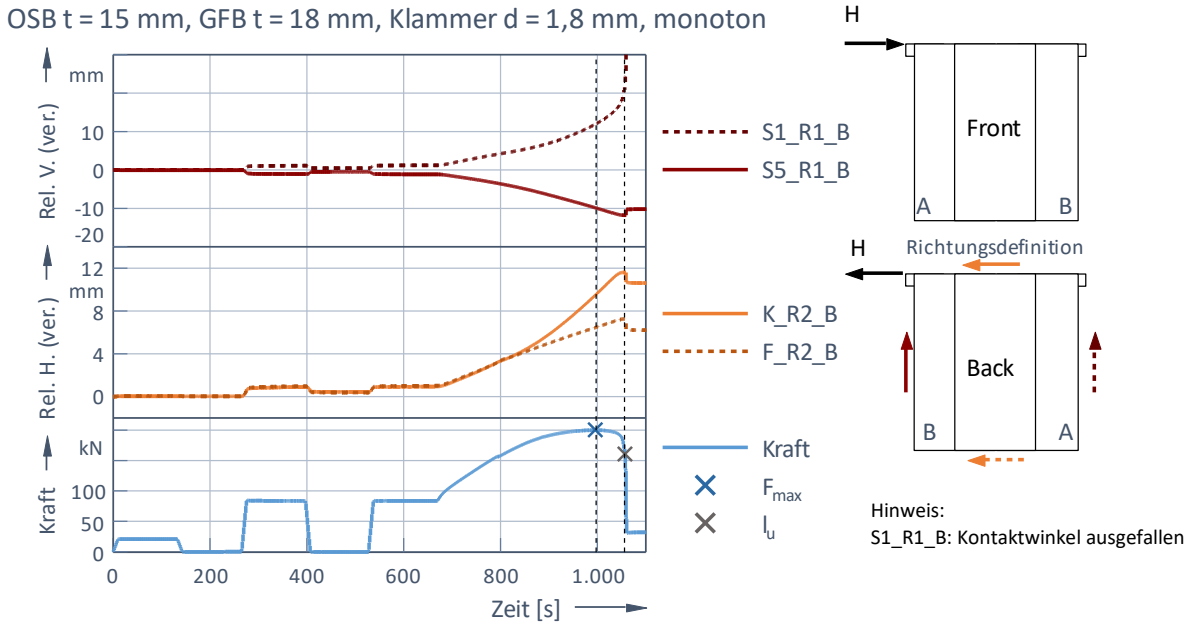


Abbildung B-207: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 16_m_3

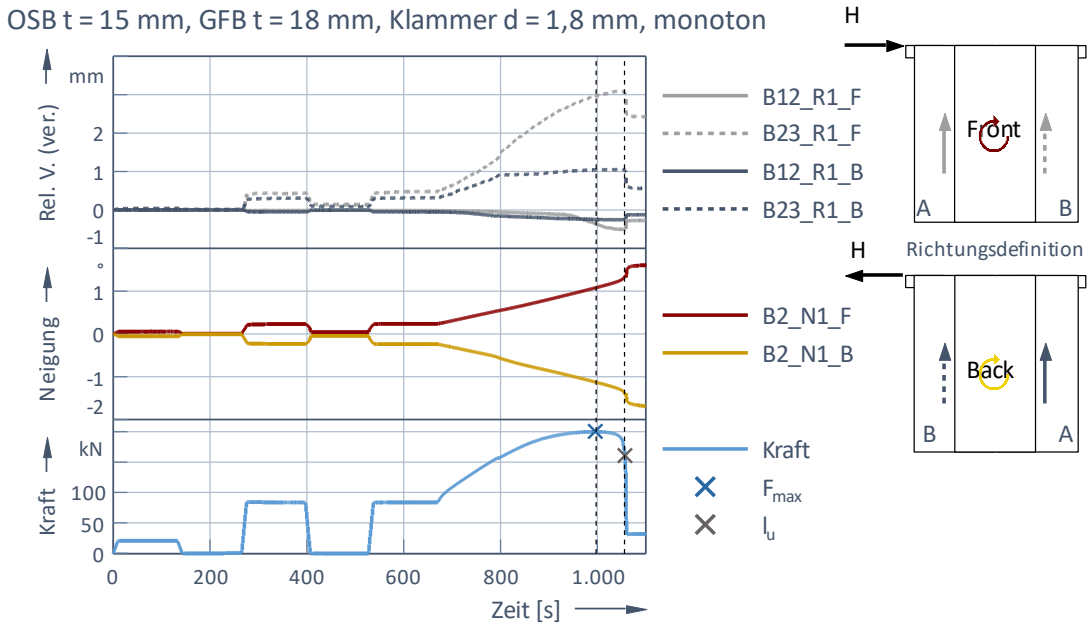


Abbildung B-208: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 16_m_3

Wandtafel 16_m_4

Tabelle B-20: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 16_m_4

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

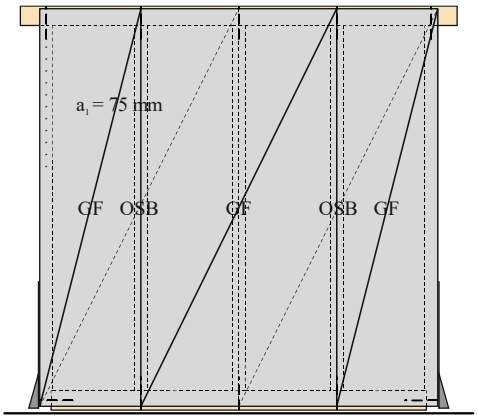


Abbildung B-209: Wandtafel 16_m_4

Untersuchung		
Datum	01.02.2024	
Raumtemperatur T	21,2°C	
Raumfeuchte R_H	38 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 423 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 420 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 461 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 435 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,8 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	183,0 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Verdrehung der Platten als Gesamtpaket
- Starke Ankerverformung an Auflager A
- Schlagartiges Lösen von Beplankung an S1 vorne und hinten
- Abheben von Schwelle und Rähm an S1
- Leichte Querdruckpressung trotz Verstärkung an S5

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

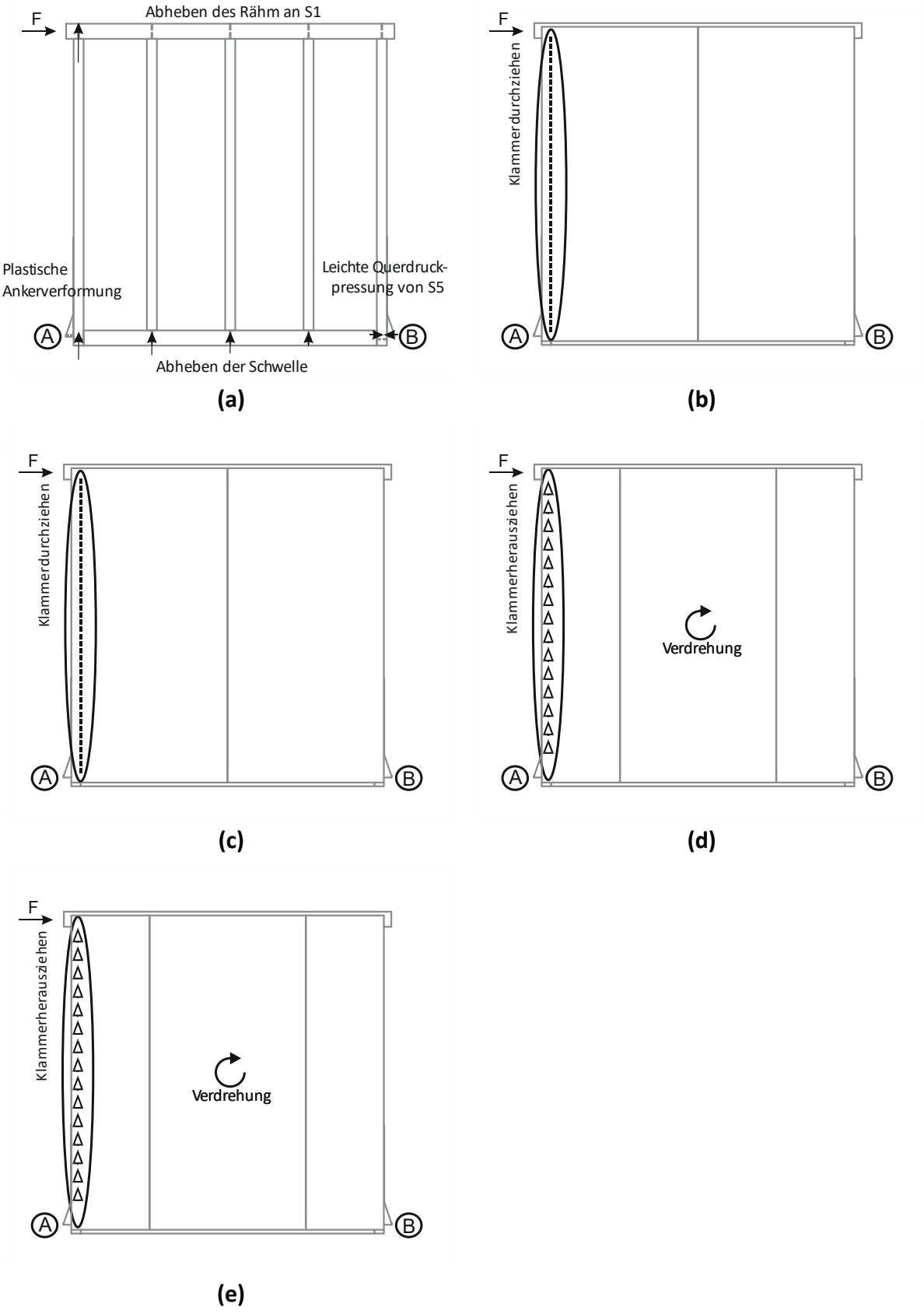
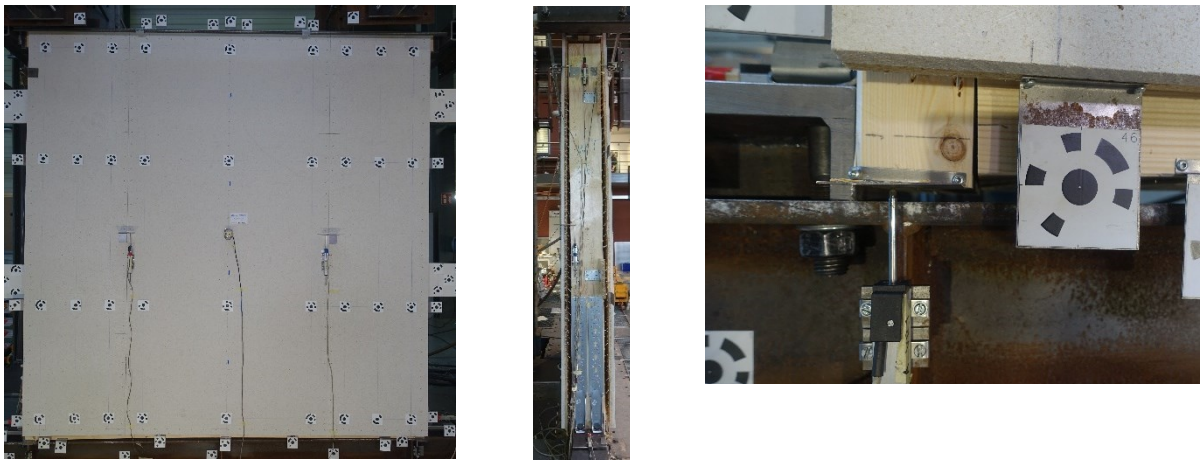


Abbildung B-210: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten (c), Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 16_m_4



(a) (b) (c)

Abbildung B-211: Vorderansicht nach Versuch(a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Auflager A vorne; WT 16_m_4



(a) (b)



(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-212: Rückansicht nach Versuch (a), Abheben der Schwelle (b), Seitenansicht Anker A (c), Durchziehen Beplankungsklammern und Herausziehen Bekleidungsklammern (d) Abheben des Rähms von S1 (e), leichte Pressung Stiel 5 (f); WT 16_m_4

Untersuchungsergebnisse

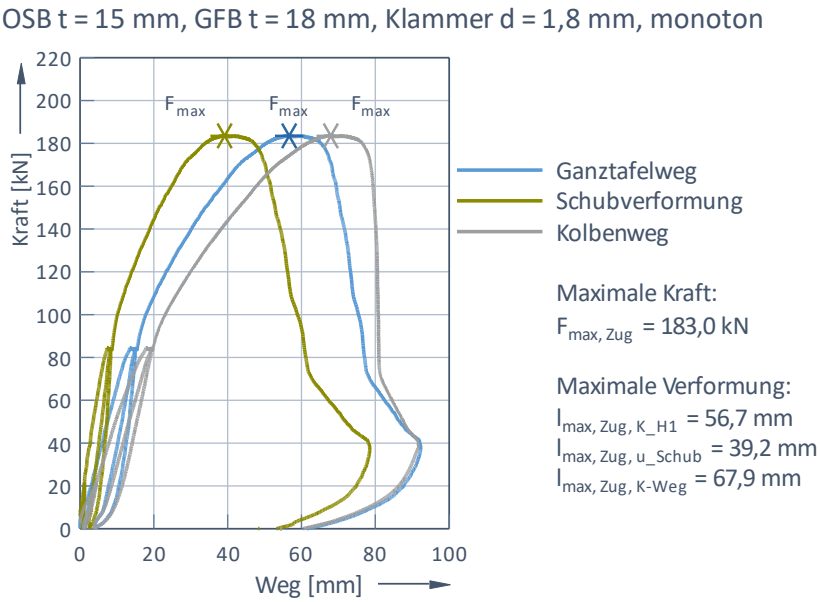


Abbildung B-213: Last-Verformungskurve über Schubverformung, Ganztafelweg und Kolbenweg; WT 16_m_4

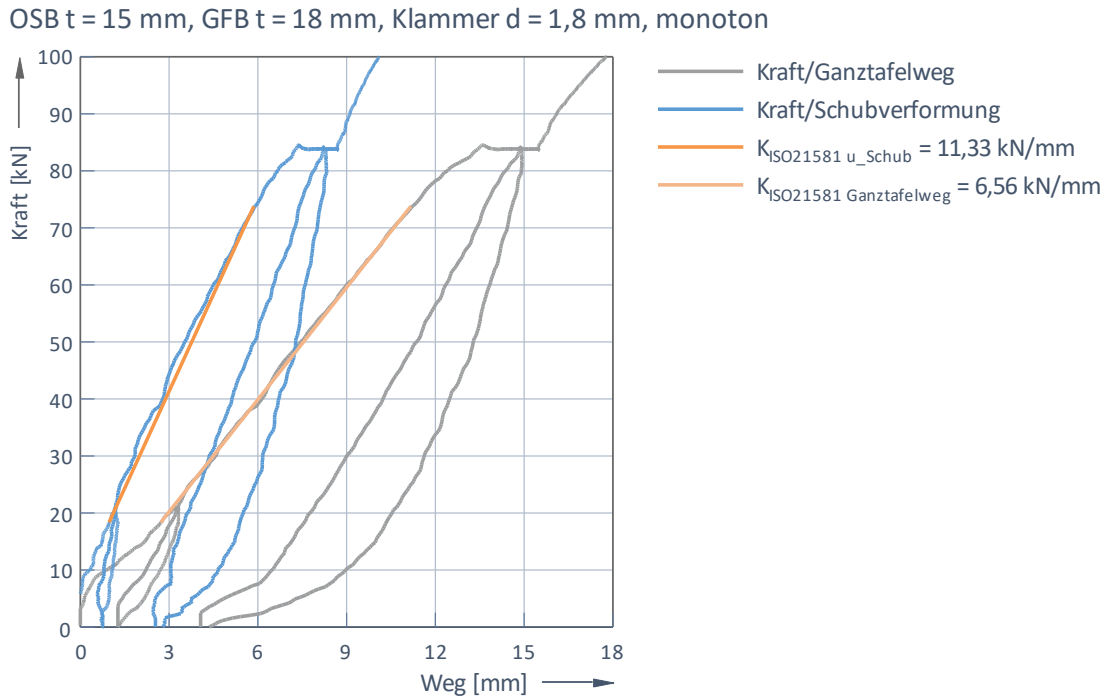


Abbildung B-214: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 16_m_4

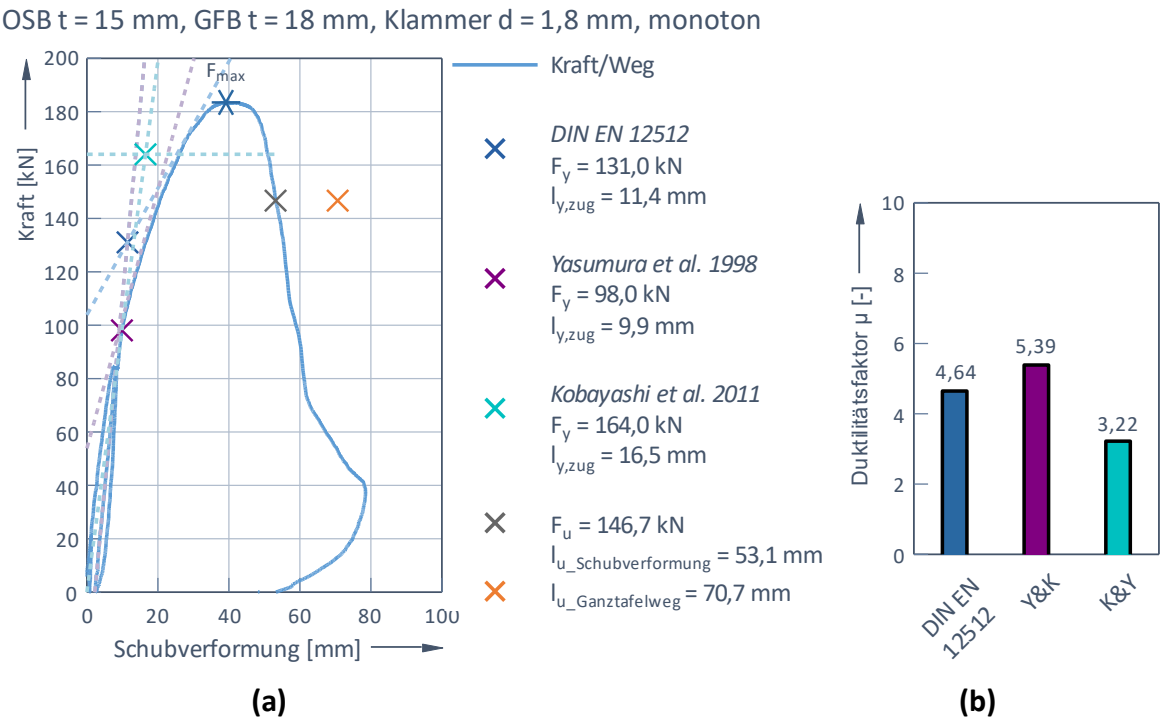


Abbildung B-215: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 16_m_4

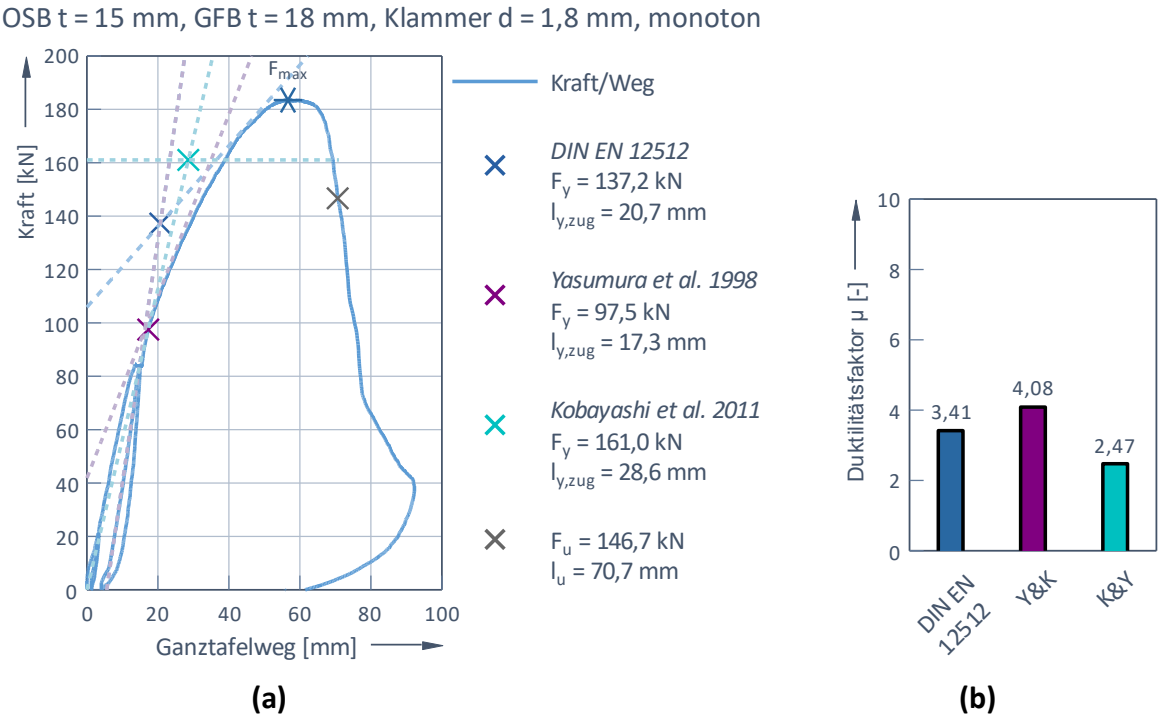


Abbildung B-216: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 16_m_4

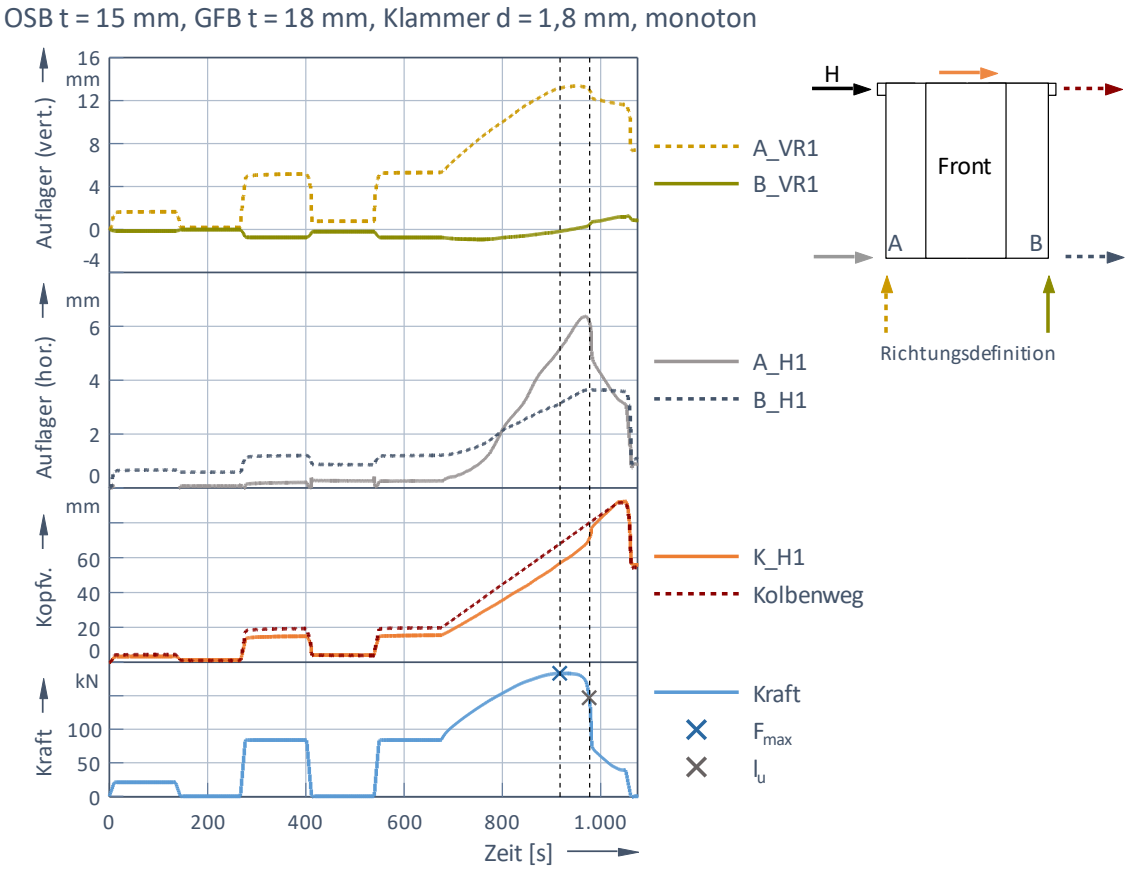


Abbildung B-217: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 16_m_4

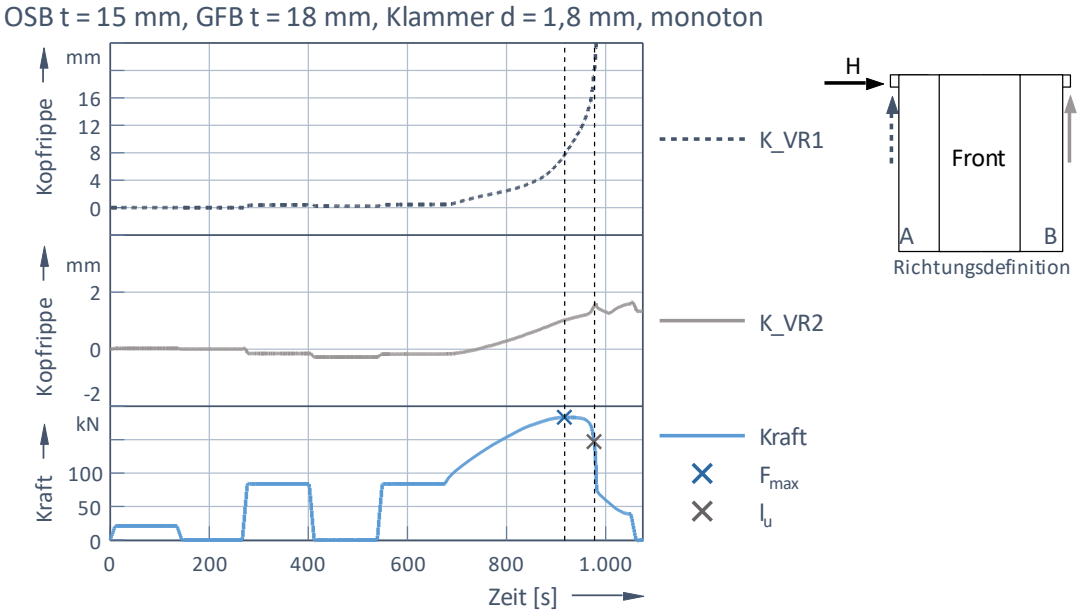


Abbildung B-218: Wegmessungen am Rähm; WT 16_m_4

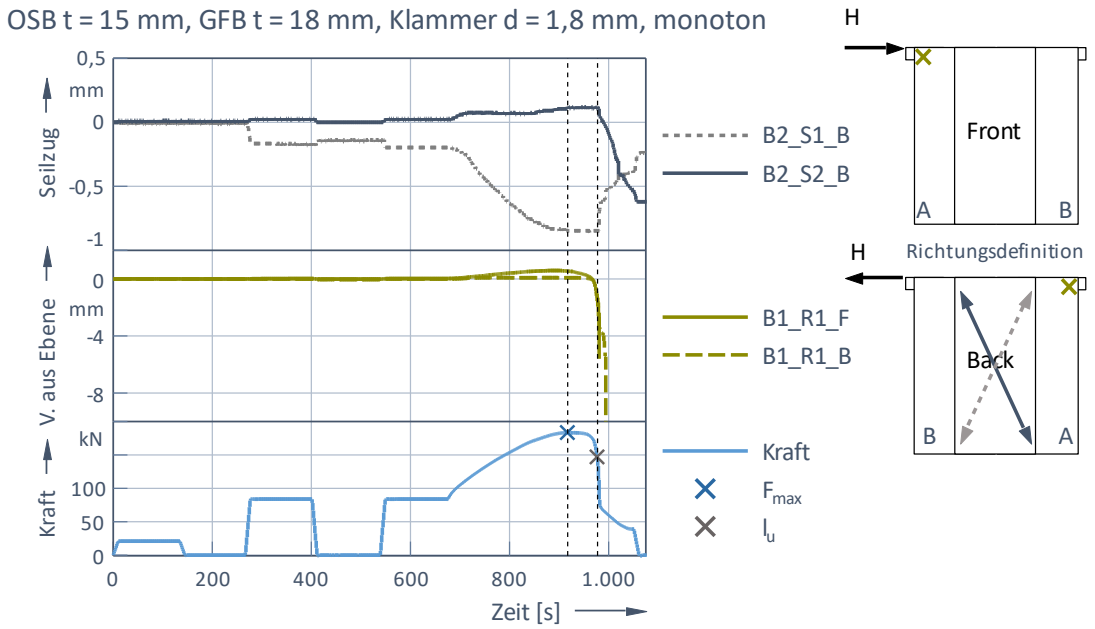


Abbildung B-219: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 16_m_4

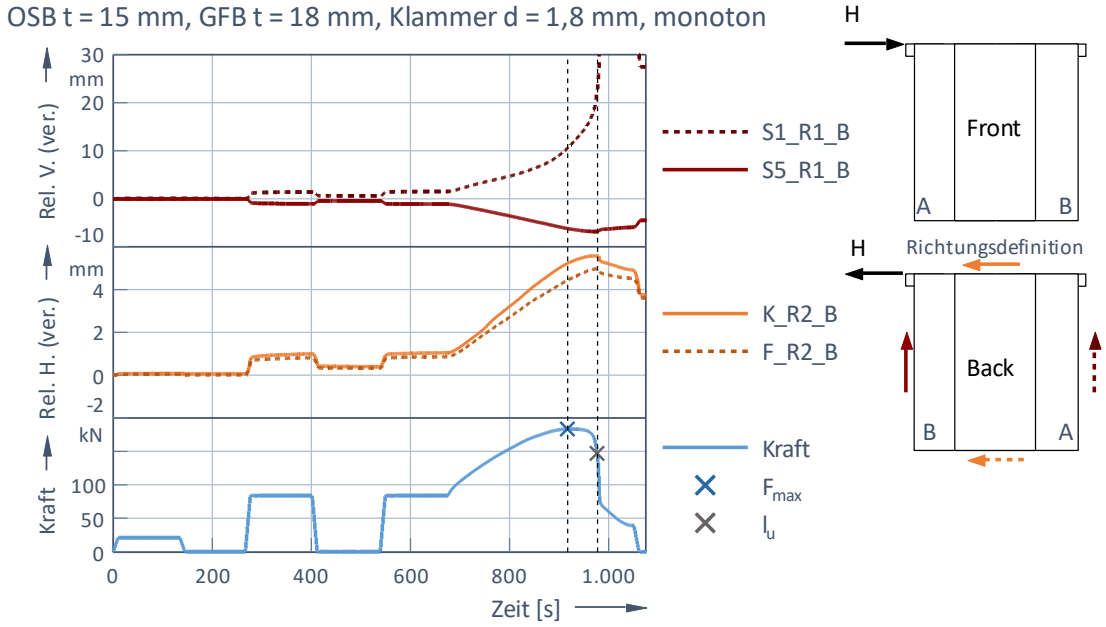


Abbildung B-220: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 16_m_4

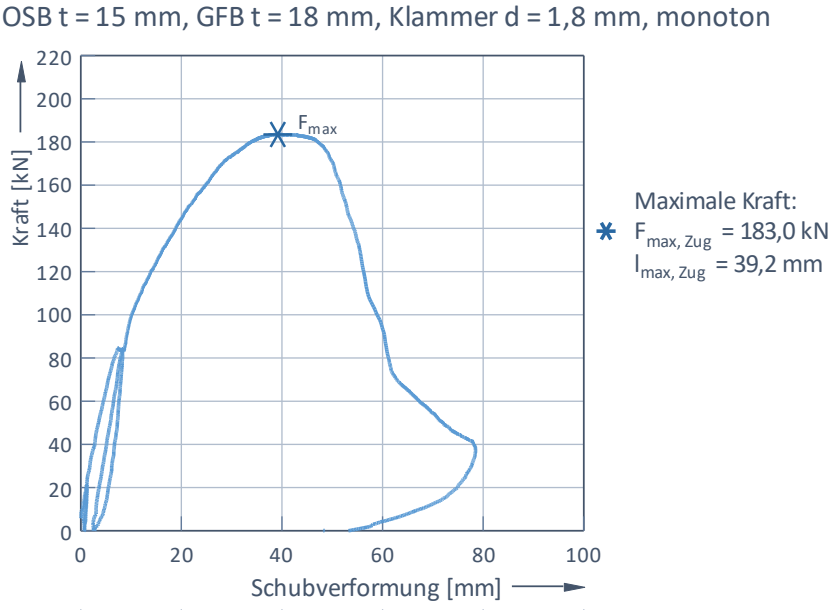


Abbildung B-221: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 16_m_4

Wandtafel 16_m_5

Tabelle B-21: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 16_m_5

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

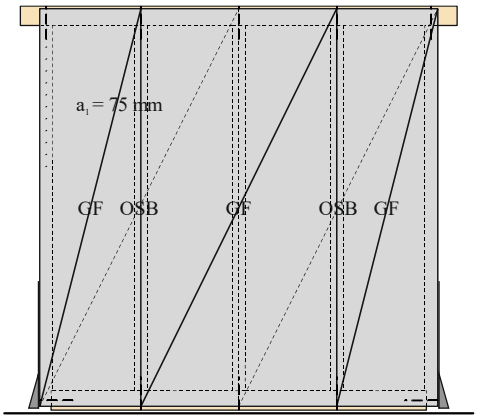


Abbildung B-222: Wandtafel 16_m_5

Untersuchung		
Datum	02.02.2024	
Raumtemperatur T	21,4°C	
Raumfeuchte R_H	35 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 366 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 399 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 408 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 391 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	13,4 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	177,0 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Verdrehung der Platten als Gesamtpaket
- Starke Ankerverformung an Auflager A
- Schlagartiges Lösen von Beplankung an S1 vorne und hinten
- Abheben von Schwelle und Rähm an S1
- Leichte Querdruckpressung trotz Verstärkung an S5

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

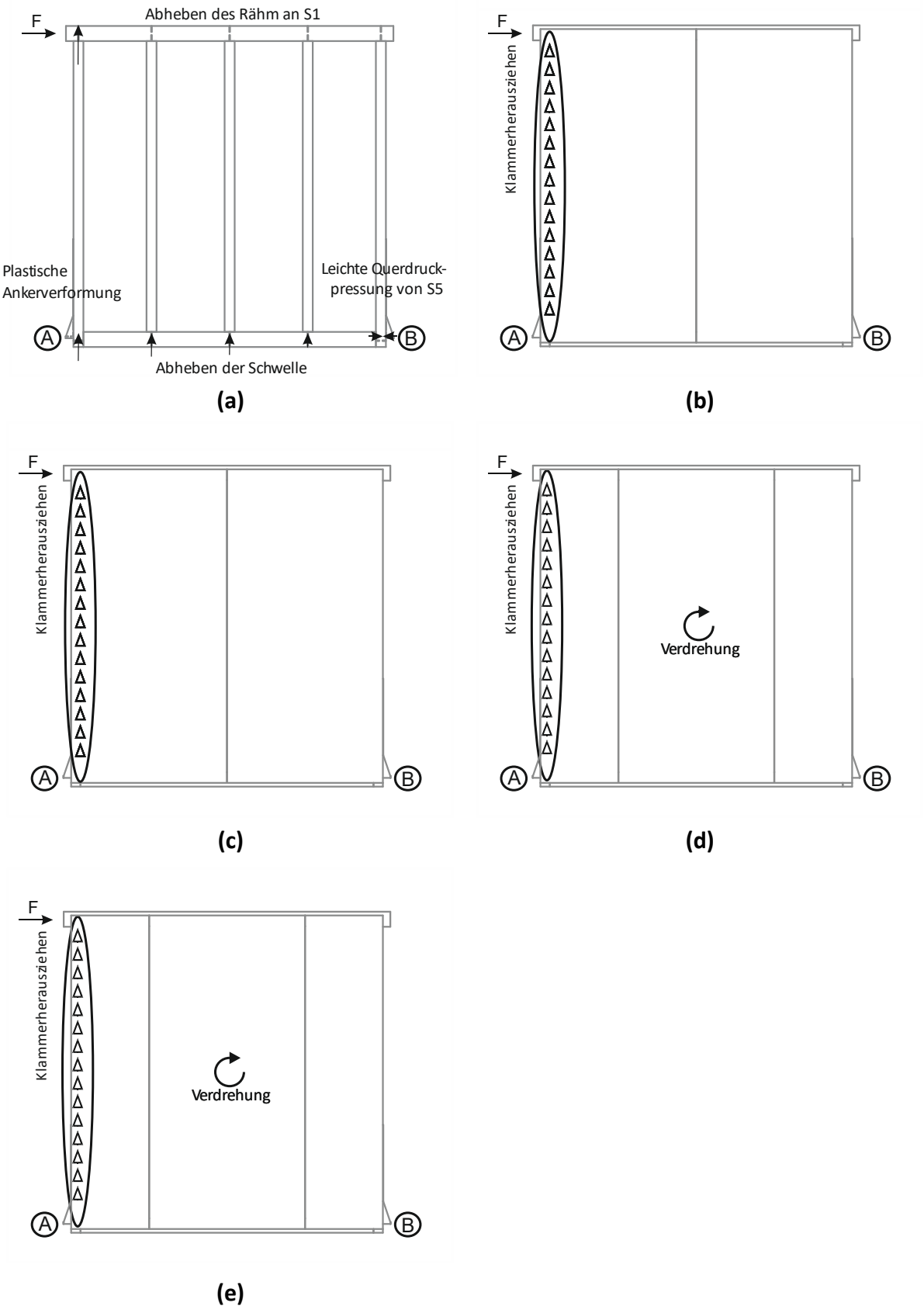
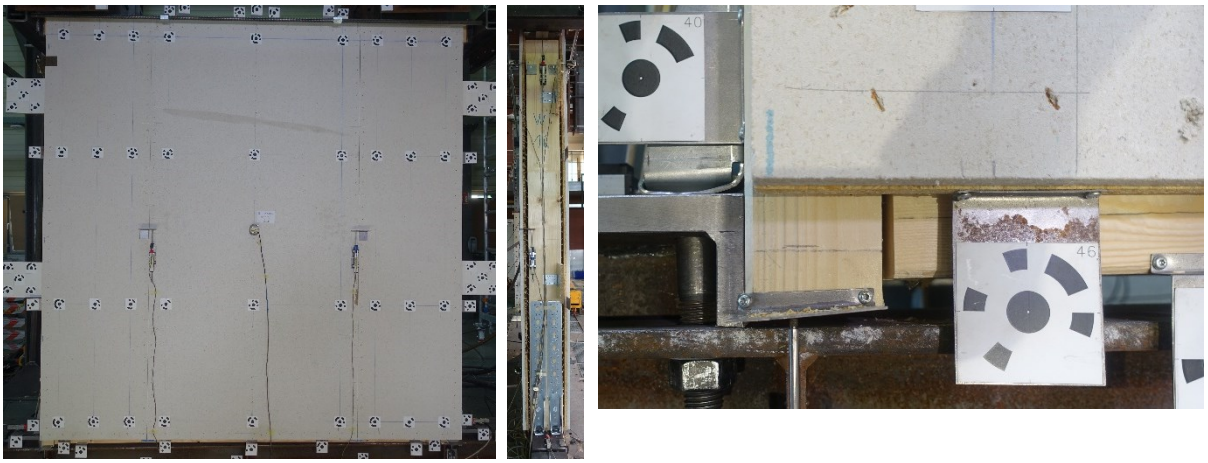
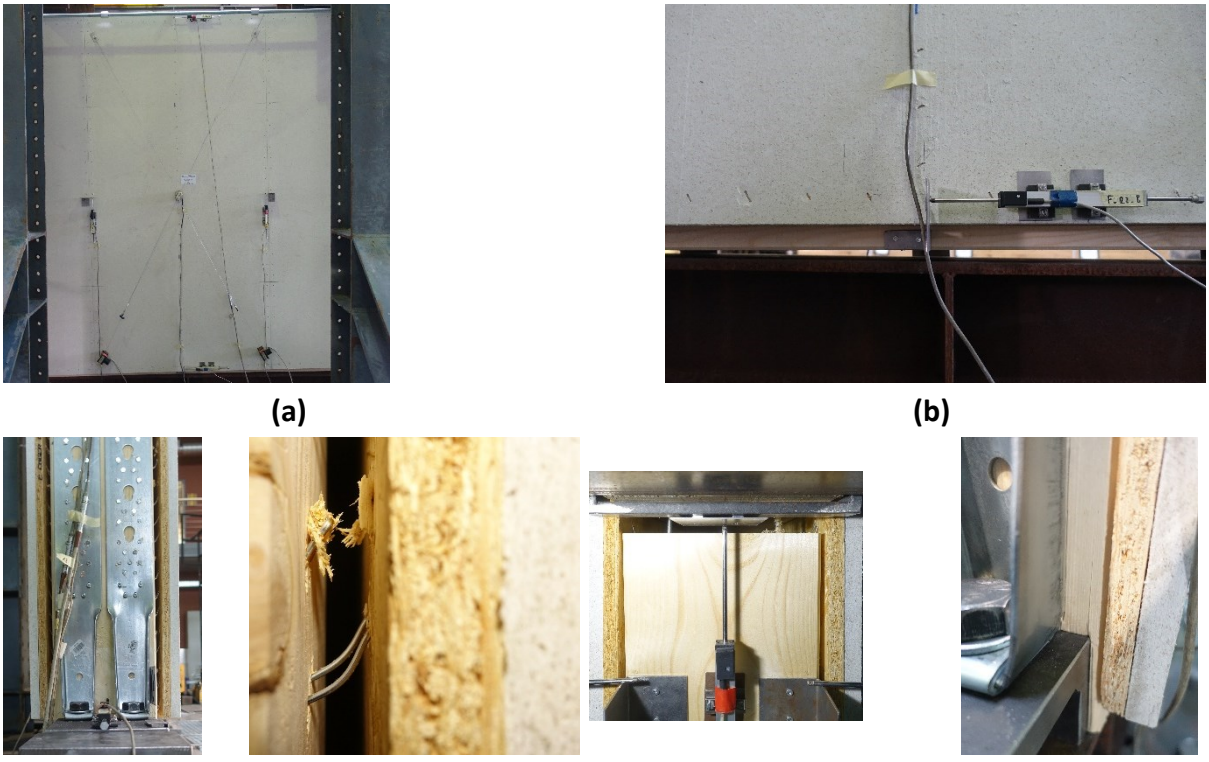


Abbildung B-223: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten (c), Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 16_m_5



(a) (b) (c)

Abbildung B-224: Vorderansicht nach Versuch(a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Auflager A vorne; WT 16_m_5



(a) (b)

(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-225: Rückansicht nach Versuch (a), Abheben der Schwelle (b), Seitenansicht Anker A (c), Durchziehen Beplankungsklammern und Herausziehen Bekleidungsklammern (d) Abheben des Rähm von S1 (e), leichte Pressung Stiel 5 (f); WT 16_m_5

Untersuchungsergebnisse

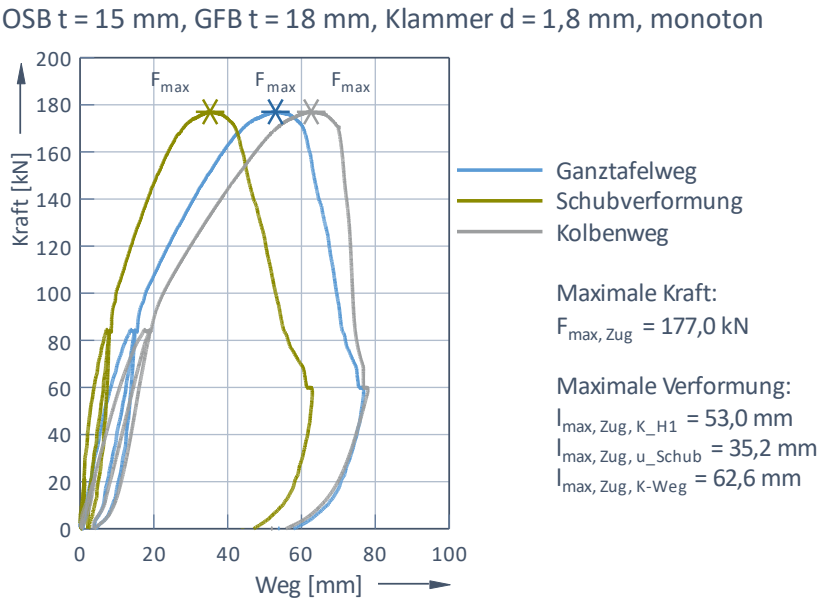


Abbildung B-226: Last-Verformungskurve über Schubverformung, Ganztafelweg und Kolbenweg; WT 16_m_5

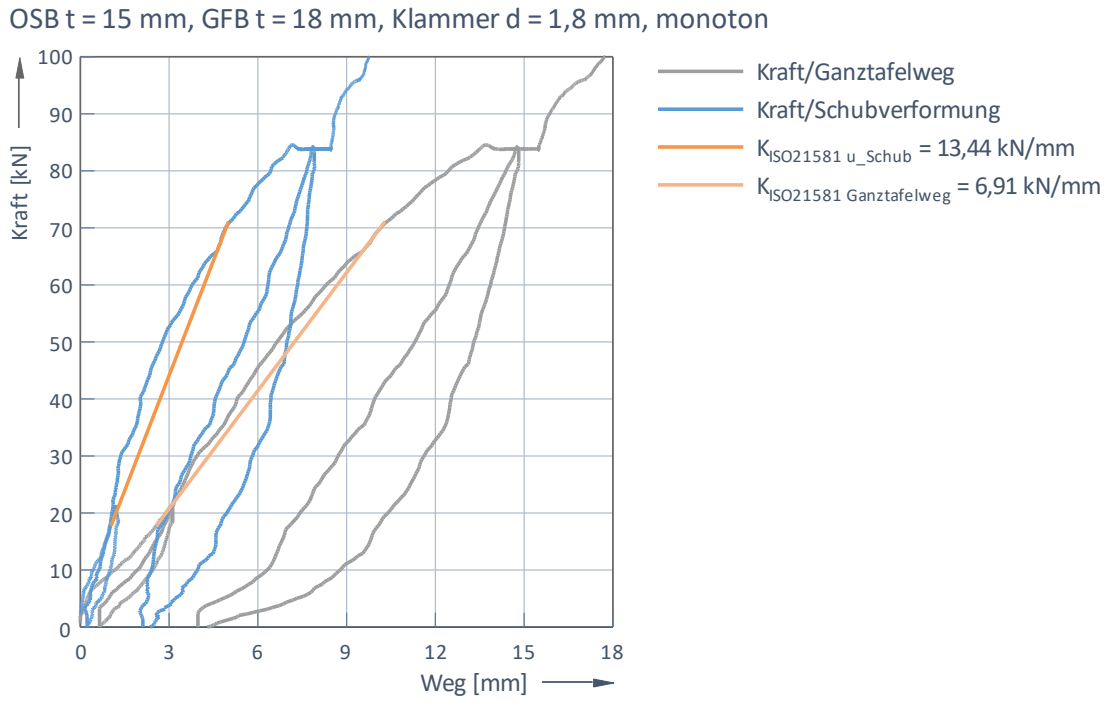


Abbildung B-227: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 16_m_5

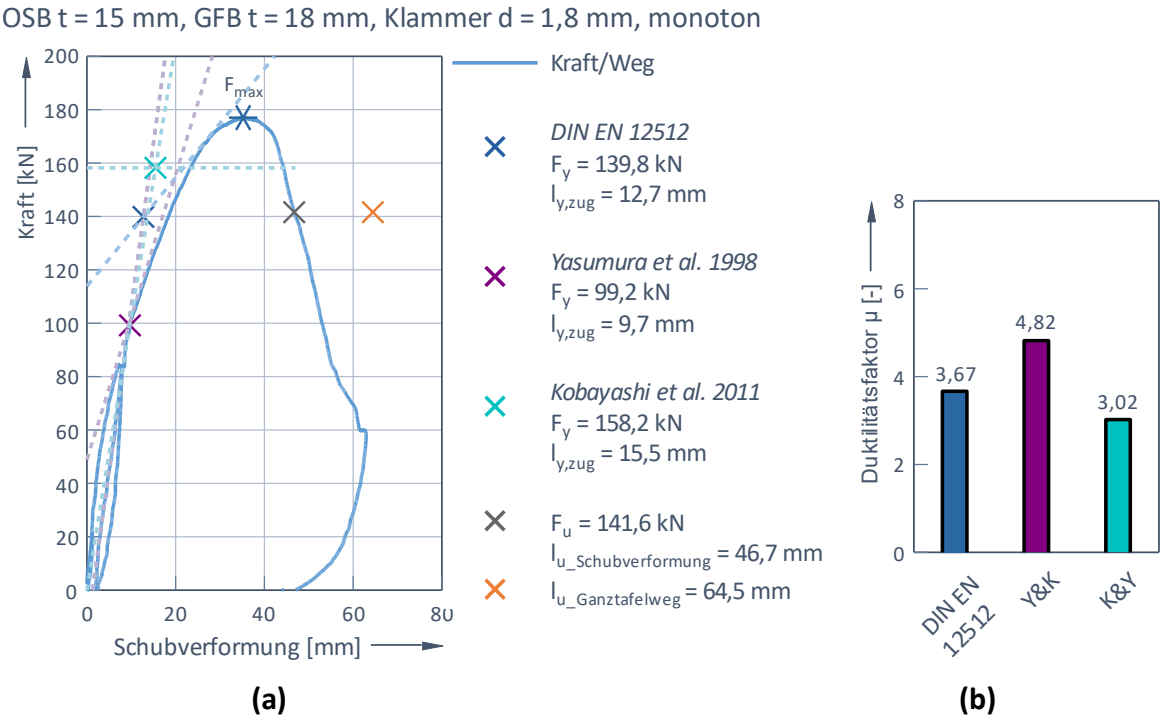


Abbildung B-228: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 16_m_5

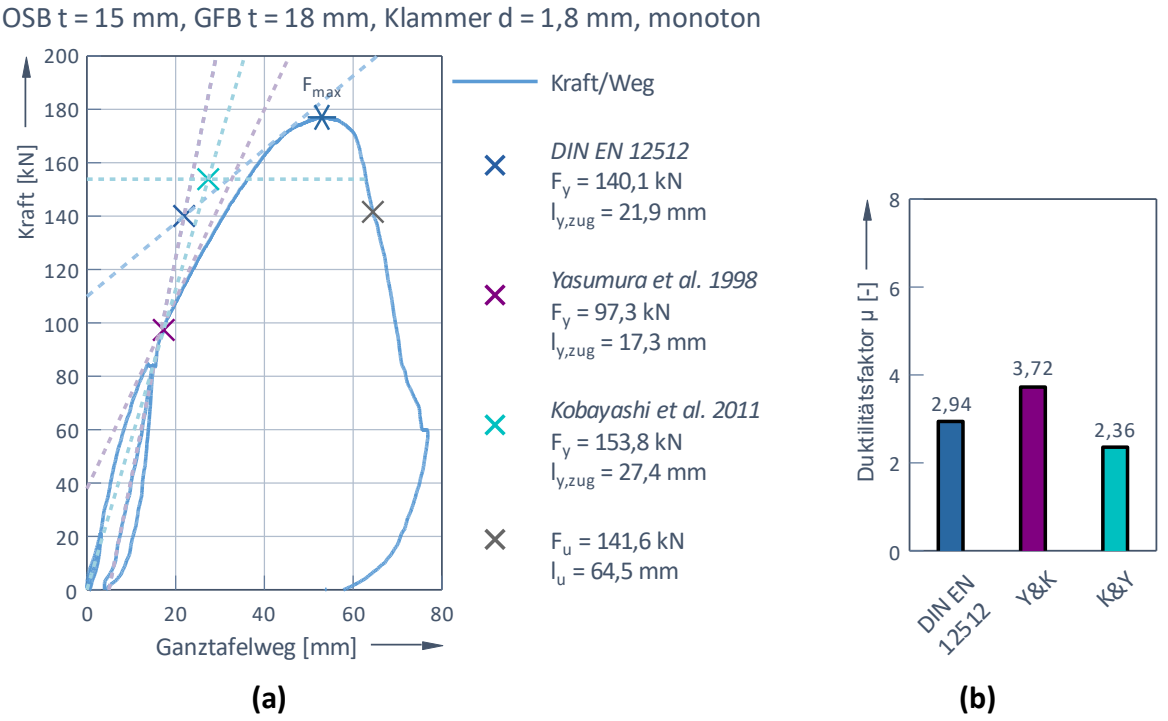


Abbildung B-229: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 16_m_5

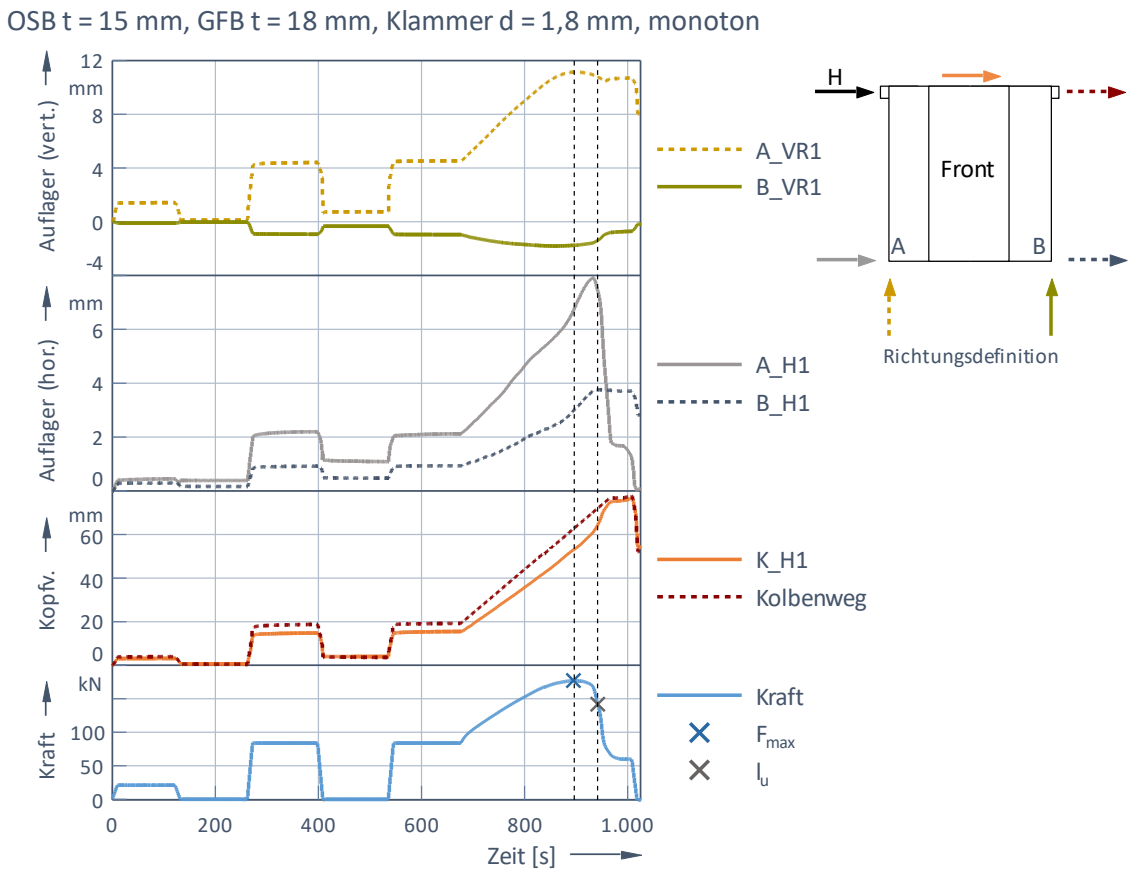


Abbildung B-230: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 16_m_5

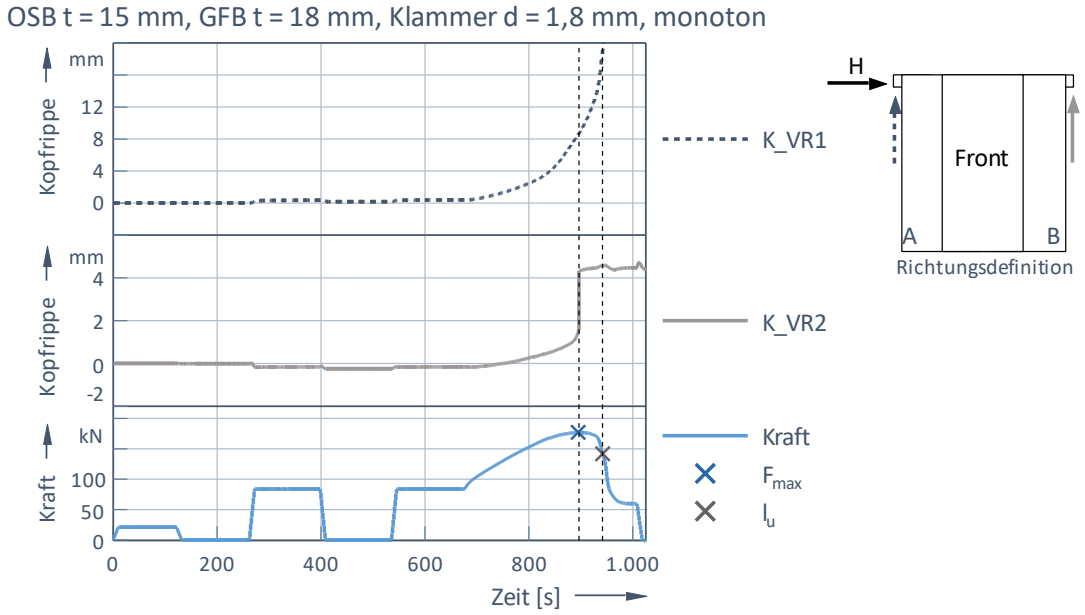


Abbildung B-231: Wegmessungen am Rähm; WT 16_m_5

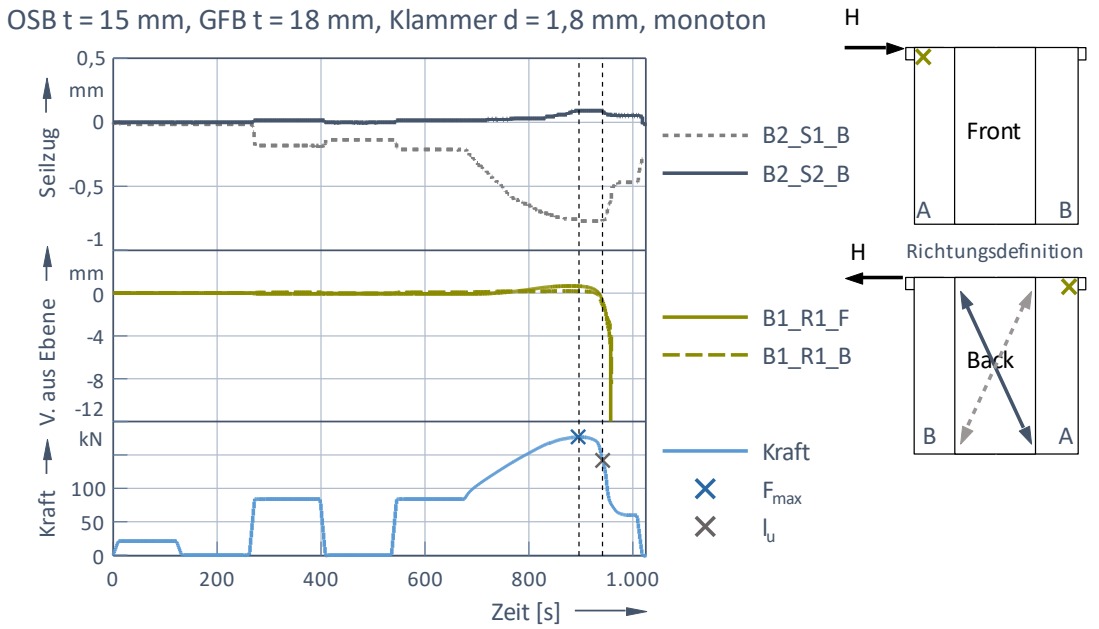


Abbildung B-232: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 16_m_5

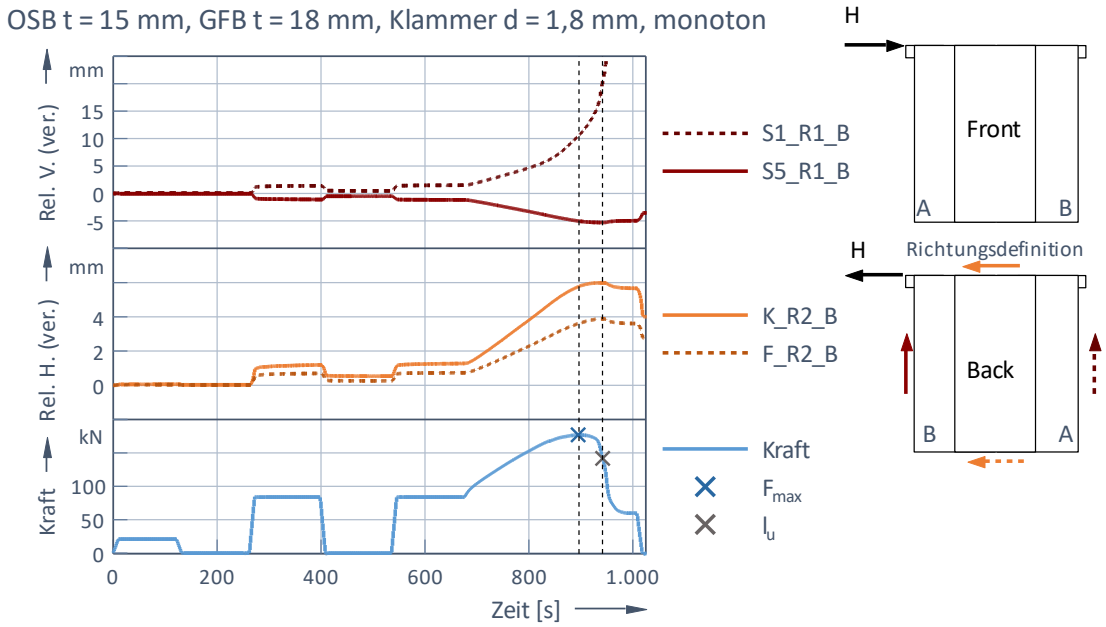


Abbildung B-233: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 16_m_5

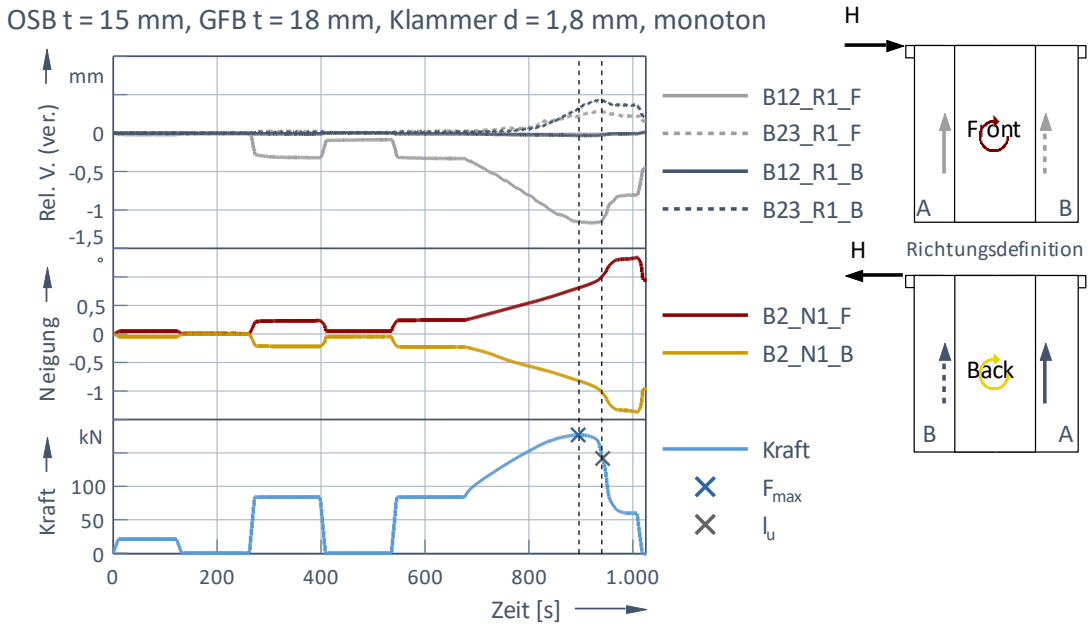


Abbildung B-234: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 16_m_5

Wandtafel 17_m_1

Tabelle B-22: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 17_m_1

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

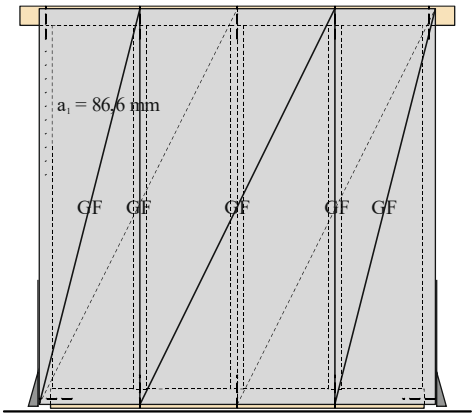


Abbildung B-235: Wandtafel 17_m_1

Untersuchung		
Datum	08.02.2024	
Raumtemperatur T	21,1°C	
Raumfeuchte R_H	39 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 439 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 342 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 418 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 400 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,7 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	183,0 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Keine Verdrehung der Platten erkennbar
- Plastische Ankerverformung an Auflager A
- Klammerdurchziehen am Rähm vorne und hinten
- Abheben der Schwelle
- Leichte Querdruckpressung trotz Verstärkung an S5

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

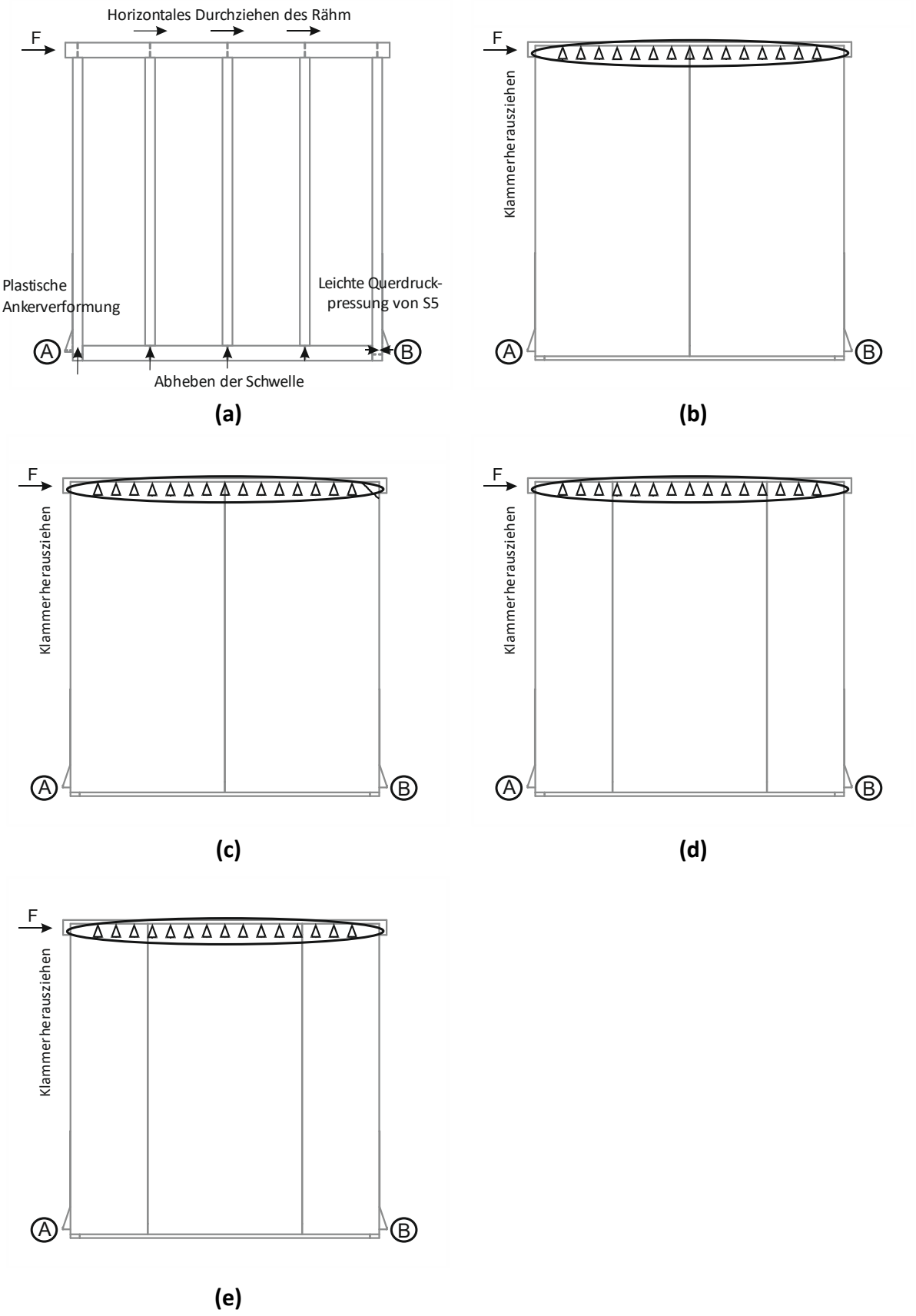
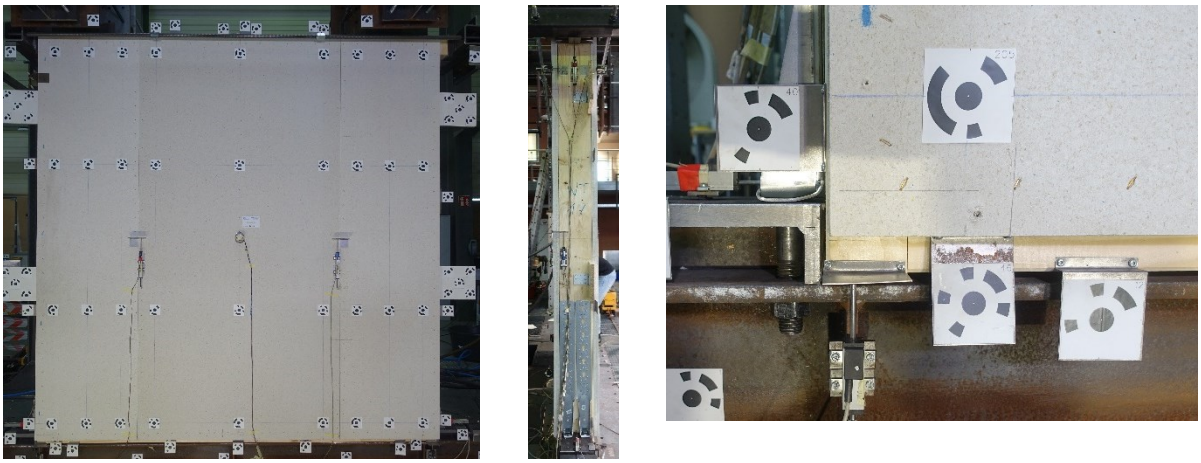
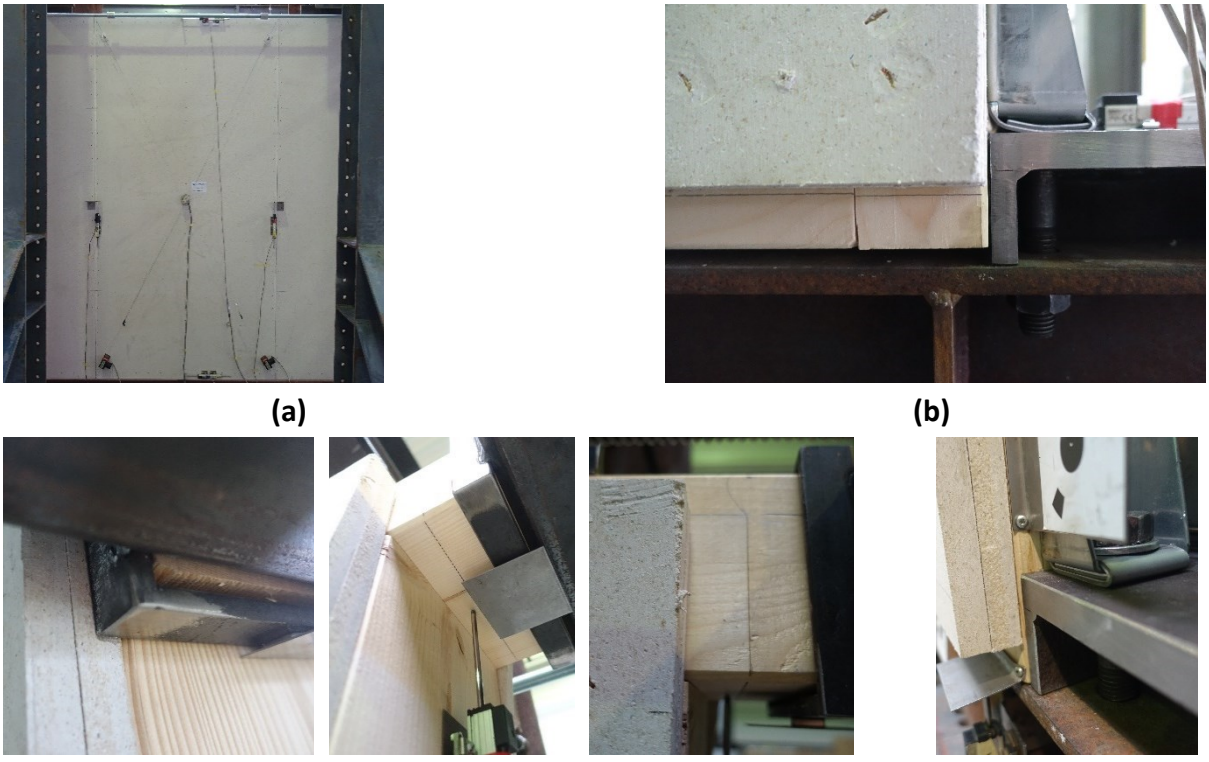


Abbildung B-236: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten (c), Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 17_m_1



(a) (b) (c)

Abbildung B-237: Vorderansicht nach Versuch(a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Auflager A vorne; WT 17_m_1



(a) (b)

(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-238: Rückansicht nach Versuch (a), Abheben der Schwelle (b), Aufsetzen der Lasteinleitung auf Beplankung an S1 (c), Durchziehen des Rähm an S5 (d + e), leichte Querdruckpressung Stiel 5 (f); WT 17_m_1

Untersuchungsergebnisse

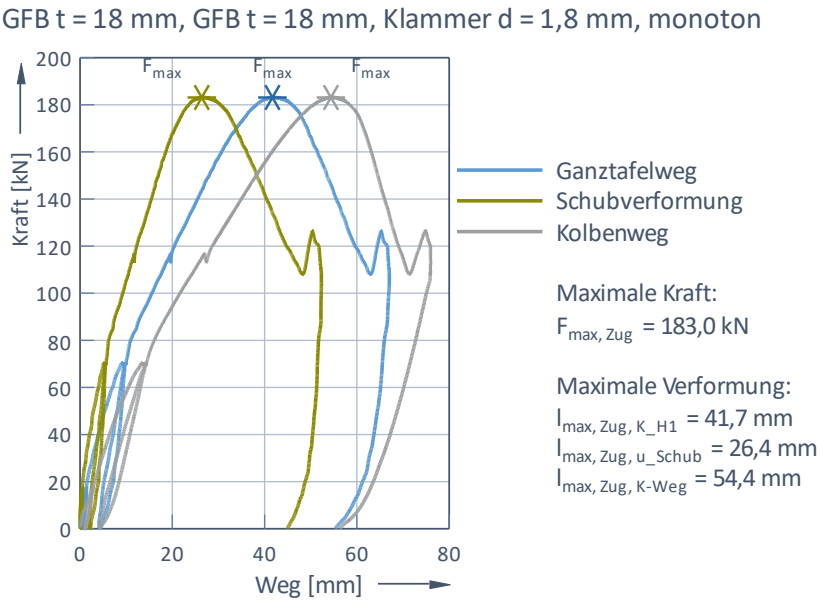


Abbildung B-239: Last-Verformungskurve über Schubverformung, Ganztafelweg und Kolbenweg; WT 17_m_1

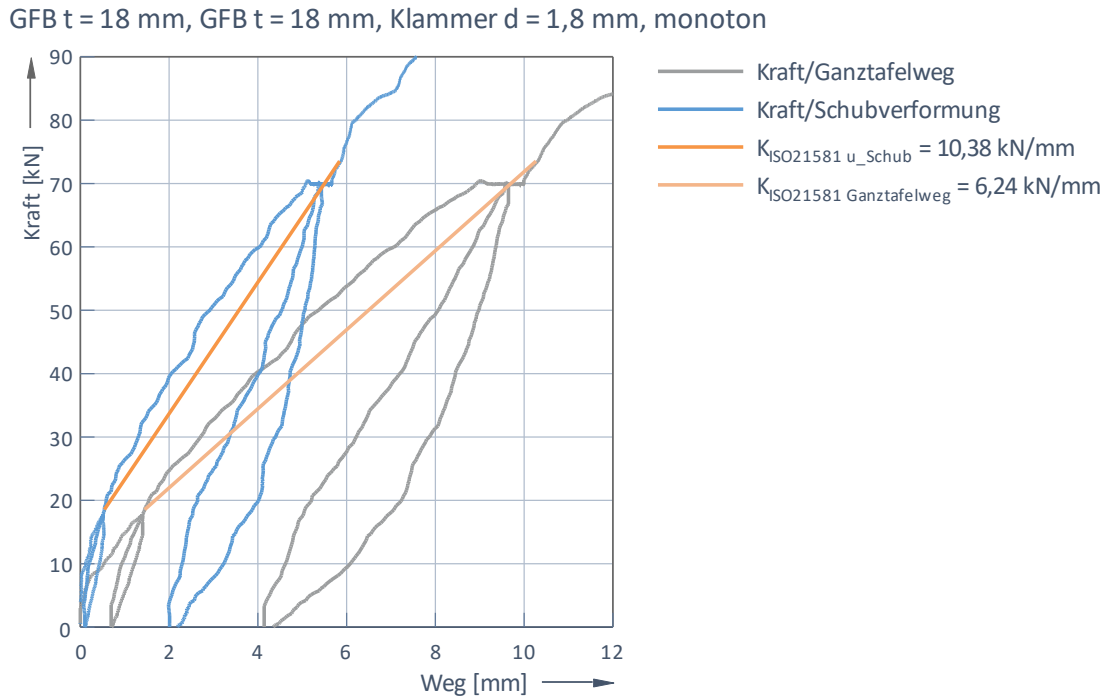


Abbildung B-240: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 17_m_1

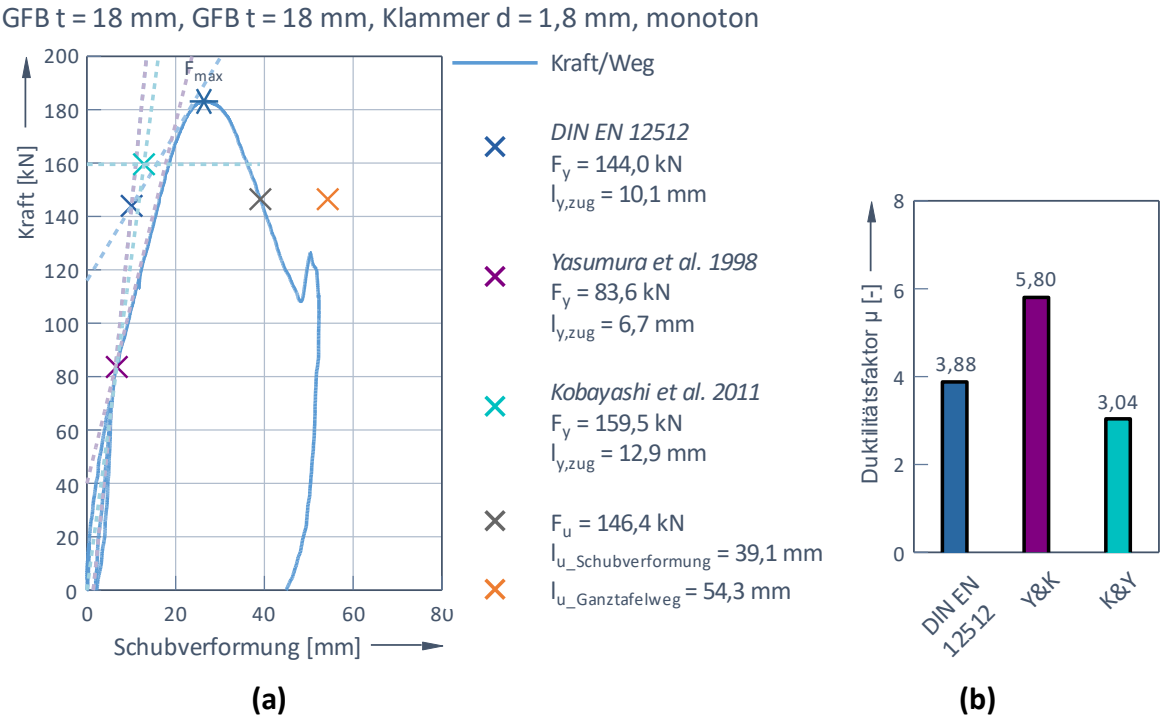


Abbildung B-241: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 17_m_1

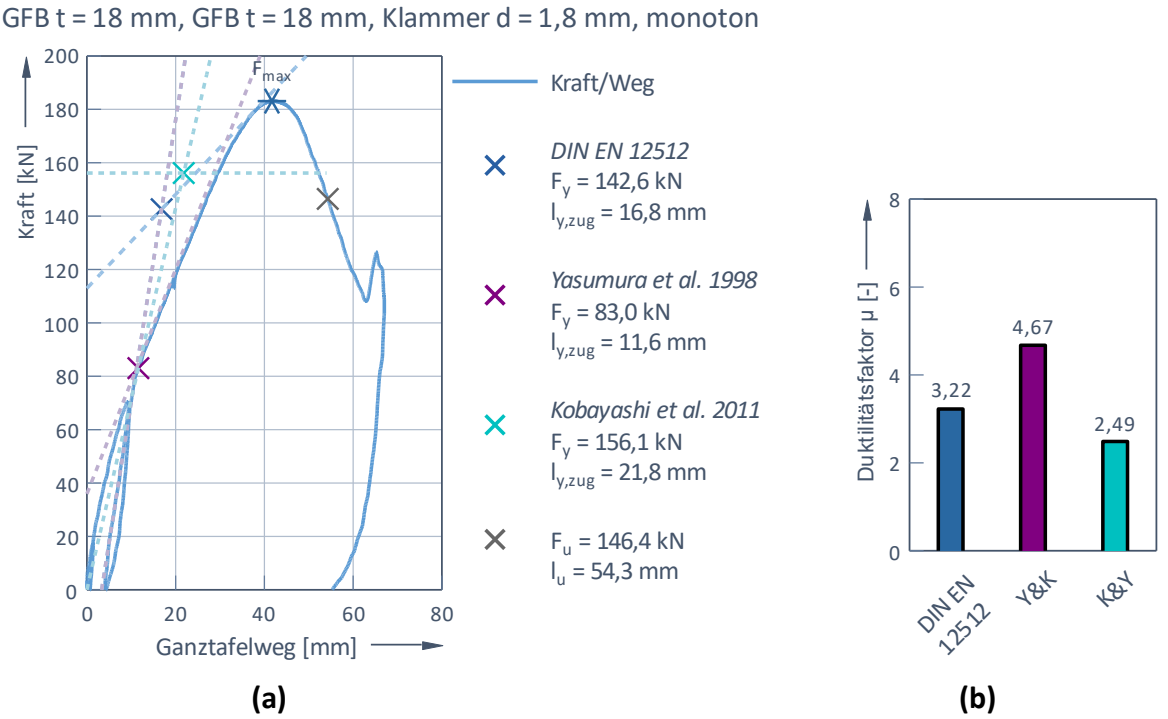


Abbildung B-242: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 17_m_1

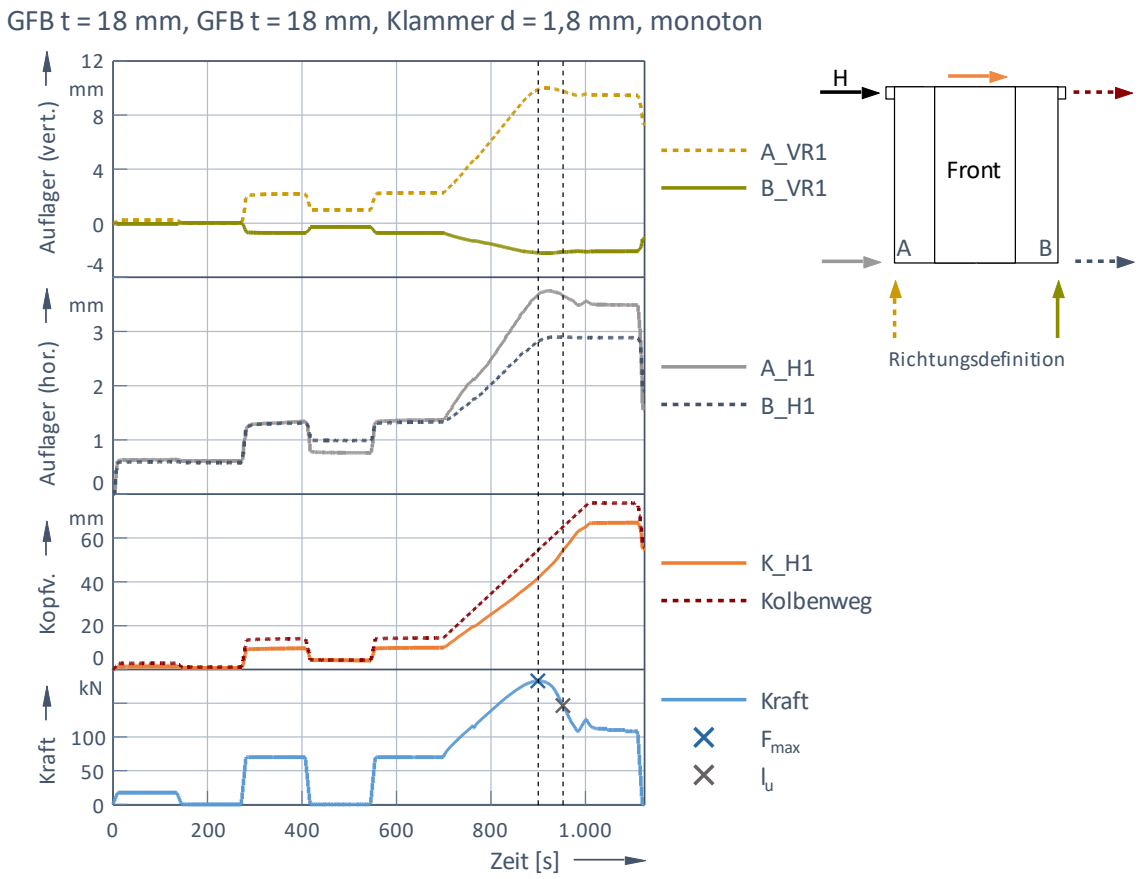


Abbildung B-243: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 17_m_1

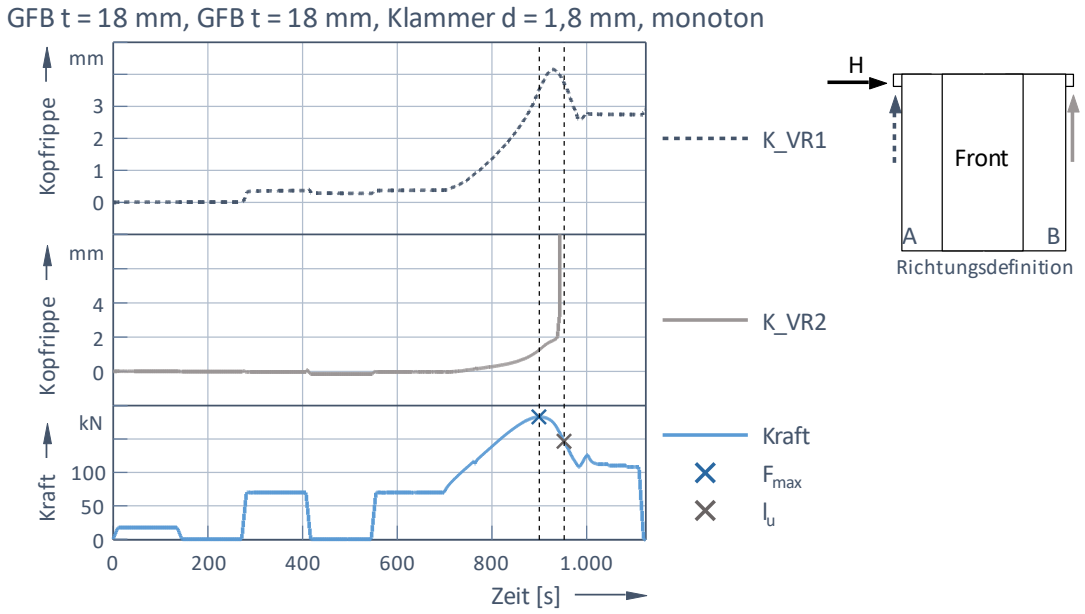


Abbildung B-244: Wegmessungen am Rähm; WT 17_m_1

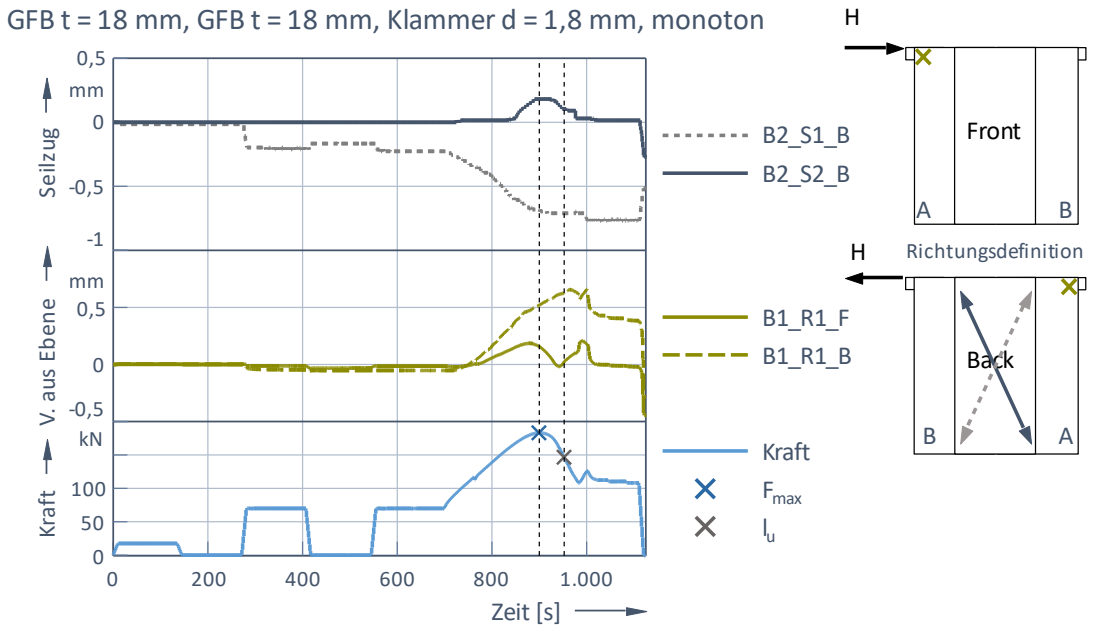


Abbildung B-245: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 17_m_1

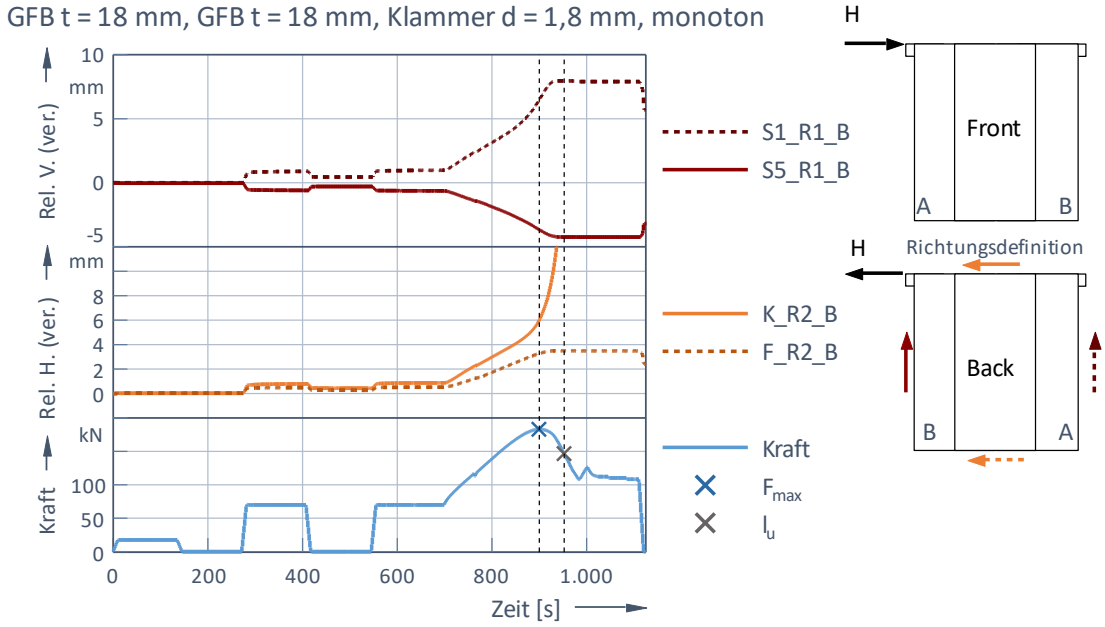


Abbildung B-246: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 17_m_1

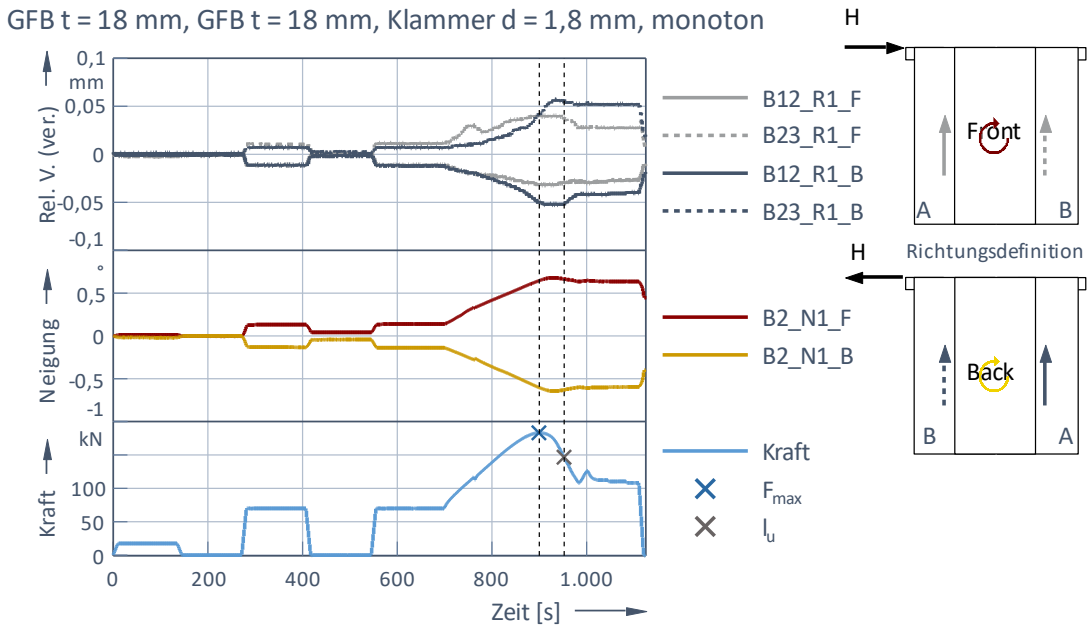


Abbildung B-247: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 17_m_1

Wandtafel 17_m_2

Tabelle B-23: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 17_m_2

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

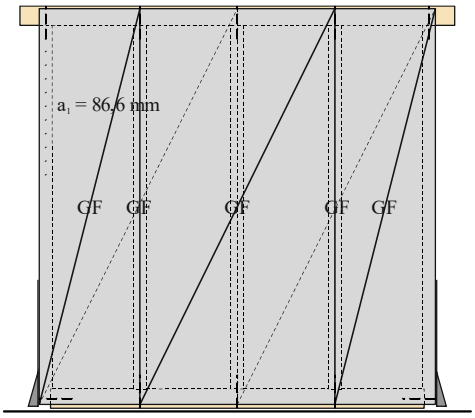


Abbildung B-248: Wandtafel 17_m_2

Untersuchung		
Datum	09.02.2024	
Raumtemperatur T	21,0°C	
Raumfeuchte R_H	44 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 412 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 361 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 436 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 403 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	13,9 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	169,0 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Verdrehung der Platten als Gesamtpaket
- Herausziehen der Bekleidungs- und Beplankungsklammern an S1
- Abheben von Schwelle und Rähm an S1
- Leichte Querdruckpressung trotz Verstärkung an S5
- Riss in Beplankung oberhalb der VM der Schwelle nach F_{max} vorne und hinten

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

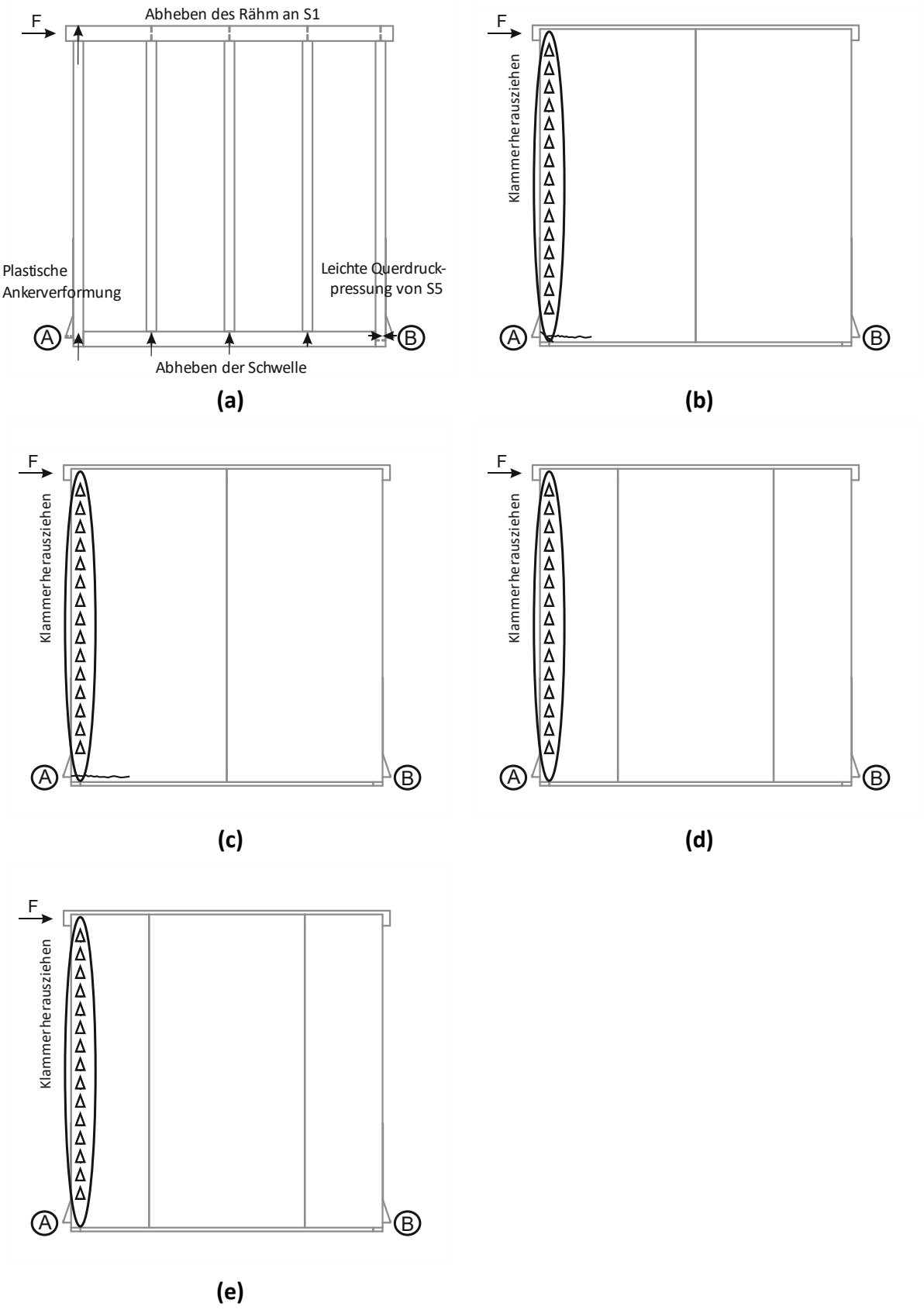
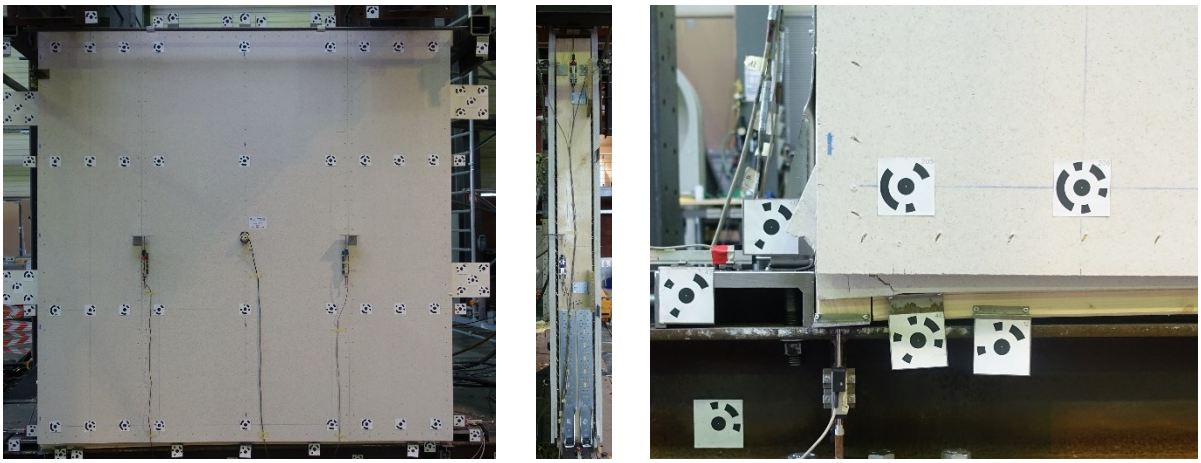
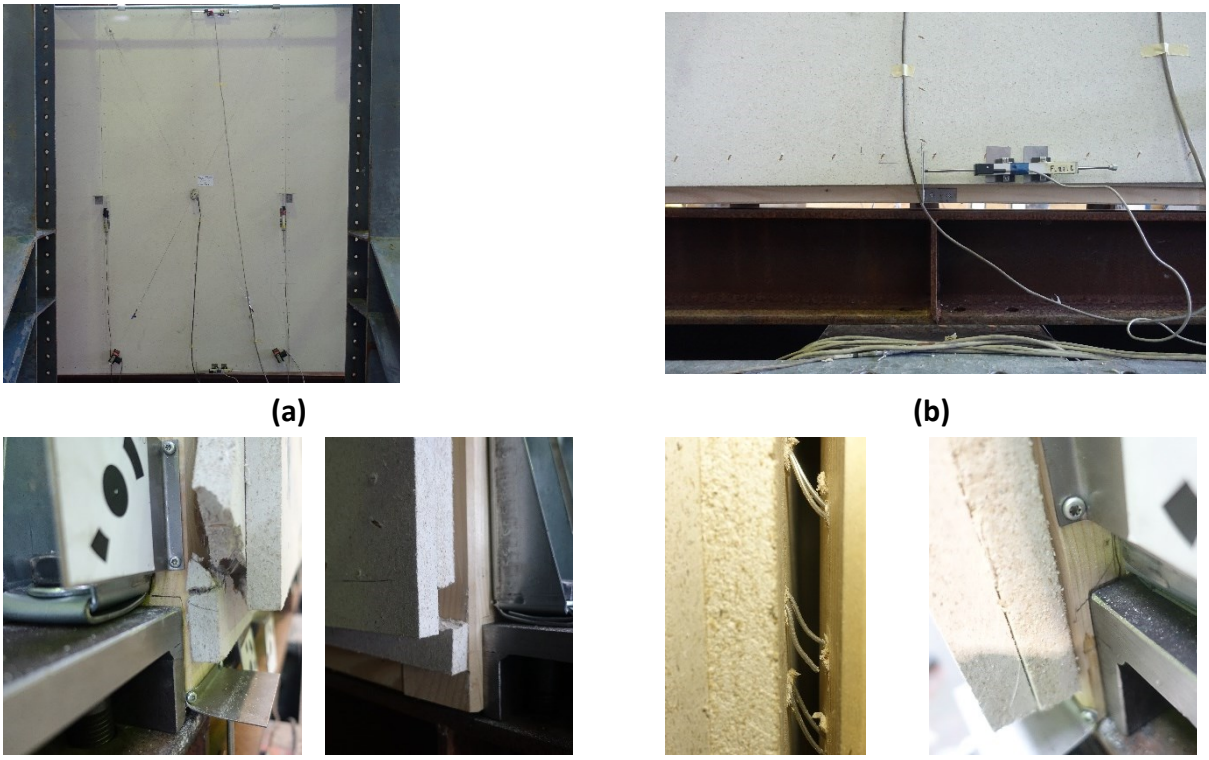


Abbildung B-249: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten (c), Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 17_m_2



(a) (b) (c)

Abbildung B-250: Vorderansicht nach Versuch(a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Auflager A vorne; WT 17_m_2



(a) (b)

(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-251: Rückansicht nach Versuch (a), Abheben der Schwelle (b), Beplankungsriss am Auflager A vorne (c) und hinten (d), Herausziehen der Beplankungs- und Bekleidungsklammern (e), Querdruckpressung Stiel 5 (f); WT 17_m_2

Untersuchungsergebnisse

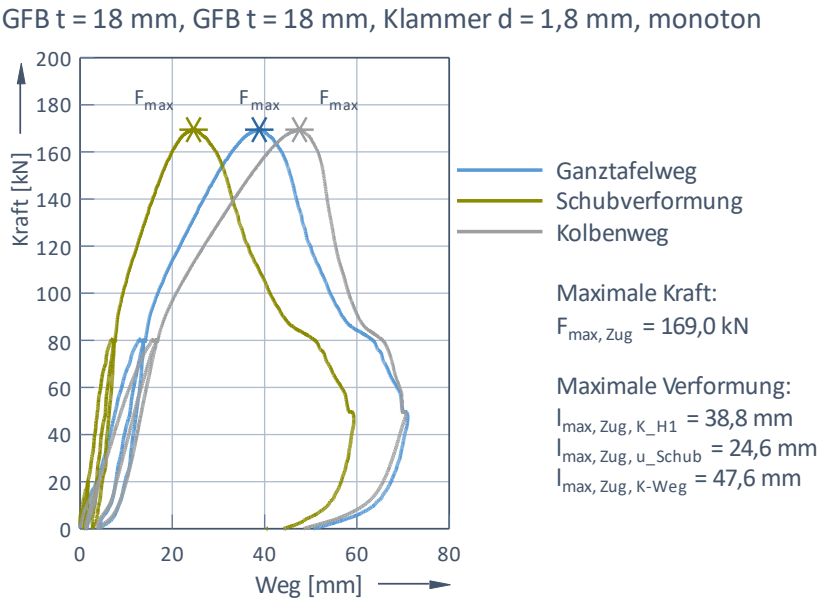


Abbildung B-252: Last-Verformungskurve über Schubverformung, Ganztafelweg und Kolbenweg; WT 17_m_2

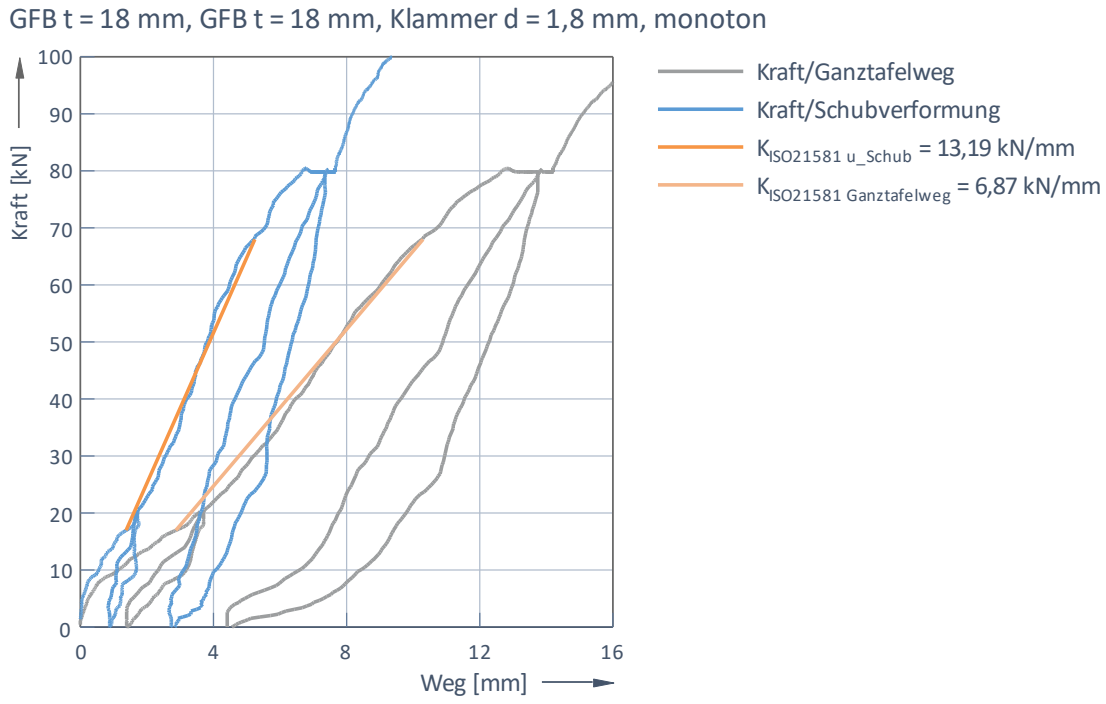


Abbildung B-253: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 17_m_2

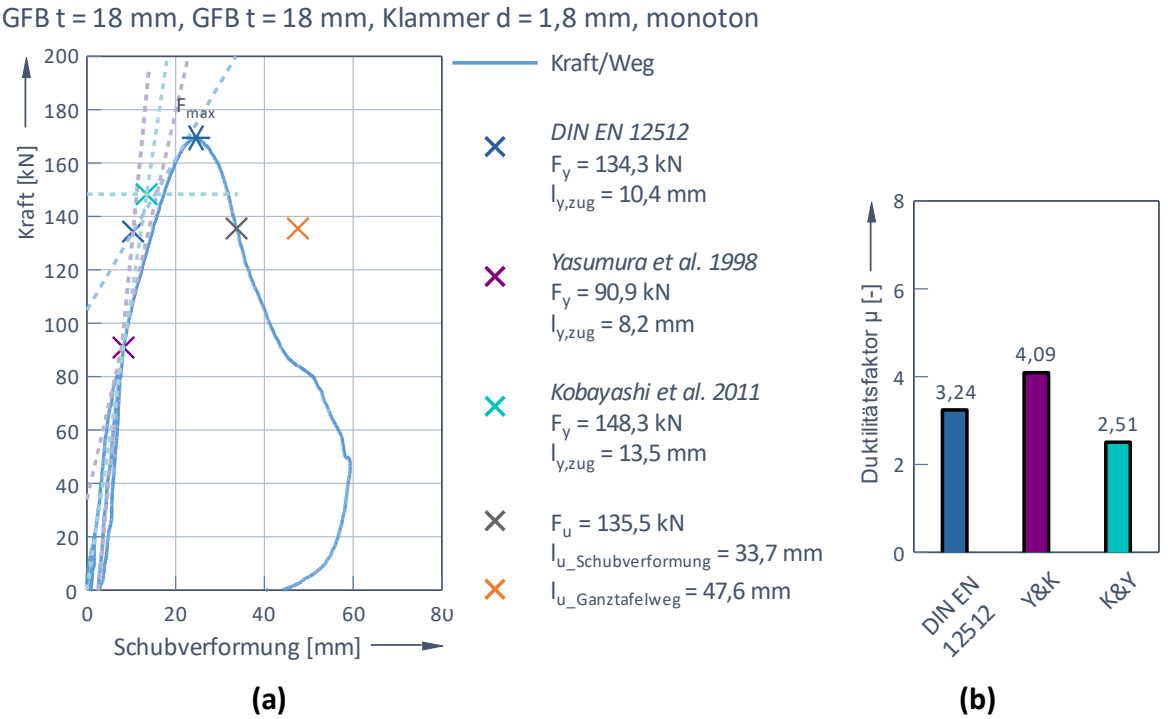


Abbildung B-254: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 17_m_2

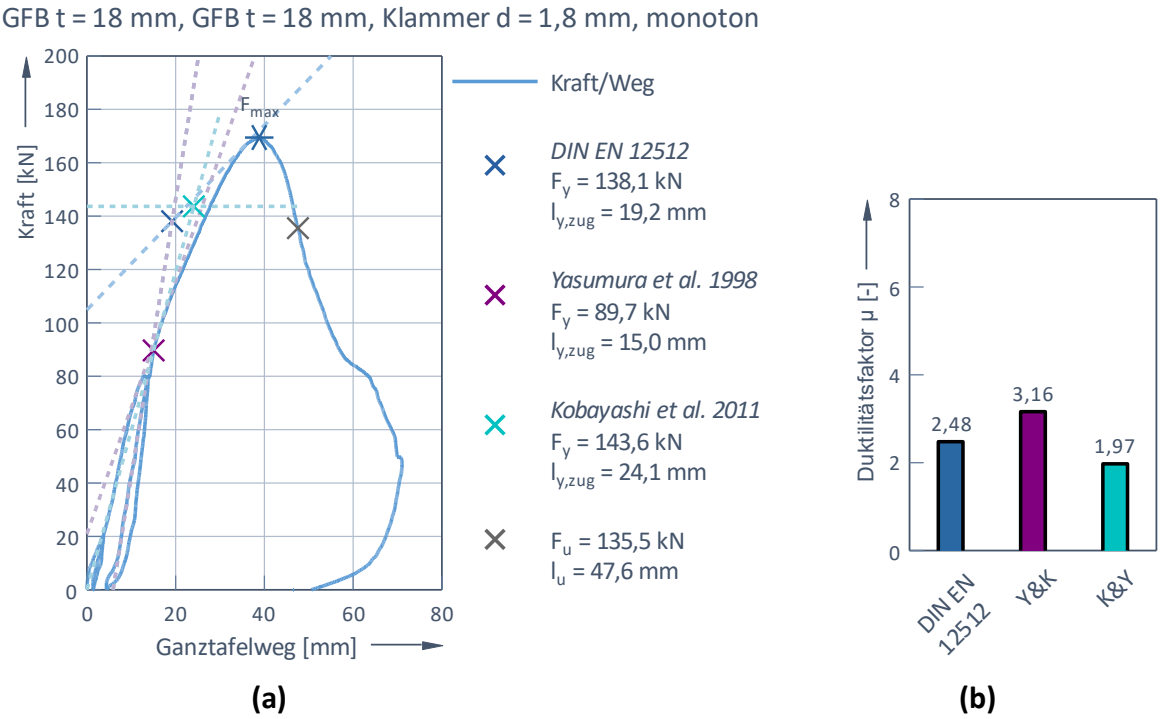


Abbildung B-255: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 17_m_2

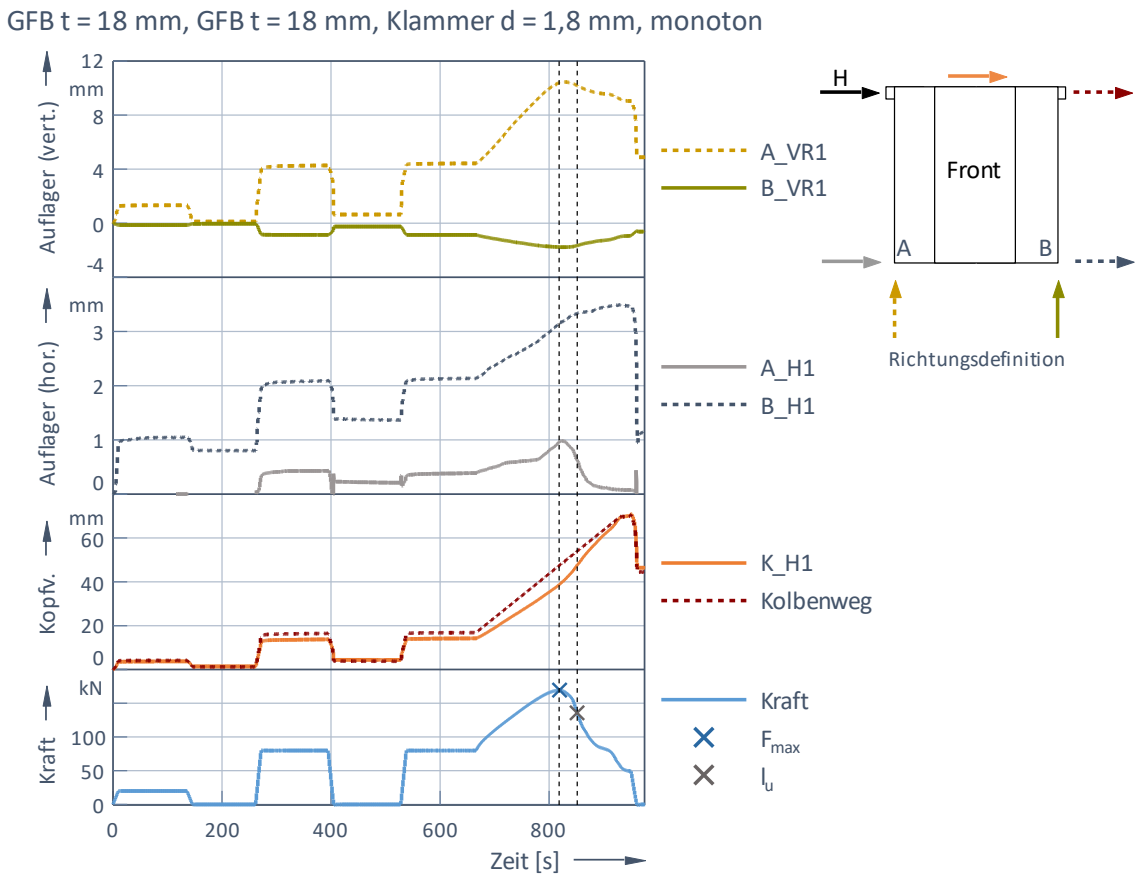


Abbildung B-256: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 17_m_2

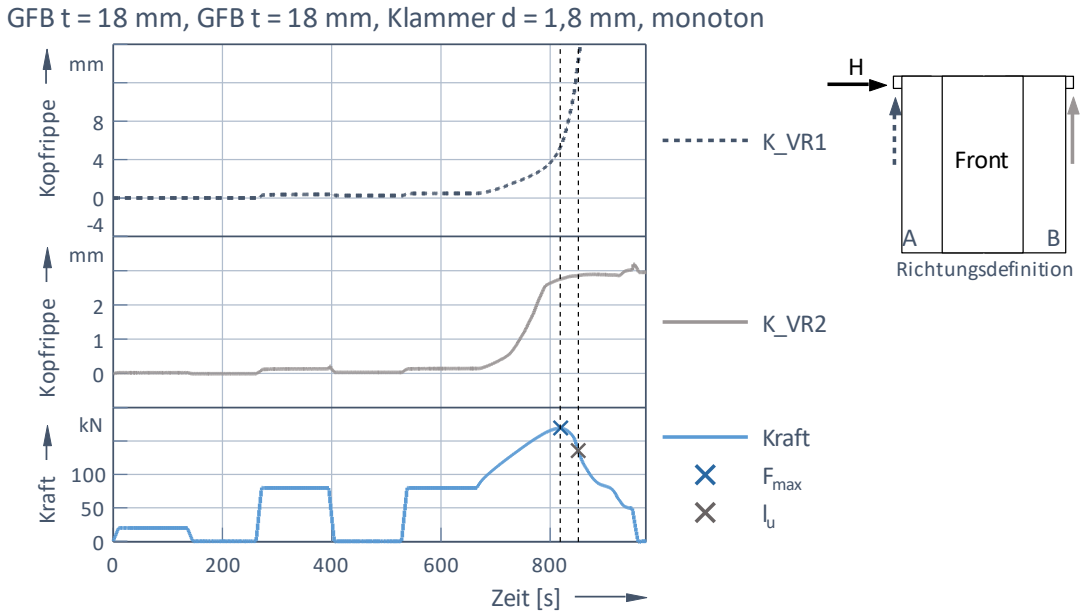


Abbildung B-257: Wegmessungen am Rähm; WT 17_m_2

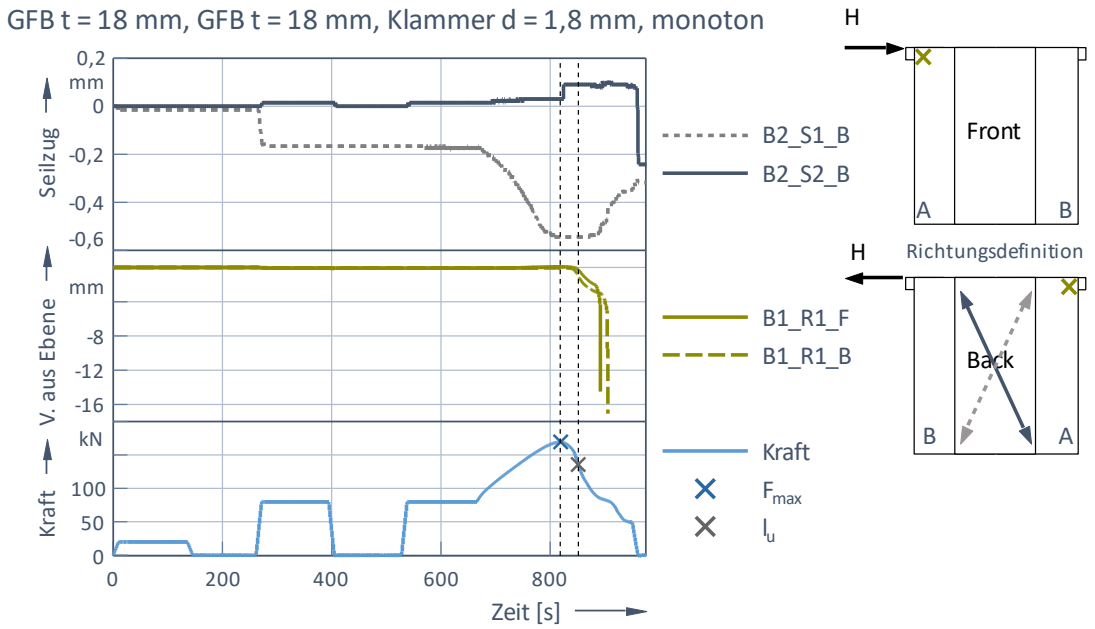


Abbildung B-258: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 17_m_2

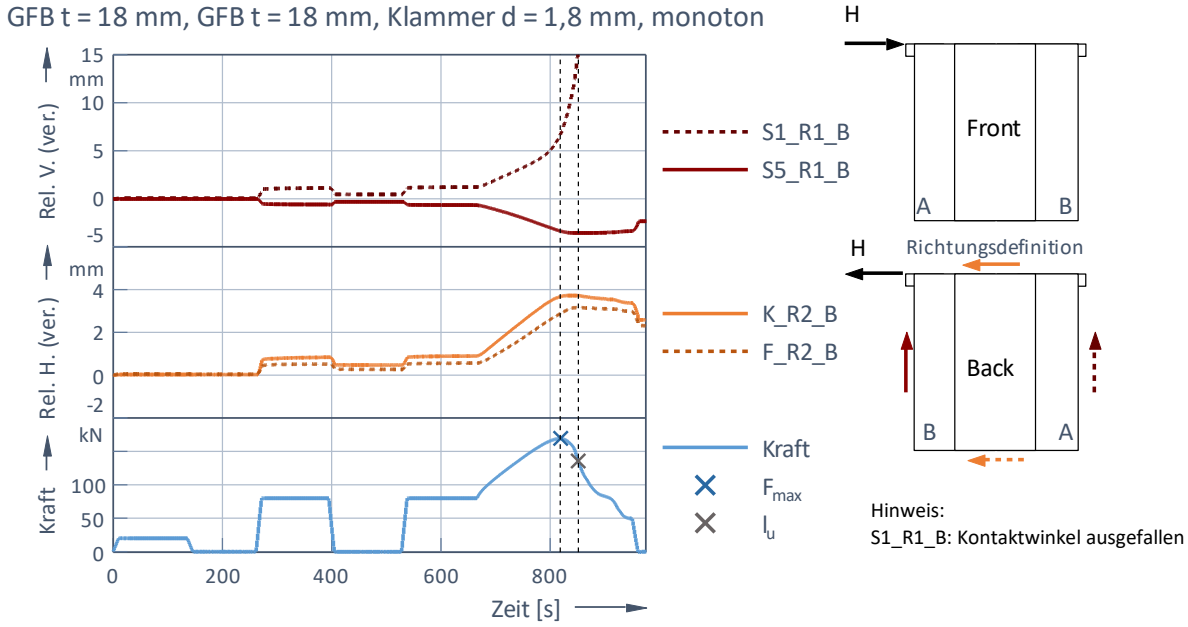


Abbildung B-259: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 17_m_2

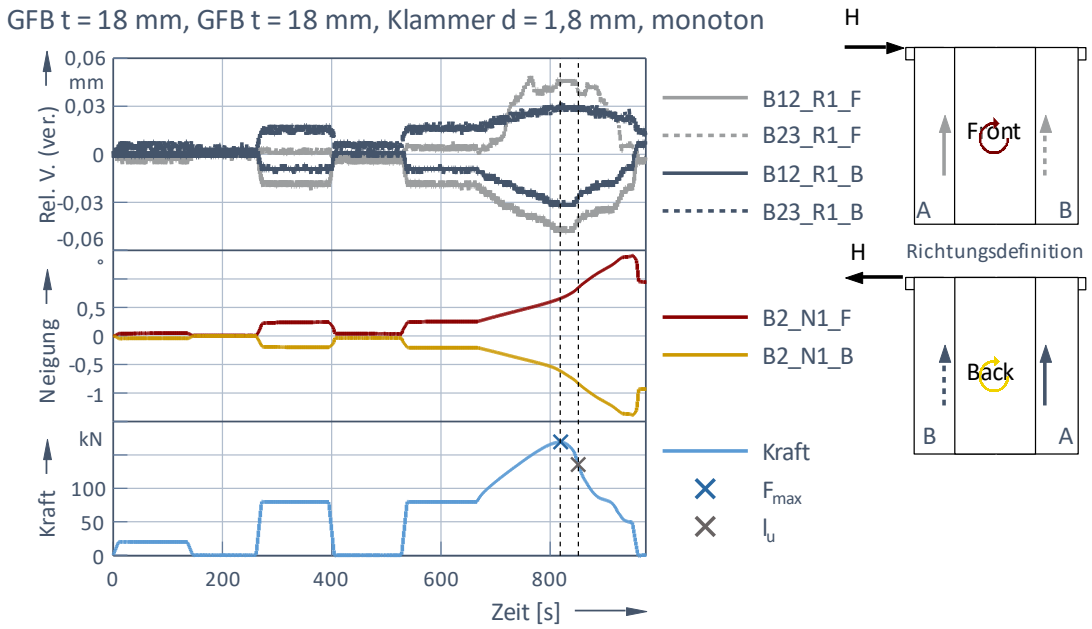


Abbildung B-260: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 17_m_2

Wandtafel 17_m_3

Tabelle B-24: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 17_m_3

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

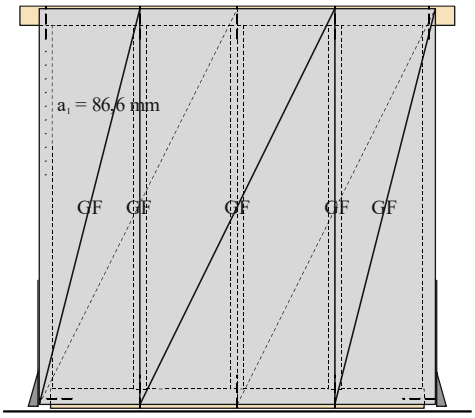


Abbildung B-261: Wandtafel 17_m_3

Untersuchung		
Datum	13.02.2024	
Raumtemperatur T	20,0°C	
Raumfeuchte R_H	42 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 356 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 382 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 398 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 379 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	13,3 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	170,0 kN	(Beplankungsversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Verdrehung der Platten als Gesamtpaket
- Herausziehen der Bekleidungs- und Beplankungsklammern an S1 nach F_{max}
- Abheben von Schwelle und Rähm an S1
- Herausspringen des Rähms nach F_{max}
- Riss in Beplankung oberhalb der VM der Schwelle nach vorne und hinten

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

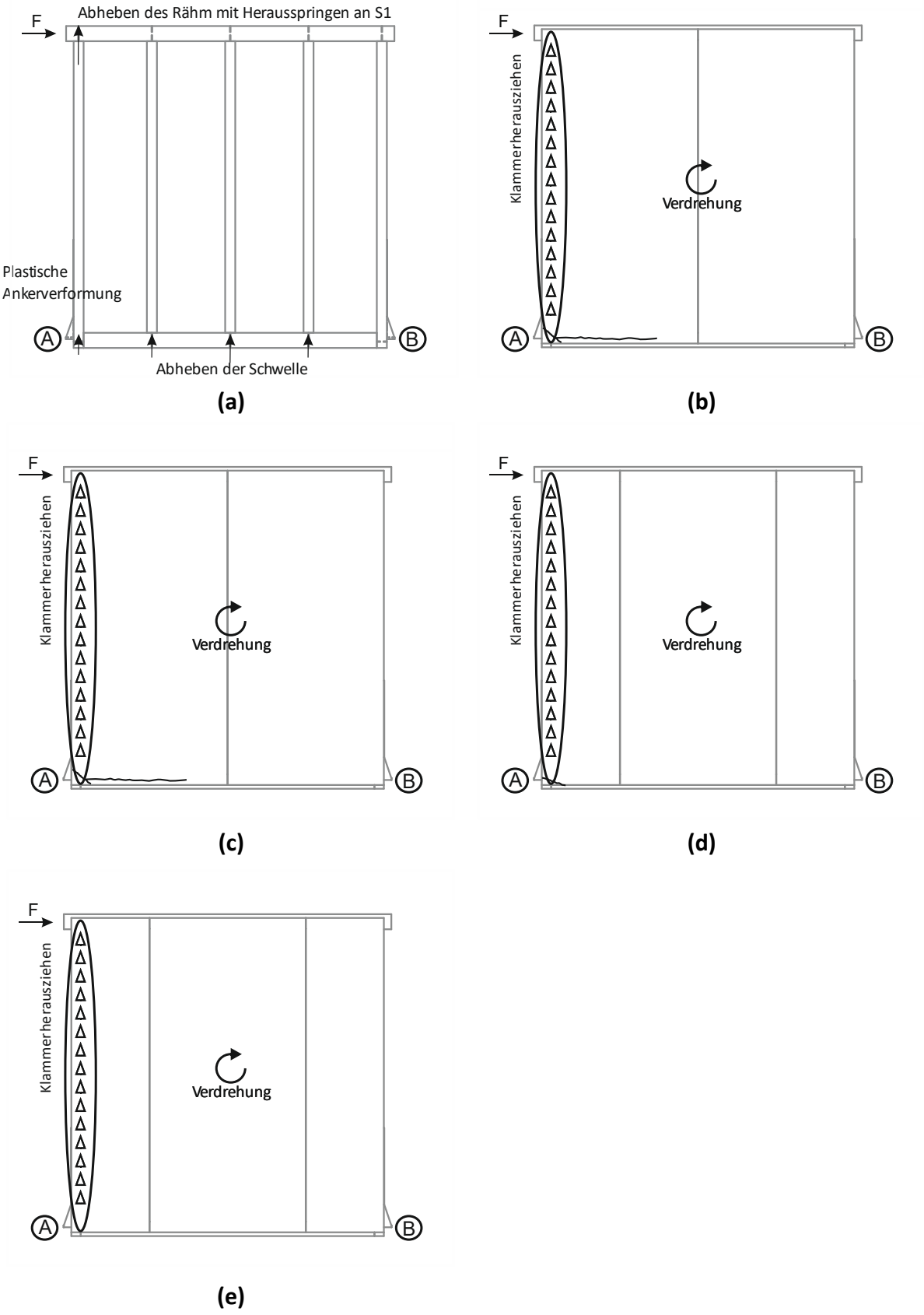


Abbildung B-262: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten (c), Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 17_m_3



(a) (b) (c)

Abbildung B-263: Vorderansicht nach Versuch(a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Auflager A vorne; WT 17_m_3



(a) (b)



(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-264: Rückansicht nach Versuch (a), Abheben der Schwelle (b), Seitenansicht Anker A (c), Bekleidungs- und Beplankungsriss an Schwelle am Auflager A hinten (d), Herausgesprungene Seitenrippe S1 (e), Herausgezogene Klammern an S1 (f); WT 17_m_3

Untersuchungsergebnisse

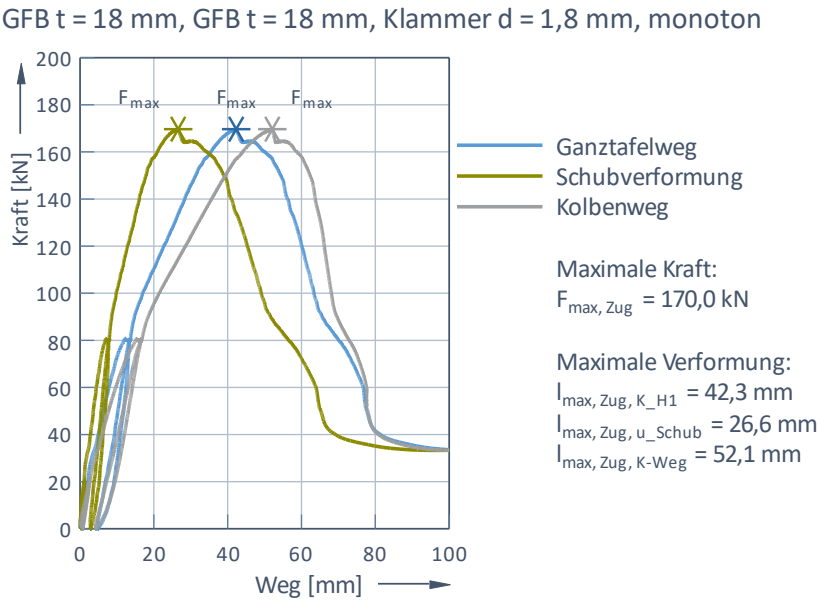


Abbildung B-265: Last-Verformungskurve über Schubverformung, Ganztafelweg und Kolbenweg; WT 17_m_3

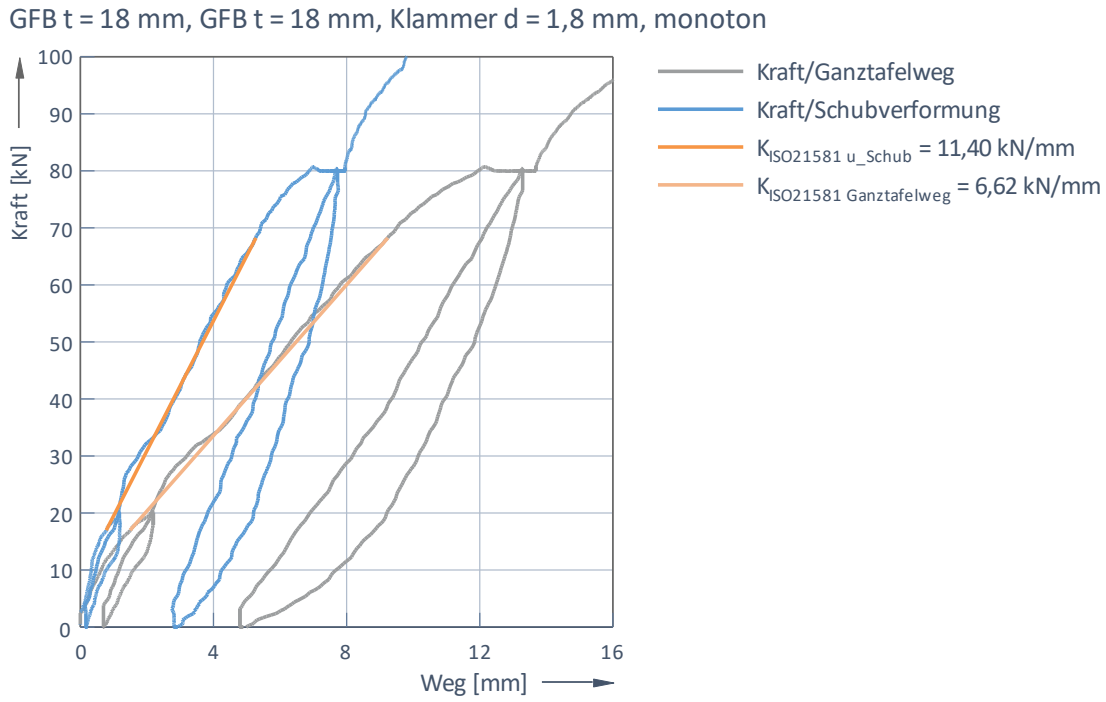


Abbildung B-266: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 17_m_3

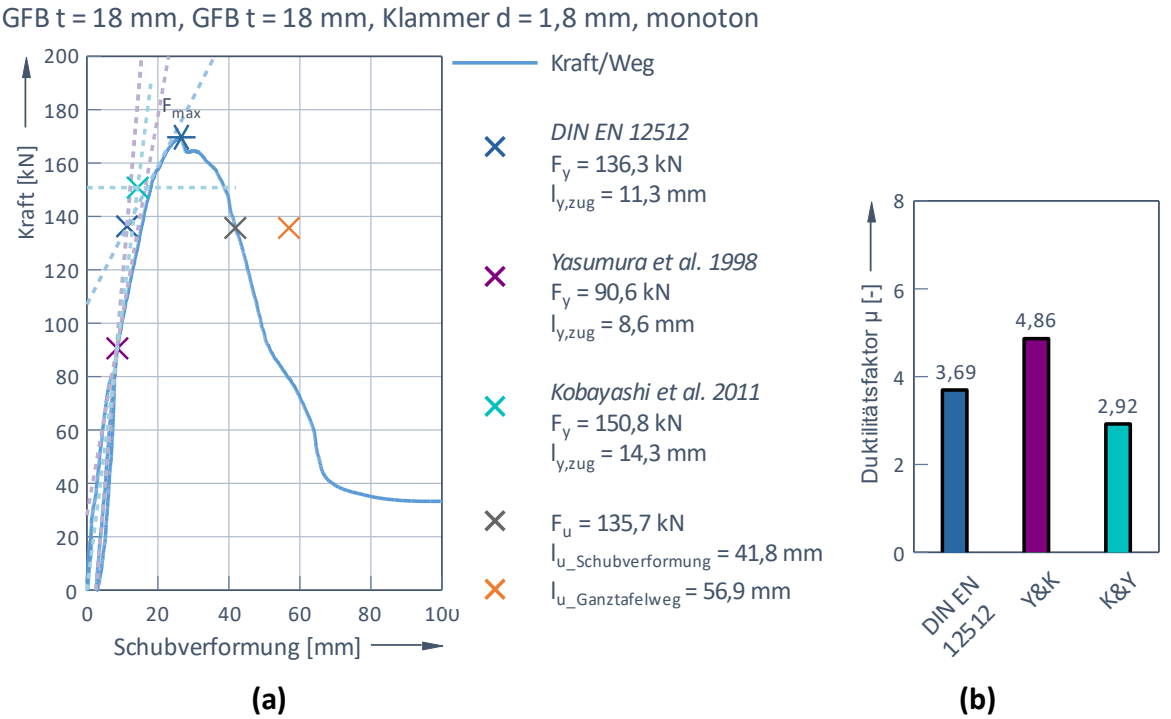


Abbildung B-267: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 17_m_3

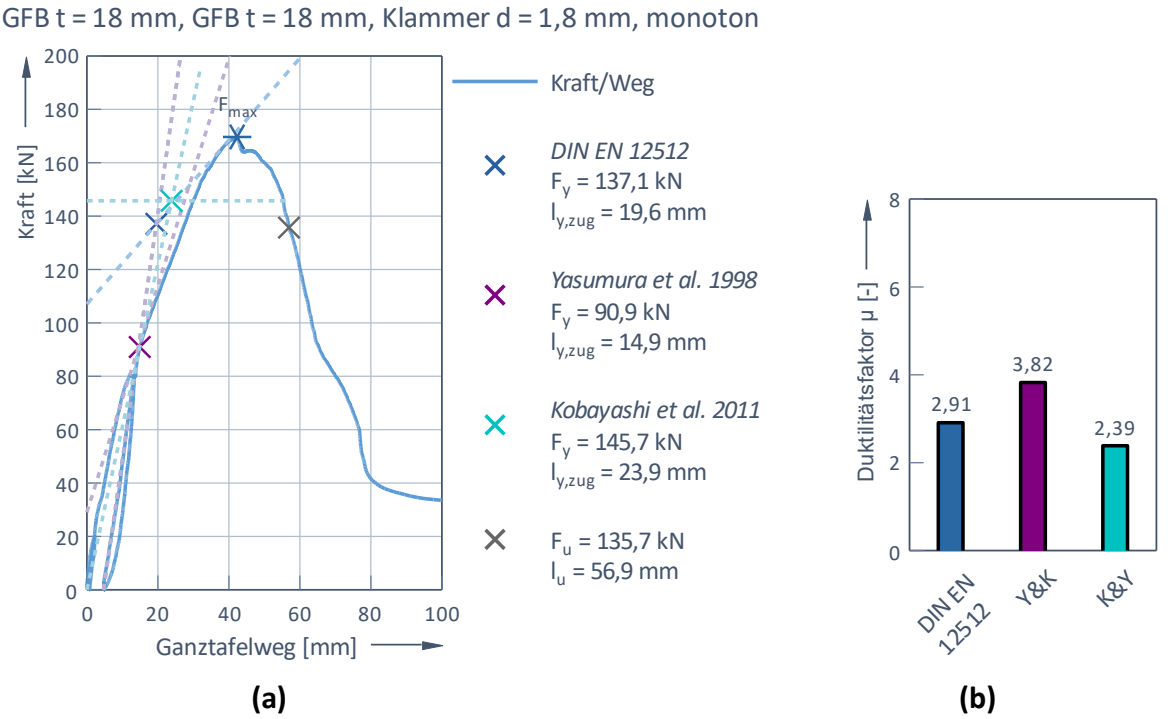


Abbildung B-268: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 17_m_3

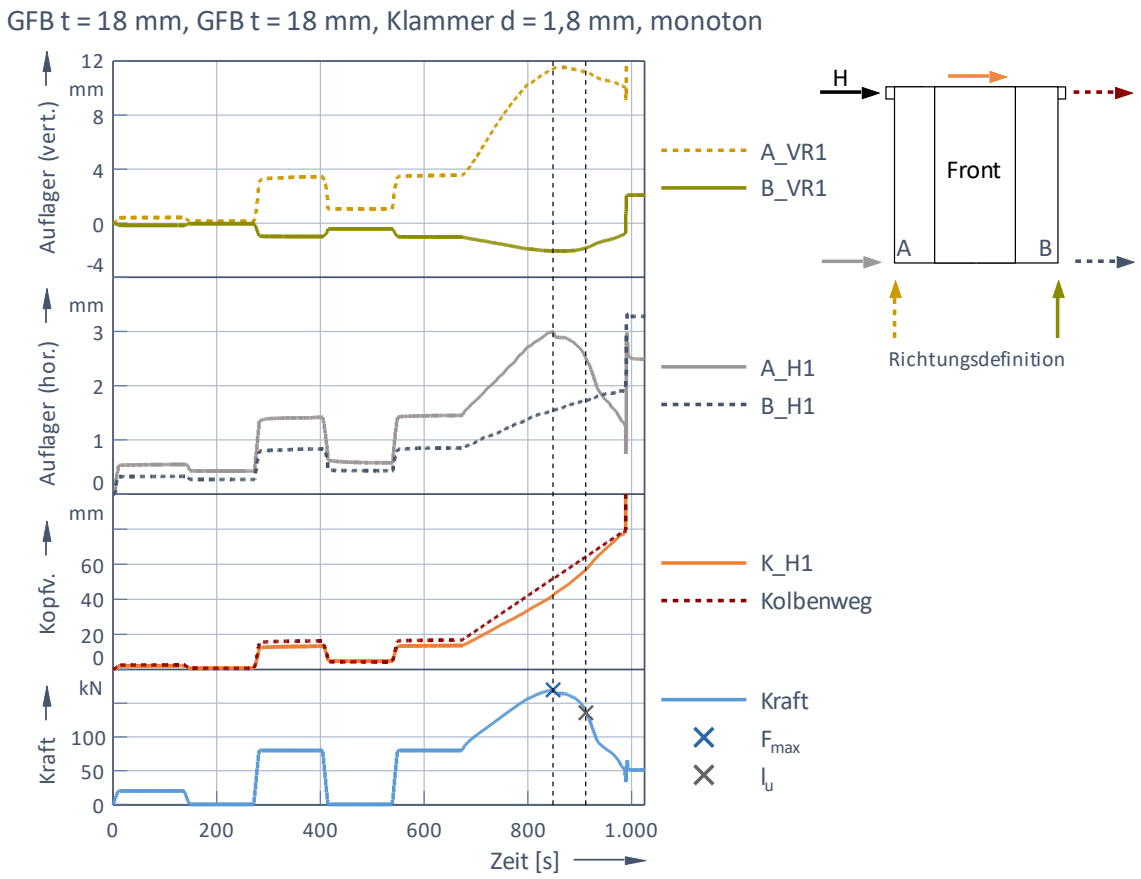


Abbildung B-269: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 17_m_3

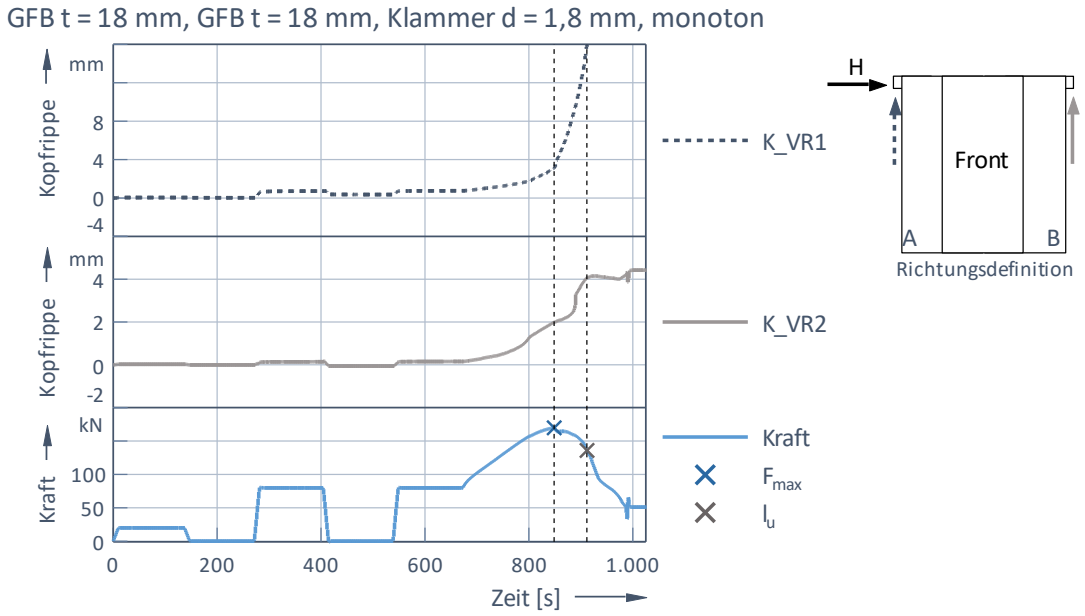


Abbildung B-270: Wegmessungen am Rähm; WT 17_m_3

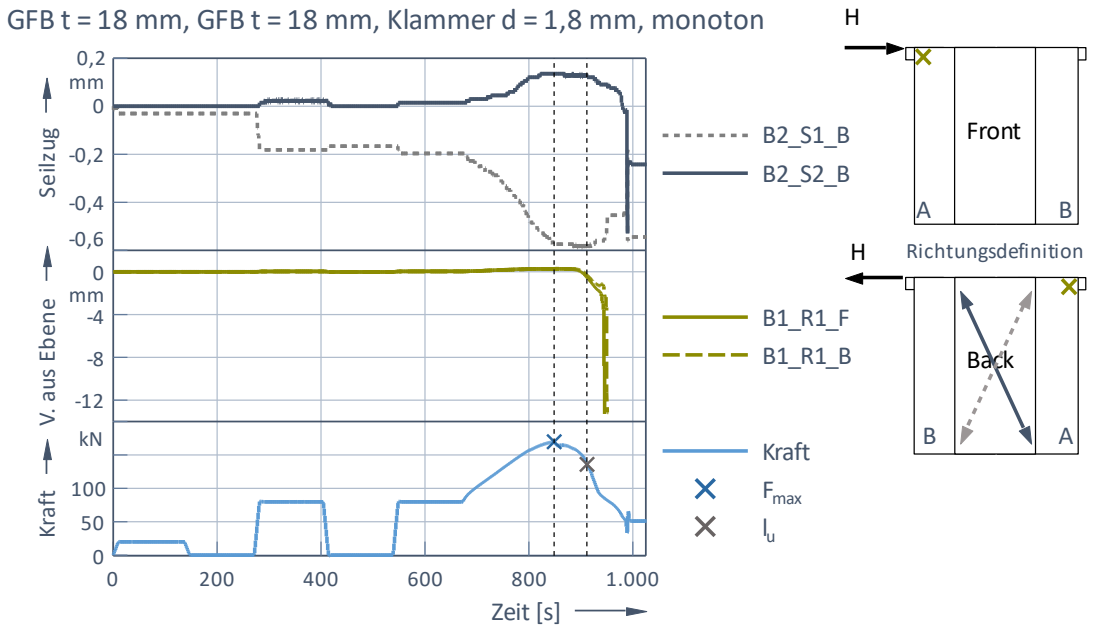


Abbildung B-271: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 17_m_3

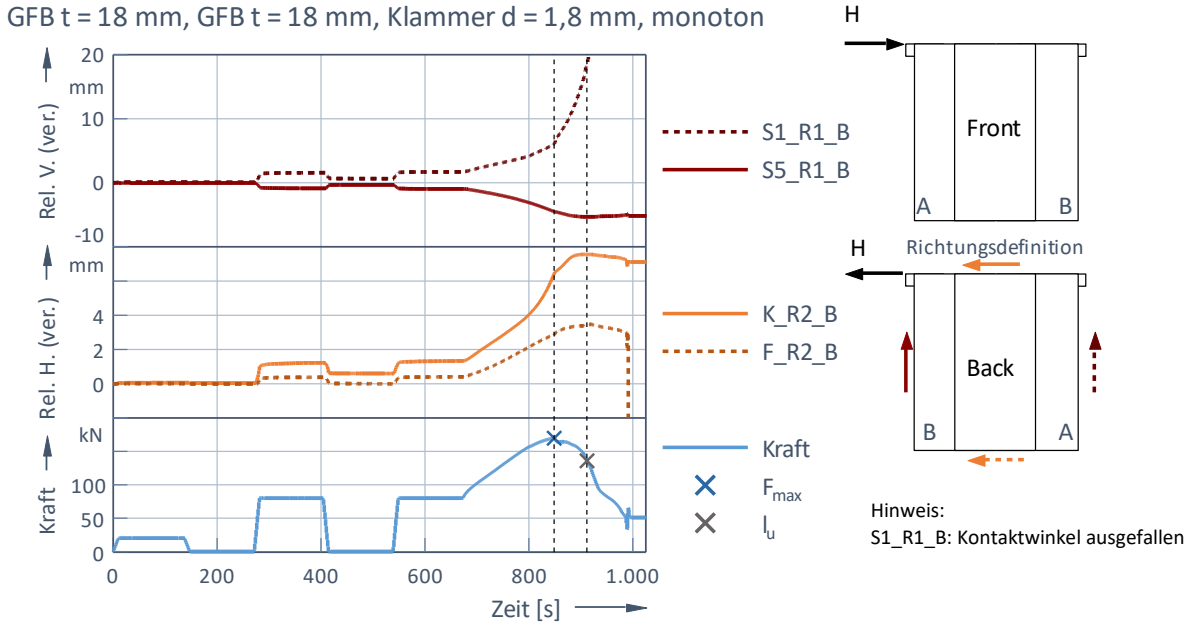


Abbildung B-272: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 17_m_3

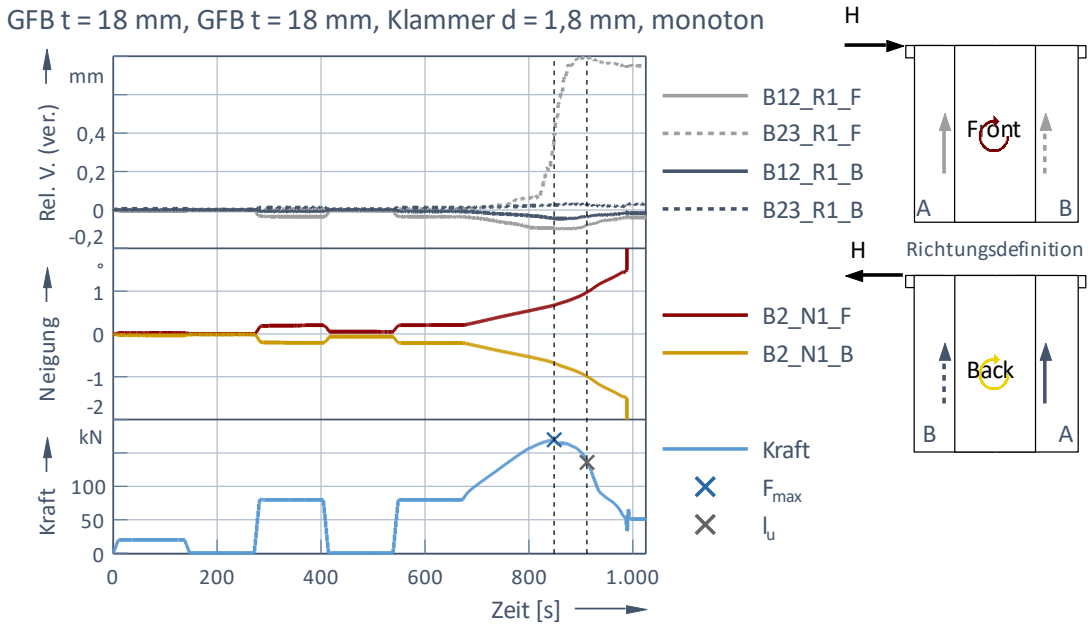


Abbildung B-273: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 17_m_3

Wandtafel 17_m_4

Tabelle B-25: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 17_m_4

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

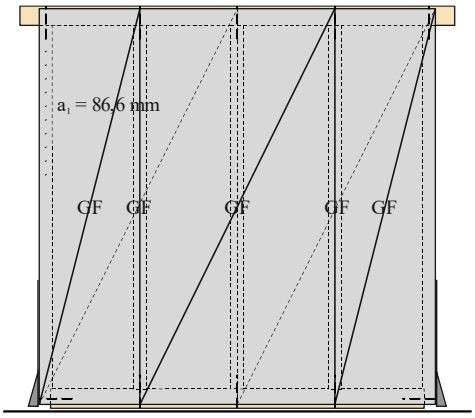


Abbildung B-274: Wandtafel 17_m_4

Untersuchung		
Datum	14.02.2024	
Raumtemperatur T	20,7°C	
Raumfeuchte R_H	41 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 462 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 463 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 411 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 445 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,3 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	162,0 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Verdrehung der Platten als Gesamtpaket
- Herausziehen der Bekleidungs- und Beplankungsklammern an S1
- Abheben von Schwelle und Rähm an S1
- Riss in Beplankung oberhalb der VM der Schwelle nach F_{max} vorne und hinten

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

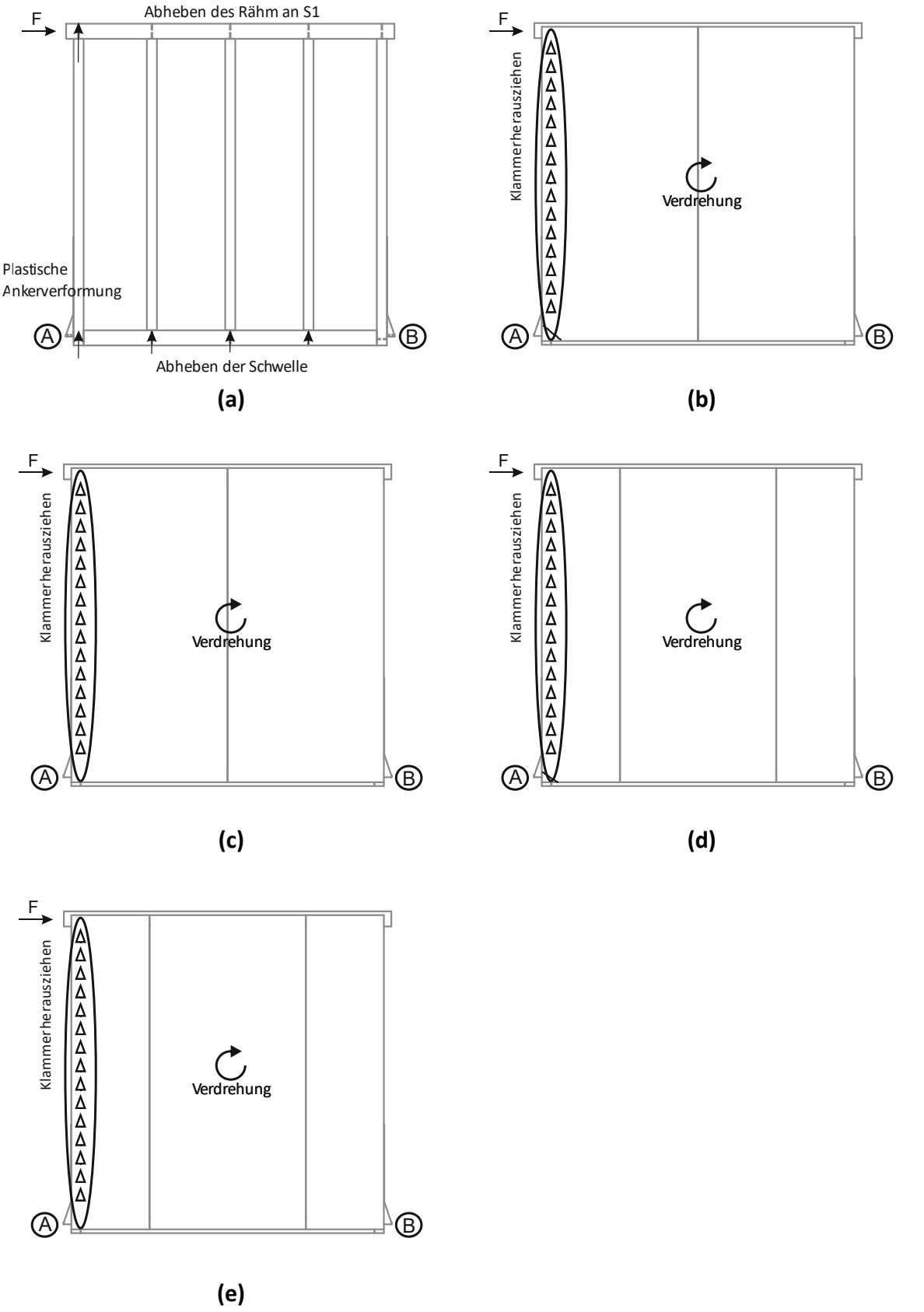
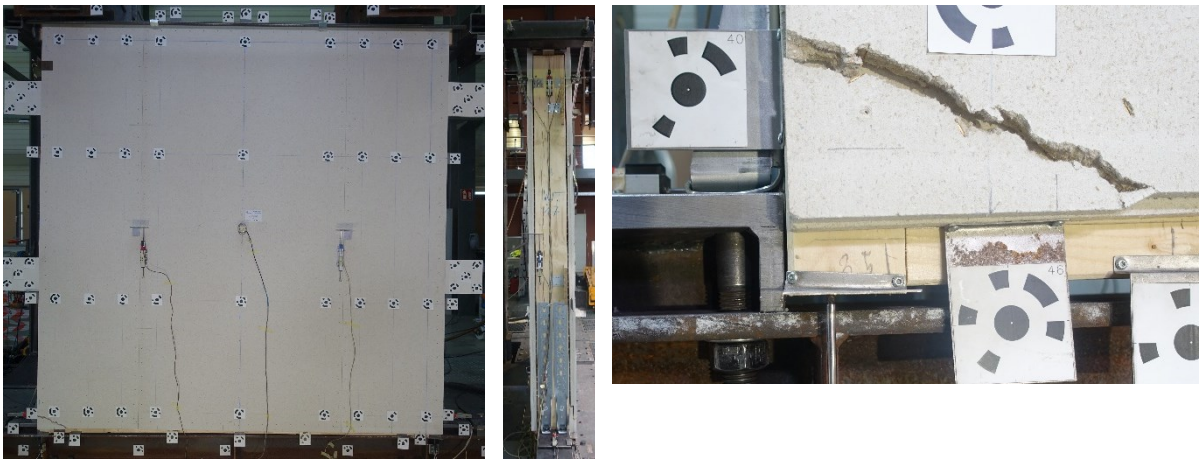


Abbildung B-275: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten (c), Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 17_m_4



(a) (b) (c)

Abbildung B-276: Vorderansicht nach Versuch(a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Auflager A vorne; WT 17_m_4



(a) (b)



(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-277: Rückansicht nach Versuch (a), Abheben der Schwelle (b), Bekleidungs- und Beplankungsriss an S1 am Auflager A vorne (d), Herausgezogene Klammern an S1 hinten (d), Abgehobener Rähm von S1 (e), Anschluss Schwelle an Stiel S1 hinten (f); WT 17_m_4

Untersuchungsergebnisse

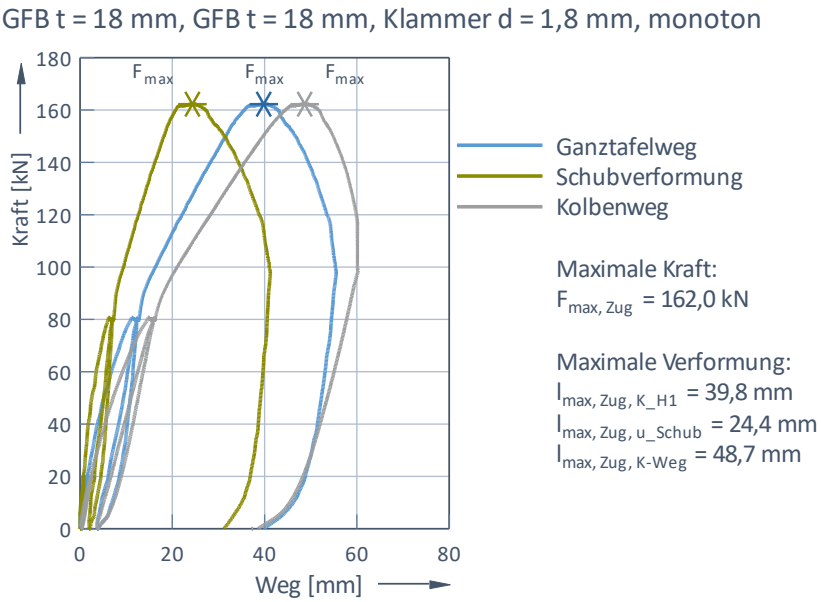


Abbildung B-278: Last-Verformungskurve über Schubverformung, Ganztafelweg und Kolbenweg; WT 17_m_4

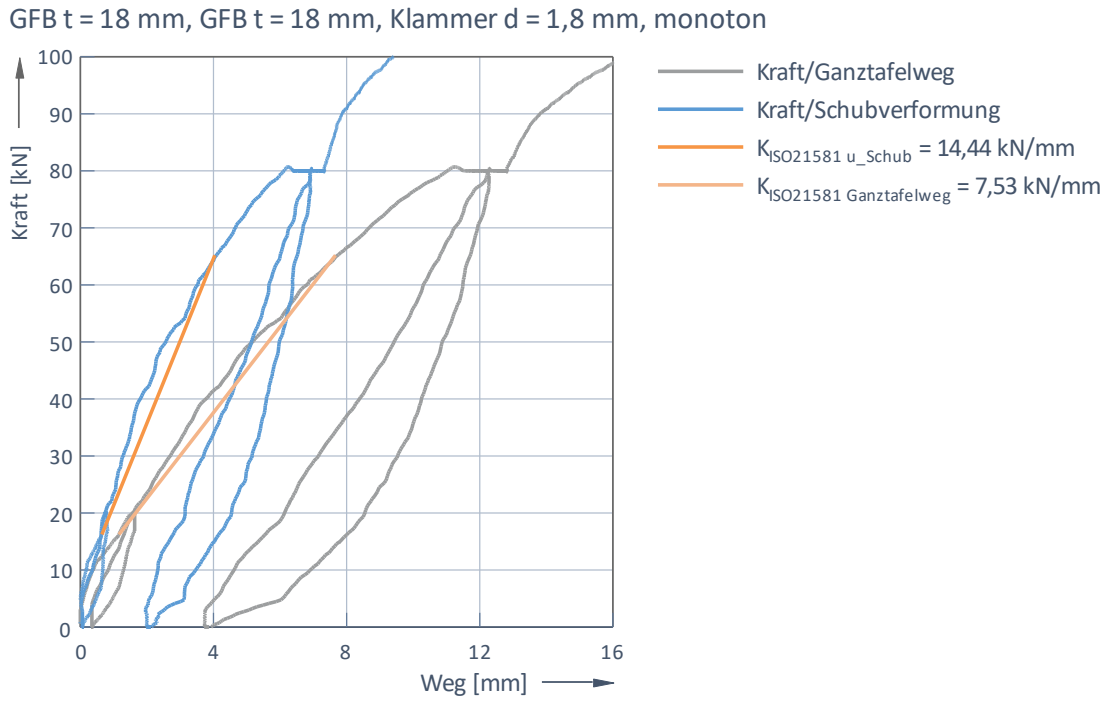


Abbildung B-279: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 17_m_4

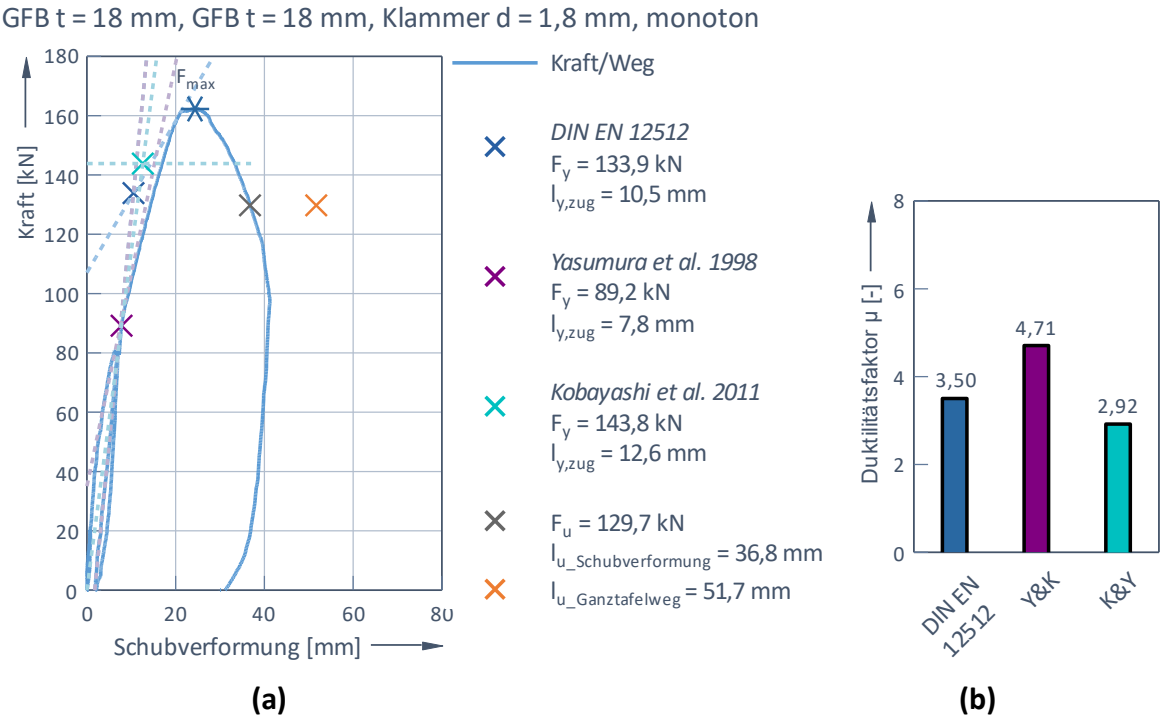


Abbildung B-280: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 17_m_4

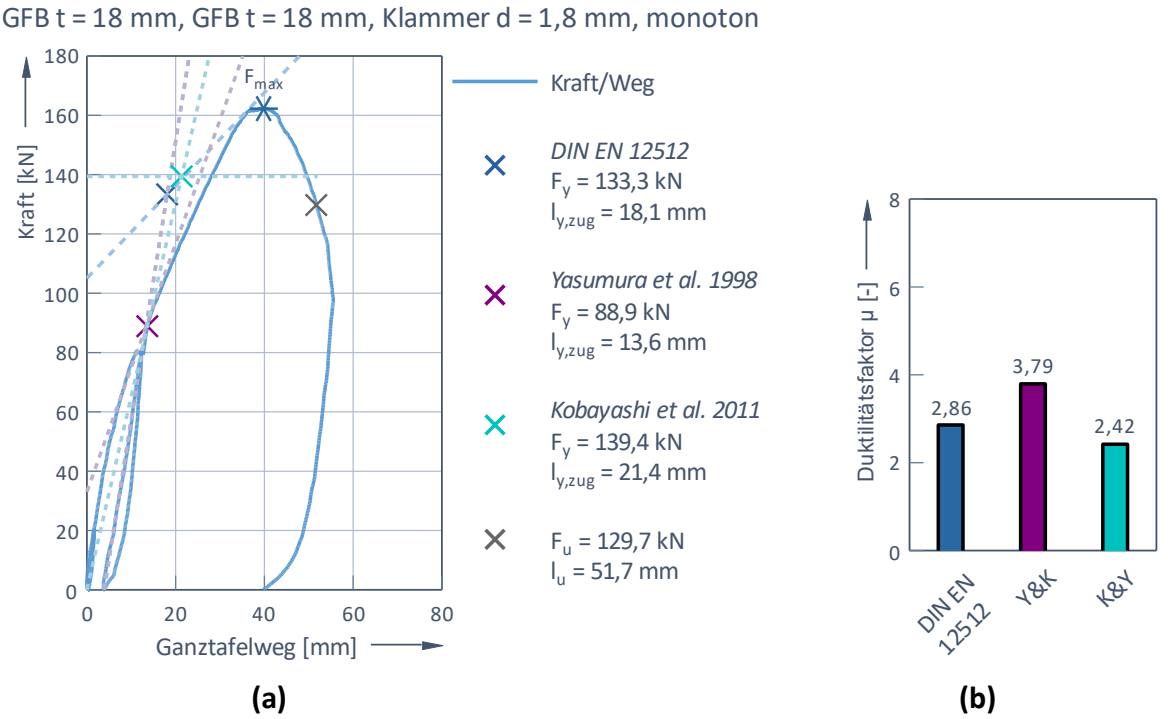


Abbildung B-281: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 17_m_4

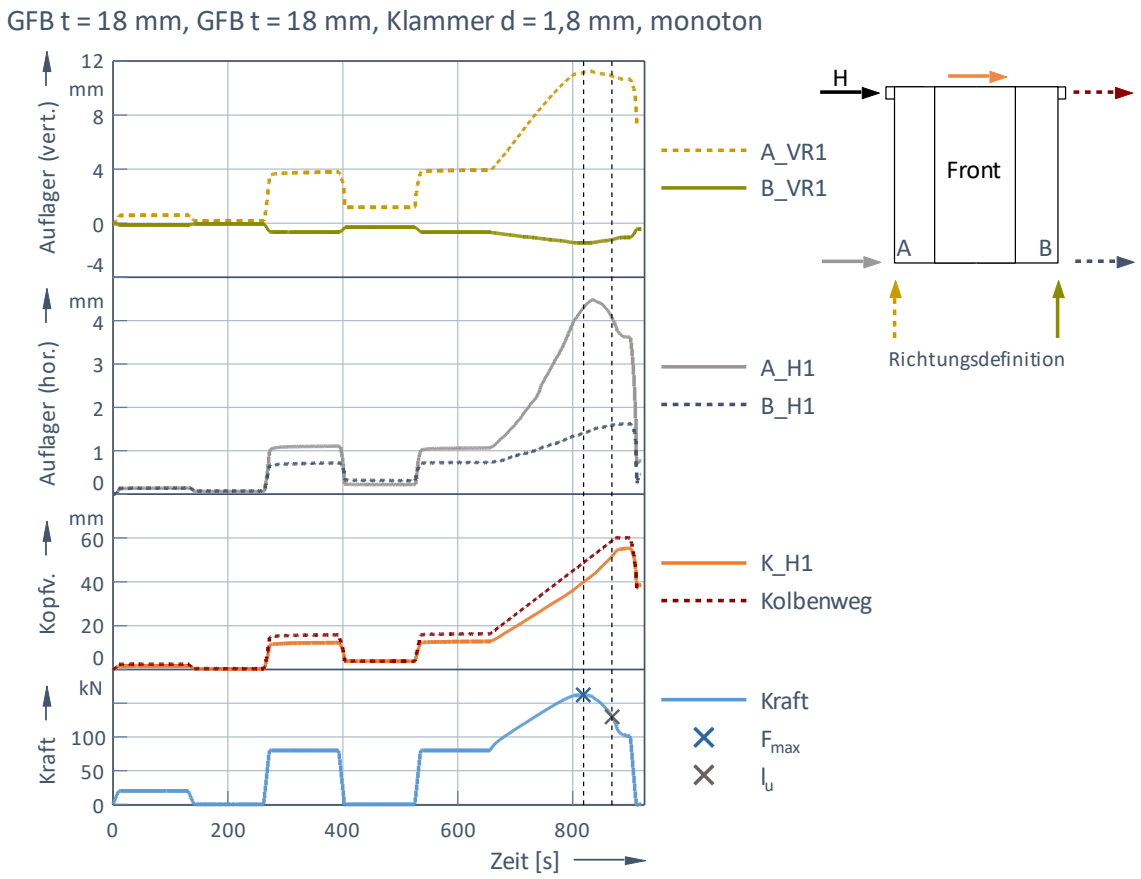


Abbildung B-282: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 17_m_4

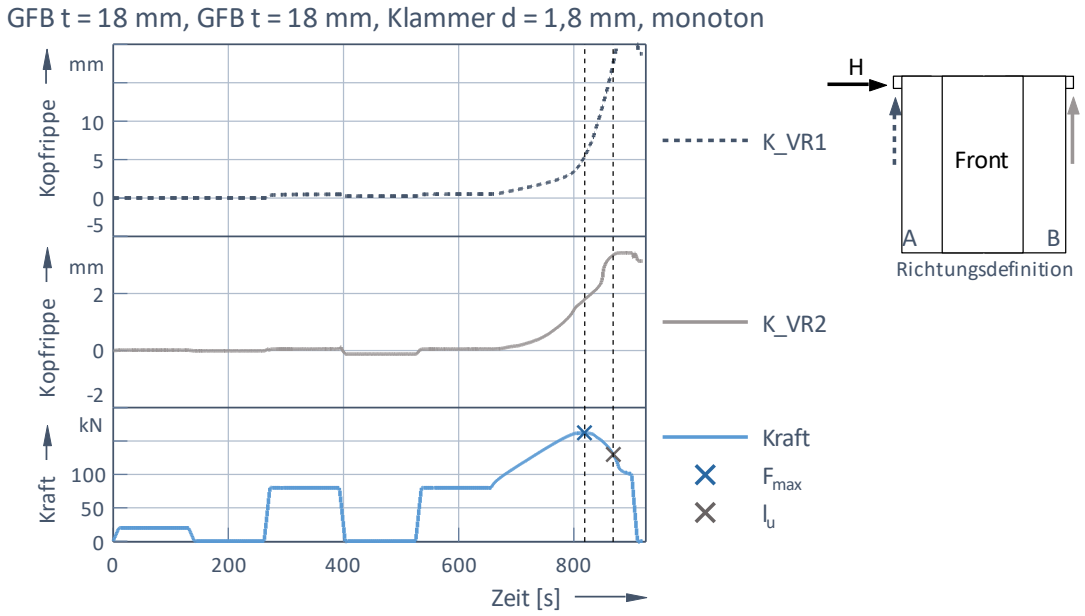


Abbildung B-283: Wegmessungen am Rähm; WT 17_m_4

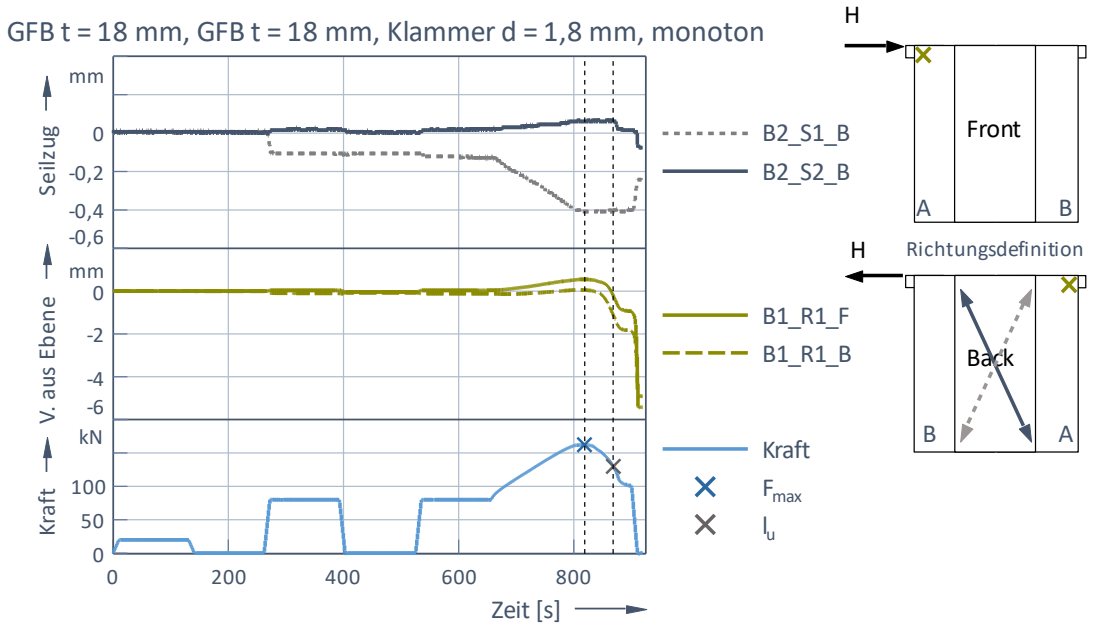


Abbildung B-284: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 17_m_4

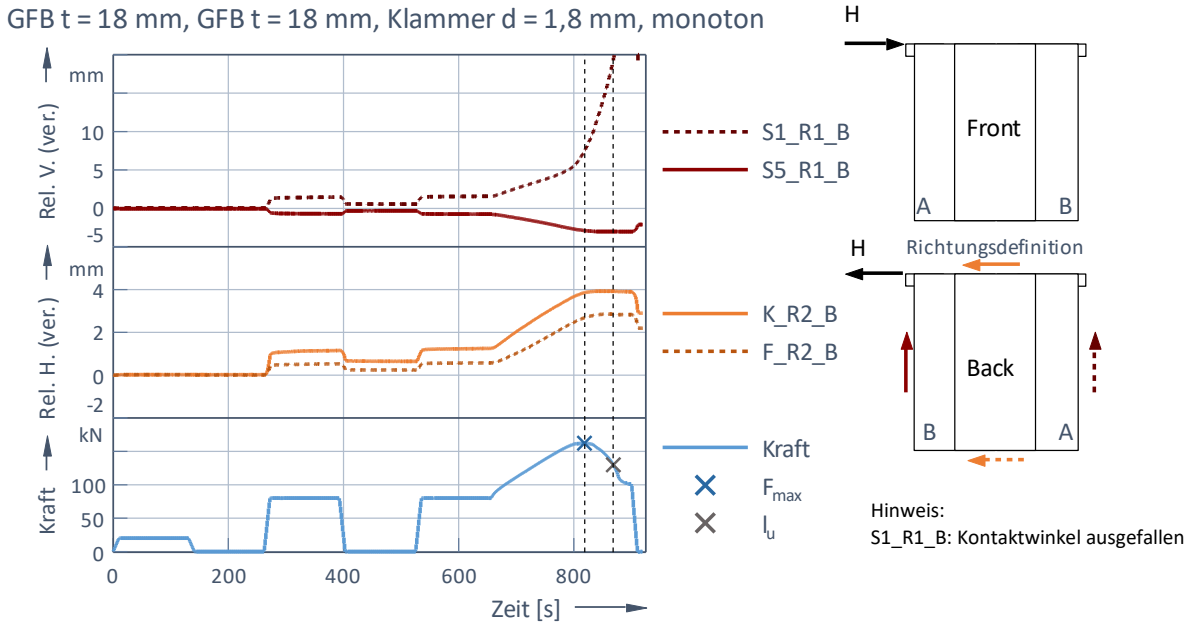


Abbildung B-285: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 17_m_4

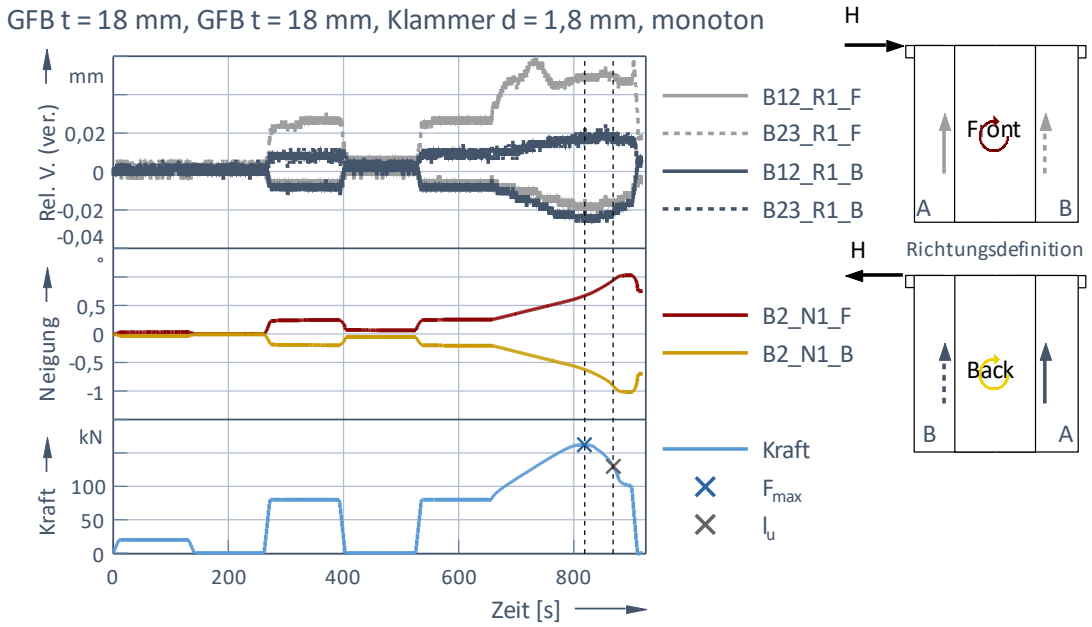


Abbildung B-286: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 17_m_4

Wandtafel 17_m_5

Tabelle B-26: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 17_m_5

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

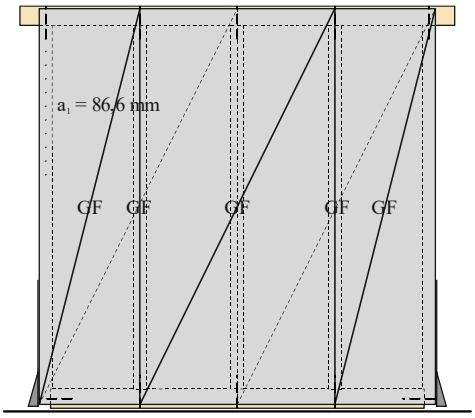


Abbildung B-287: Wandtafel 17_m_5

Untersuchung		
Datum	19.02.2024	
Raumtemperatur T	19,4°C	
Raumfeuchte R_H	46 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 466 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 376 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 443 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 428 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,3 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Monoton
Belastung	0,2 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximalkraft	173,0 kN	(Beplankungsversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Verdrehung der Platten als Gesamtpaket
- Durchziehen des Rähm
- Abheben der Schwelle
- Risse in Bekleidungsplatten 1 und 3 (F_{max}) vorne
- Viele Beplankungsrisse am Rand erkennbar, Abschätzung der Risslänge nicht möglich

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

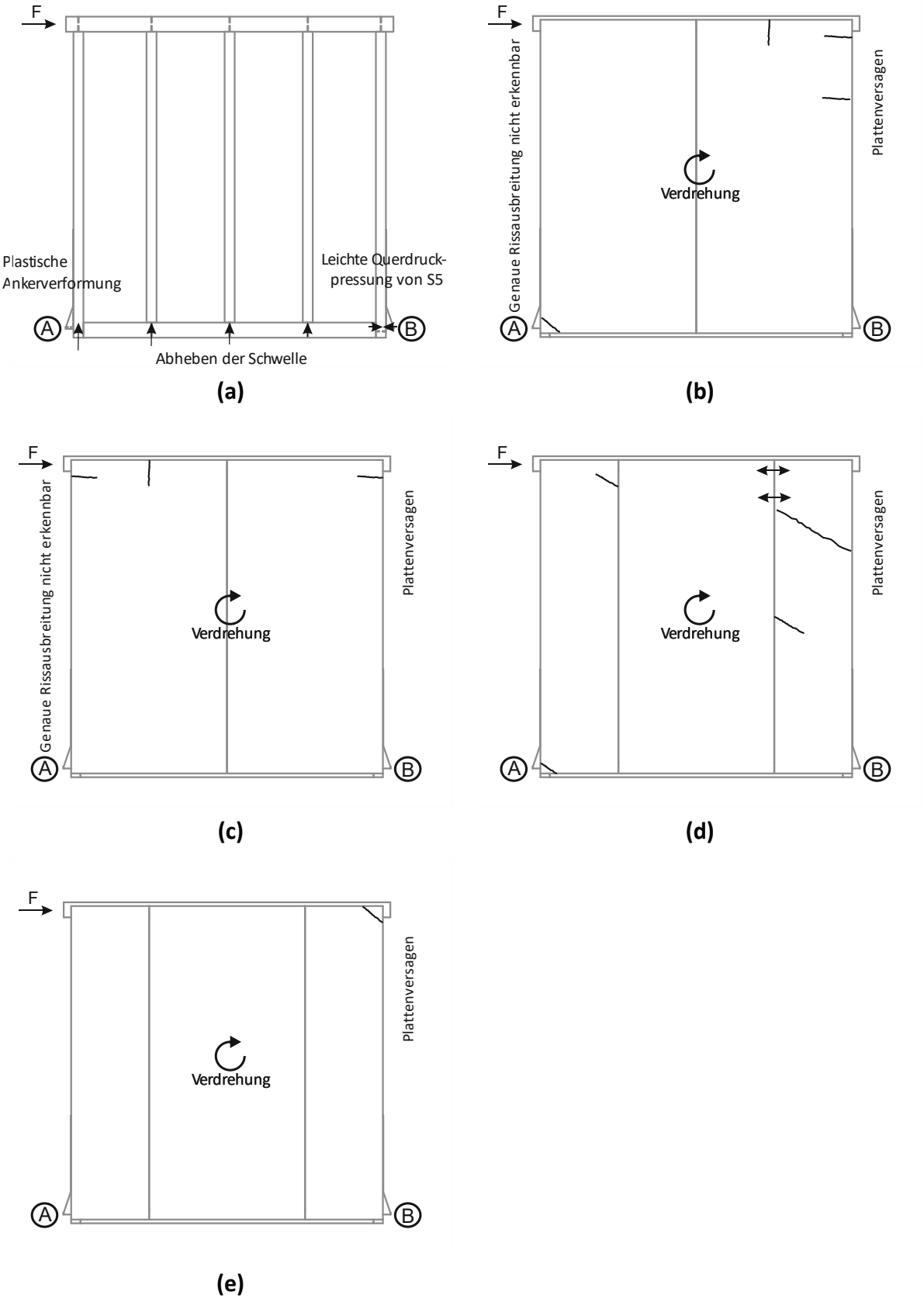
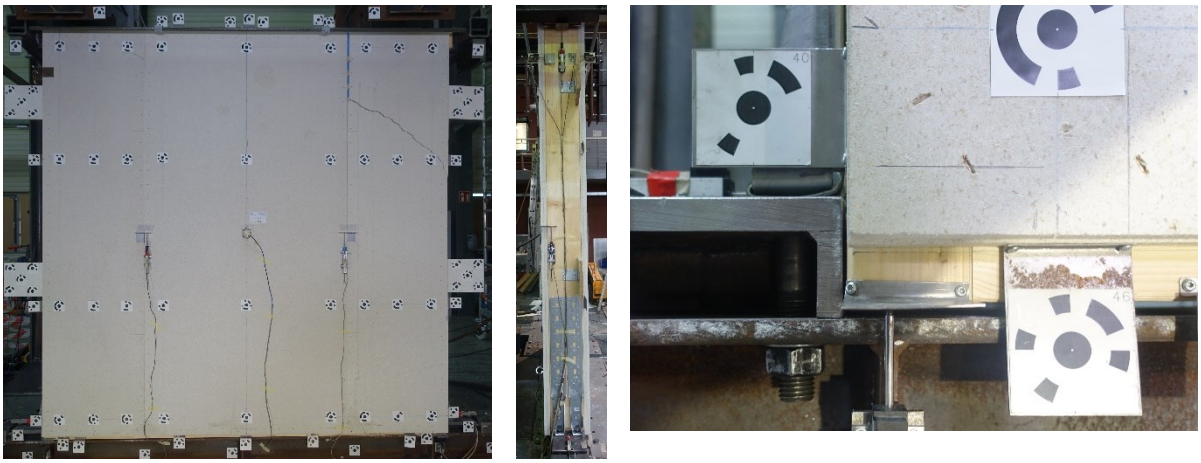
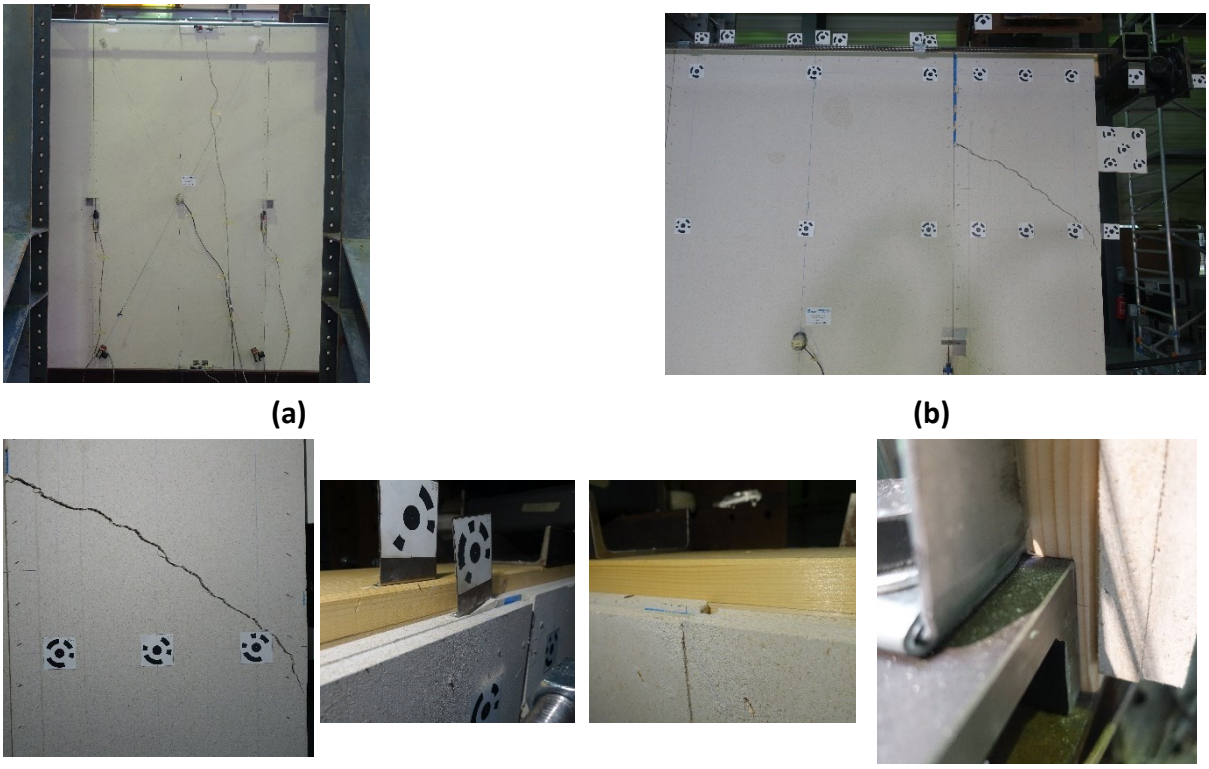


Abbildung B-288: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten (c), Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 17_m_5



(a) (b) (c)

Abbildung B-289: Vorderansicht nach Versuch(a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Auflager A vorne; WT 17_m_5



(a) (b)

(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-290: Rückansicht nach Versuch (a), Diagonal- und Fugenriss von Platte 3 vorne (b), Diagonalriss Platte 3 vorne (c), Beplankungsriss am Stiel S4 (d) und Stiel S2 (e) vorne, leichte Querdruckpressung Stiel 5 (f); WT 17_m_5

Untersuchungsergebnisse

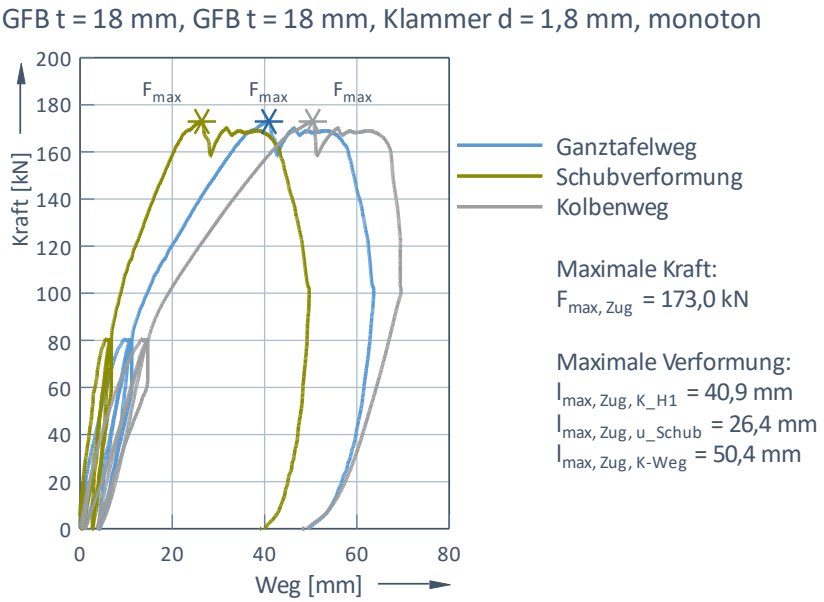


Abbildung B-291: Last-Verformungskurve über Schubverformung, Ganztafelweg und Kolbenweg; WT 17_m_5

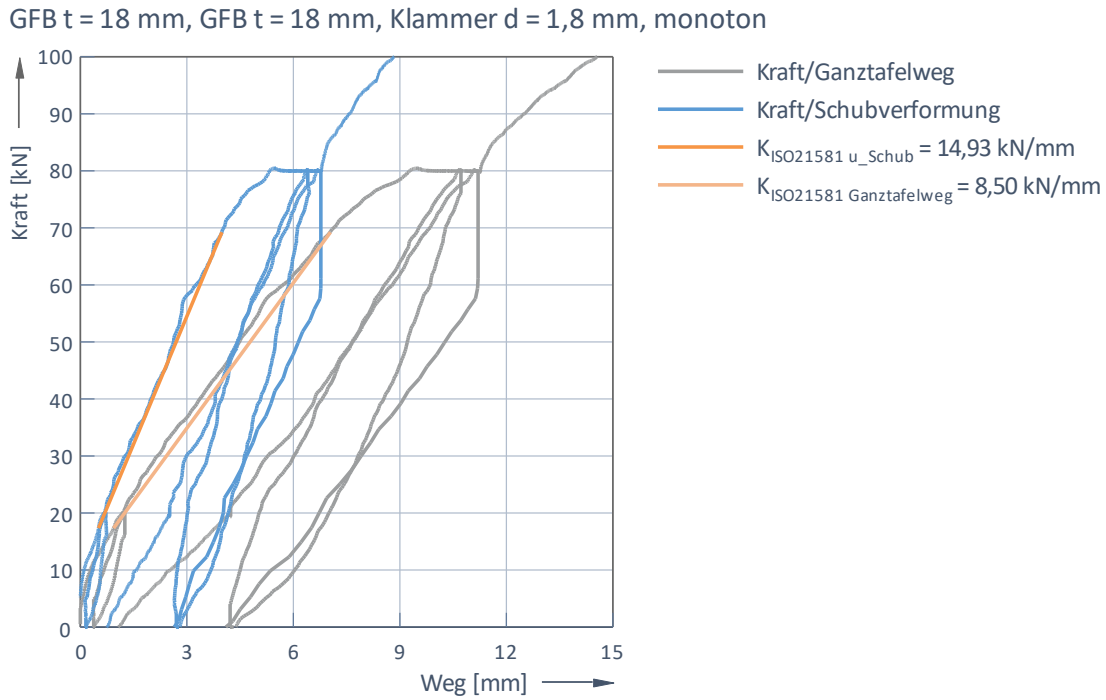


Abbildung B-292: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 17_m_5

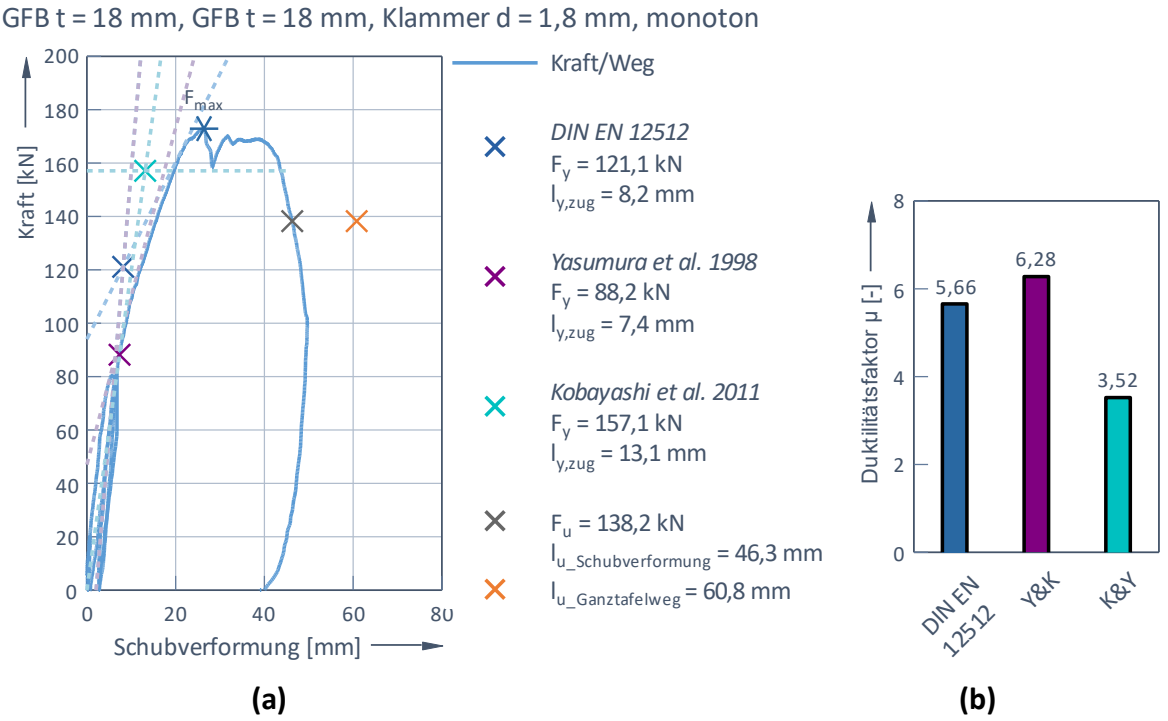


Abbildung B-293: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 17_m_5

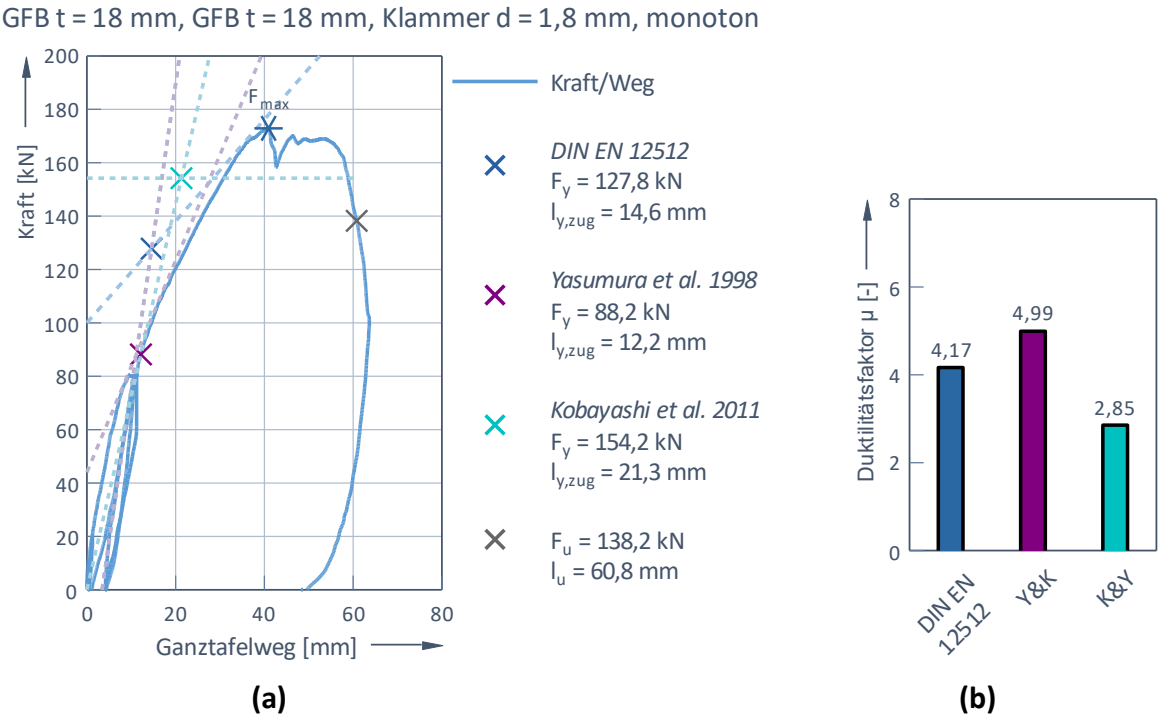


Abbildung B-294: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 17_m_5

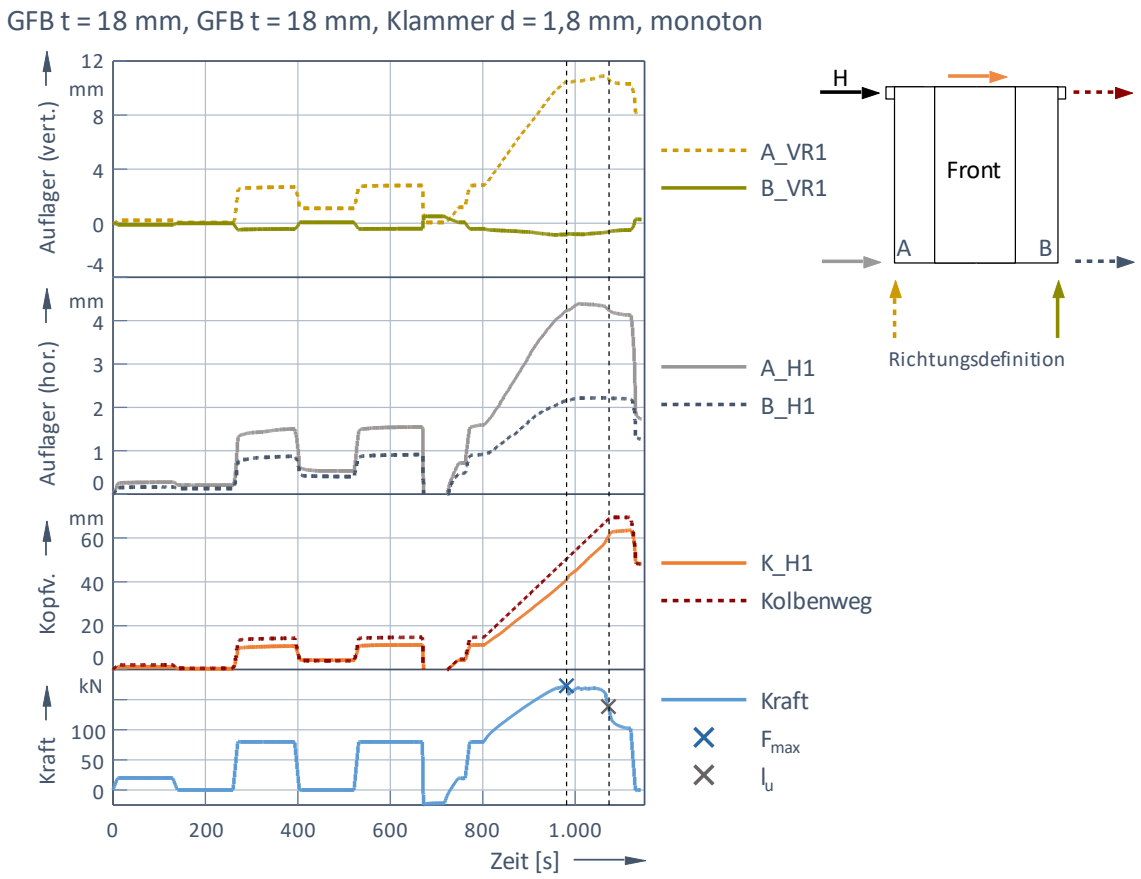


Abbildung B-295: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 17_m_5

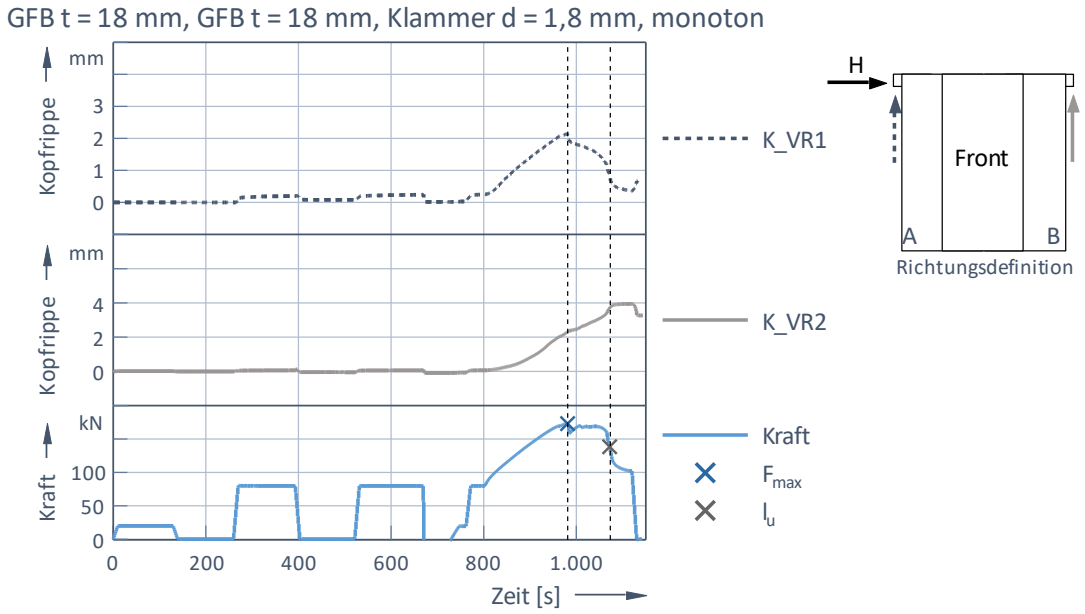


Abbildung B-296: Wegmessungen am Rähm; WT 17_m_5

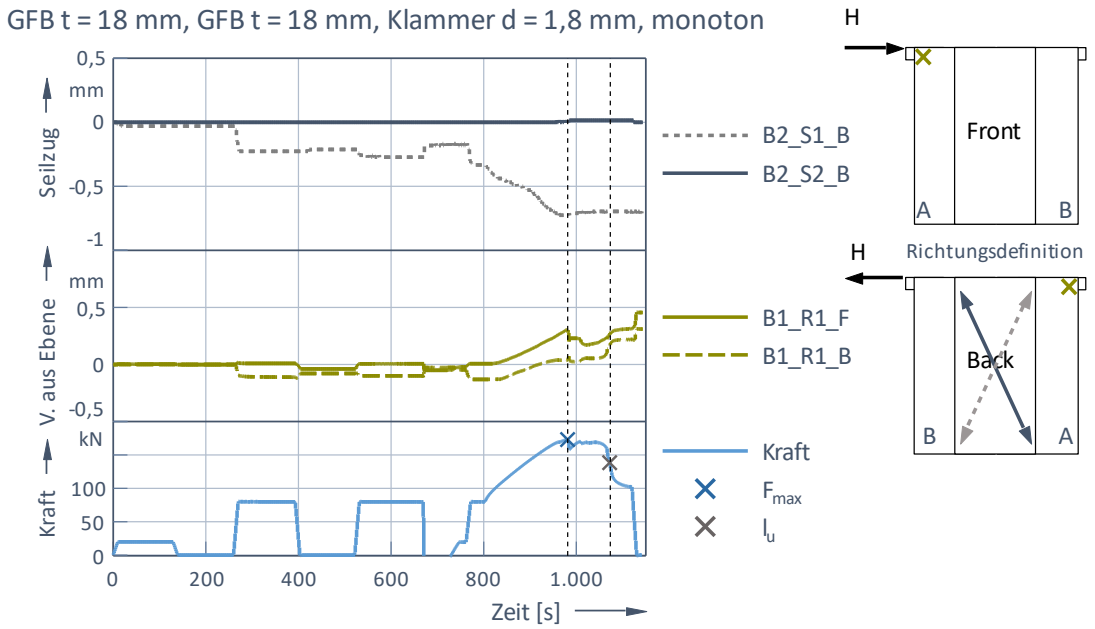


Abbildung B-297: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 17_m_5

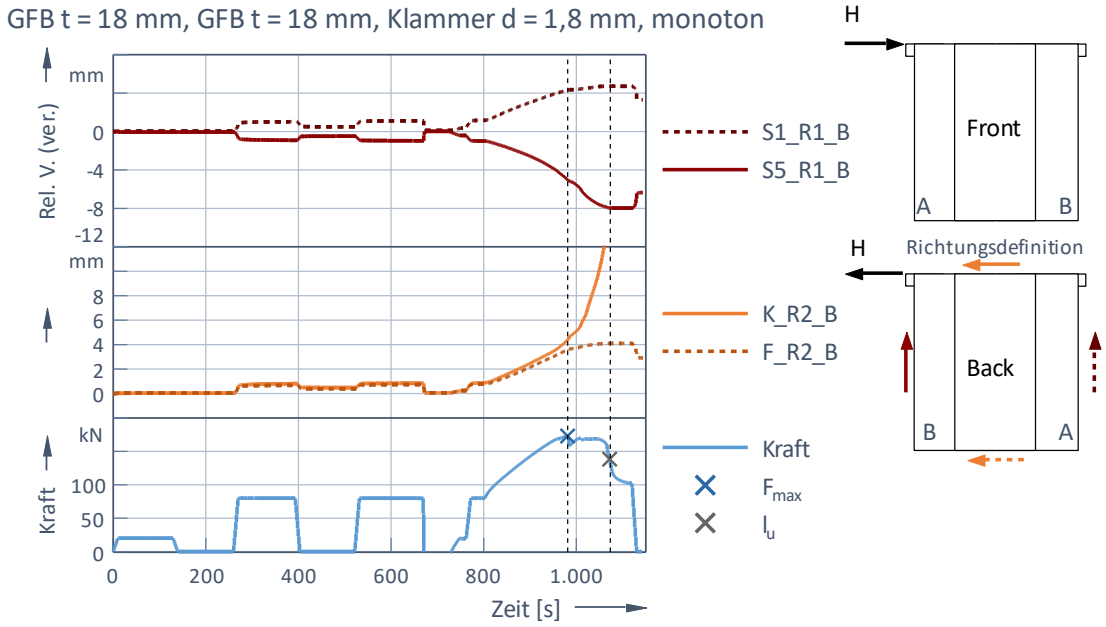


Abbildung B-298: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 17_m_5

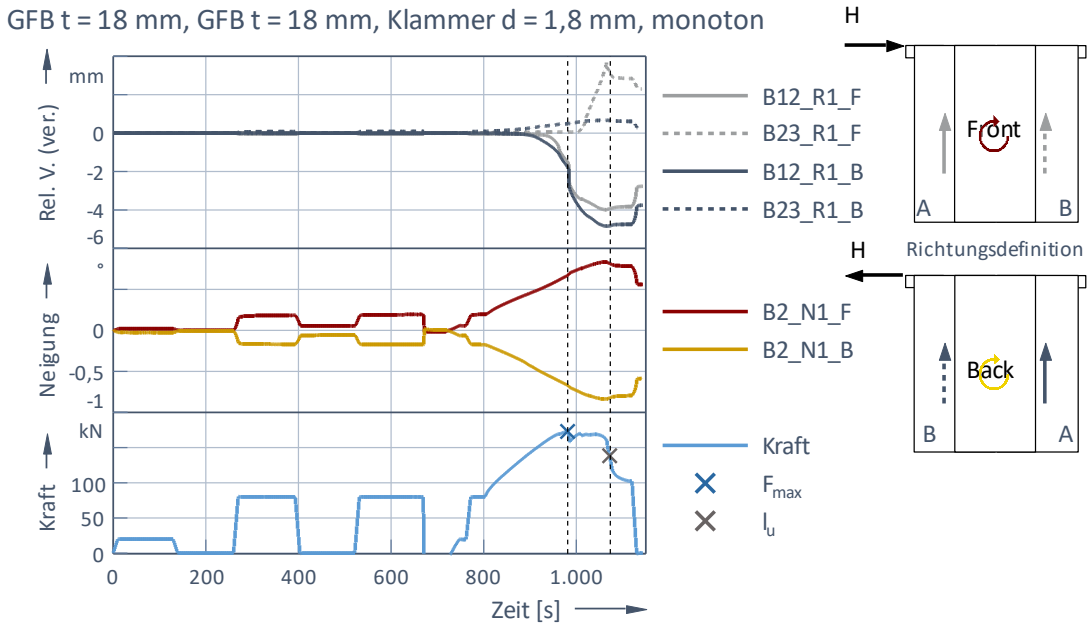


Abbildung B-299: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 17_m_5

Wandtafel 13_c_1

Tabelle B-27: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 13_c_1

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

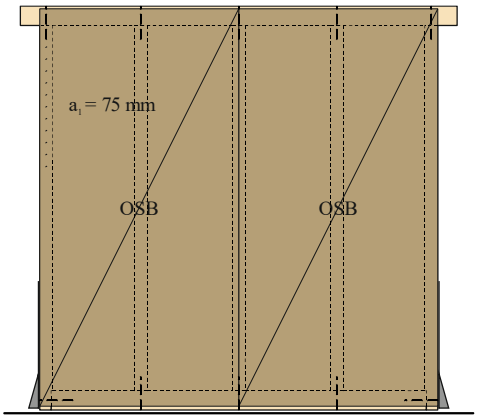


Abbildung B-300: Wandtafel 13_c_1

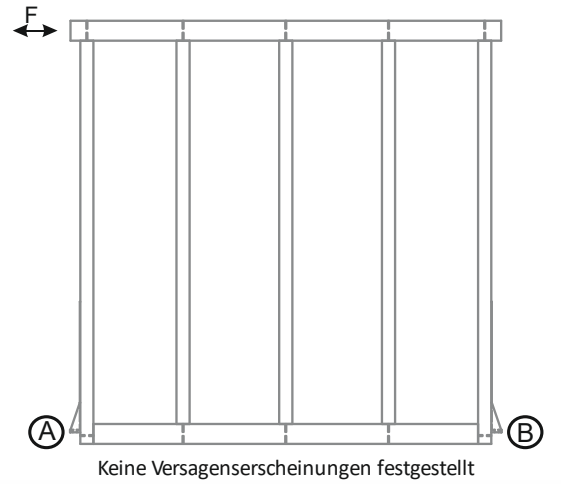
Untersuchung		
Datum	11.01.2024	
Raumtemperatur T	20,8 °C	
Raumfeuchte R_H	22 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 513 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 416 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 387. kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 439 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	15,1 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Zyklisch
Belastung	1,0 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximal-/Minimalkraft	82,8 kN / -88,6 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

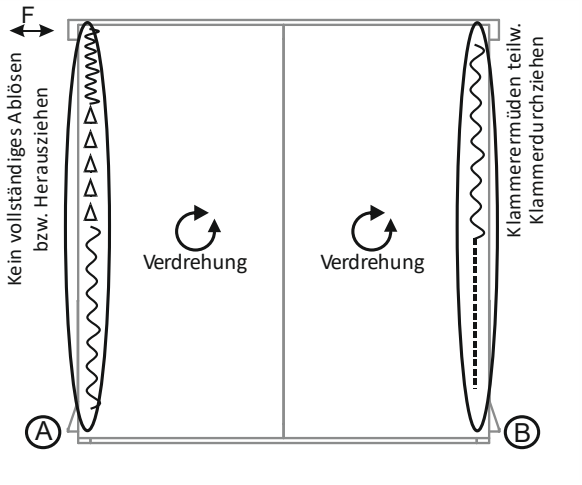
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Einzelplatten
- Fehler im Zylindersteuerungsprogramm: Versuch bei 60% l_u abgebrochen und neugestartet mit aktualisierter Steuerung
- Ablösen der Beplankung an S1 ab 65 mm vorne, an S5 ab 80 mm vorne
- Kein vollständiges Klammerherausziehen und Ablösen der Beplankung an S1 vorne und hinten

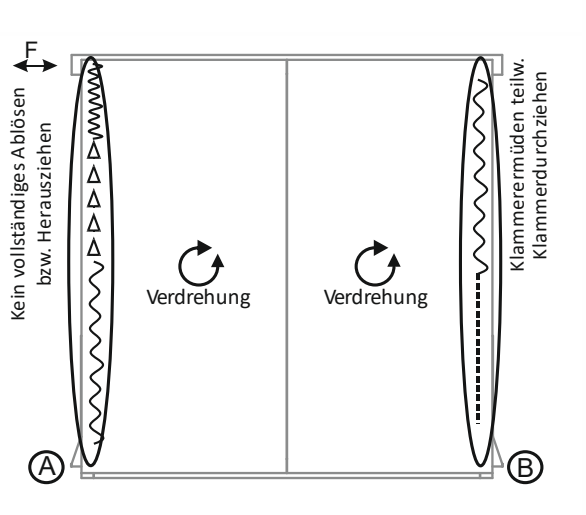
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)

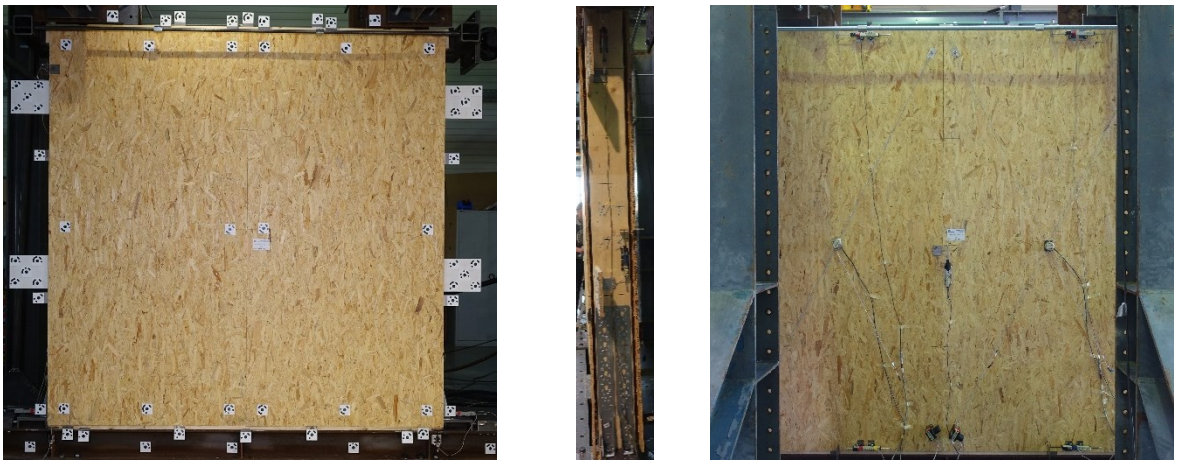


(b)



(c)

Abbildung B-301: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung front (b) und Beplankung back; WT 13_c_1



(a) (b) (c)



(d) (e) (f) (g) (h)

Abbildung B-302: Vorderansicht nach Versuch (a), Seitenansicht S5 (b), Rückansicht nach Versuch (c), Klammerermüden/ Herausziehen an S1 am Fußpunkt hinten (d) und am Kopf vorne (e), Klammerrücken durchziehen an S5 hinten (f), Klammerermüden an S5 hinten (g-h); WT 13_c_1

Untersuchungsergebnisse

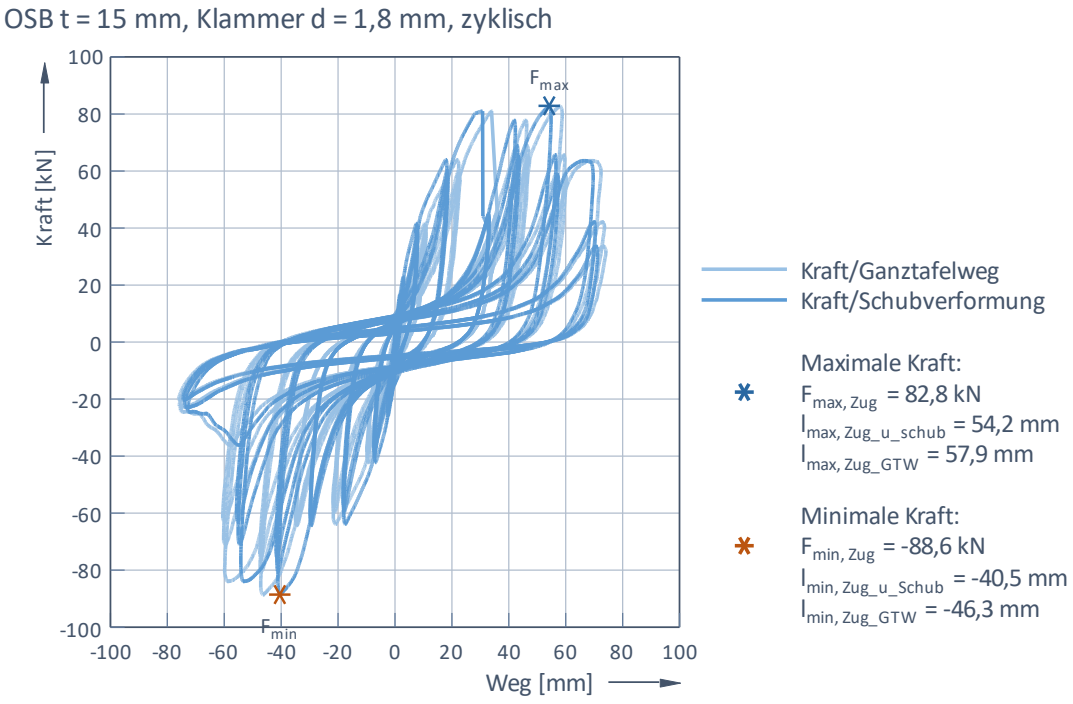


Abbildung B-303: Last-Verformungskurve über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 13_c_1

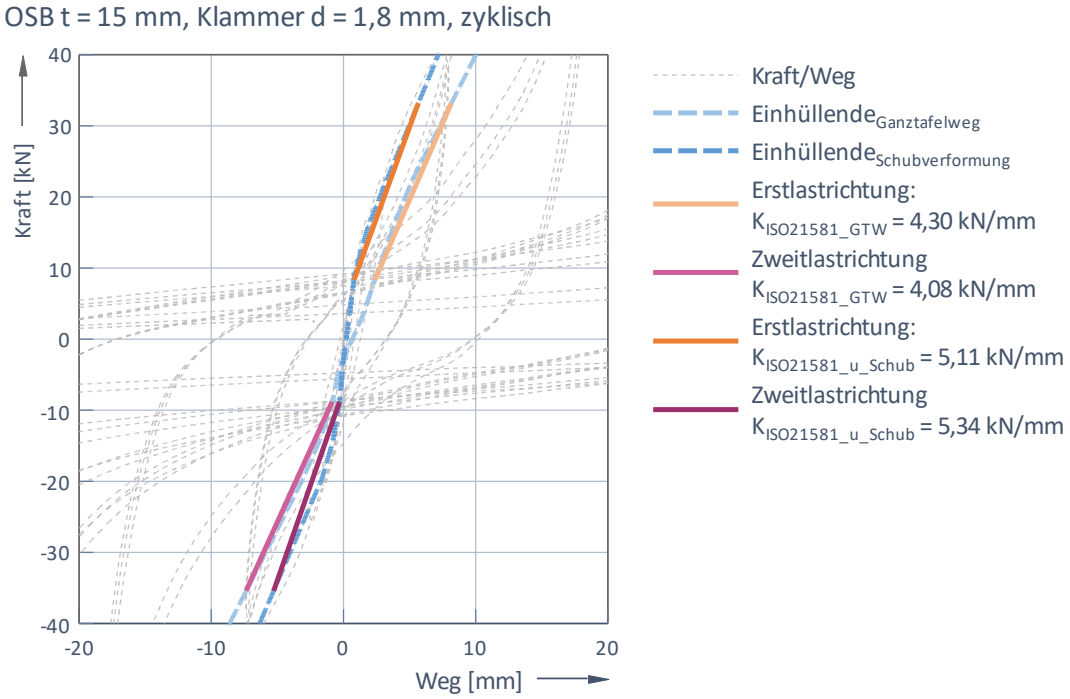


Abbildung B-304: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 13_c_1

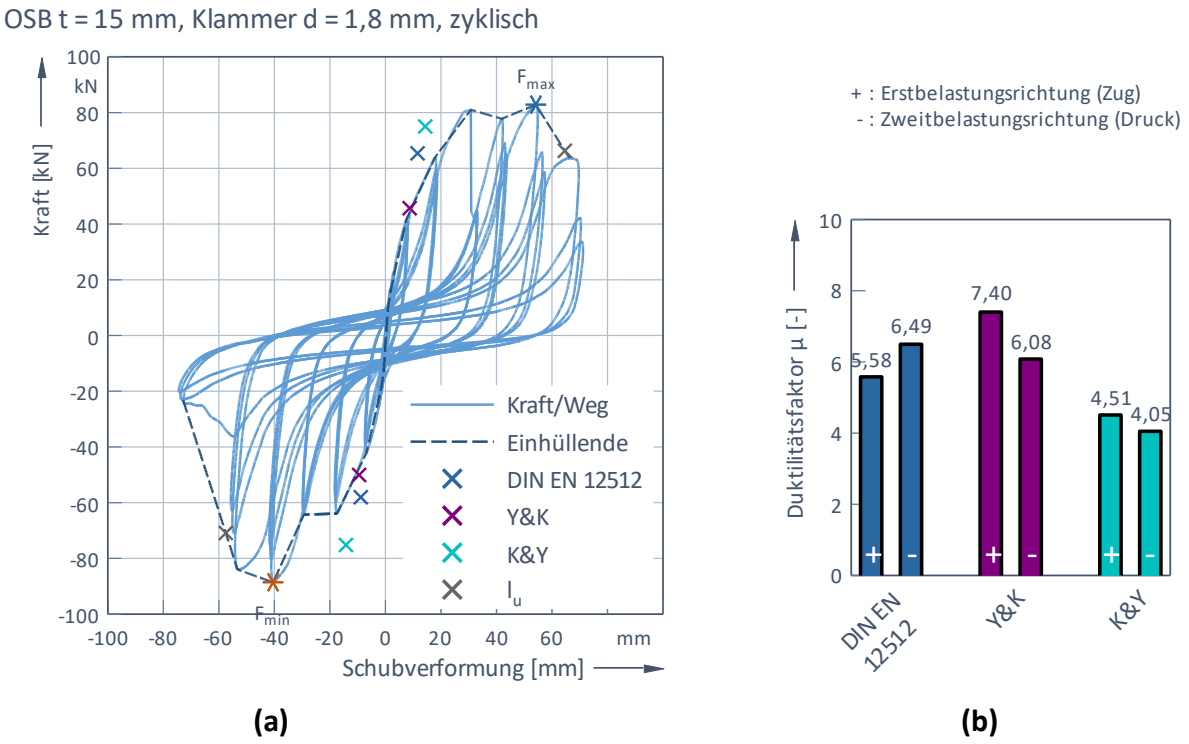


Abbildung B-305: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 13_c_1

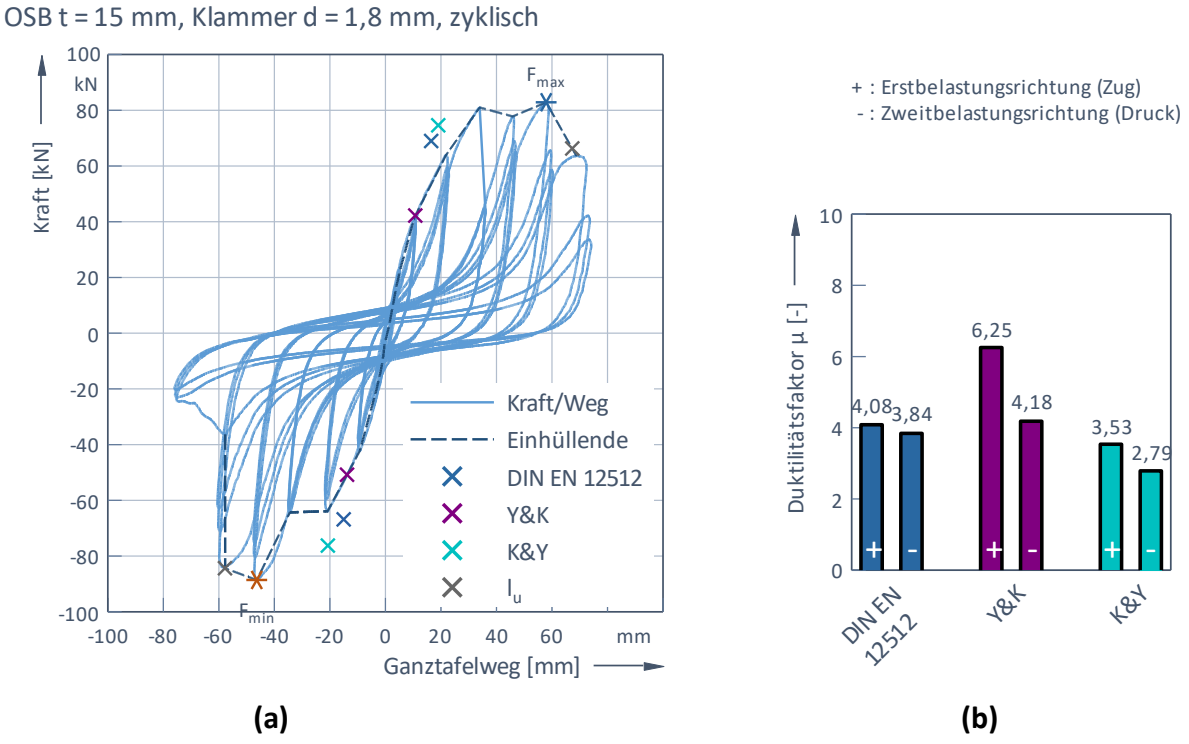


Abbildung B-306: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 13_c_1

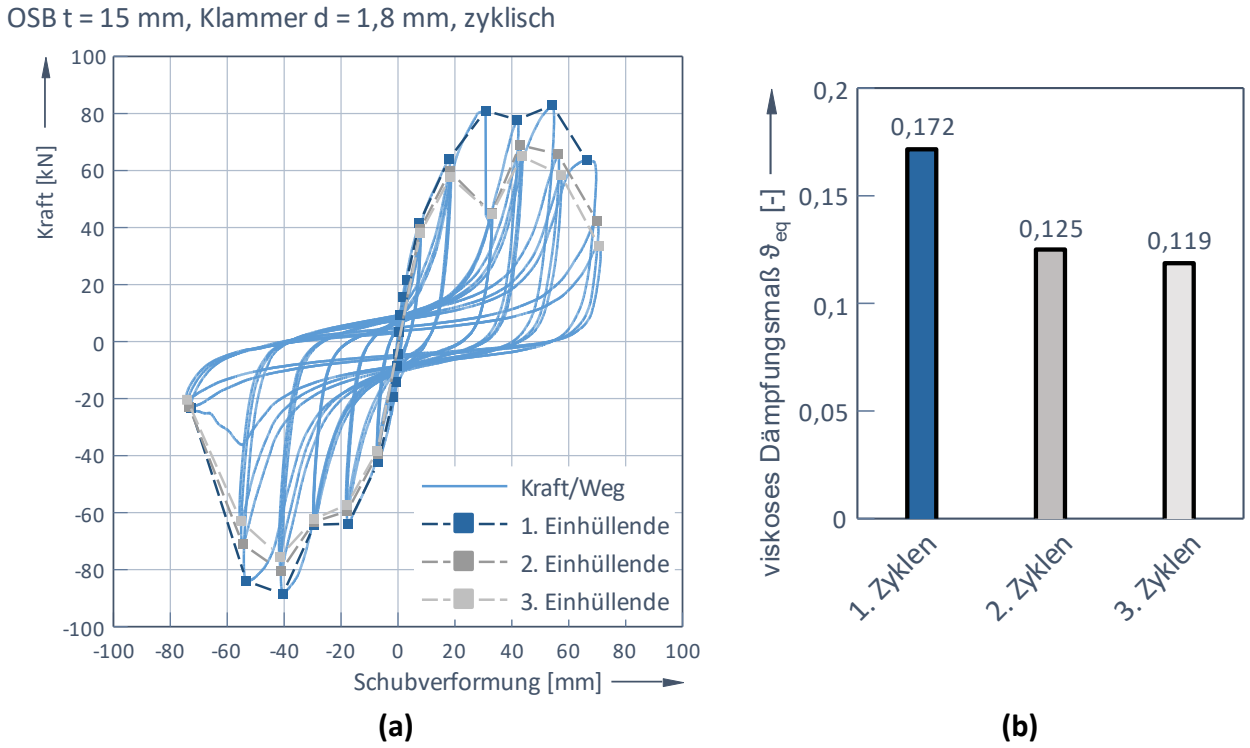


Abbildung B-307: Einhüllende (a) und Vergleich des mittleren viskosen Dämpfungsmaßes in den ersten bis dritten Gesamtzyklen der 3er-Zyklen-Kollektive (b); WT 13_c_1

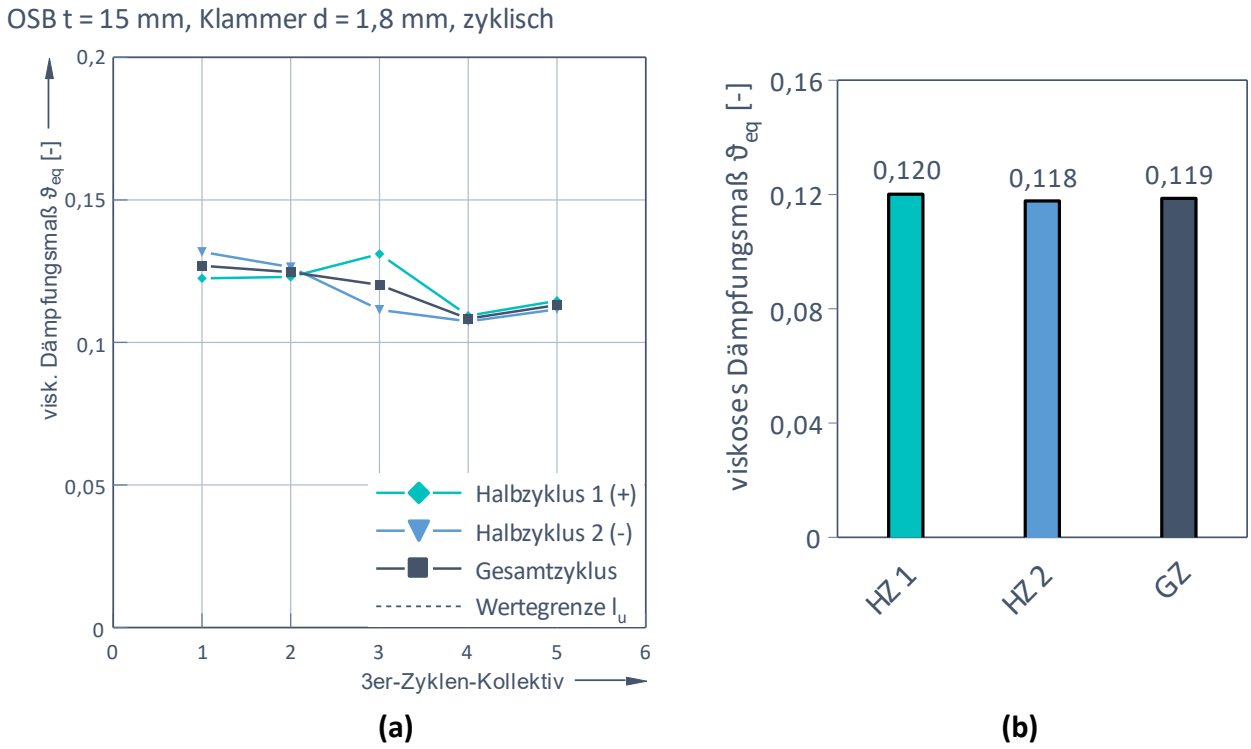


Abbildung B-308: Vergleich des viskosen Dämpfungsmaßes als Einzelwerte (a) und Mittelwerte (b) der dritten Zyklen der 3er-Zyklen-Kollektive; WT 13_c_1

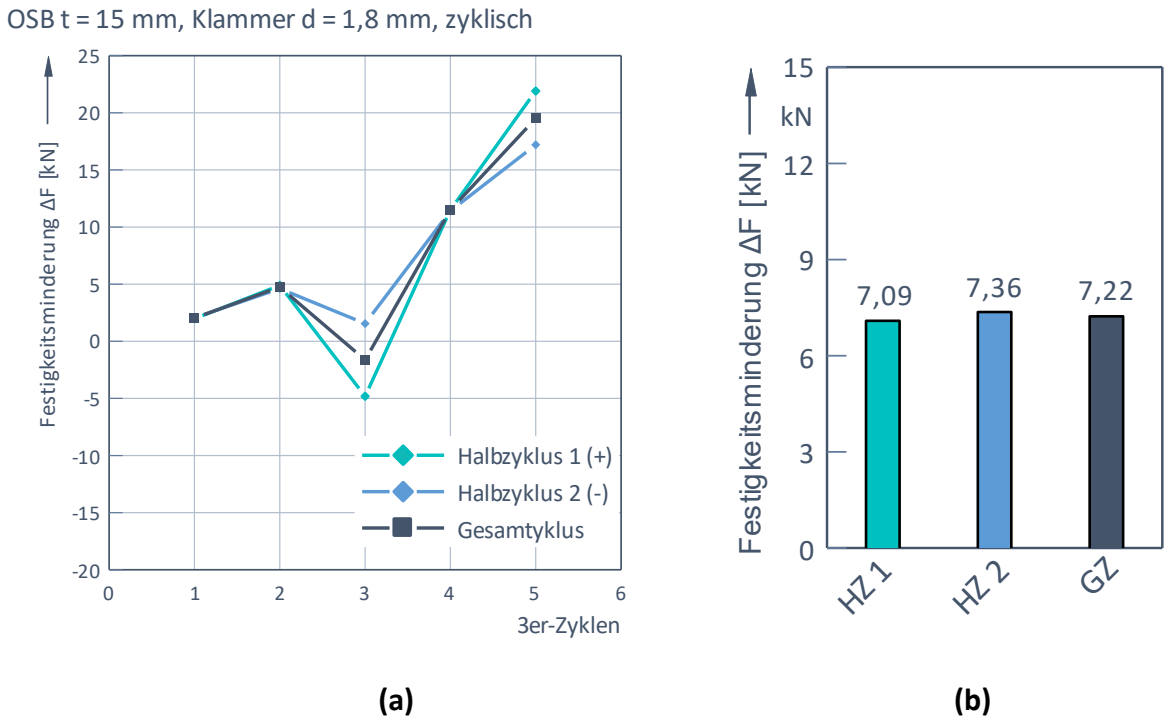


Abbildung B-309: Vergleich der Festigkeitsminderung der 3er-Zyklen-Kollektive als Einzelwerte je Zyklus (a) und als Mittelwerte je Halbzyklus (b); WT 13_c_1

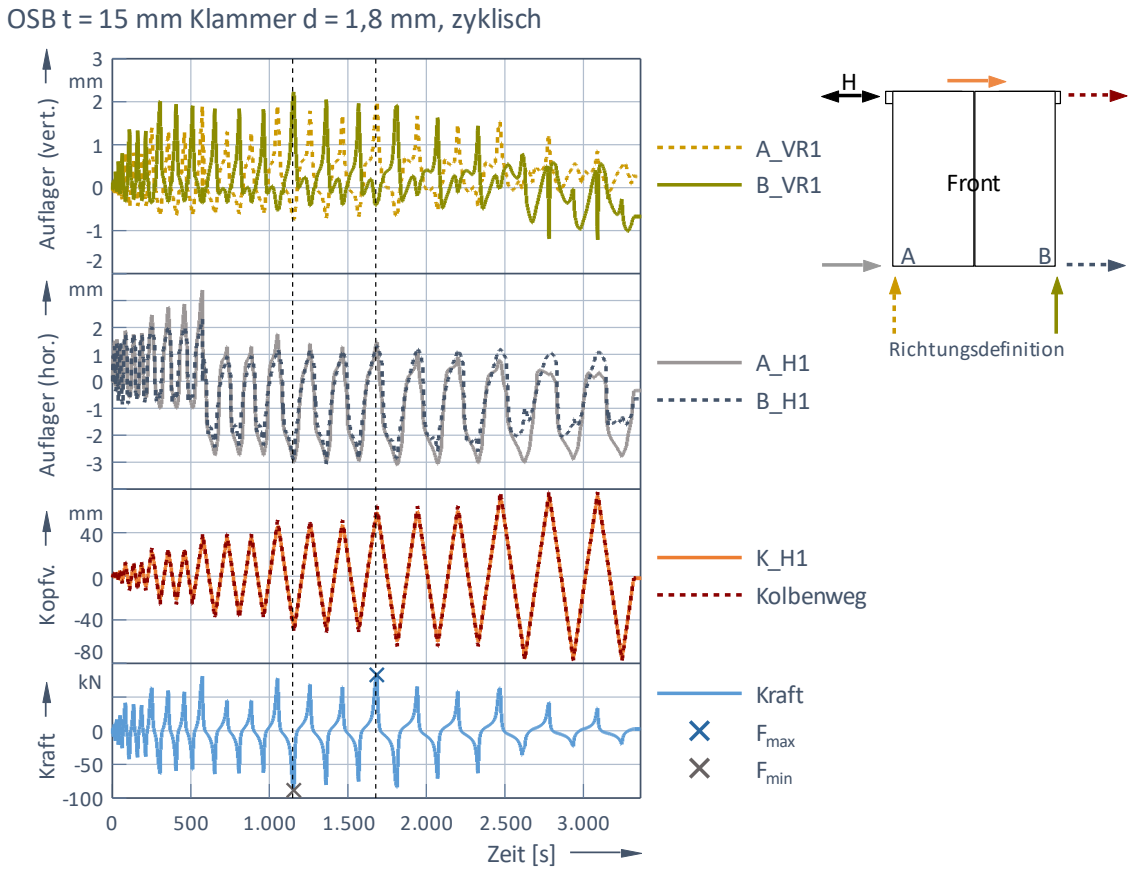


Abbildung B-310: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 13_c_1

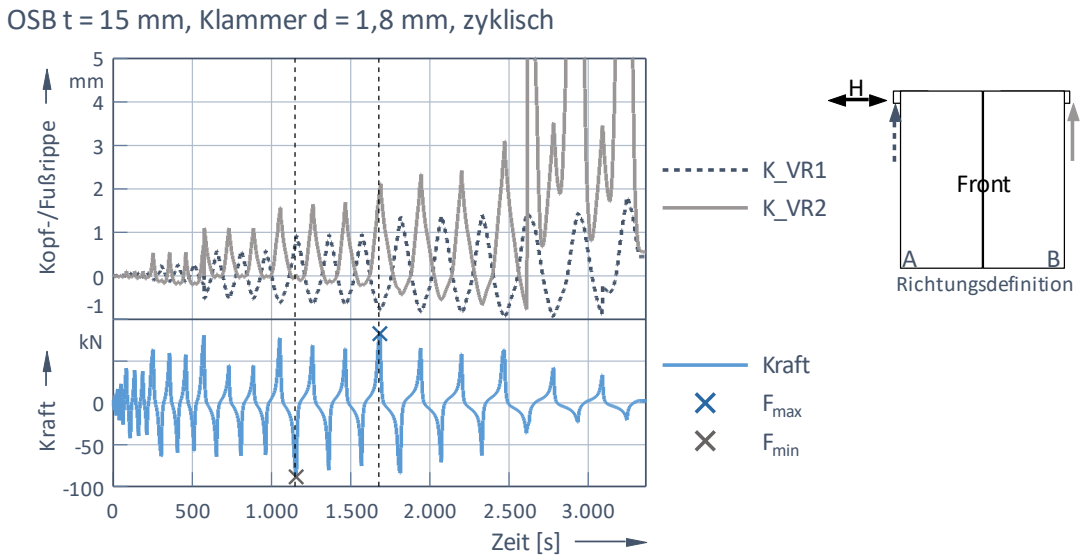


Abbildung B-311: Wegmessungen am Rähm WT 13_c_1

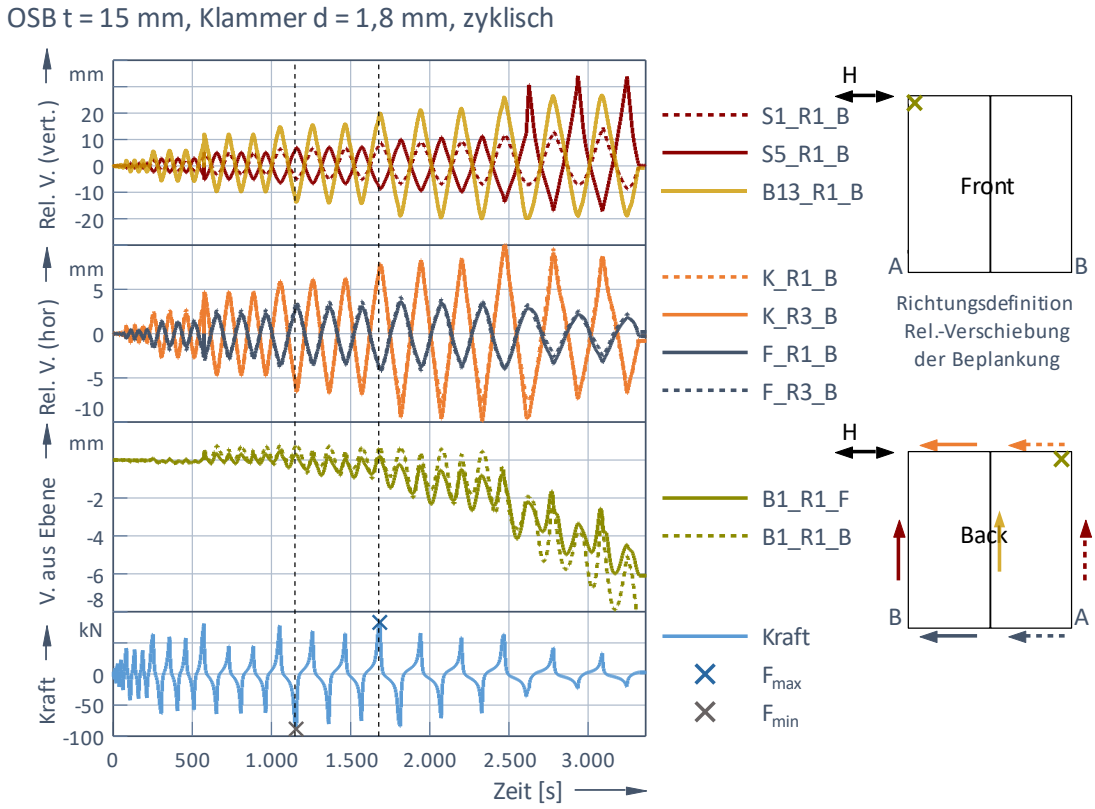


Abbildung B-312: Wegmessungen an der Beplankung; WT 13_c_1

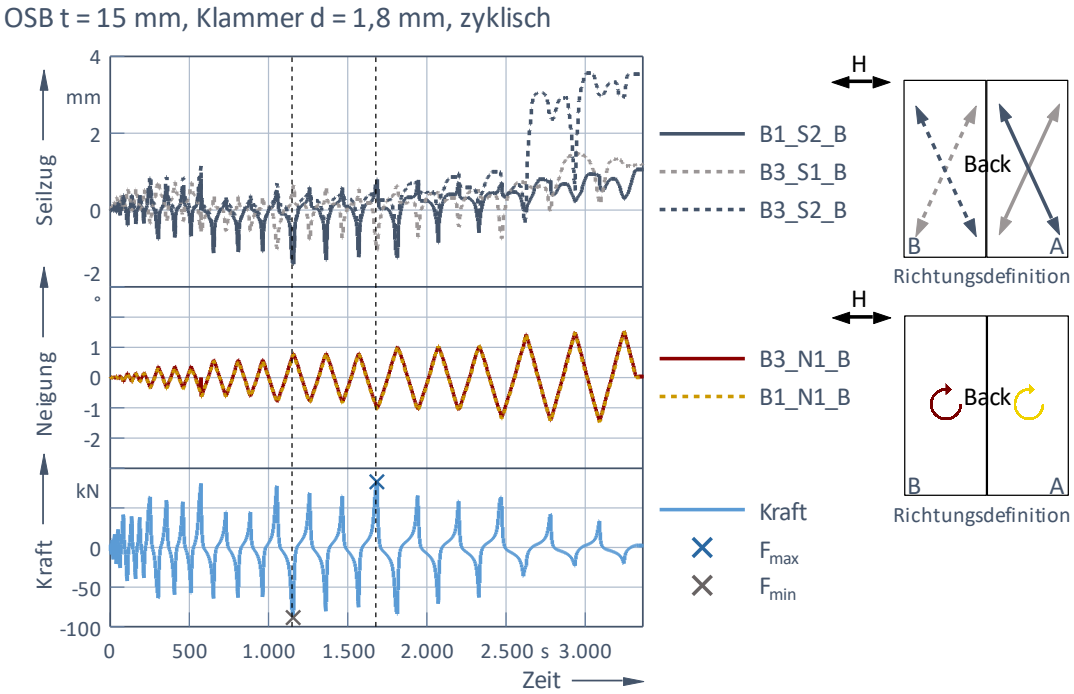


Abbildung B-313: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 13_c_1

Wandtafel 13_c_2

Tabelle B-28: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 13_c_2

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

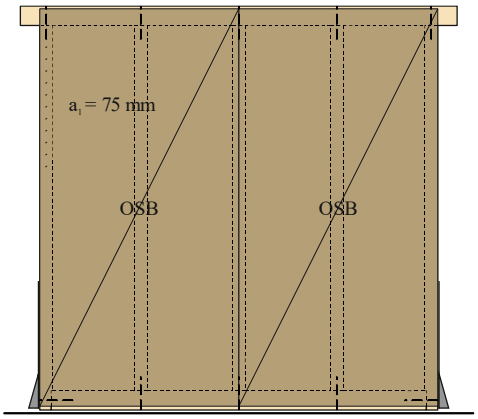


Abbildung B-314: Wandtafel 13_c_2

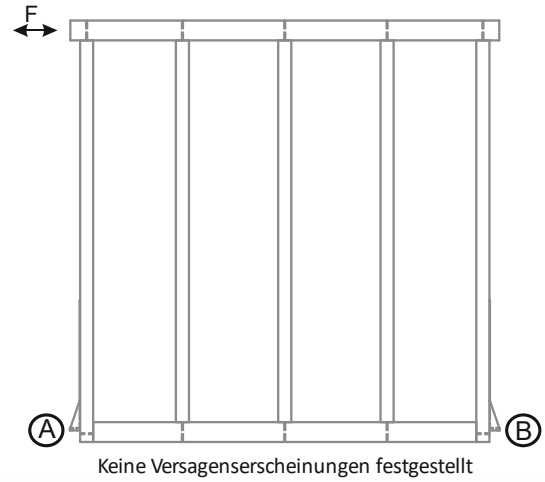
Untersuchung		
Datum	15.01.2024	
Raumtemperatur T	18,8 °C	
Raumfeuchte R_H	33 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 387 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 436 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 411.	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 411 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,6 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Zyklisch
Belastung	1,0 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximal-/Minimalkraft	88,2 kN / -83,0 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

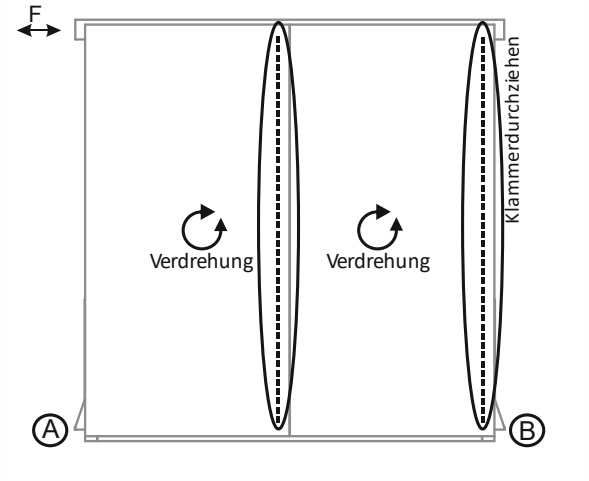
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Einzelplatten
- Ablösen der Ecken unten bei 50 mm
- Ablösen der oberen Ecken bei 65 mm
- Klammerrücken durchziehen an S3 (Platten 1) und S5 (Platten 3) vorne und hinten
- Schieben der Platten 1 auf die Platten 3 im Stoß vorne und hinten

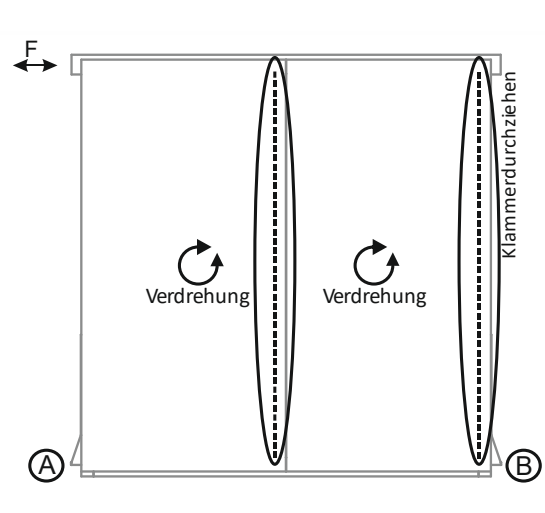
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)

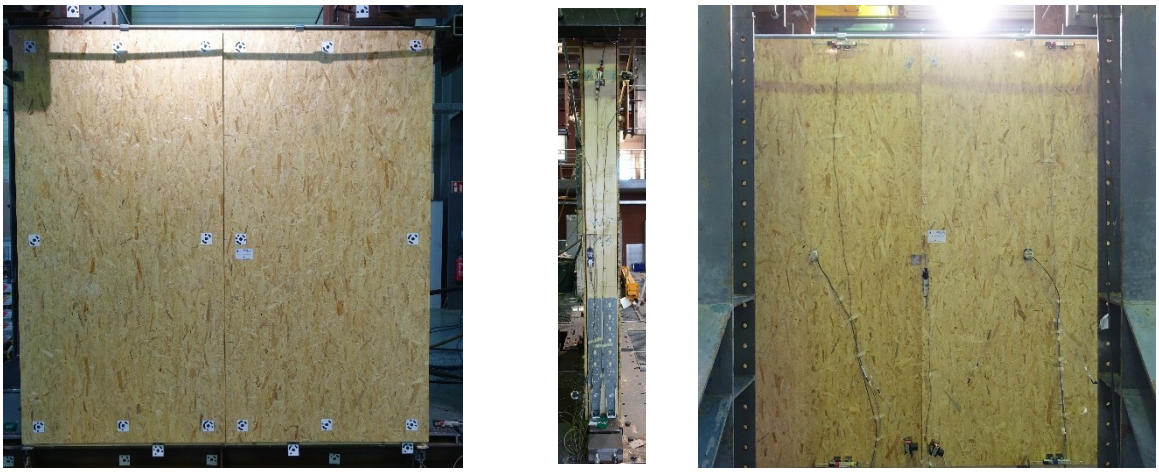


(b)

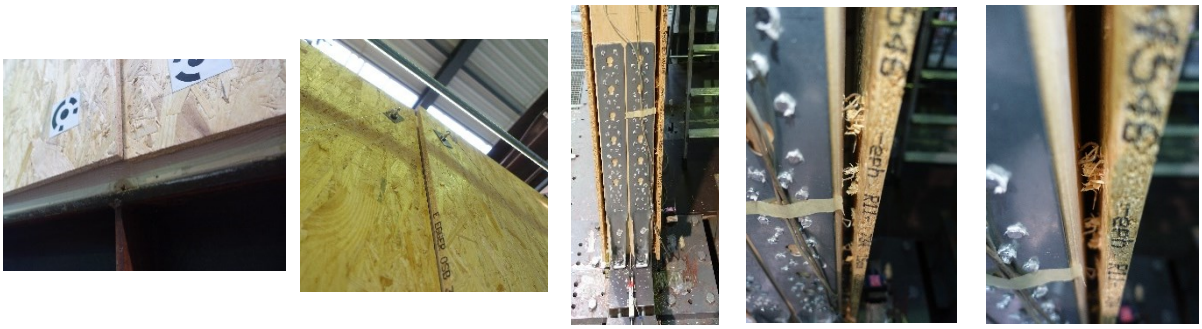


(c)

Abbildung B-315: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung front (b) und Beplankung back; WT 13_c_2



(a) (b) (c)



(d) (e) (f) (g) (h)

Abbildung B-316: Vorderansicht nach Versuch (a), Seitenansicht S1 (b), Rückansicht nach Versuch (c), Aufeinander schieben der Platten 1 auf Platten 3 vorne (d) und hinten (e), Ablösen der Beplankung an S5 (f), Klammerdurchziehen an S5 (g-h); WT 13_c_2

Untersuchungsergebnisse

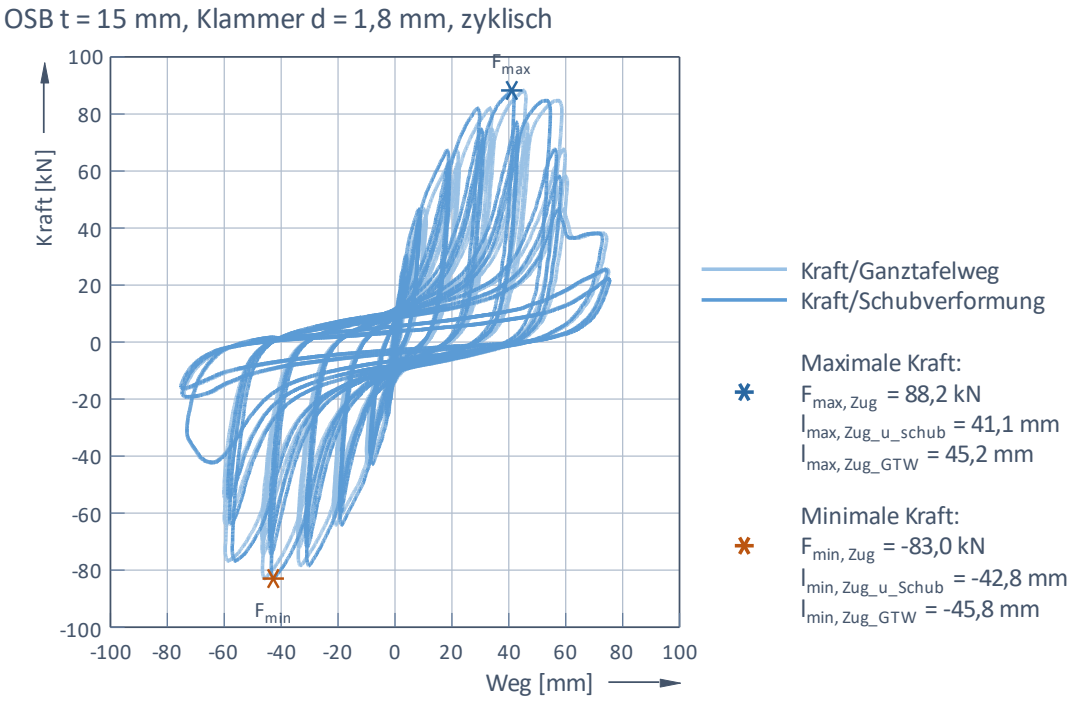


Abbildung B-317: Last-Verformungskurve über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 13_c_2

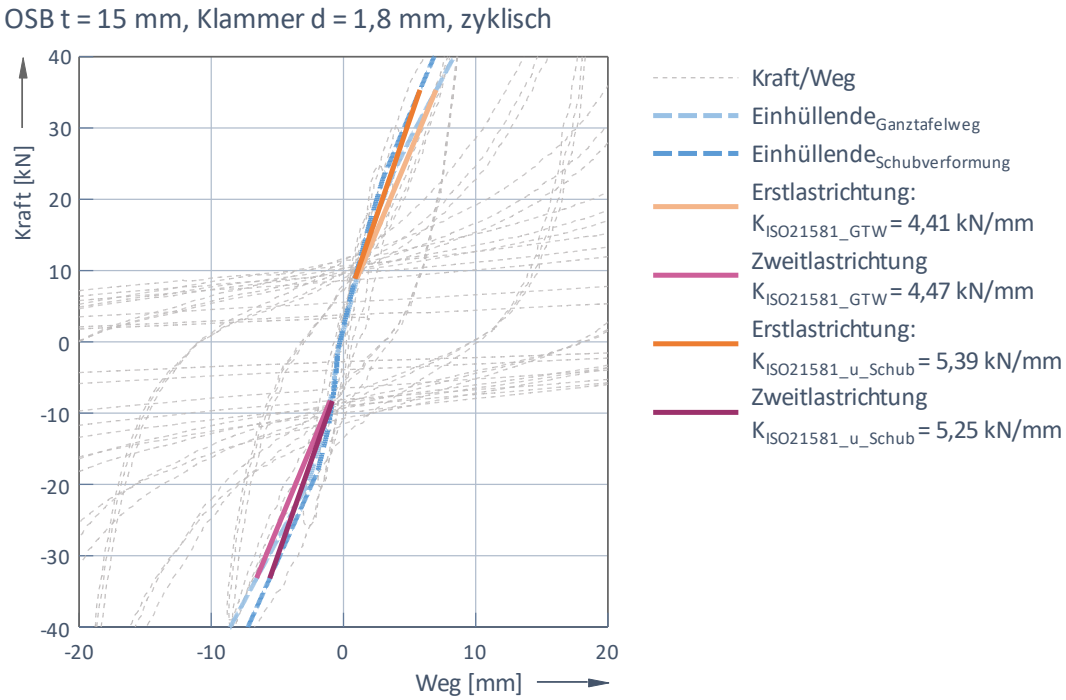


Abbildung B-318: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 13_c_2

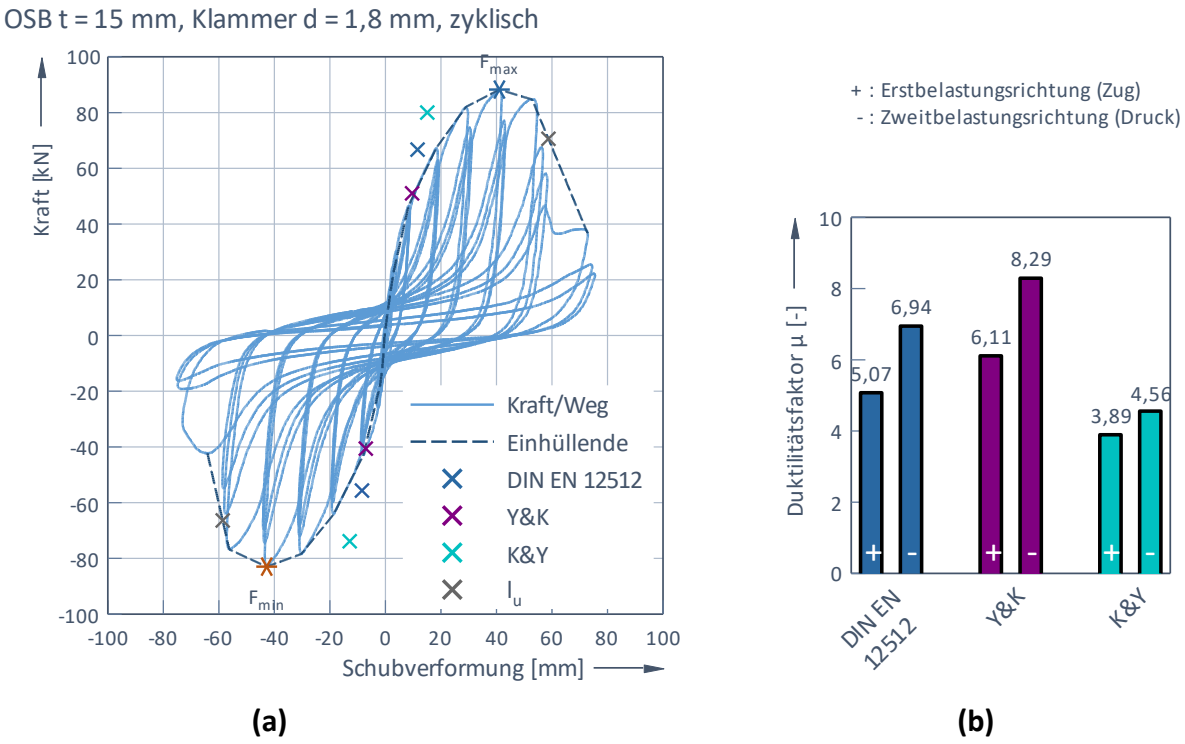


Abbildung B-319: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 13_c_2

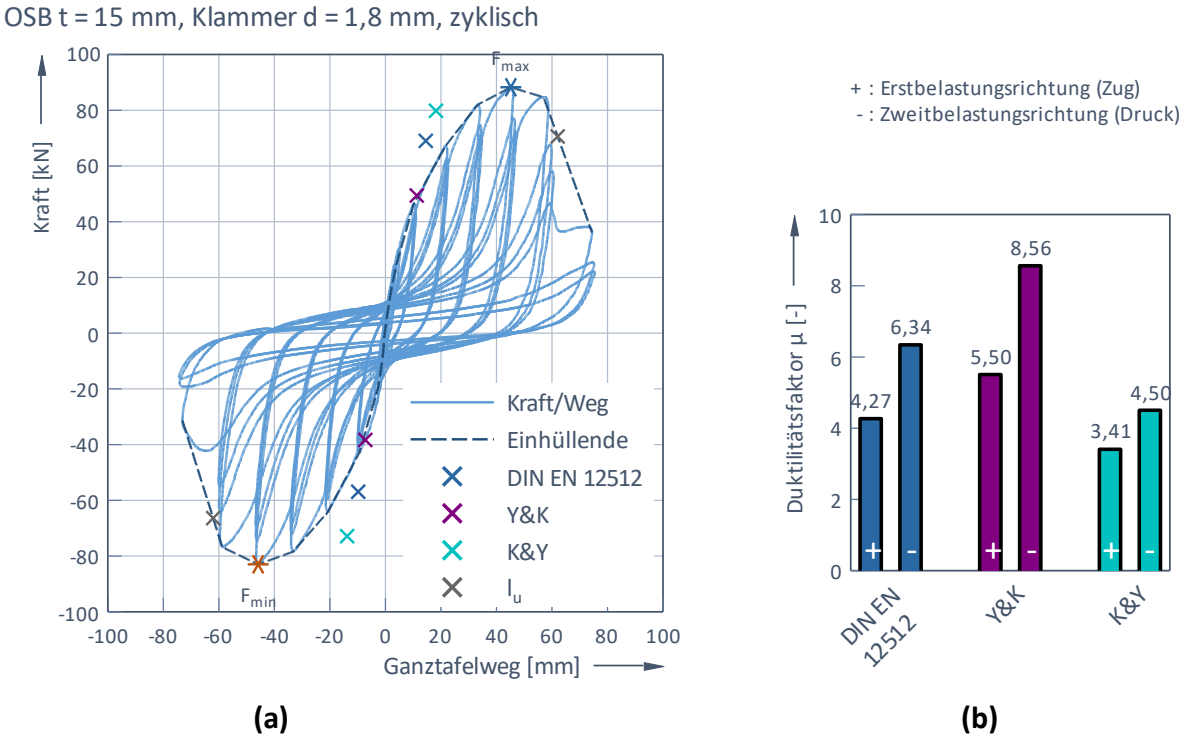


Abbildung B-320: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 13_c_2

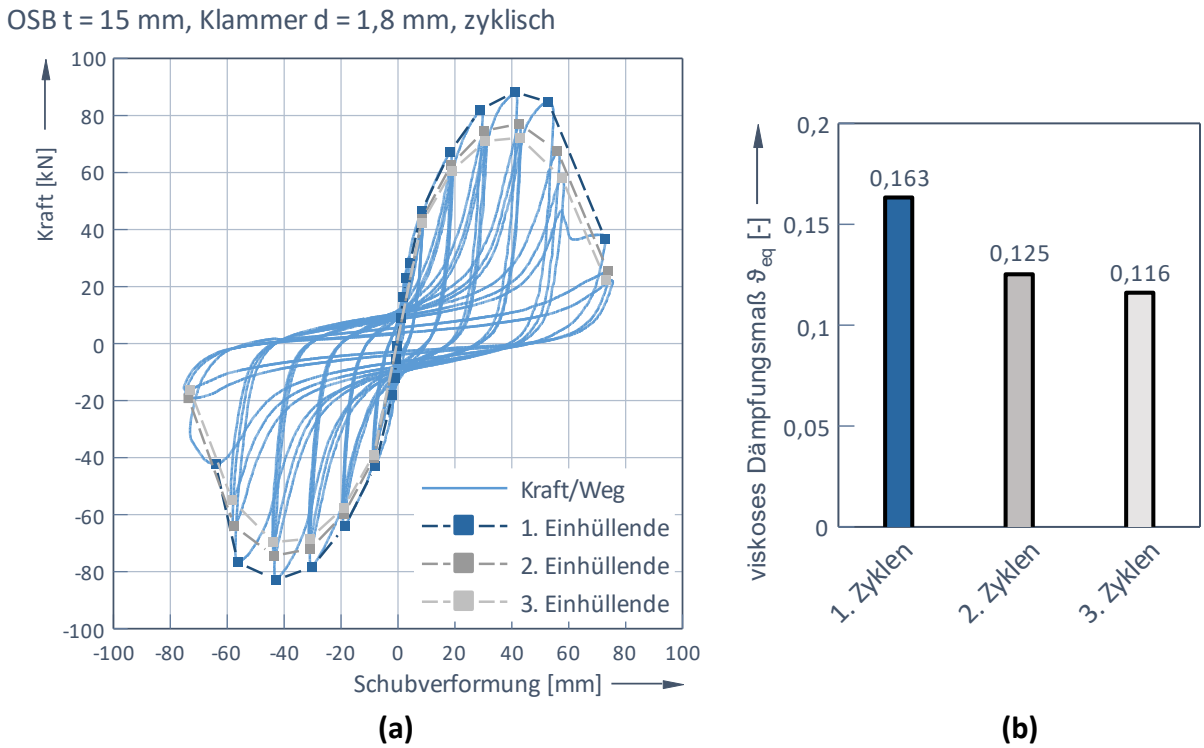


Abbildung B-321: Einhüllende (a) und Vergleich des mittleren viskosen Dämpfungsmaßes in den ersten bis dritten Gesamtzyklen der 3er-Zyklen-Kollektive (b); WT 13_c_2

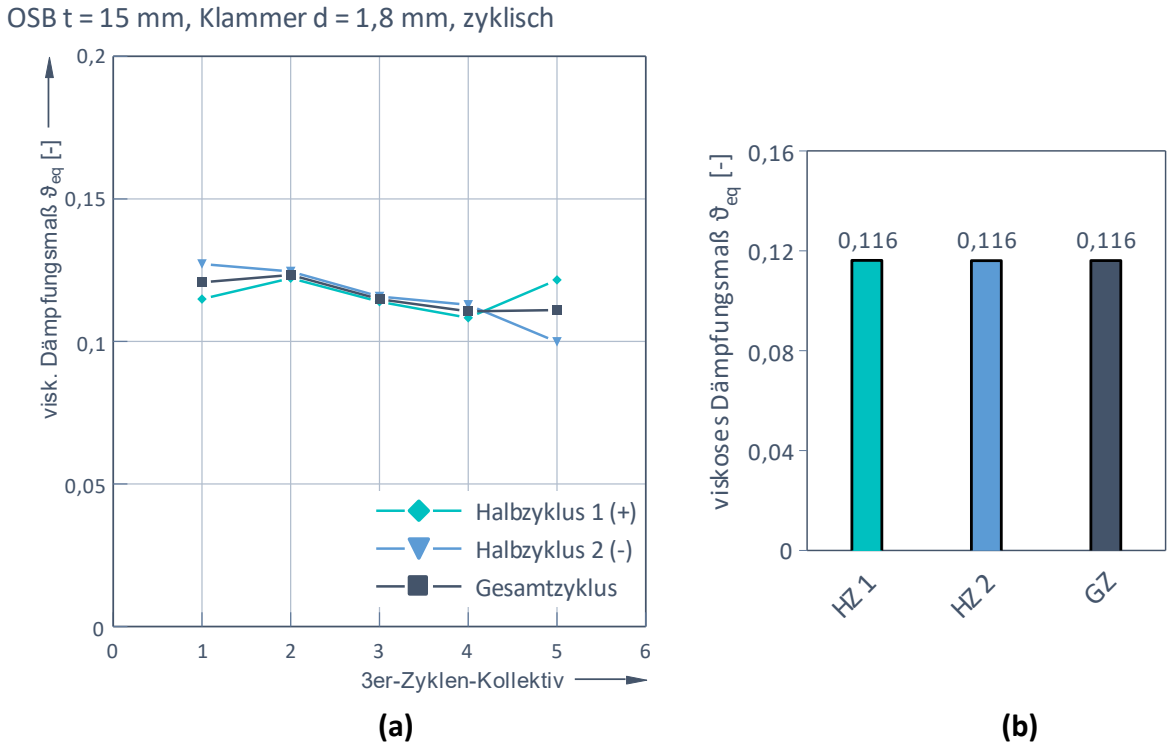


Abbildung B-322: Vergleich des viskosen Dämpfungsmaßes als Einzelwerte (a) und Mittelwerte (b) der dritten Zyklen der 3er-Zyklen-Kollektive; WT 13_c_2

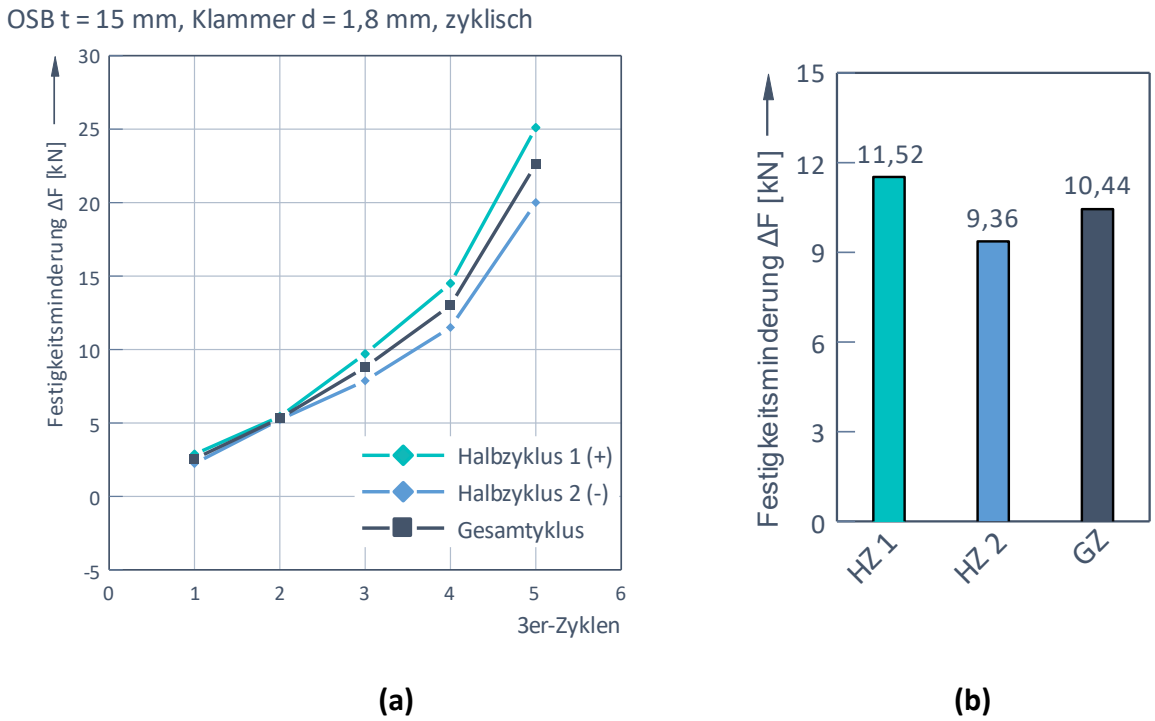


Abbildung B-323: Vergleich der Festigkeitsminderung der 3er-Zyklen-Kollektive als Einzelwerte je Zyklus (a) und als Mittelwerte je Halbzyklus (b); WT 13_c_2

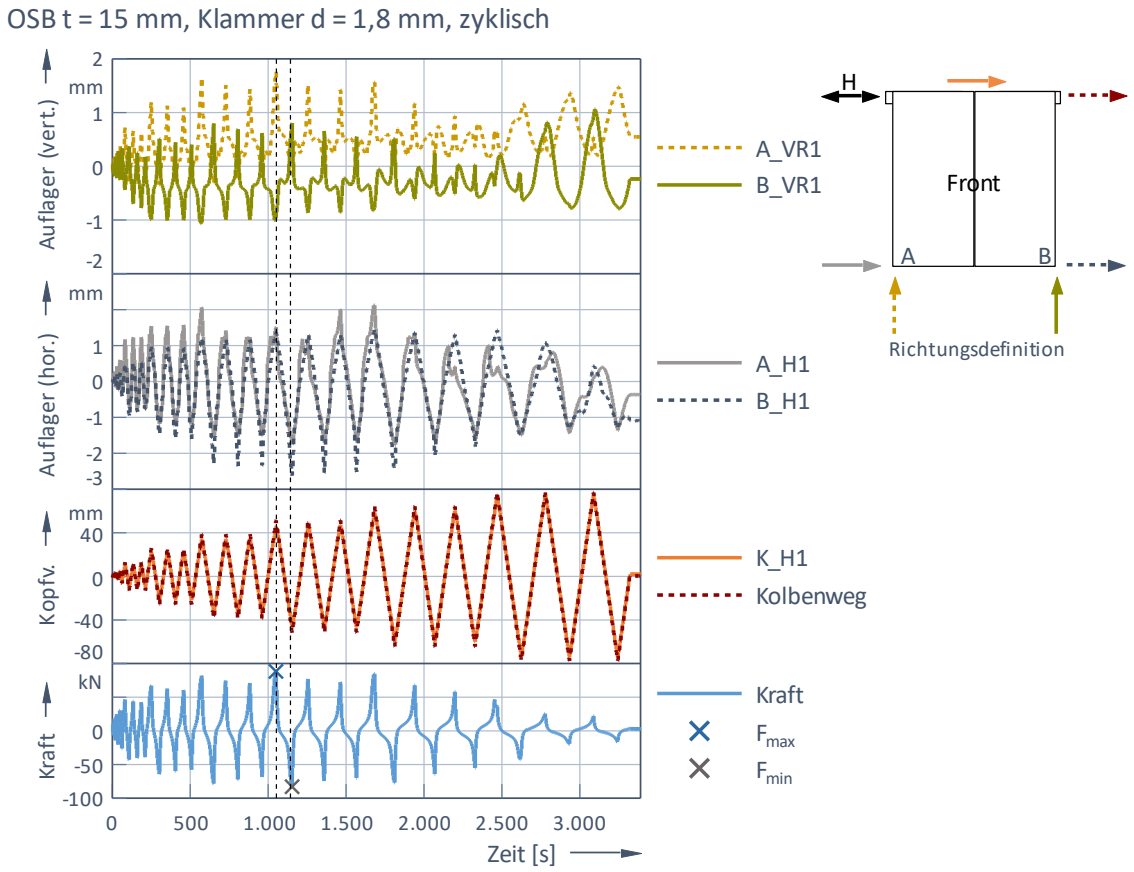


Abbildung B-324: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 13_c_2

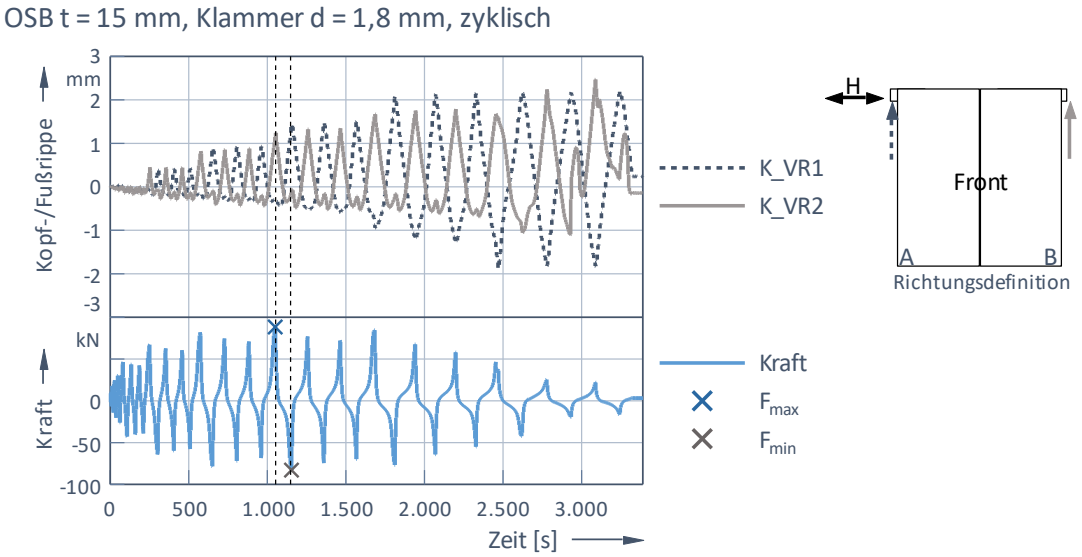


Abbildung B-325: Wegmessungen am Rähm WT 13_c_2

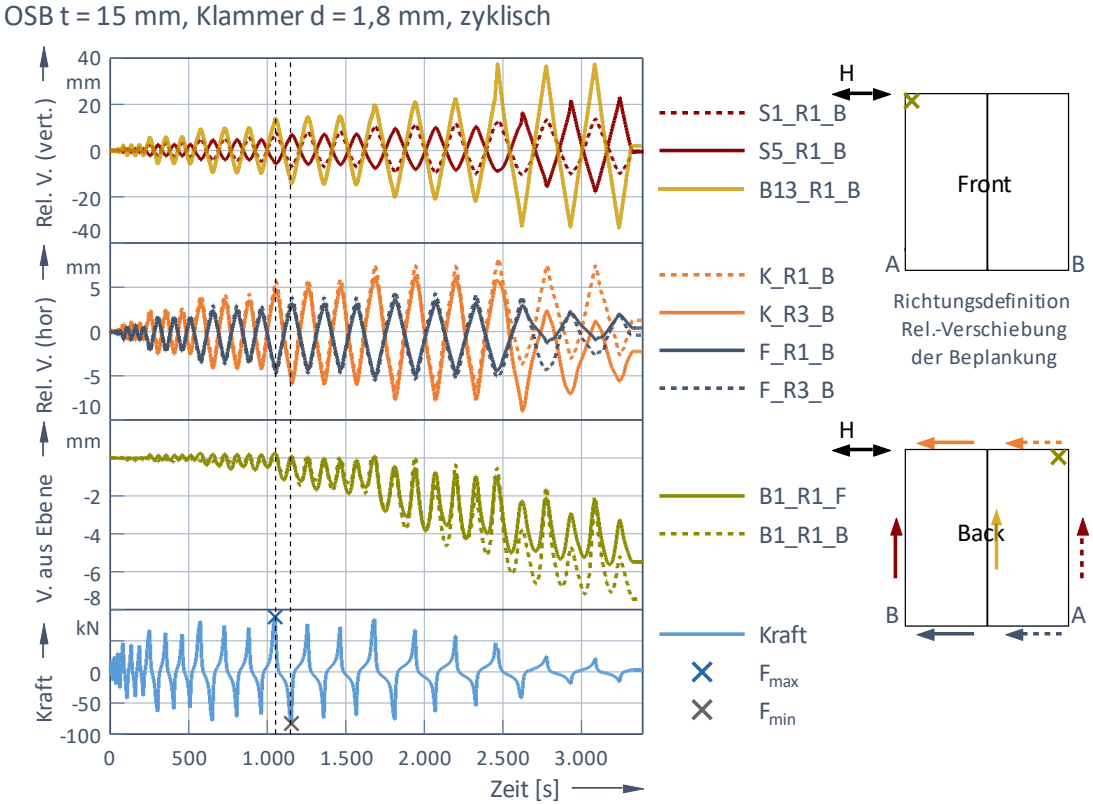


Abbildung B-326: Wegmessungen an der Beplankung; WT 13_c_2

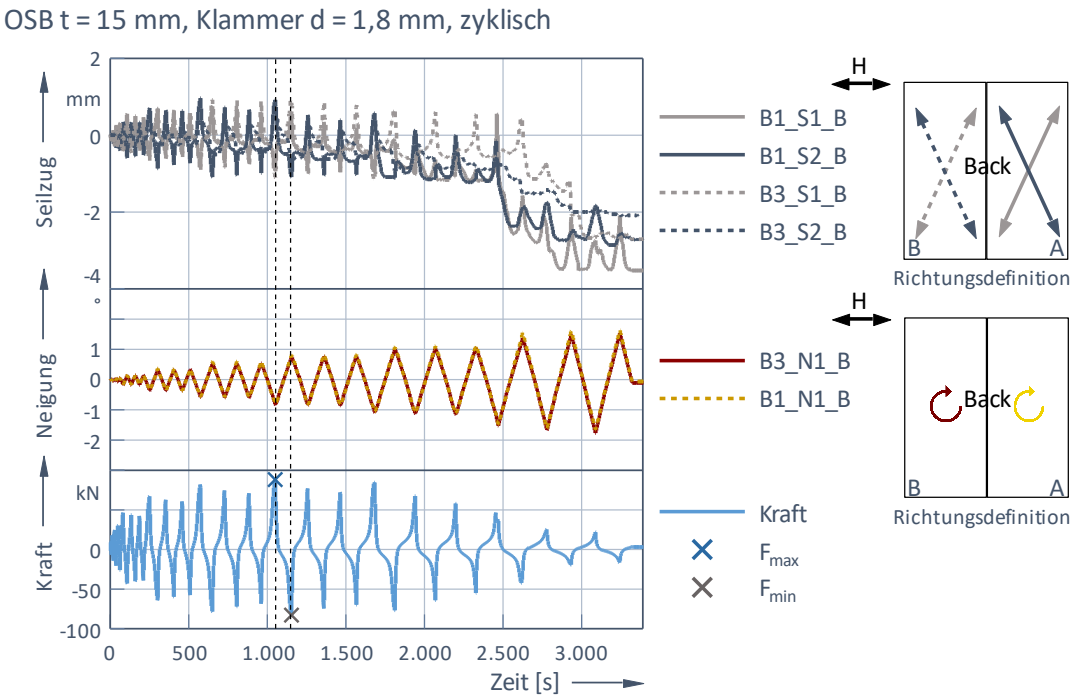


Abbildung B-327: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 13_c_2

Wandtafel 13_c_3

Tabelle B-29: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 13_c_3

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

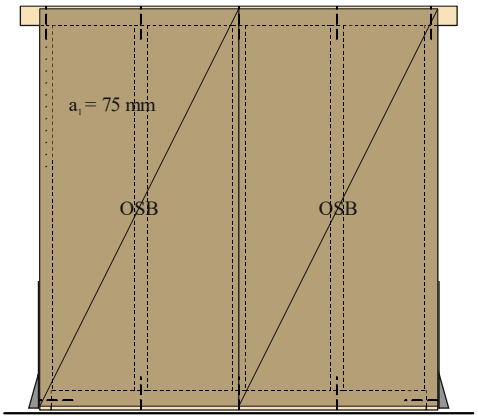


Abbildung B-328: Wandtafel 13_c_3

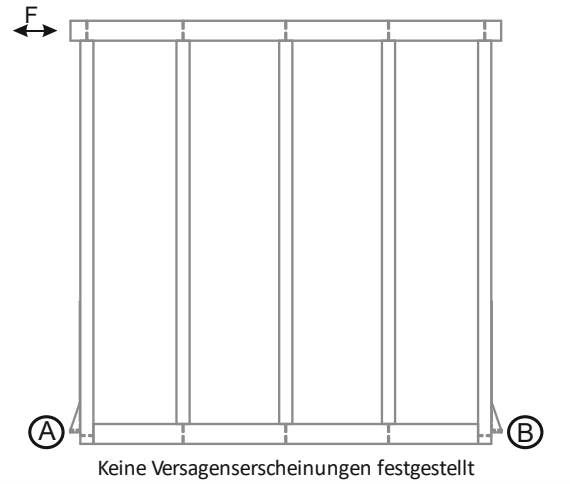
Untersuchung		
Datum	16.01.2024	
Raumtemperatur T	19,8 °C	
Raumfeuchte R_H	30 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 385 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 432 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 416. kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 411 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,8 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Zyklisch
Belastung	1,0 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximal-/Minimalkraft	92,7 kN / -87,9 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

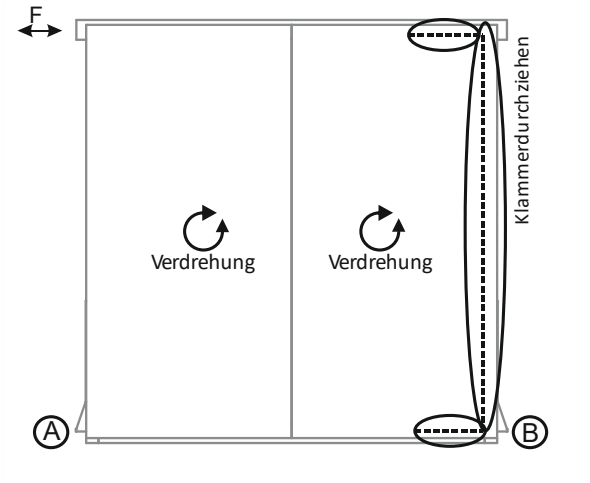
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Einzelplatten
- Versuch nicht bis l_u gefahren
- Klammerrücken durchziehen an S5 (Platten 3) vorne und hinten
- Klammern an S1 nicht vollständig durchgezogen

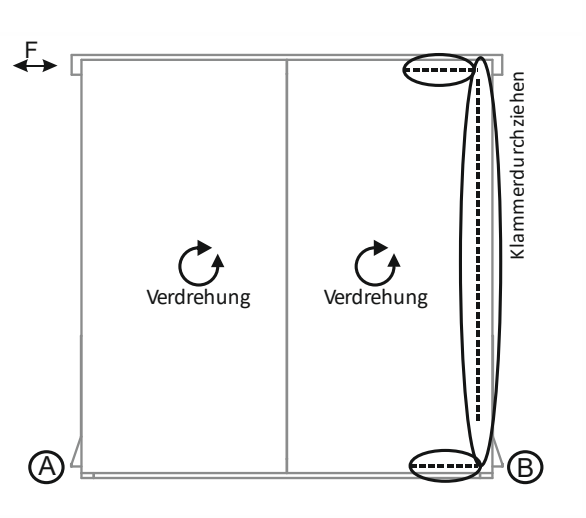
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)



(b)

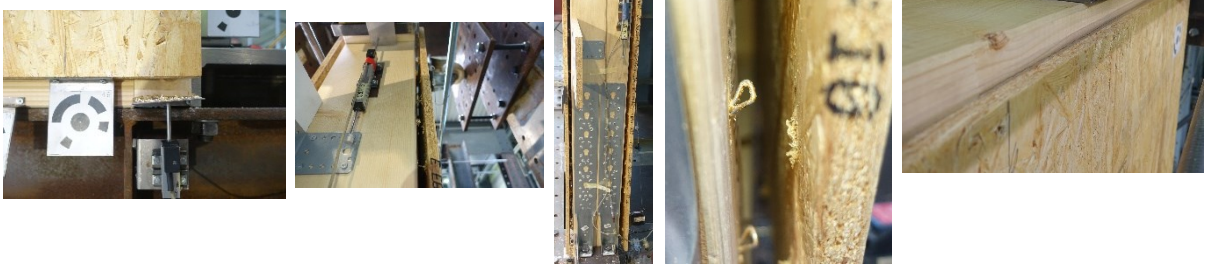


(c)

Abbildung B-329: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung front (b) und Beplankung back; WT 13_c_3



(a) (b) (c)



(d) (e) (f) (g) (h)

Abbildung B-330: Vorderansicht nach Versuch (a), Seitenansicht S1 (b), Rückansicht nach Versuch (c), Auflager B (d), Ablösen der Beplankung an S5 oben (e) und unten (f), Klammerdurchziehen an S5 hinten (g), Ablösen der Beplankung vorne (h); WT 13_c_3

Untersuchungsergebnisse

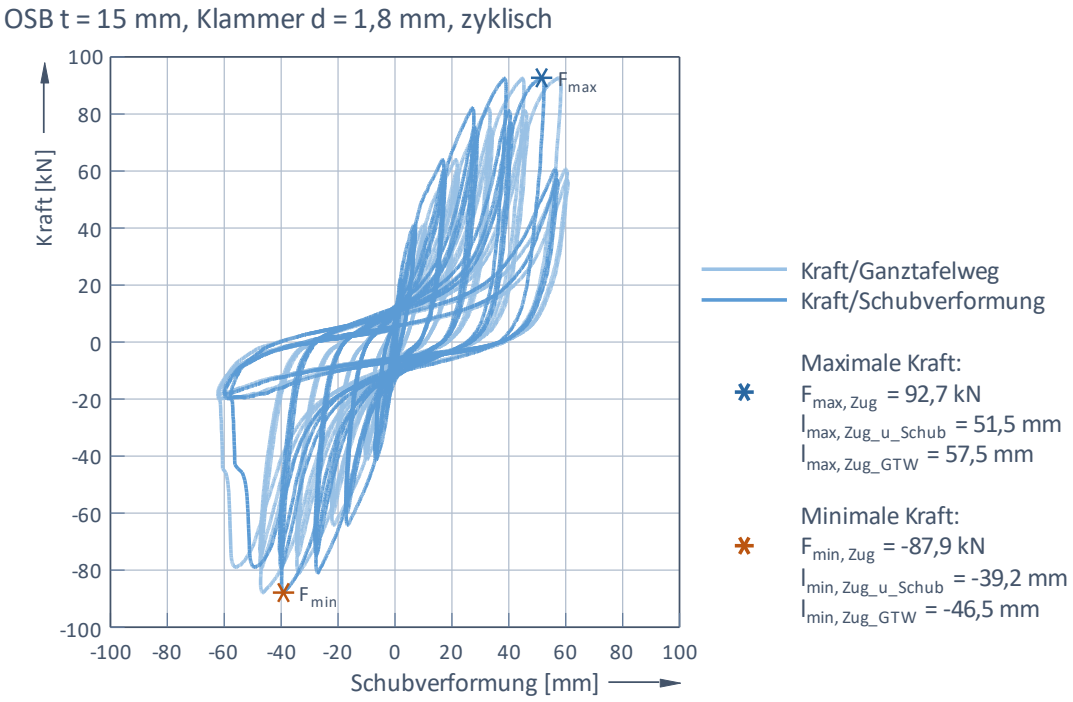


Abbildung B-331: Last-Verformungskurve über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 13_c_3

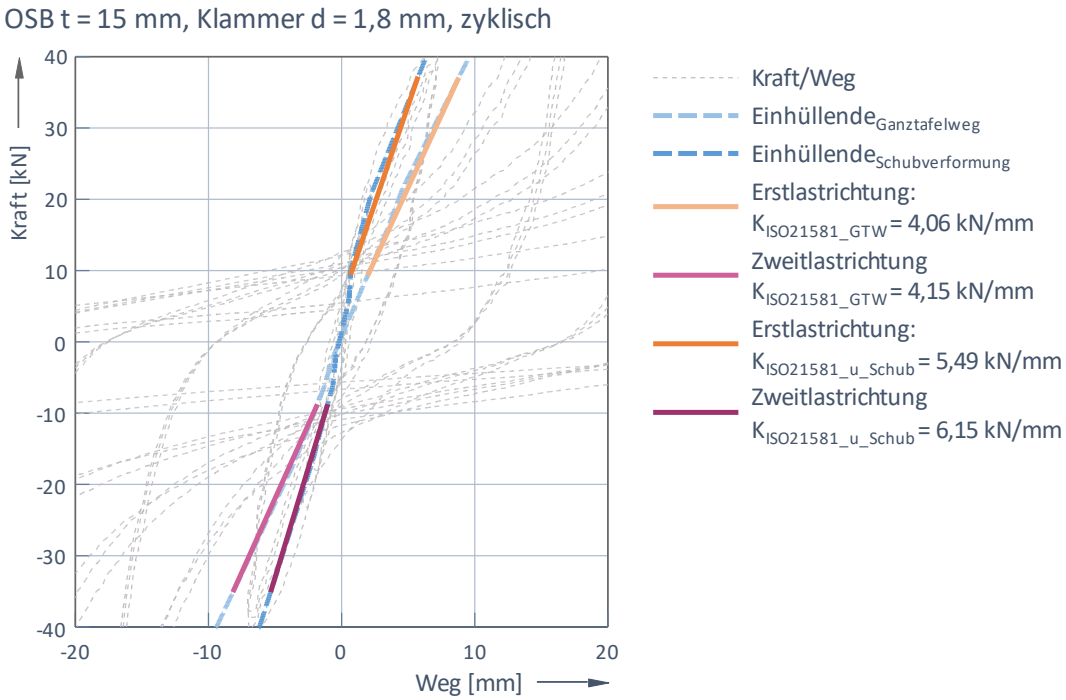


Abbildung B-332: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 13_c_3

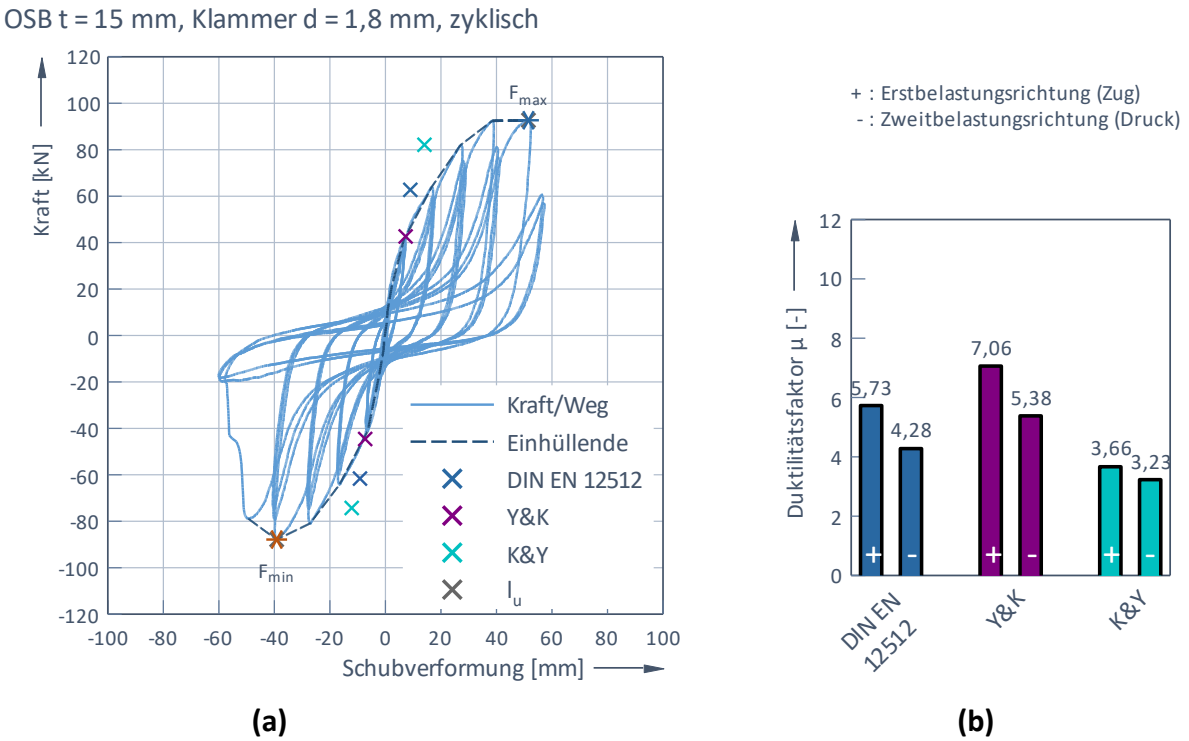


Abbildung B-333: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 13_c3

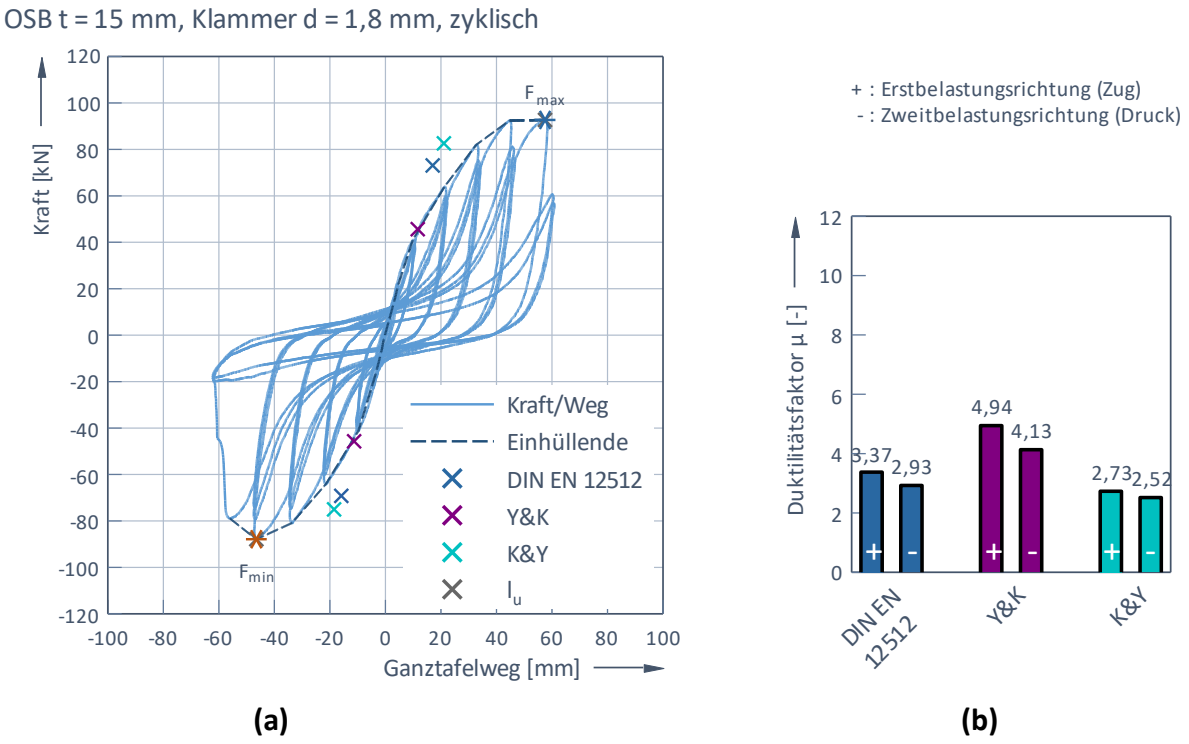


Abbildung B-334: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 13_c_3

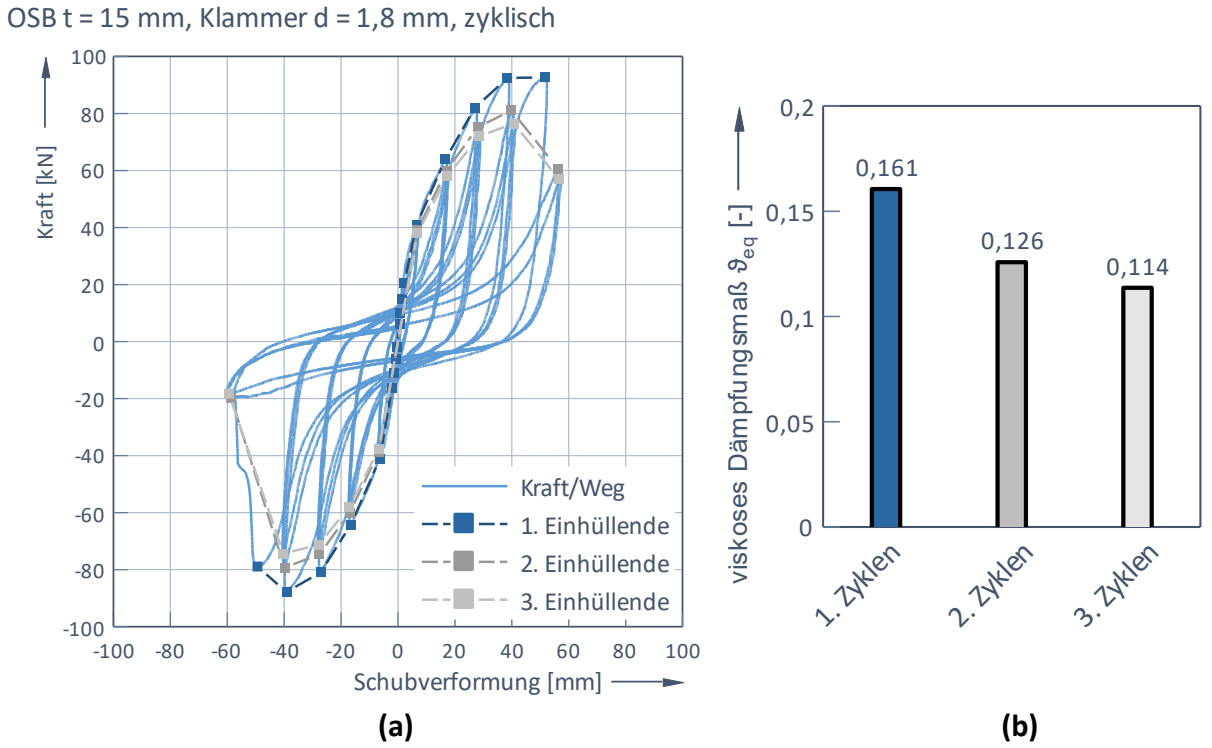


Abbildung B-335: Einhüllende (a) und Vergleich des mittleren viskosen Dämpfungsmaßes in den ersten bis dritten Gesamtzyklen der 3er-Zyklen-Kollektive (b); WT 13_c_1

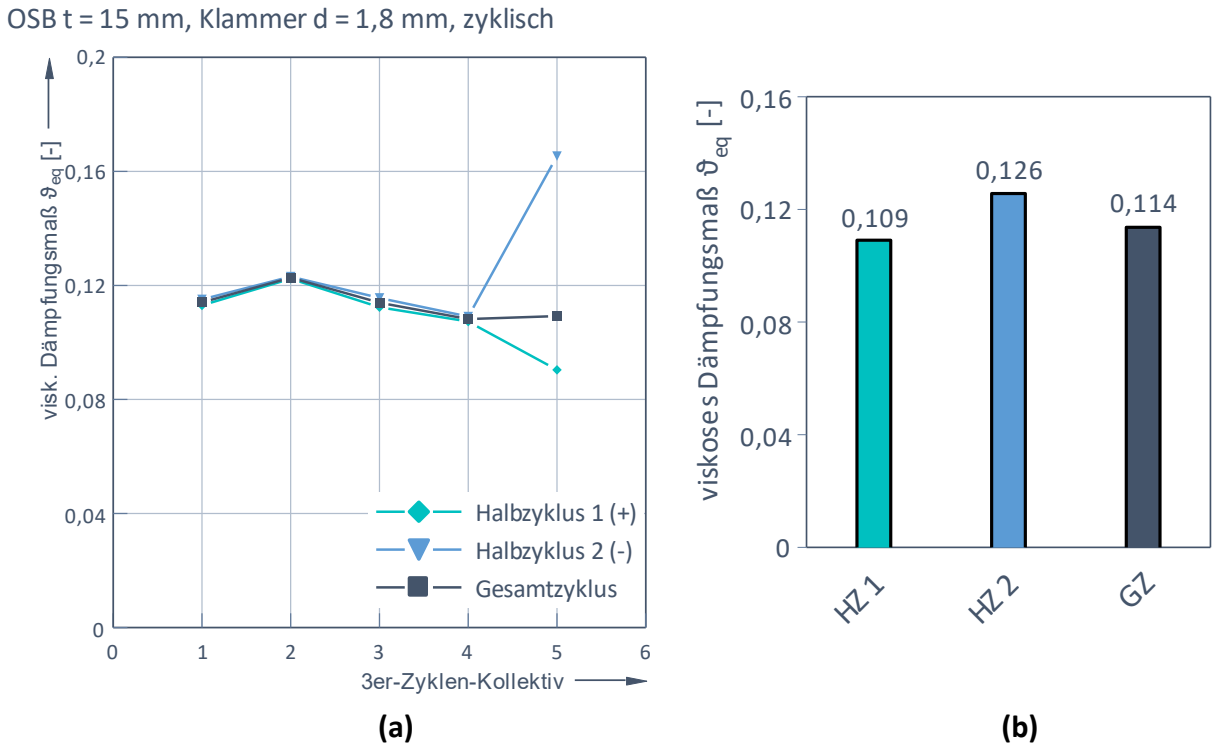


Abbildung B-336: Vergleich des viskosen Dämpfungsmaßes als Einzelwerte (a) und Mittelwerte (b) der dritten Zyklen der 3er-Zyklen-Kollektive; WT 13_c_3

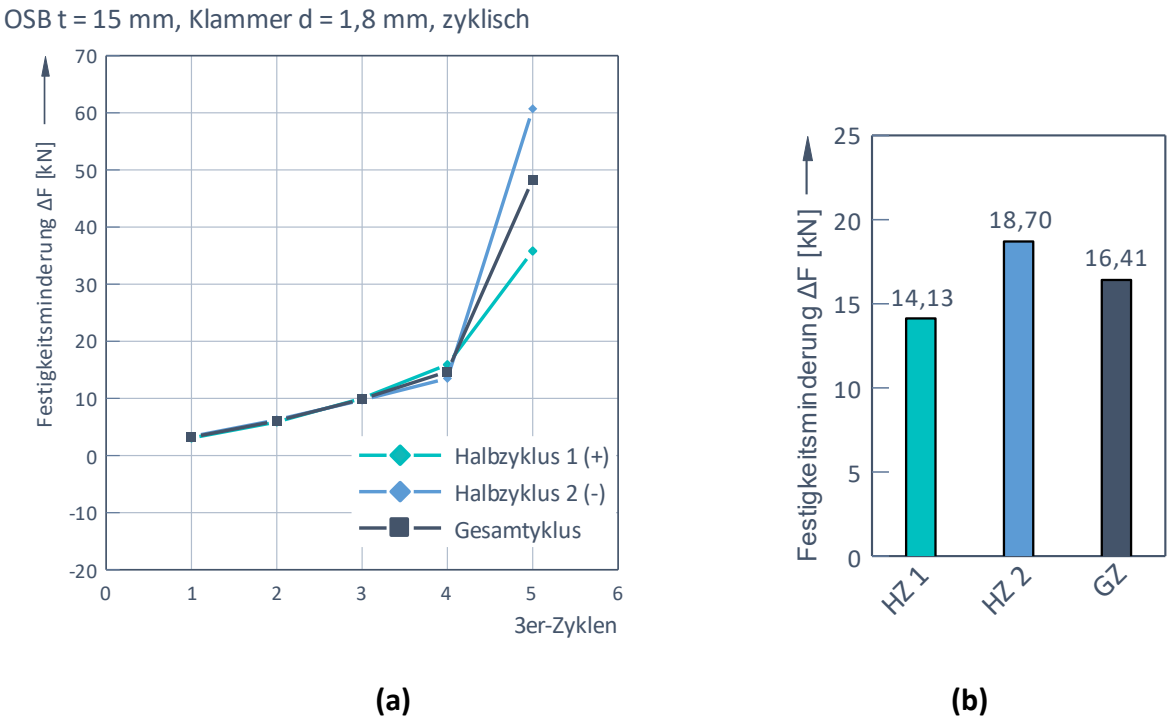


Abbildung B-337: Vergleich der Festigkeitsminderung der 3er-Zyklen-Kollektive als Einzelwerte je Zyklus (a) und als Mittelwerte je Halbzyklus (b); WT 13_c_3

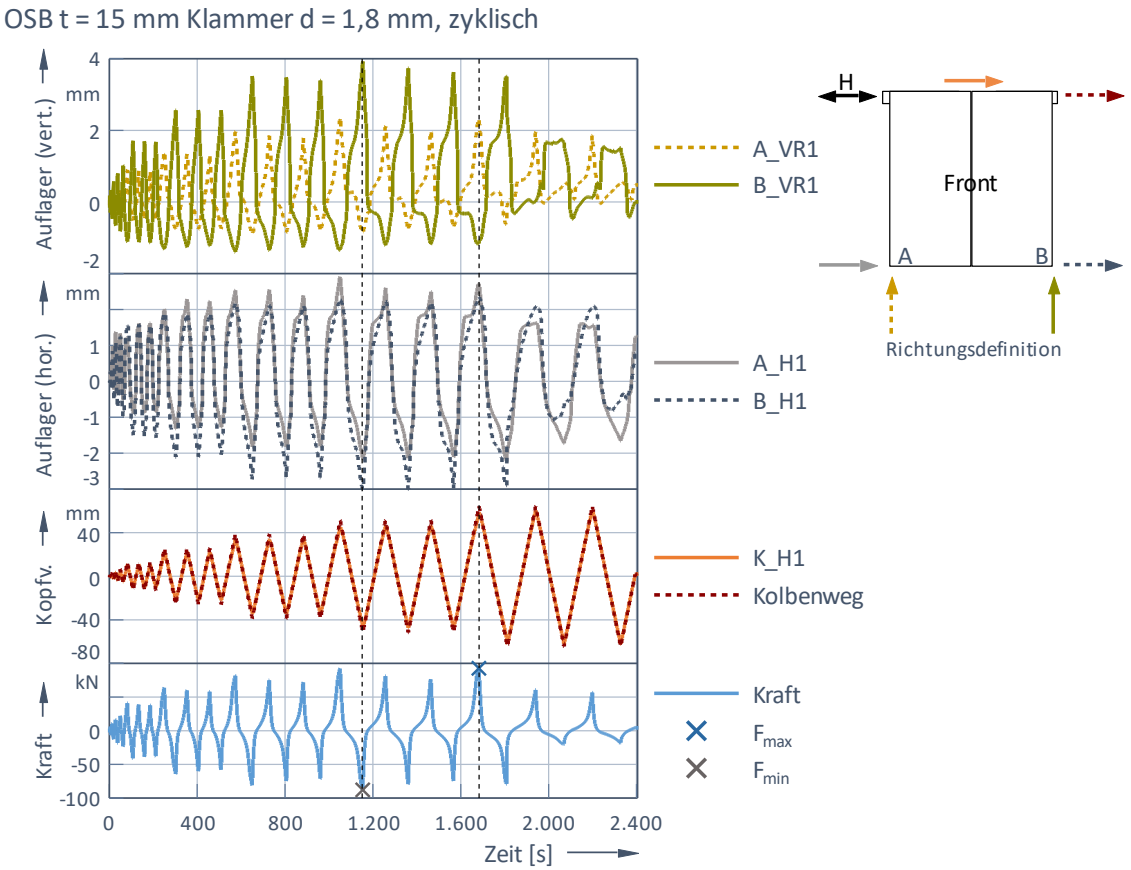


Abbildung B-338: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 13_c_3

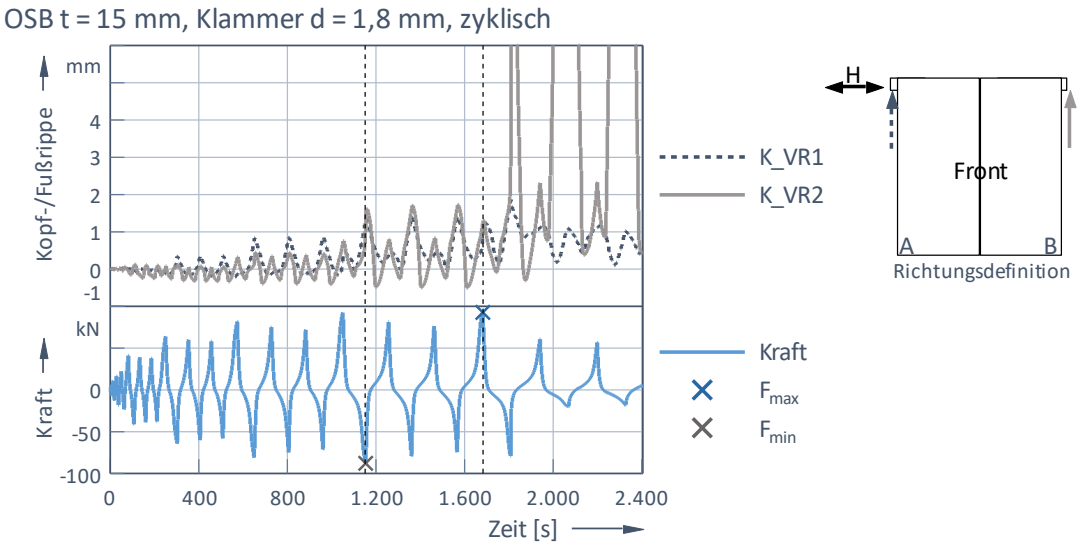


Abbildung B-339: Wegmessungen am Rähm WT 13_c_3

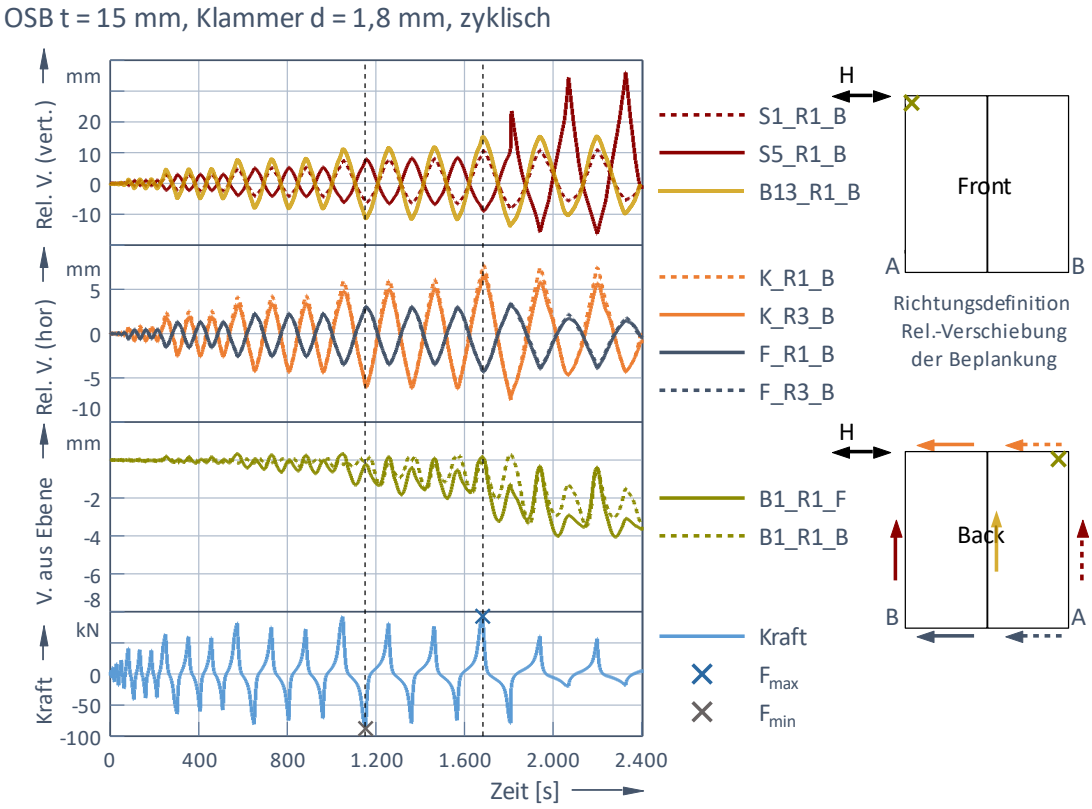


Abbildung B-340: Wegmessungen an der Beplankung; WT 13_c_3

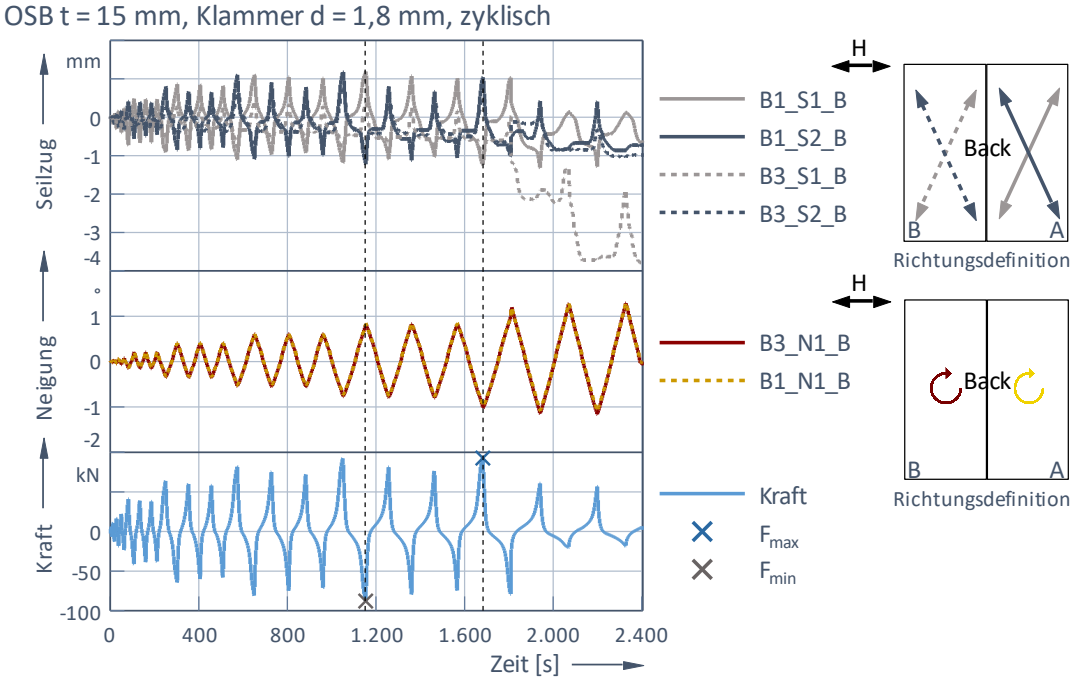


Abbildung B-341: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 13_c_3

Wandtafel 14_c_1_dSt

Tabelle B-30: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 14_c_1_dSt

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 37,5 mm	
Bekleidung 1:	Keine	
Bekleidung 2:	Keine	

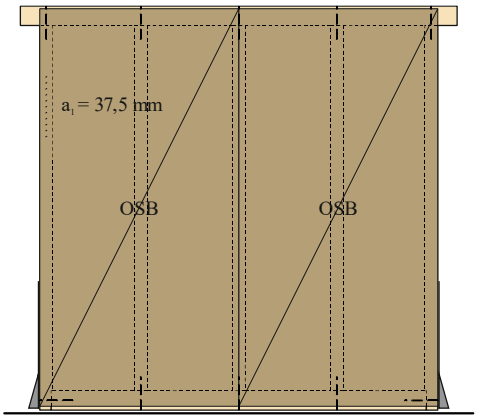


Abbildung B-342: Wandtafel 14_c_1

Untersuchung		
Datum	19.01.2024	
Raumtemperatur T	20,1 °C	
Raumfeuchte R_H	29 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 419 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 401 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 437. kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 419 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	13,4 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Zyklisch
Belastung	1,5 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximal-/Minimalkraft	178,4 kN / -165,5 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Einzelplatten
- Plastische Ankerverformung in Richtung des Zylinders
- Querdruckpressung von S1 und S5 an den Auflagern
- Klammerrücken durchziehen an S1 und S5 vorne und hinten
- Teilweise Klammerermüden an S1 und S5 beidseitig
- Herausspringen von S5 bei l_u

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

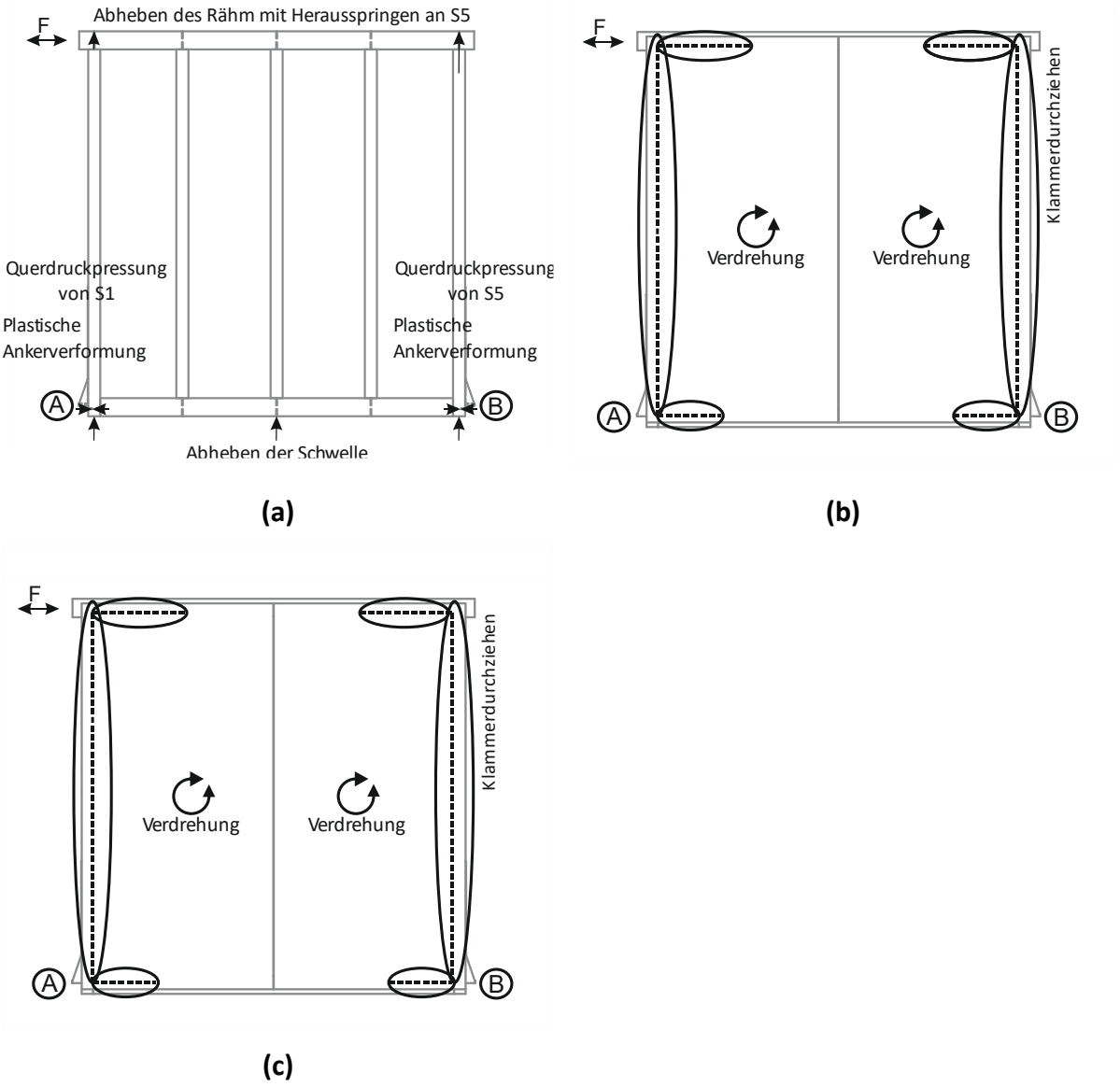


Abbildung B-343: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung front (b) und Beplankung back; WT 14_c_1



(a) (b) (c)



(d) (e) (f) (g) (h)

Abbildung B-344: Vorderansicht nach Versuch (a), Seitenansicht S1 (b), Rückansicht nach Versuch (c), Plastische Ankerverformung am Auflager B (d) Abgehobene Schwelle Auflager A vorne (e) und Klammerdurchziehen an S1 vorne (f), Herausspringen von S5 (g), Querdruckpressung an S5 (h); WT 14_c_1

Untersuchungsergebnisse

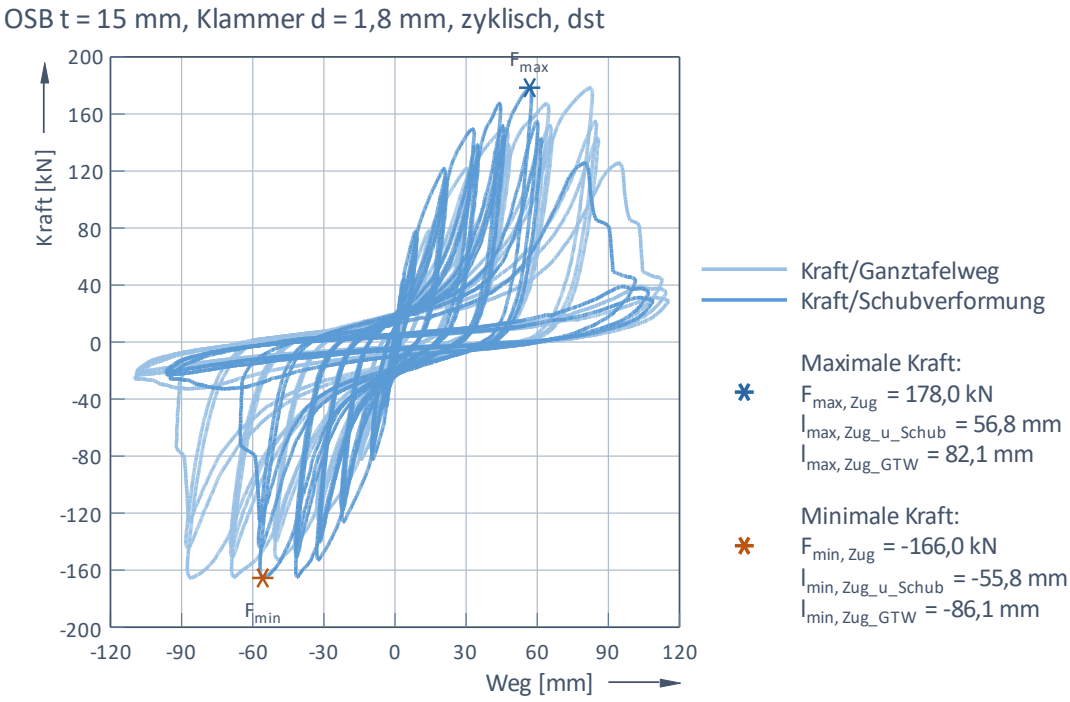


Abbildung B-345: Last-Verformungskurve über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 14_c_1

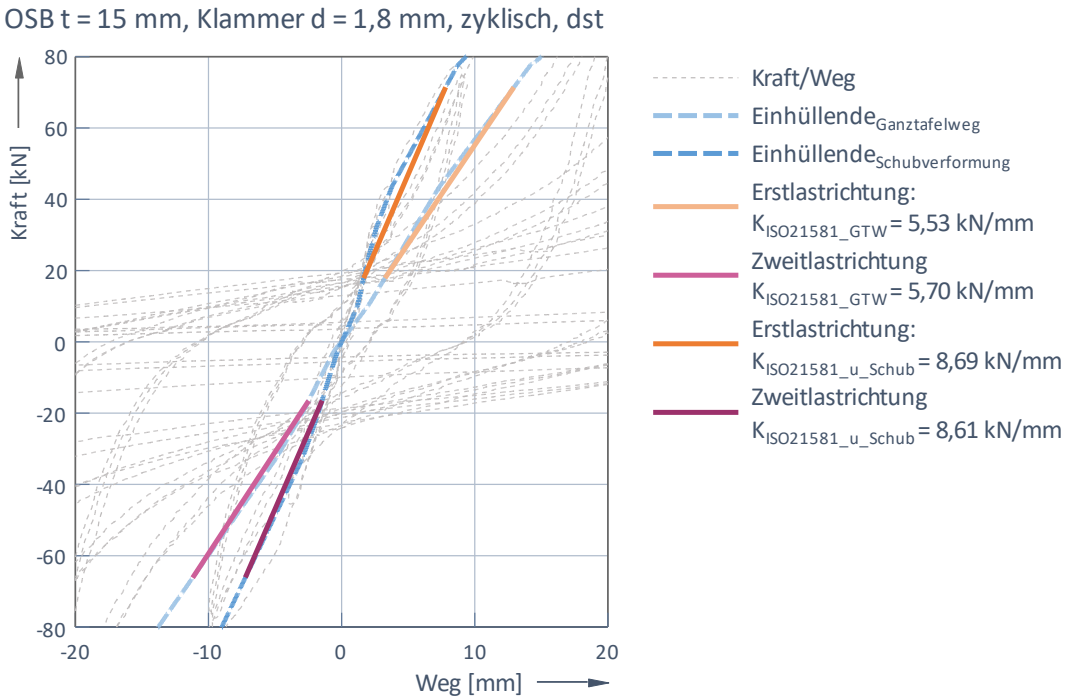


Abbildung B-346: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 14_c_1

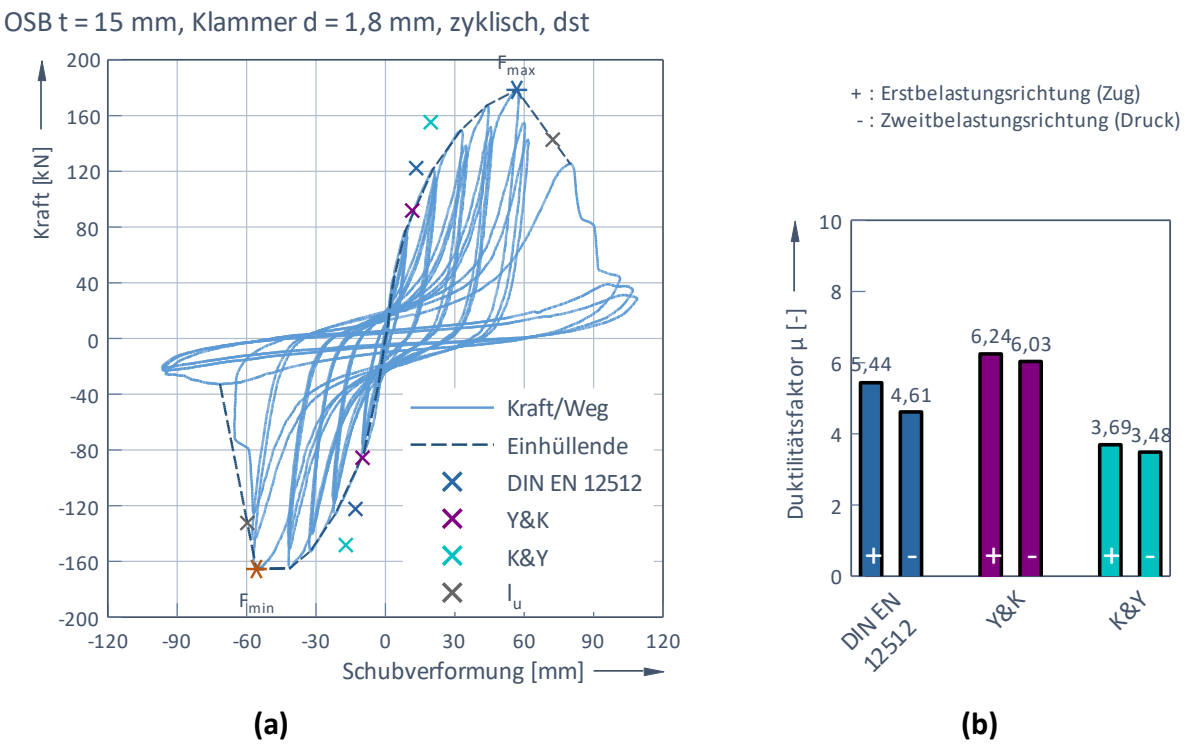


Abbildung B-347: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 14_c_1

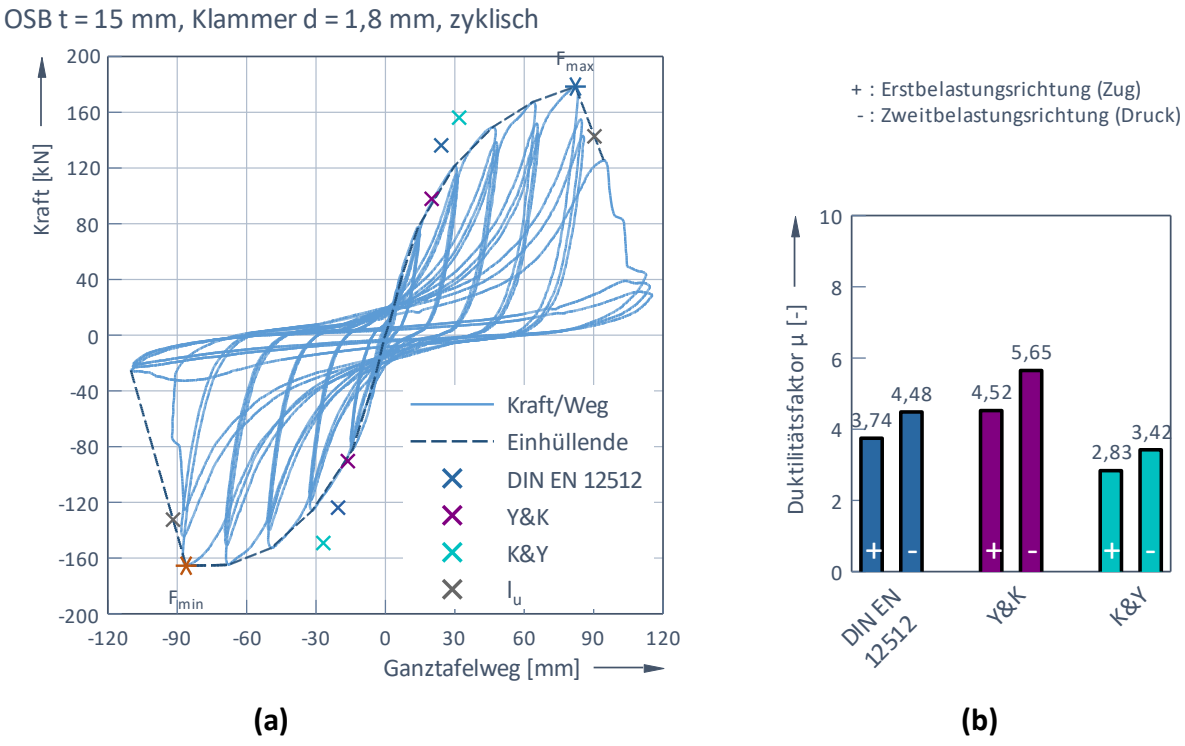


Abbildung B-348: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 14_c_1

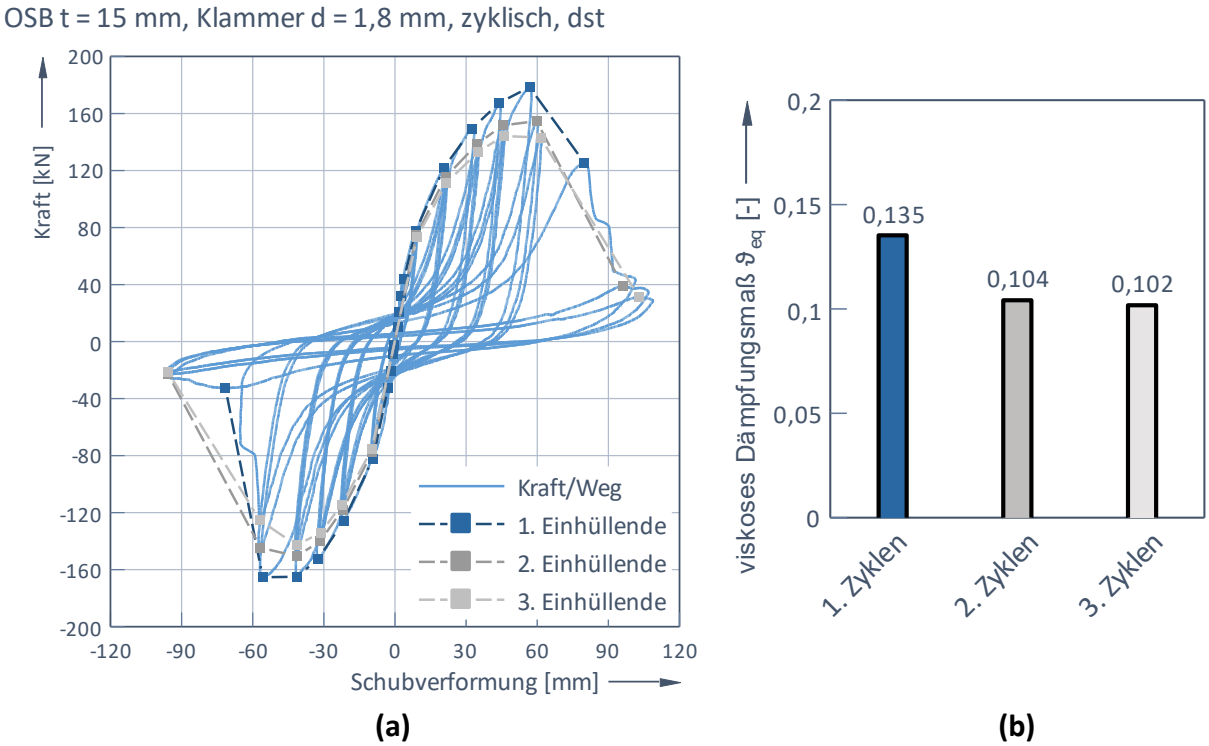


Abbildung B-349: Einhüllende (a) und Vergleich des mittleren viskosen Dämpfungsmaßes in den ersten bis dritten Gesamtzyklen der 3er-Zyklen-Kollektive (b); WT 14_c_1

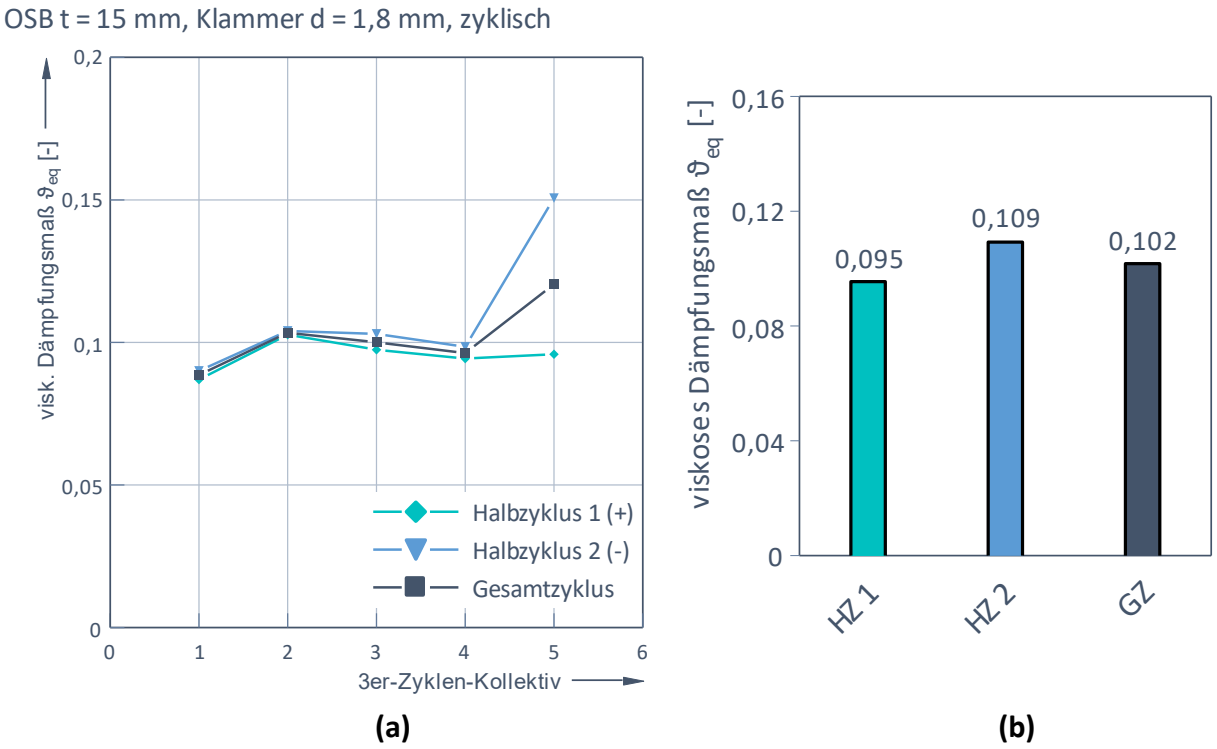


Abbildung B-350: Vergleich des viskosen Dämpfungsmaßes als Einzelwerte (a) und Mittelwerte (b) der dritten Zyklen der 3er-Zyklen-Kollektive; WT 14_c_1

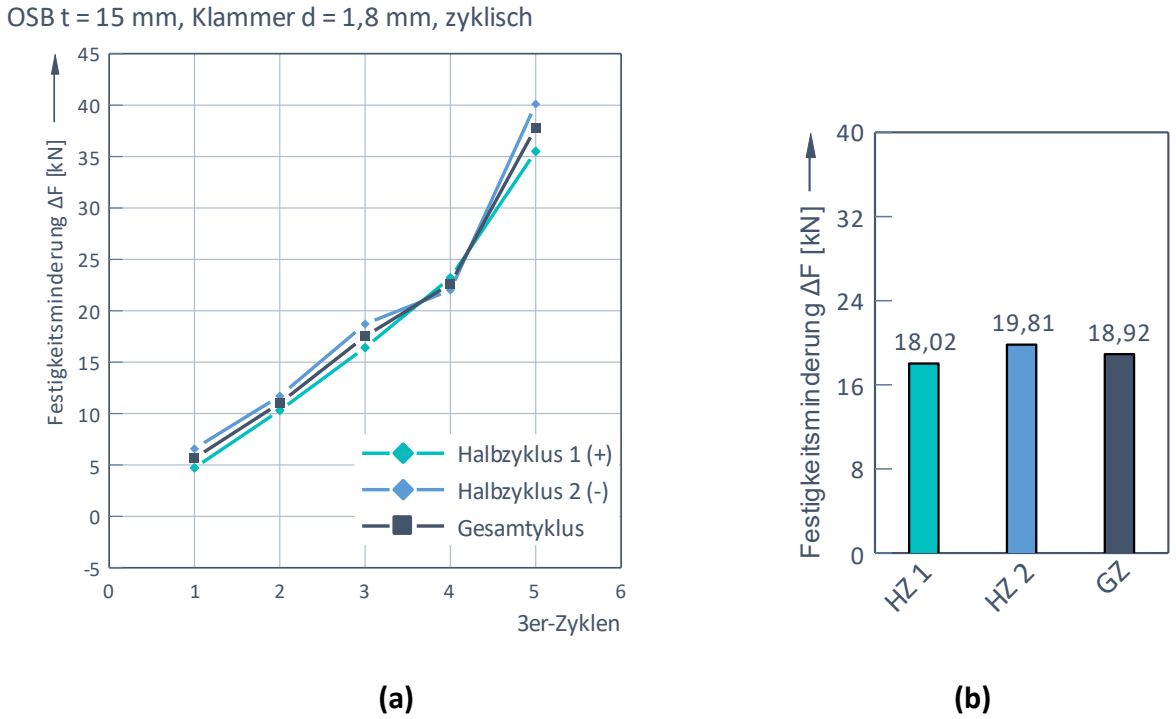


Abbildung B-351: Vergleich der Festigkeitsminderung der 3er-Zyklen-Kollektive als Einzelwerte je Zyklus (a) und als Mittelwerte je Halbzyklus (b); WT 14_c_1

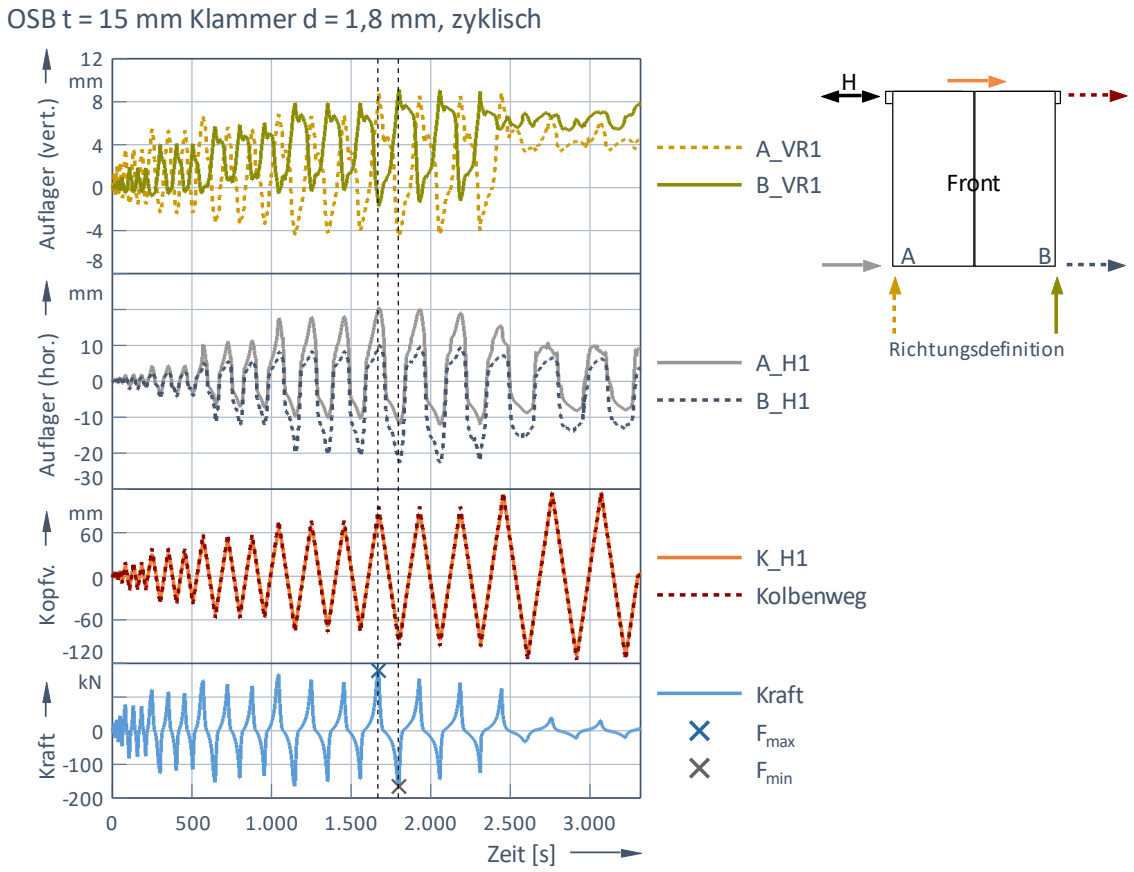


Abbildung B-352: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 13_c_1

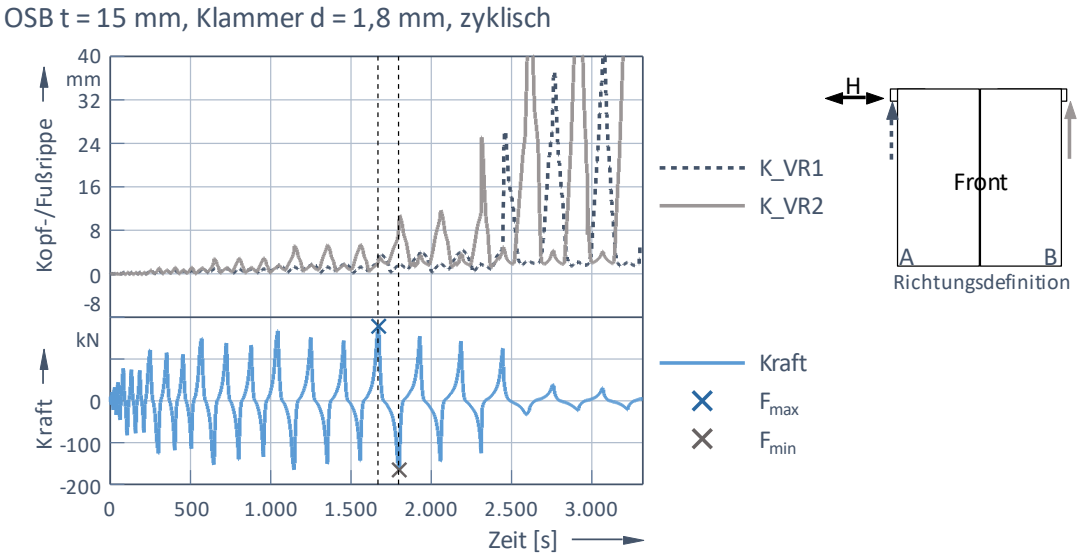


Abbildung B-353: Wegmessungen am Rähm WT 14_c_1

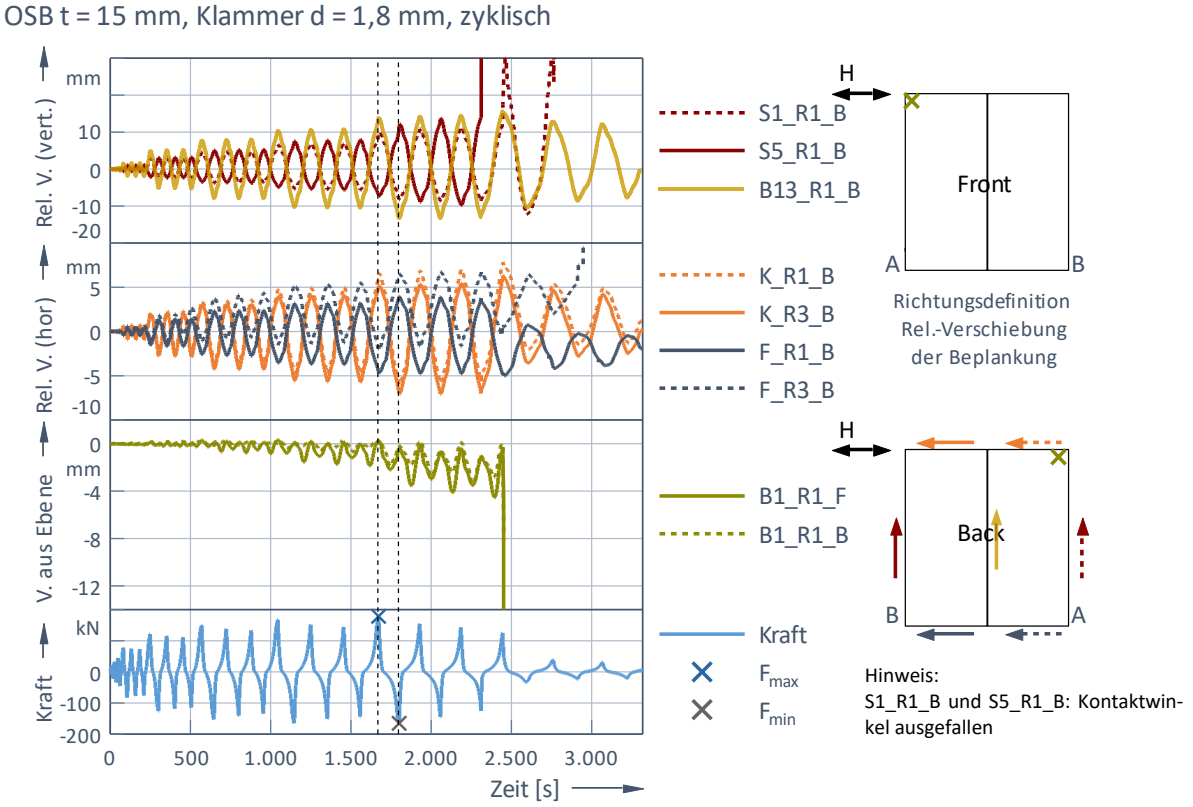


Abbildung B-354: Wegmessungen an der Beplankung; WT 14_c_1

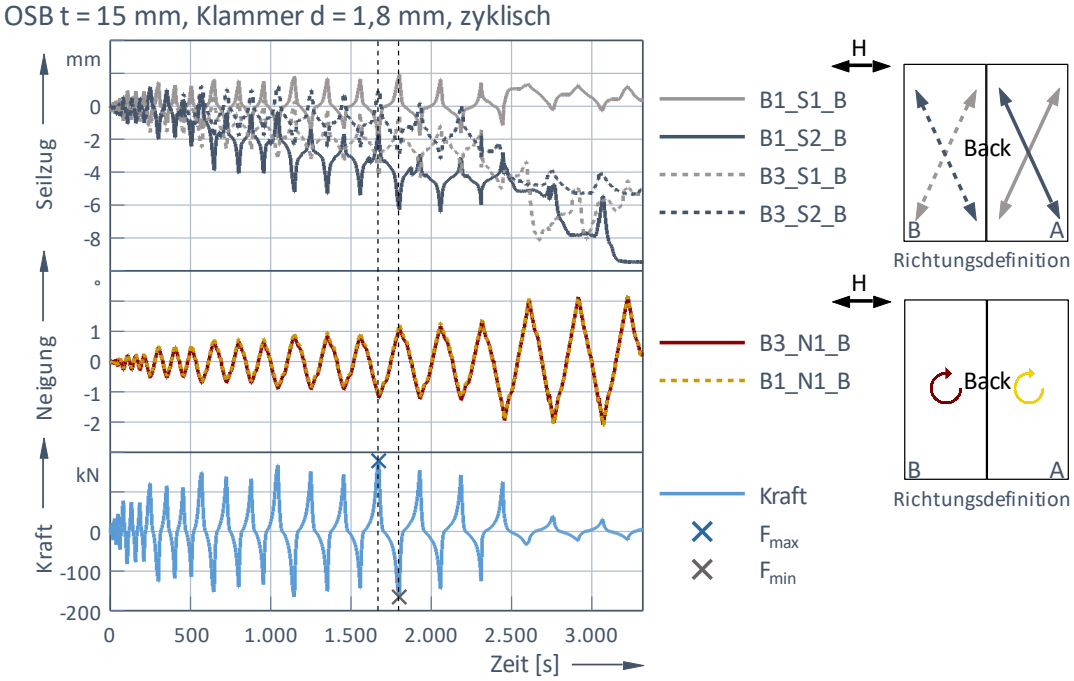


Abbildung B-355: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 14_c_1

Wandtafel 15_c_1

Tabelle B-31: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 15_c_1

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v =86,6 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

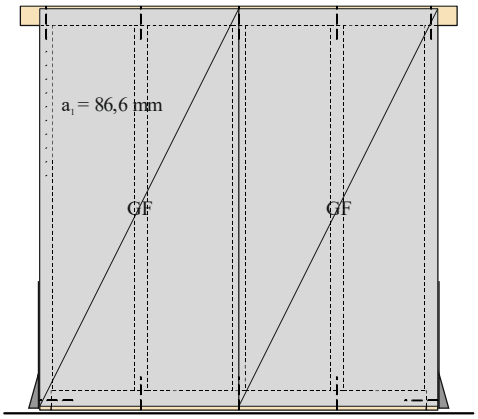


Abbildung B-356: Wandtafel 15_c_1

Untersuchung		
Datum	15.02.2024	
Raumtemperatur T	19,4 °C	
Raumfeuchte R_H	46 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 457 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 513 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 390. kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 453 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	13,5 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Zyklisch
Belastung	1,0 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximal-/Minimalkraft	93,8 kN / -92,1 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

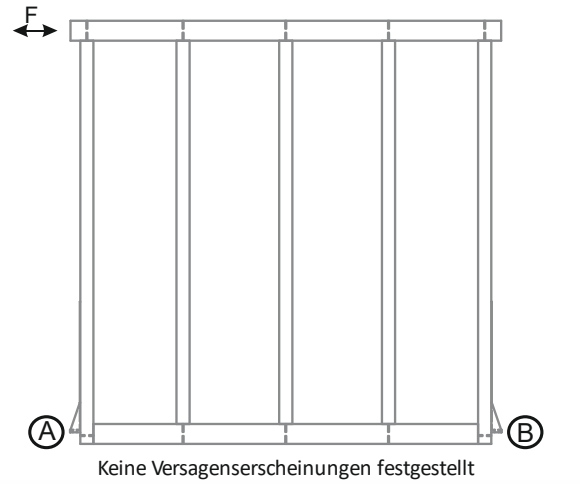
Probekörper:

- Leichte Verfärbungen auf Rückseite durch Feuchteschaden

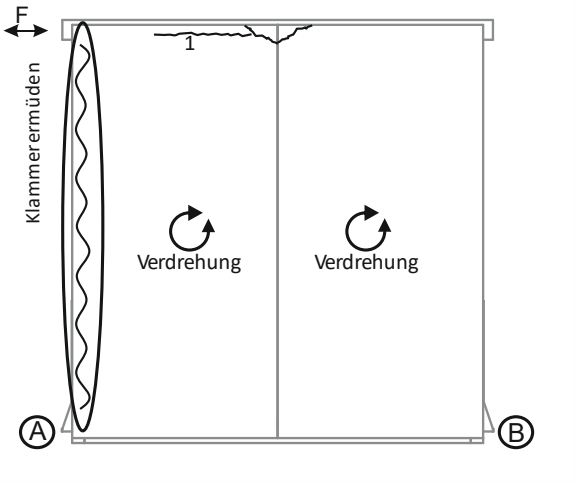
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Einzelplatten nach Aufreißen der Plattenfuge beidseitig
- Ablösen der Beplankung an S1 ab ca. 45 mm
- Klammerermüden an S1 und S5 vorne und hinten

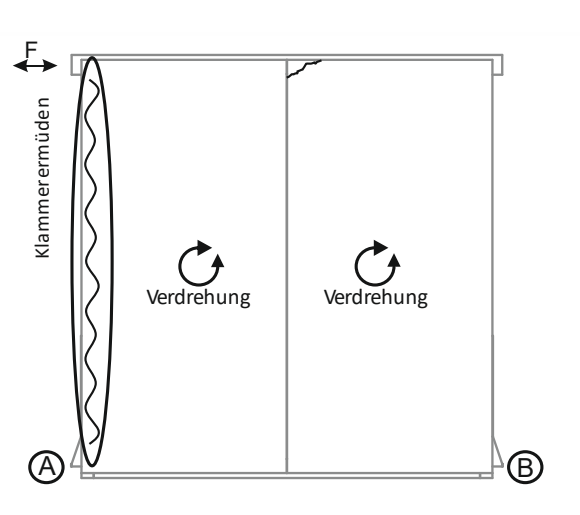
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)

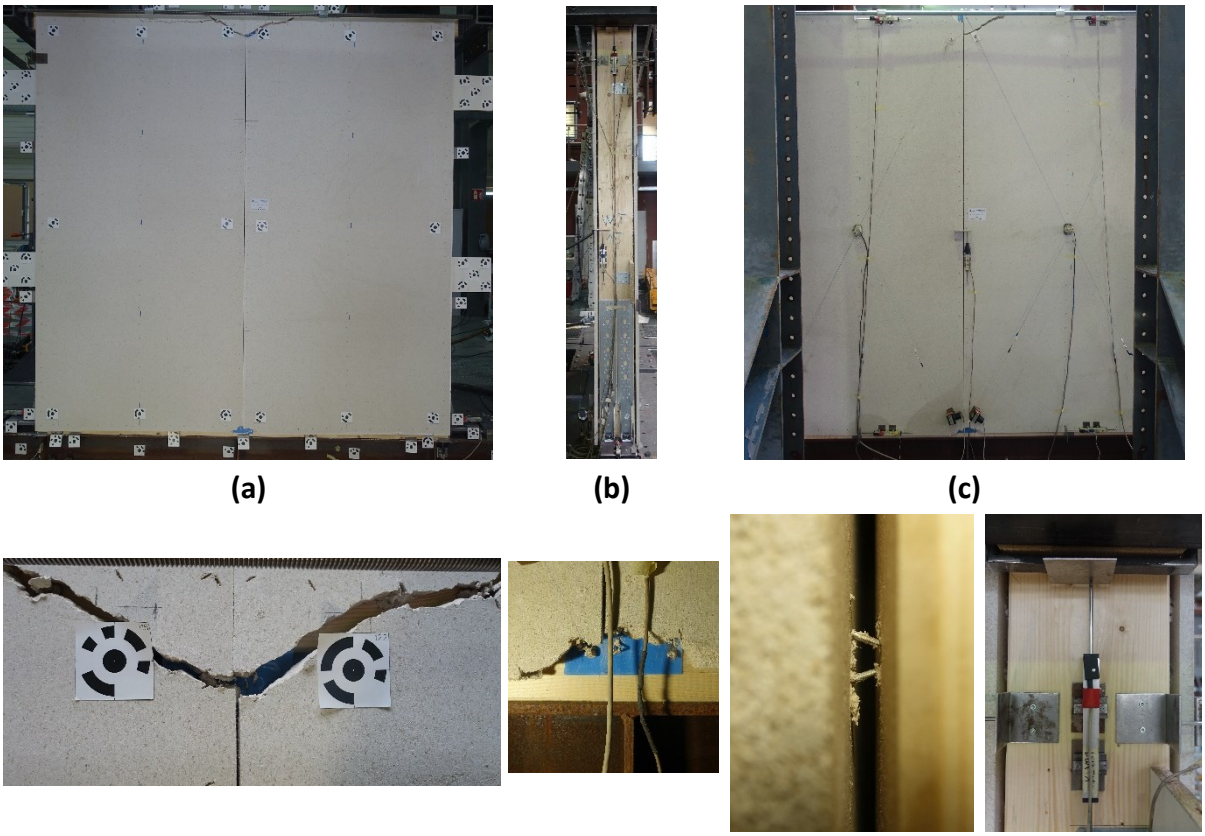


(b)



(c)

Abbildung B-357: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung front (b) und Beplankung back; WT 15_c_1



(a) **(b)** **(c)**

(d) **(e)** **(f)** **(g)**

Abbildung B-358: Vorderansicht nach Versuch (a), Seitenansicht S1 (b), Rückansicht nach Versuch (c), Risse in den Plattenecken an S3 oben vorne (d) und hinten unten (e), Ermüdete Klammer an S5 (f), Abgelöste Beplankung an S1 oben (g); WT 15_c_1

Untersuchungsergebnisse

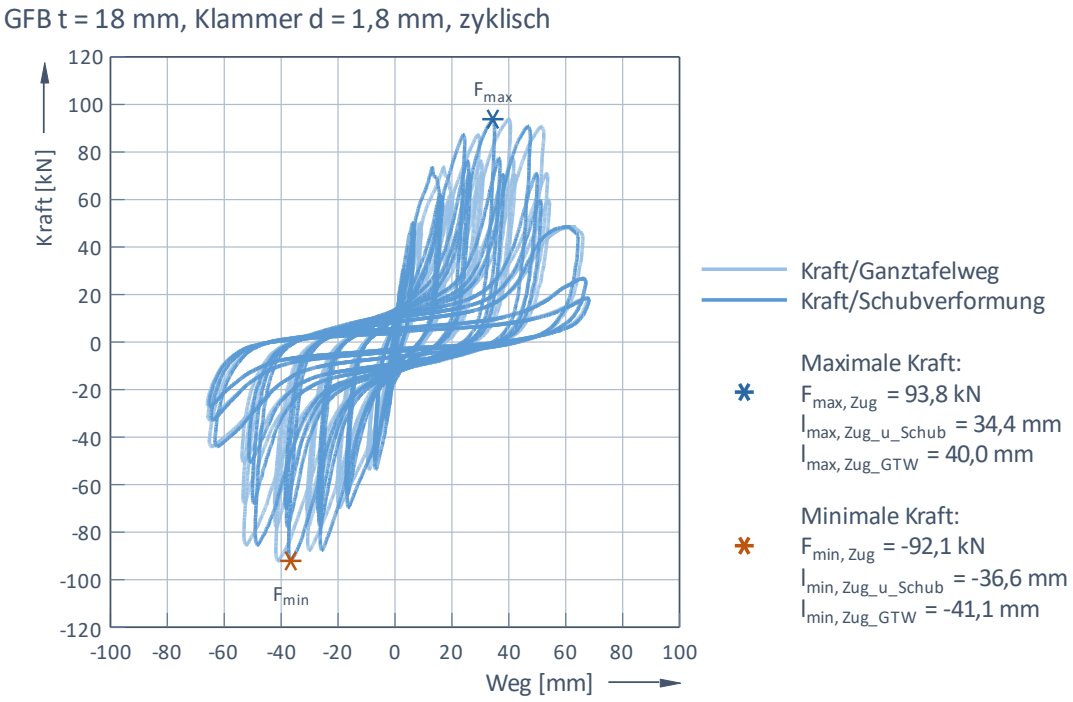


Abbildung B-359: Last-Verformungskurve über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 15_c_1

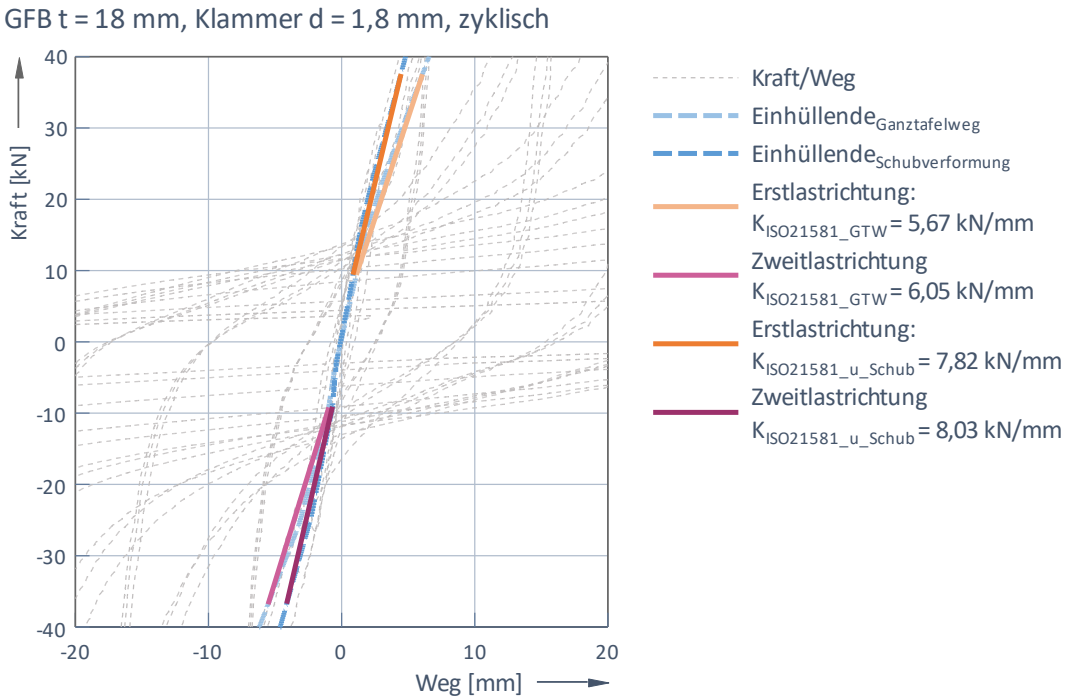


Abbildung B-360: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 15_c_1

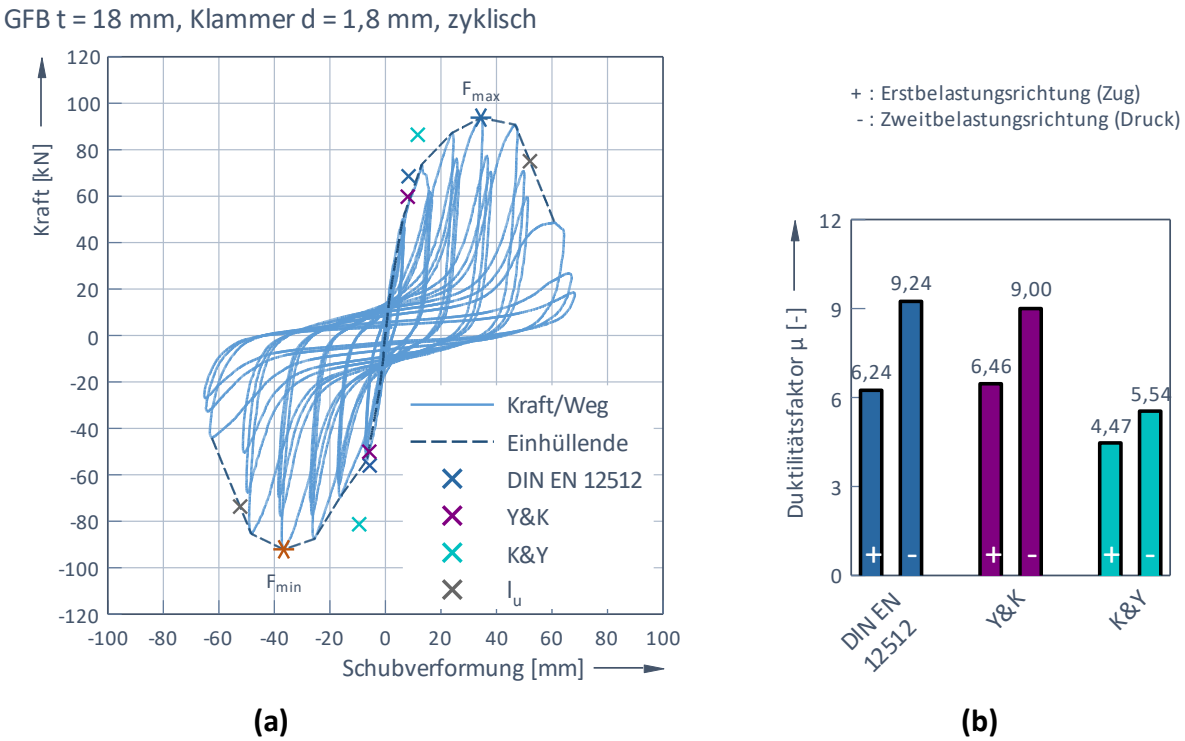


Abbildung B-361: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 15_c_1

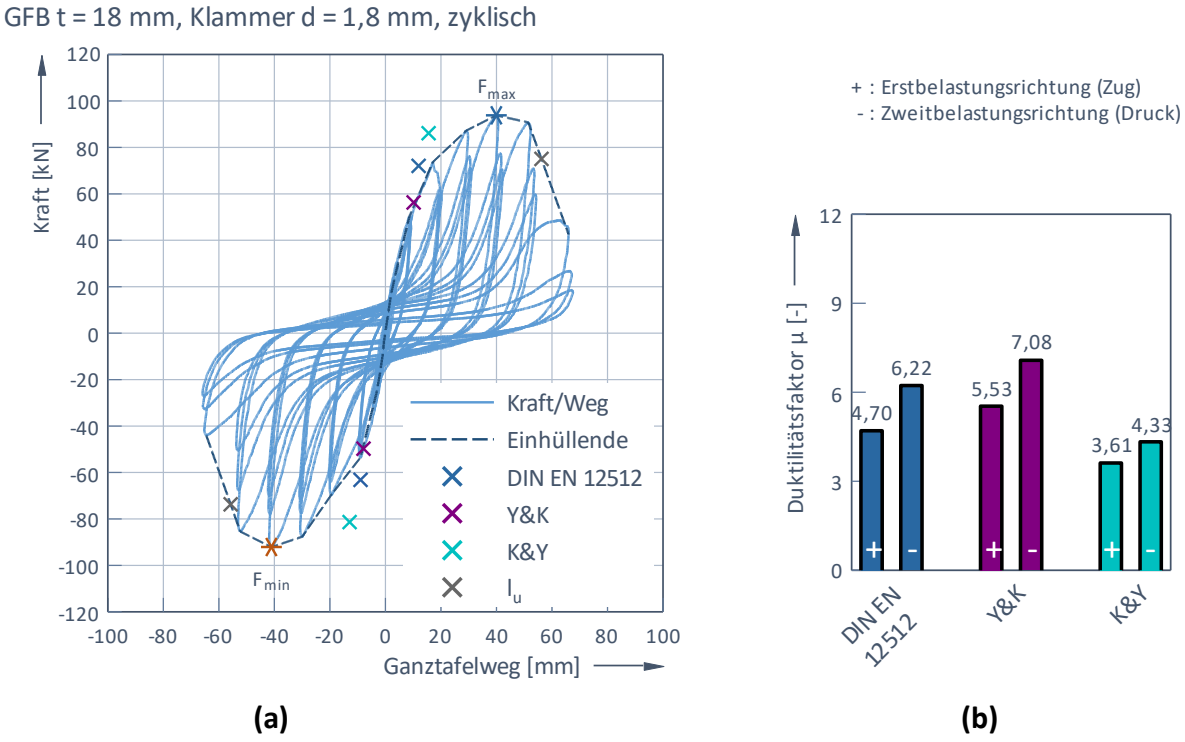


Abbildung B-362: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 15_c_1

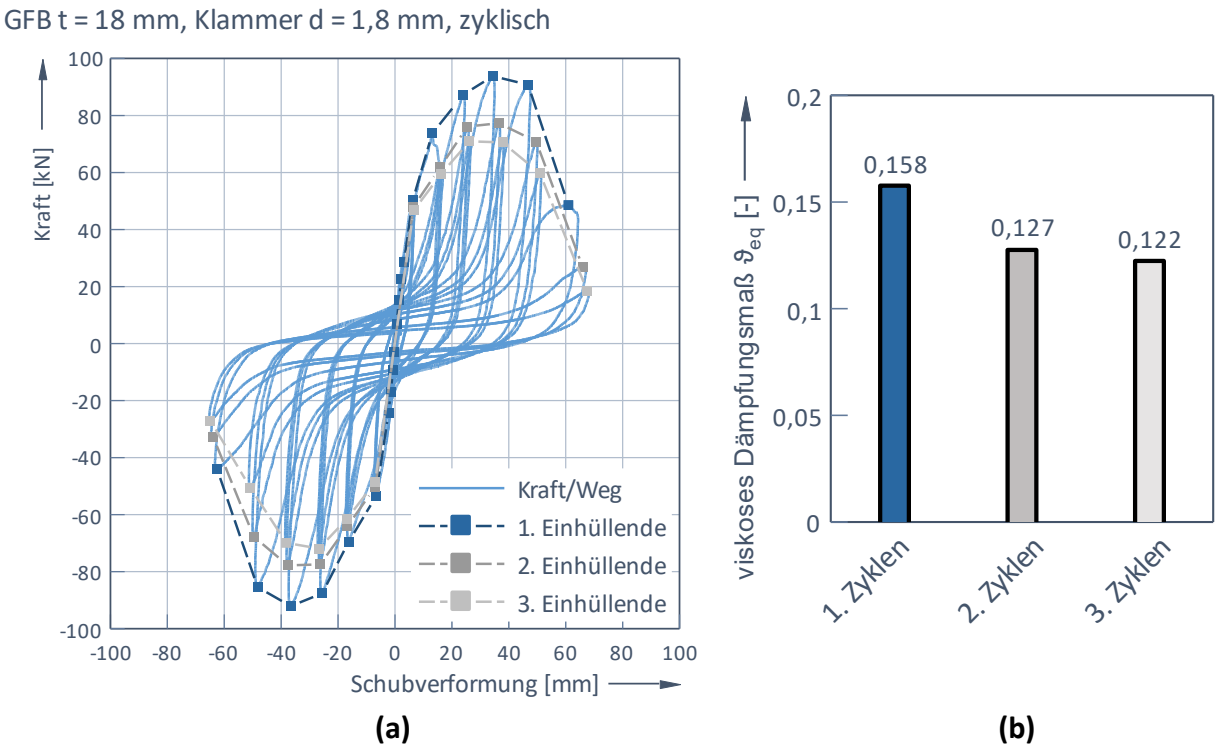


Abbildung B-363: Einhüllende (a) und Vergleich des mittleren viskosen Dämpfungsmaßes in den ersten bis dritten Gesamtzyklen der 3er-Zyklen-Kollektive (b); WT 15_c_1

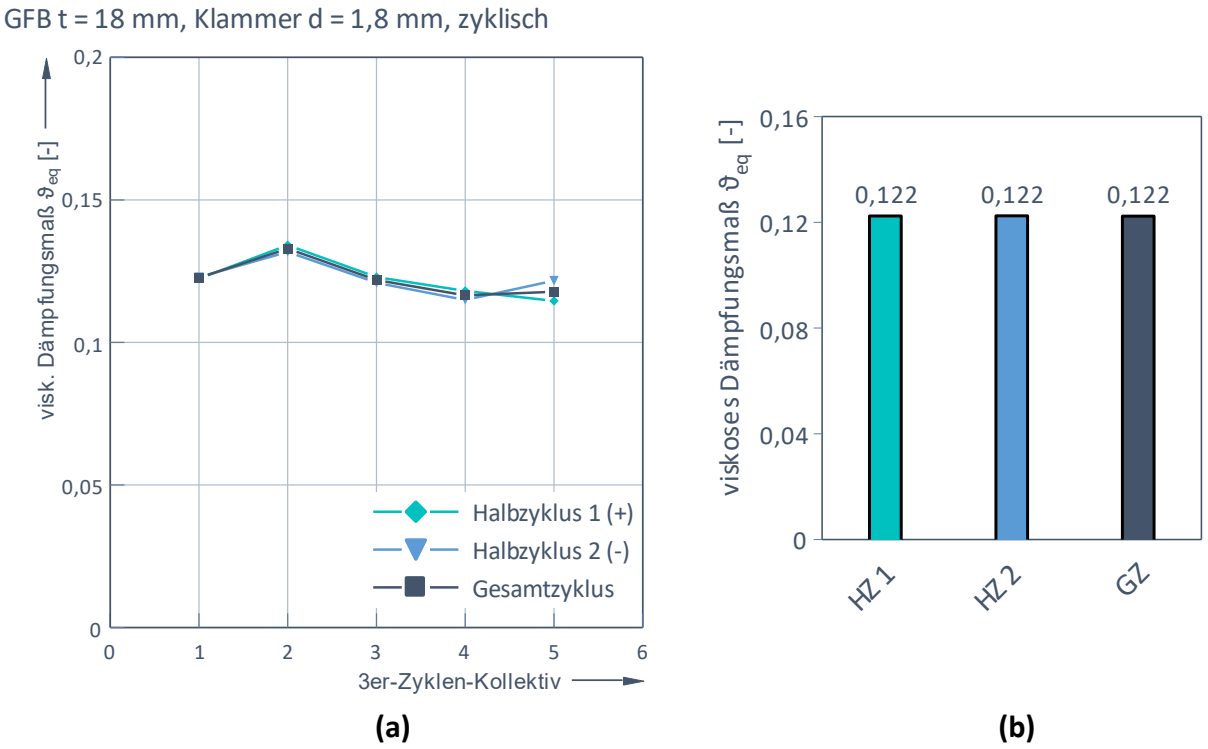


Abbildung B-364: Vergleich des viskosen Dämpfungsmaßes als Einzelwerte (a) und Mittelwerte (b) der dritten Zyklen der 3er-Zyklen-Kollektive; WT 15_c_1

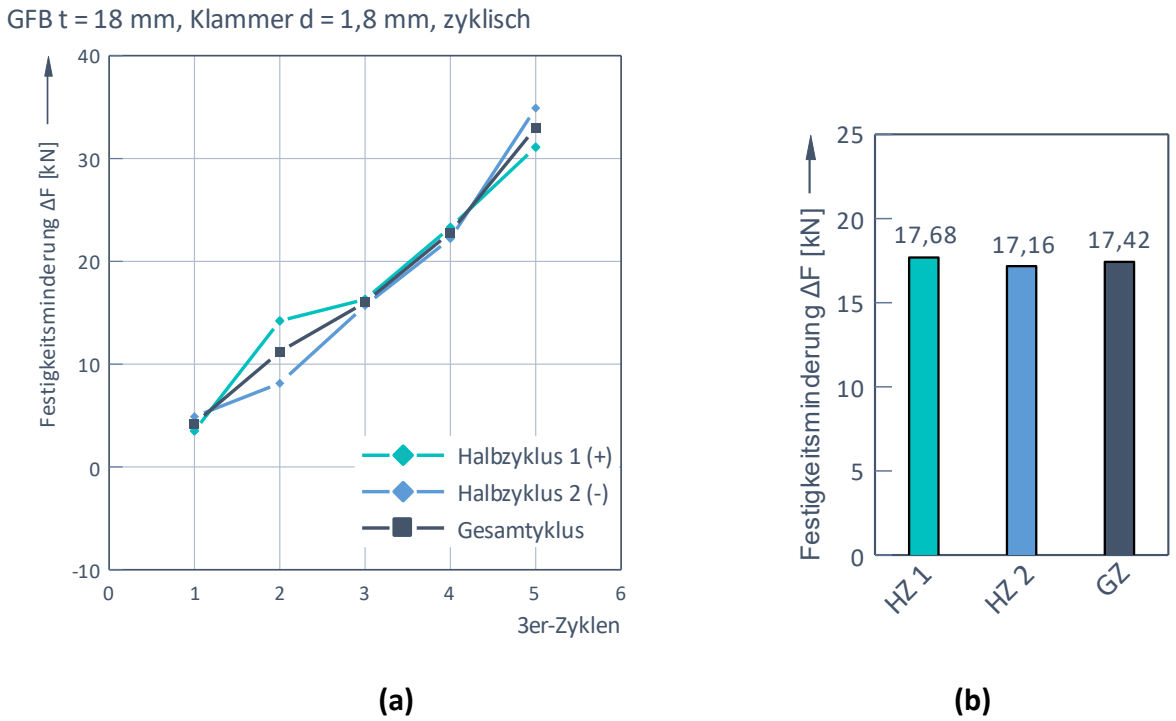


Abbildung B-365: Vergleich der Festigkeitsminderung der 3er-Zyklen-Kollektive als Einzelwerte je Zyklus (a) und als Mittelwerte je Halbzyklus (b); WT 15_c_1

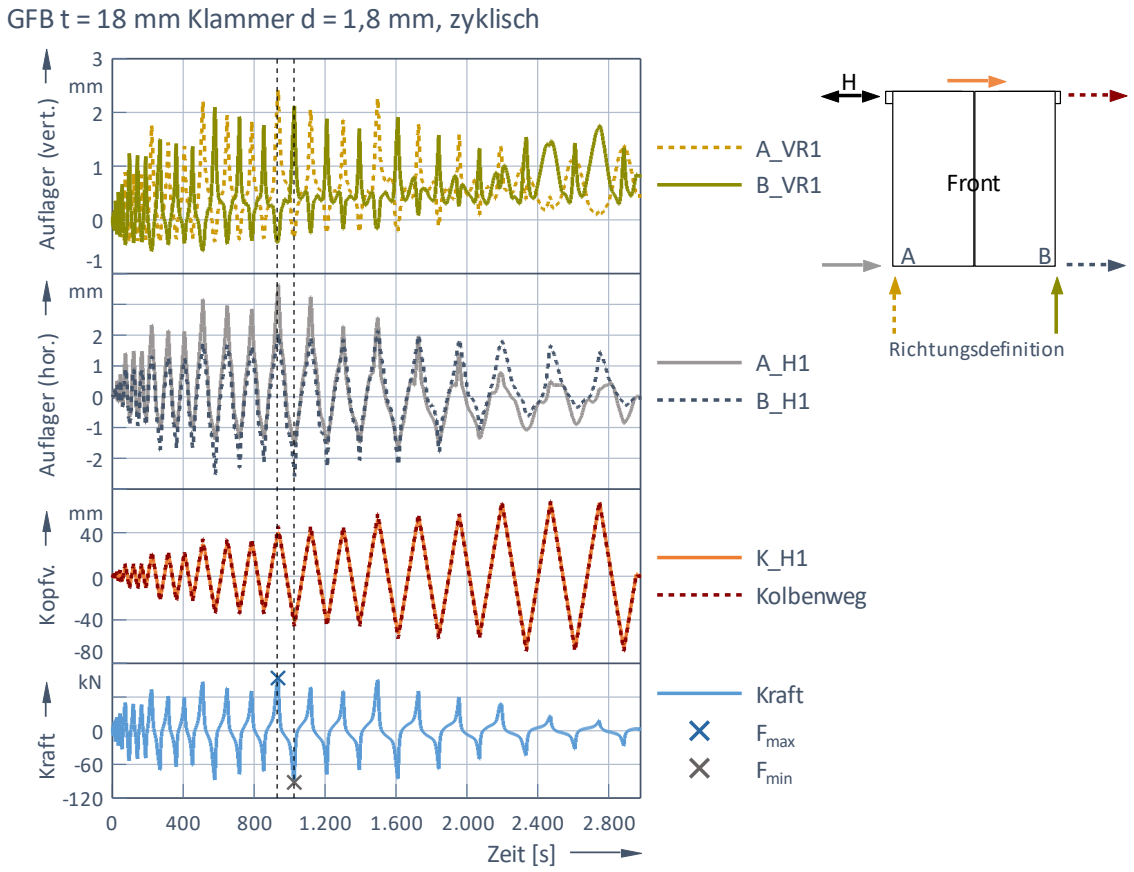


Abbildung B-366: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 15_c_1

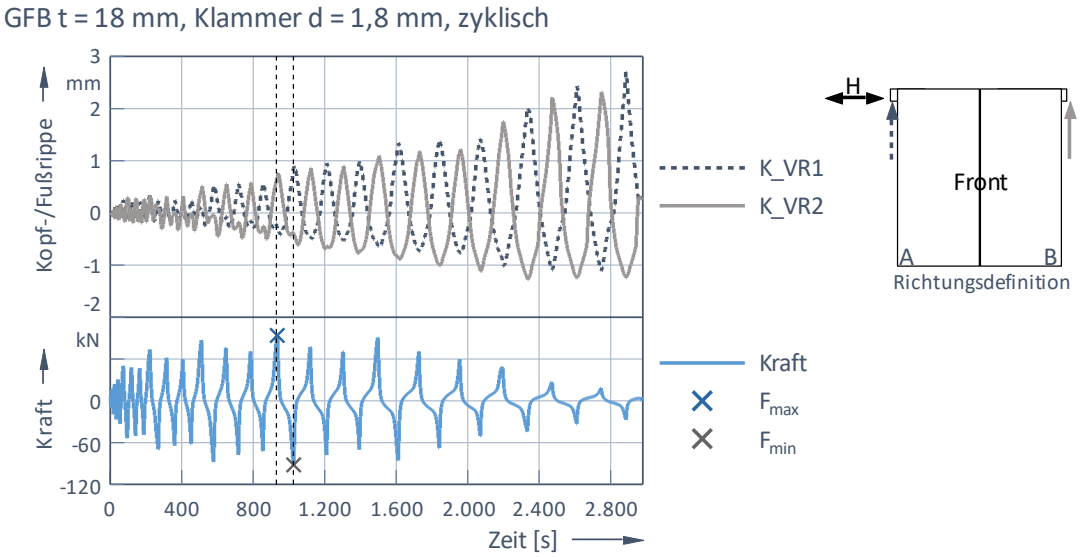


Abbildung B-367: Wegmessungen am Rähm WT 15_c_1

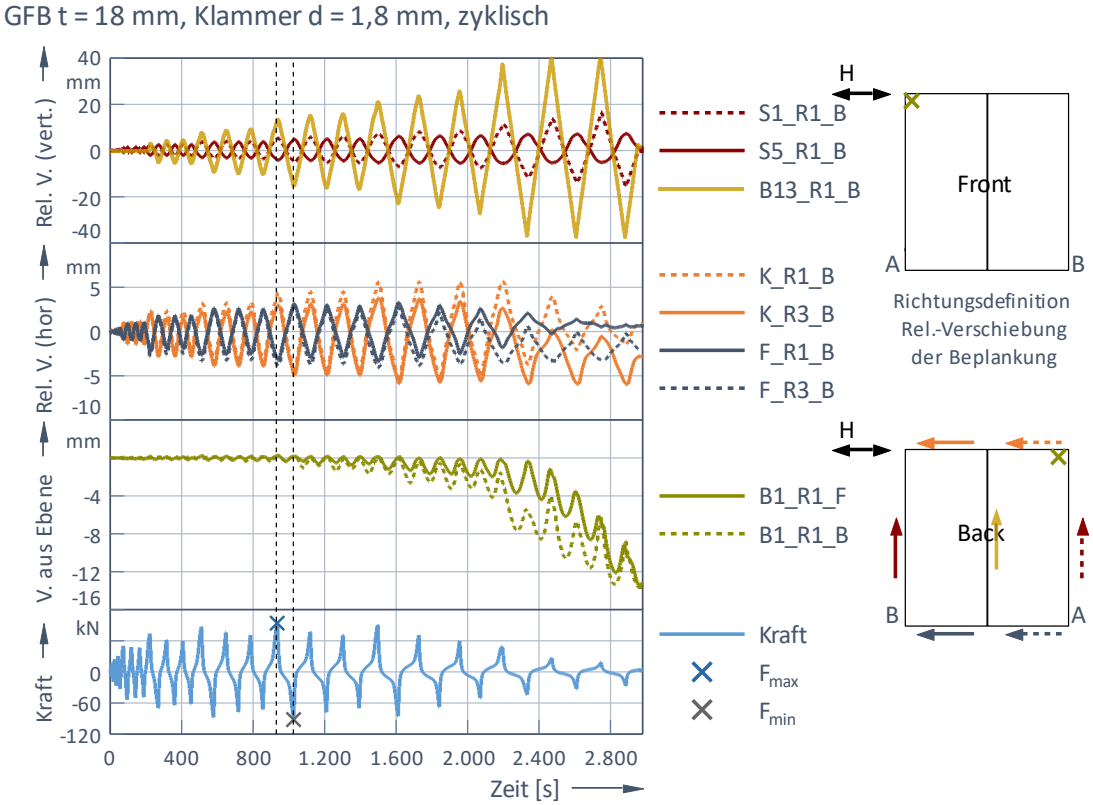


Abbildung B-368: Wegmessungen an der Beplankung; WT 15_c_1

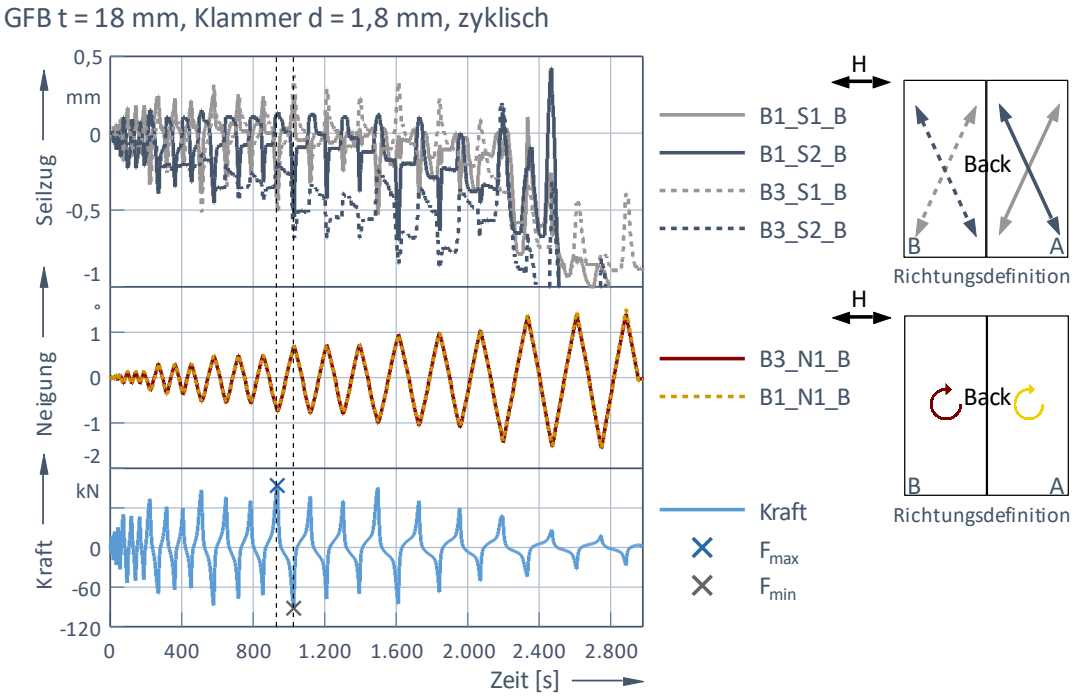


Abbildung B-369: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 15_c_1

Wandtafel 15_c_2

Tabelle B-32: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 15_c_2

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm
Bekleidung 1:	Keine
Bekleidung 2:	Keine

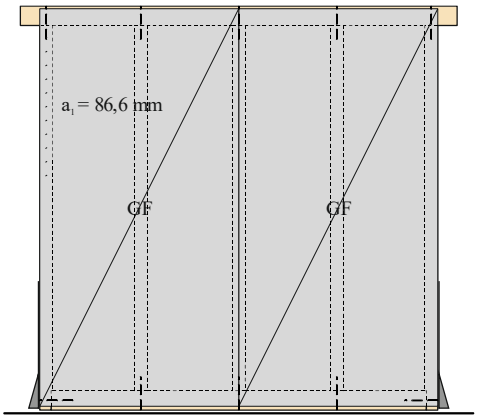


Abbildung B-370: Wandtafel 15_c_2

Untersuchung		
Datum	16.02.2024	
Raumtemperatur T	20,6 °C	
Raumfeuchte R_H	46 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 431 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 472 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 407. kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 437 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,1 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Zyklisch
Belastung	1,0 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximal-/Minimal-kraft	88,8 kN / -90,6 kN	(Beplankungsversagen maßgebend)

Anmerkungen

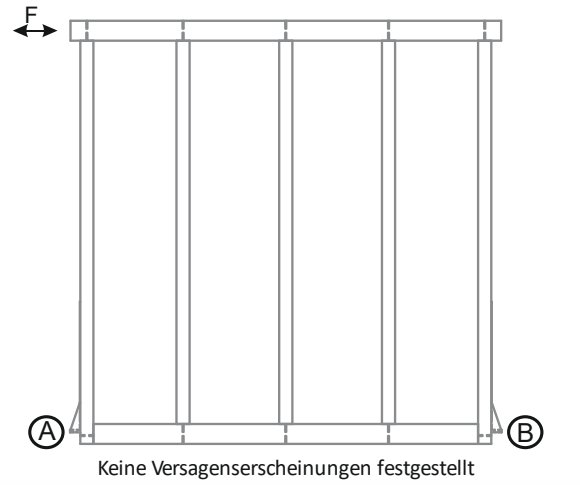
Holztafel:

- Leicht schiefer Einbau (Überstand der Schwelle am Auflager A 10 mm aus Ebene

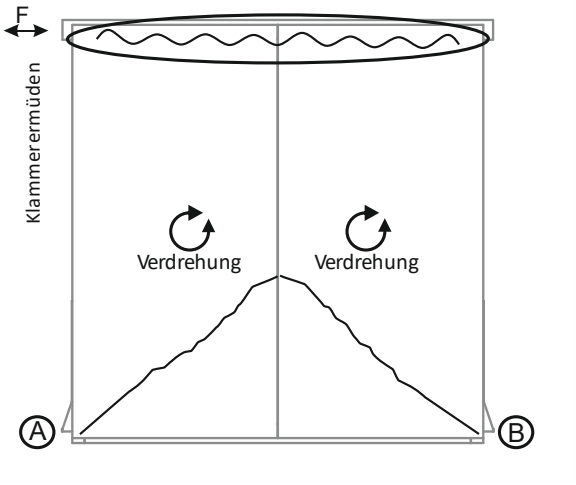
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Einzelplatten nach Aufreißen der Plattenfuge beidseitig
- Diagonalrisse von S3 zu den Auflagern im ersten 3er-Zyklus vorne
- Durchziehen des Rähm und Klammerermüden am Rähm

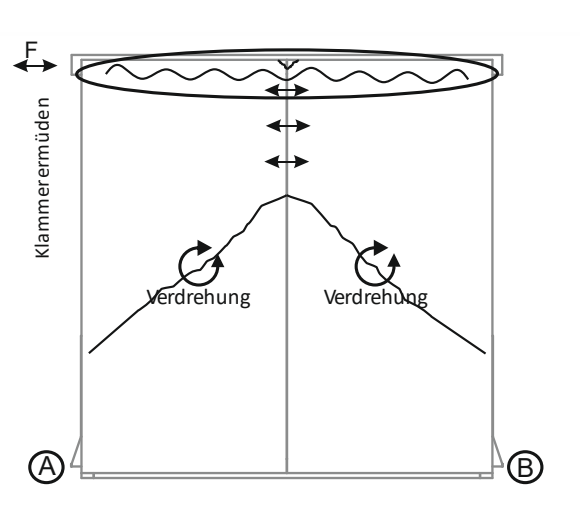
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



(a)

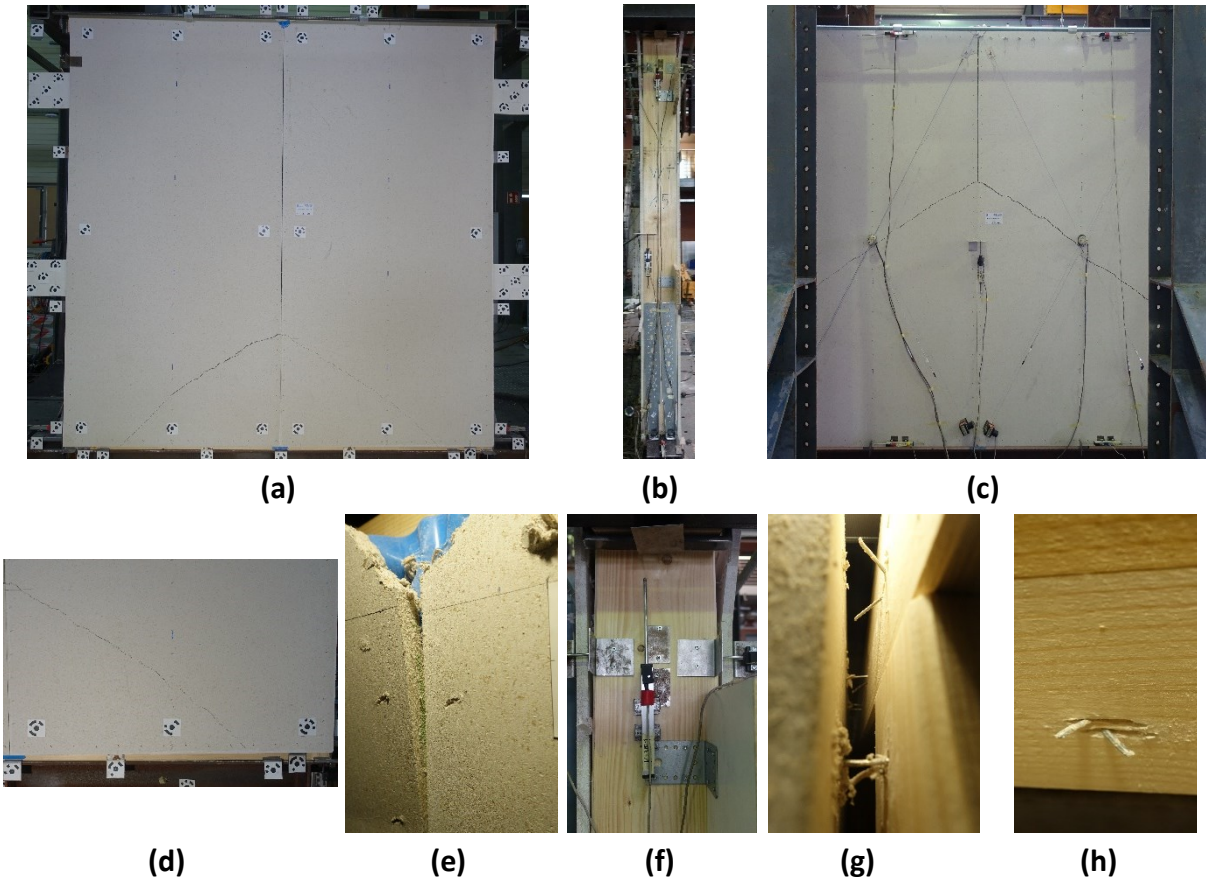


(b)



(c)

Abbildung B-371: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung front (b) und Beplankung back; WT 15_c_2



(a) (b) (c)

(d) (e) (f) (g) (h)

Abbildung B-372: Vorderansicht nach Versuch (a), Seitenansicht S1 (b), Rückansicht nach Versuch (c), Diagonalriss in P3 vorne (d) Aufreißen der Fuge und Ablösen der Platten an S3 vorne (e) und an S1 beidseitig (f), Ermüdete Klammer des Rähm an S5 (g) und im Feld (h); WT 15_c_2

Untersuchungsergebnisse

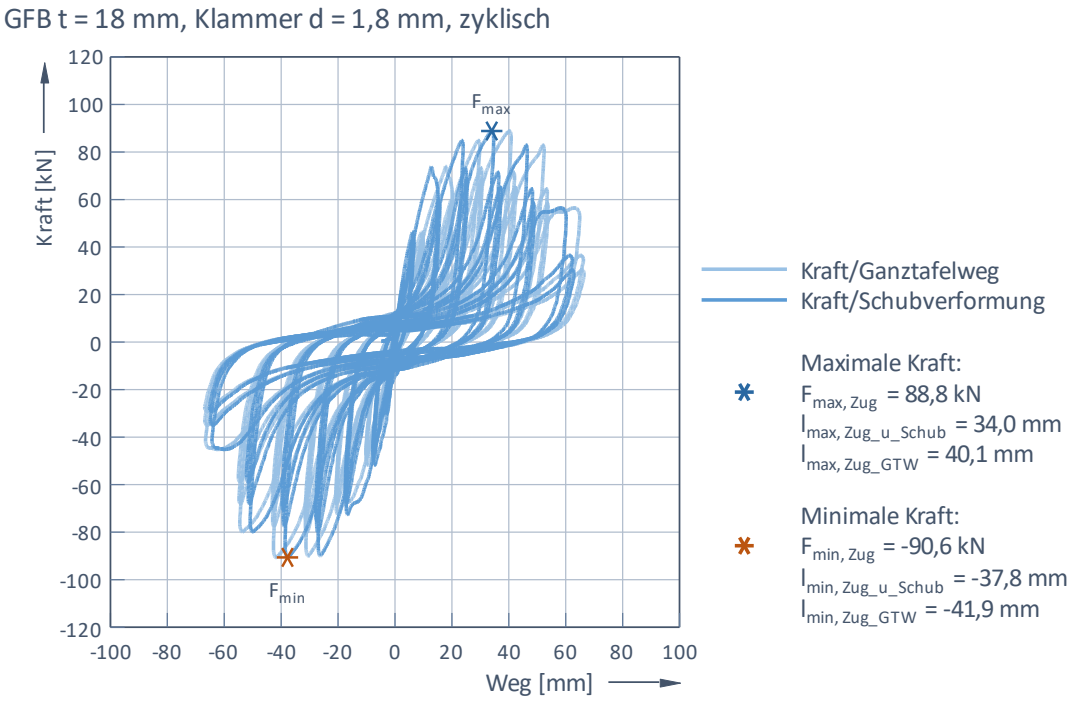


Abbildung B-373: Last-Verformungskurve über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 15_c_2

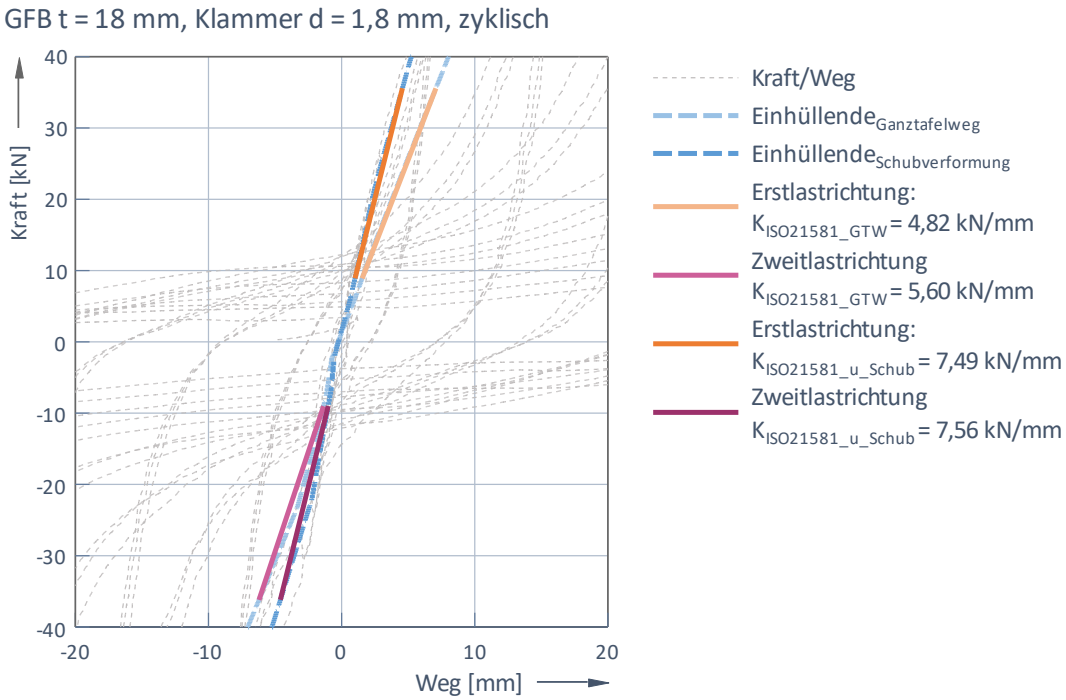


Abbildung B-374: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 15_c_2

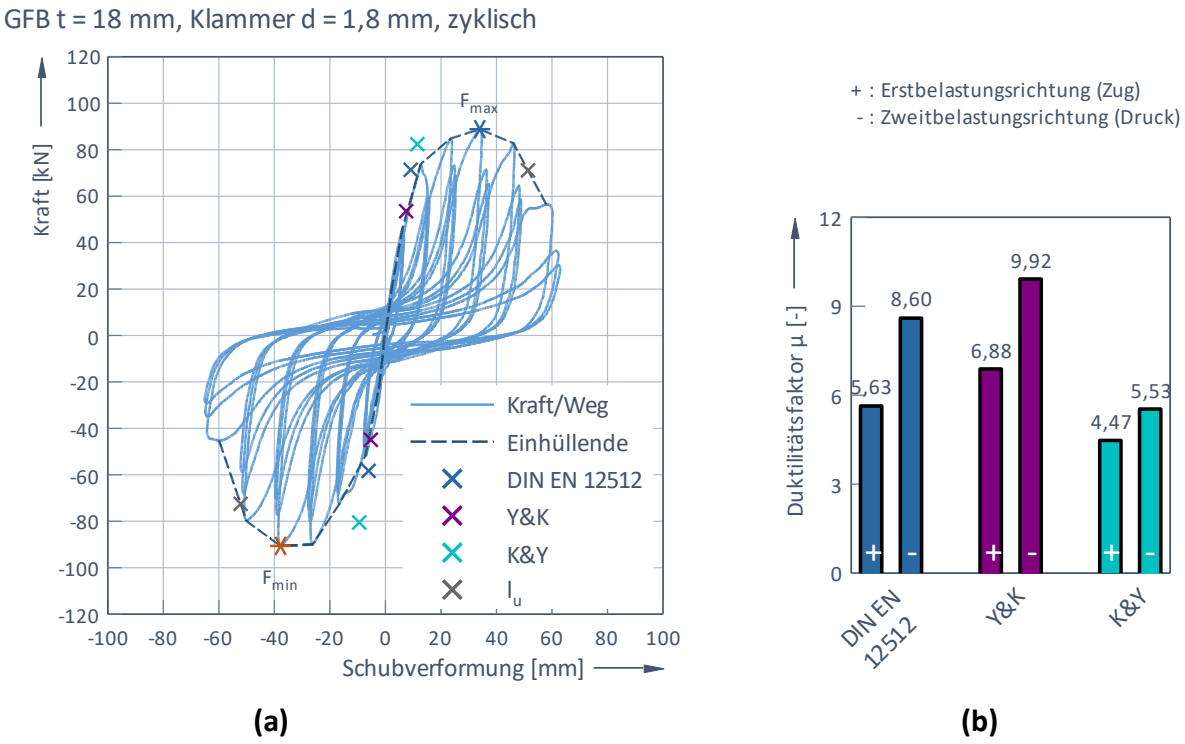


Abbildung B-375: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 15_c_2

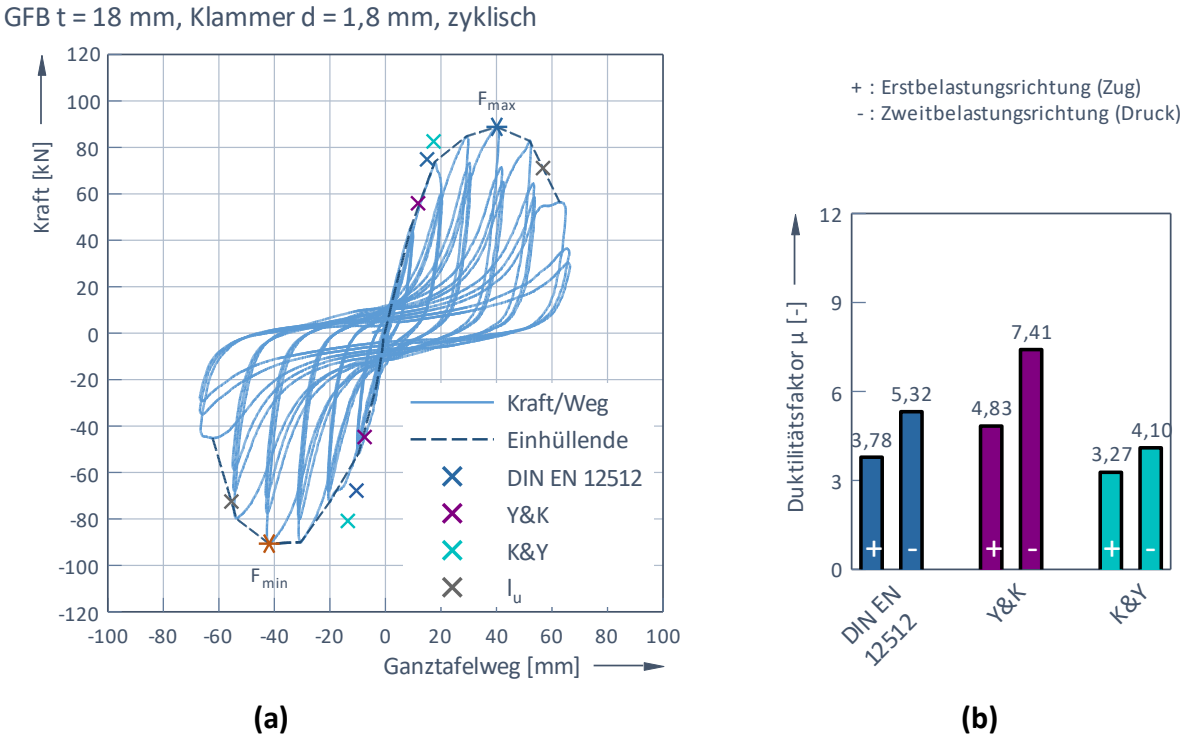


Abbildung B-376: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 15_c_2

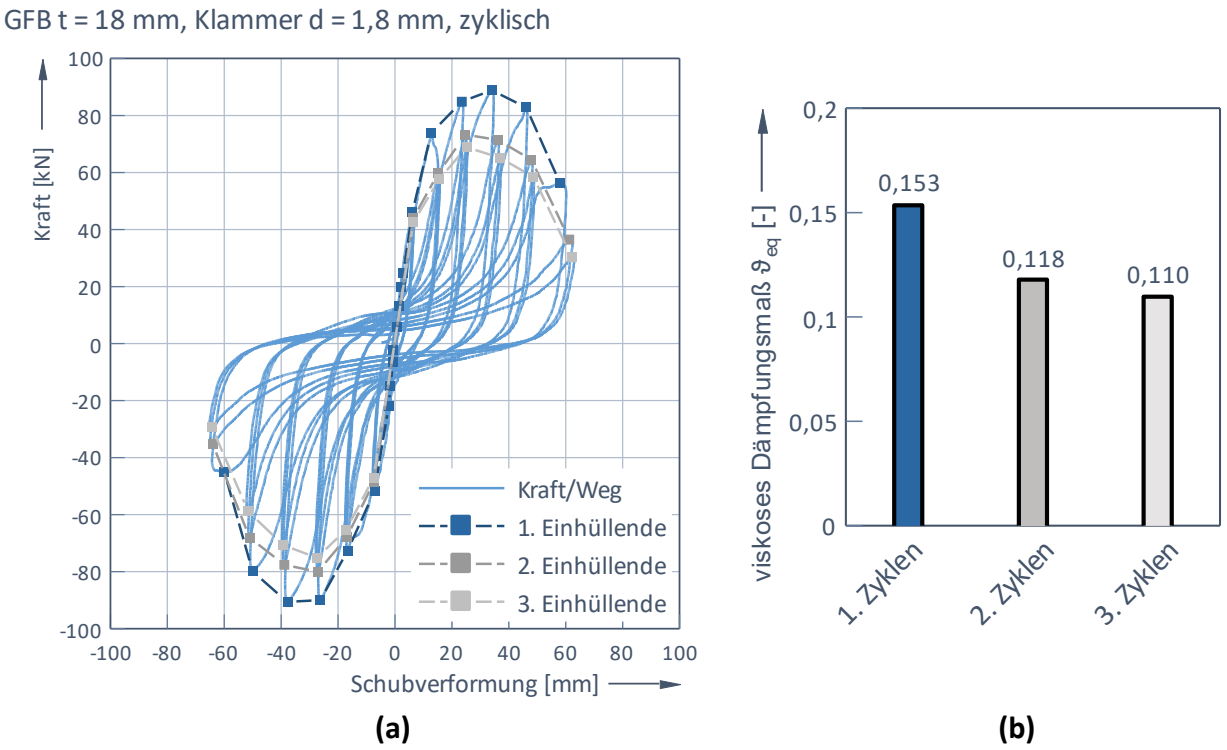


Abbildung B-377: Einhüllende (a) und Vergleich des mittleren viskosen Dämpfungsmaßes in den ersten bis dritten Gesamtzyklen der 3er-Zyklen-Kollektive (b); WT 15_c_2

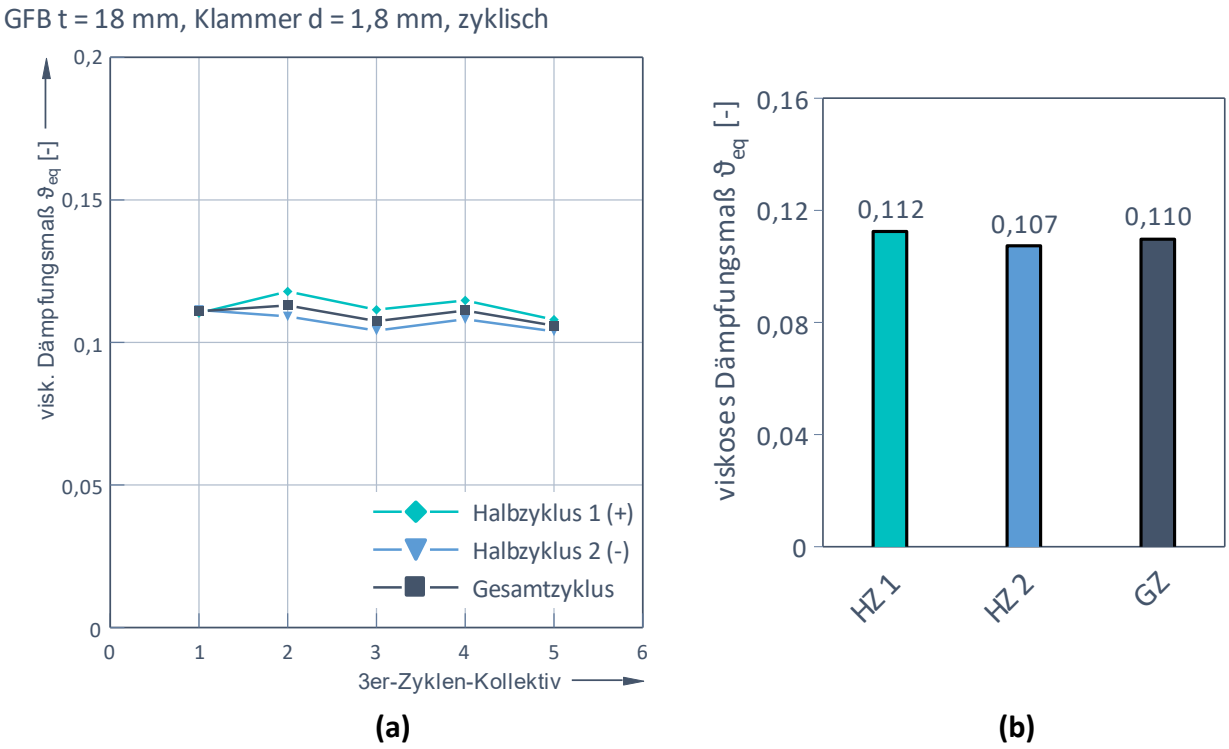


Abbildung B-378: Vergleich des viskosen Dämpfungsmaßes als Einzelwerte (a) und Mittelwerte (b) der dritten Zyklen der 3er-Zyklen-Kollektive; WT 15_c_2

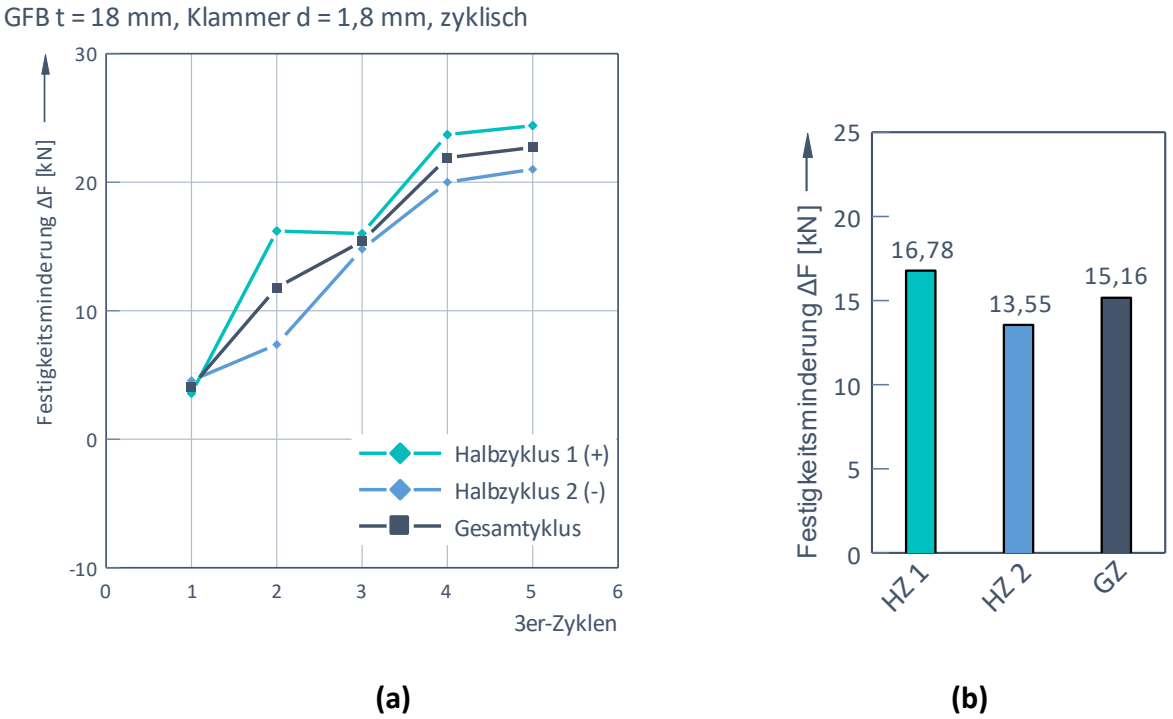


Abbildung B-379: Vergleich der Festigkeitsminderung der 3er-Zyklen-Kollektive als Einzelwerte je Zyklus (a) und als Mittelwerte je Halbzyklus (b); WT 15_c_2

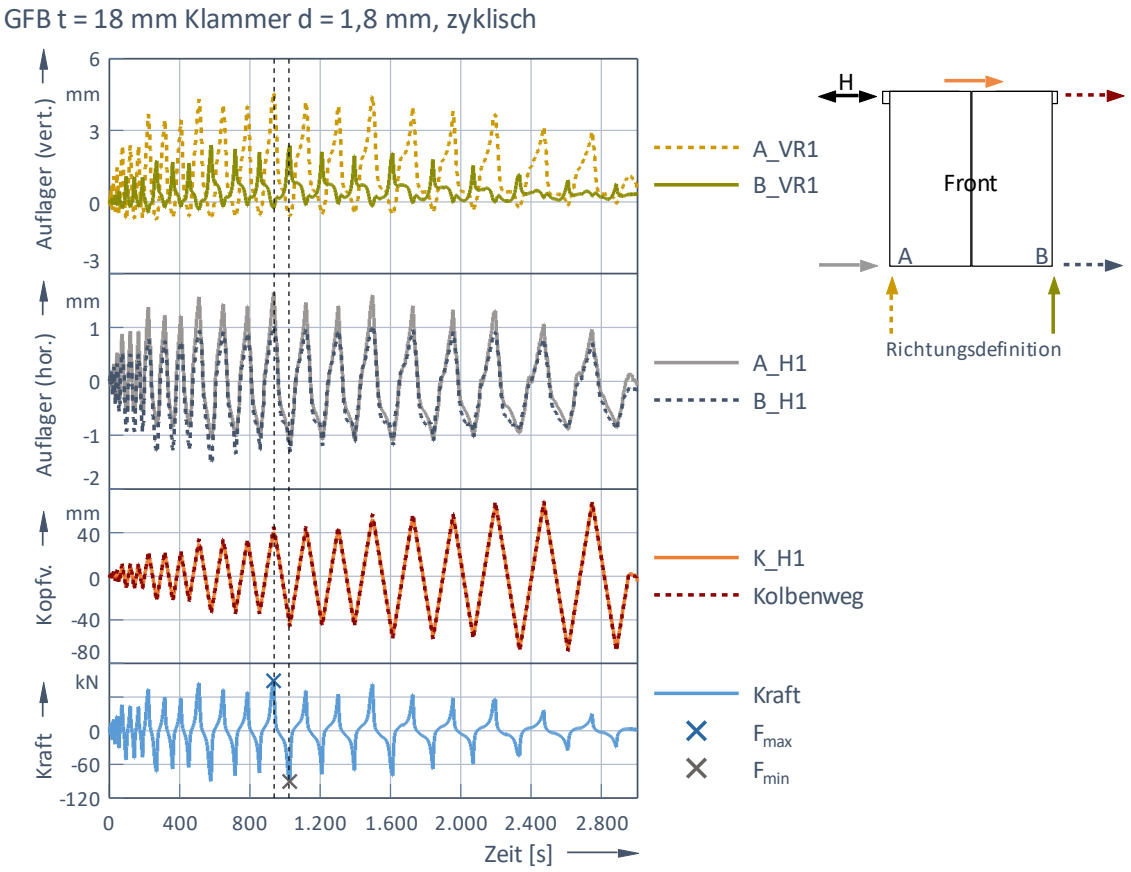


Abbildung B-380: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 15_c_2

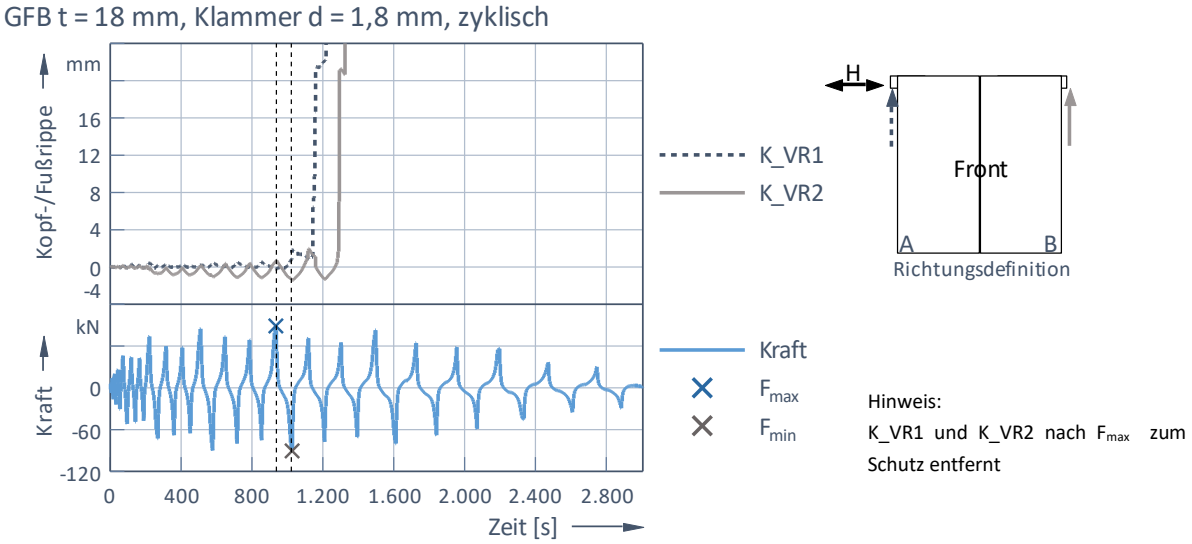


Abbildung B-381: Wegmessungen am Rähm WT 15_c_2

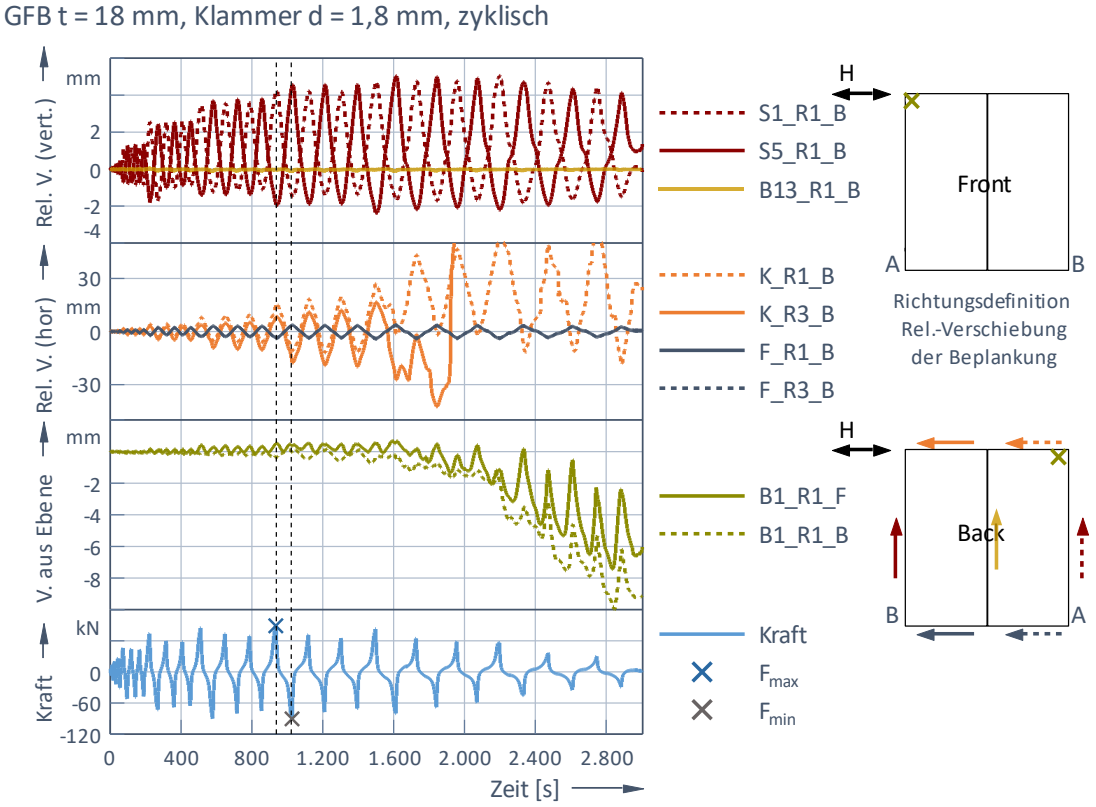


Abbildung B-382: Wegmessungen an der Beplankung; WT 15_c_2

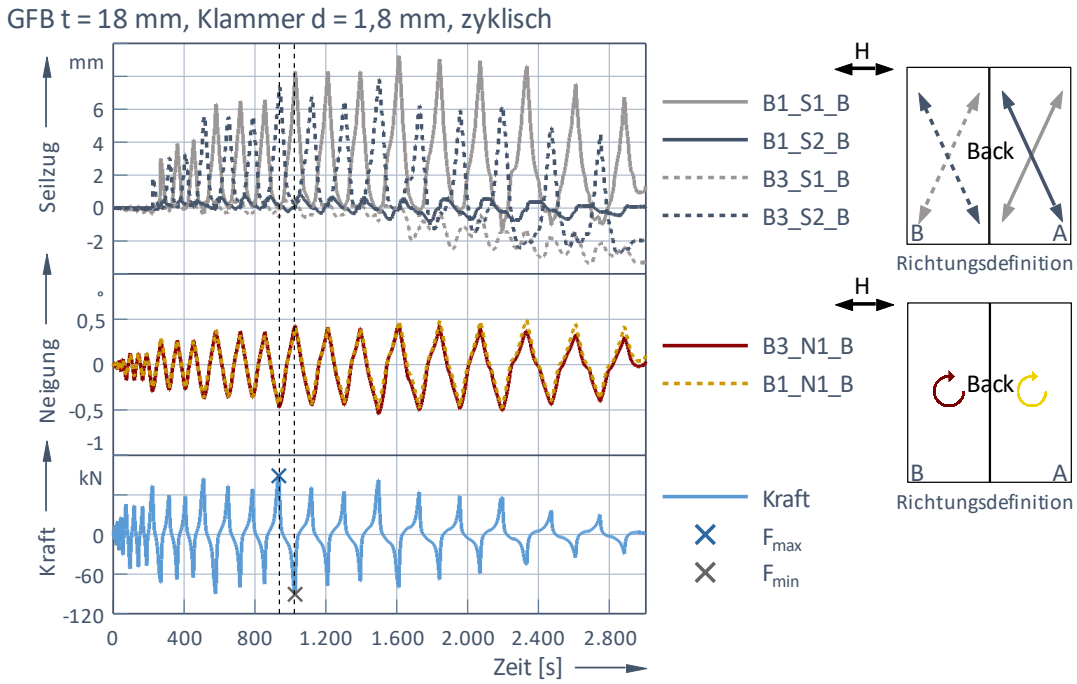


Abbildung B-383: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 15_c_2

Wandtafel 15_c_3

Tabelle B-33: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 15_c_3

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 1:	Keine	
Bekleidung 2:	Keine	

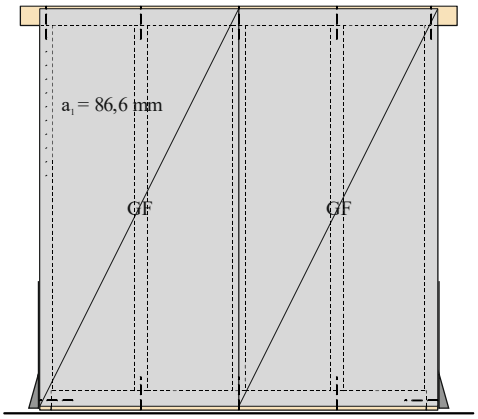


Abbildung B-384: Wandtafel 15_c_3

Untersuchung		
Datum	19.02.2024	
Raumtemperatur T	20,1 °C	
Raumfeuchte R_H	47 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 482 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 475 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 390. kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 449 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	13,6 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Zyklisch
Belastung	1,0 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximal-/Minimalkraft	101,0 kN / -98,9 kN	(Beplankungsversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Einzelplatten nach Aufreißen der Plattenfuge beidseitig
- Diagonalrisse von S3 zu den Auflagern im ersten 3er-Zyklus vorne
- Klammerermüden am Rähm
- Ablösen der Beplankung weit nach F_{max}

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

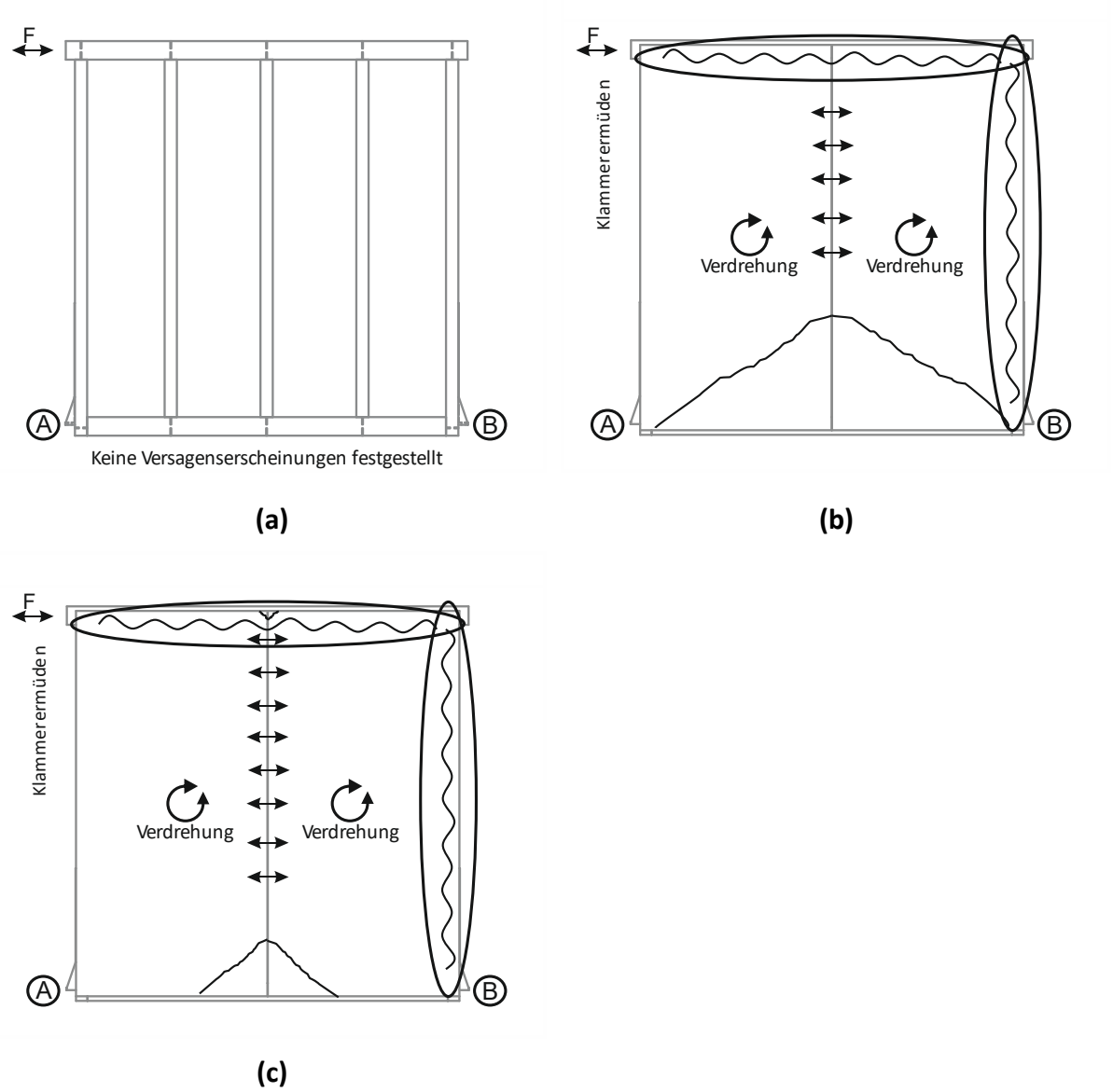
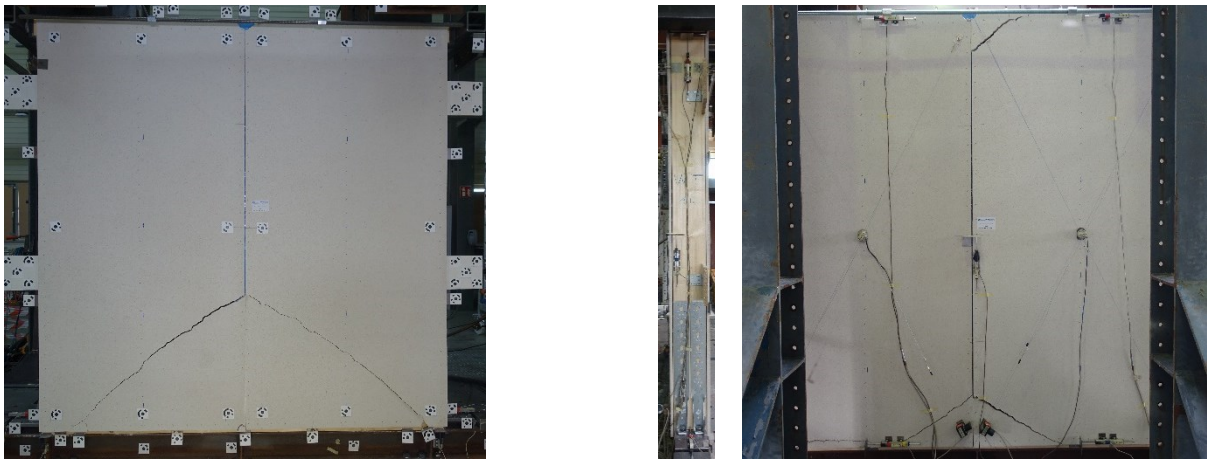
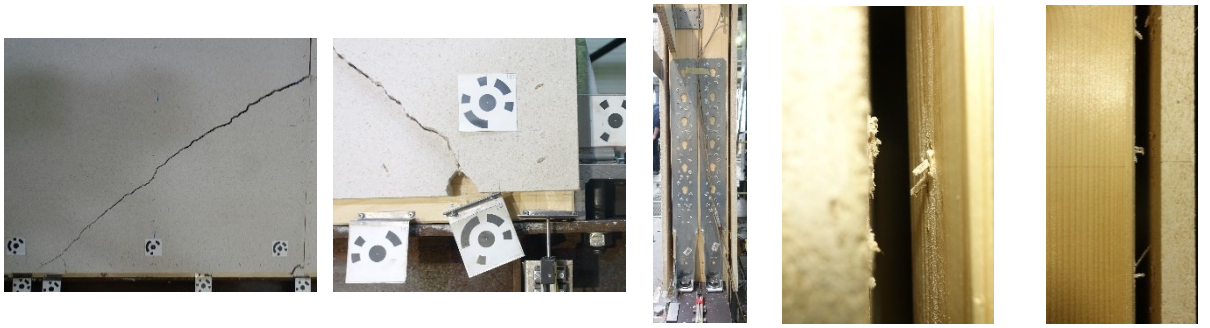


Abbildung B-385: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung front (b) und Beplankung back; WT 15_c_3



(a) (b) (c)



(d) (e) (f) (g) (h)

Abbildung B-386: Vorderansicht nach Versuch (a), Seitenansicht S1 (b), Rückansicht nach Versuch (c), Diagonalriss in P1 vorne (d) Auflager B vorne (e), Seitenansicht Auflager B S5 (f), Ermüdete Klammer an S5 vorne (g) und hinten (h); WT 15_c_3

Untersuchungsergebnisse

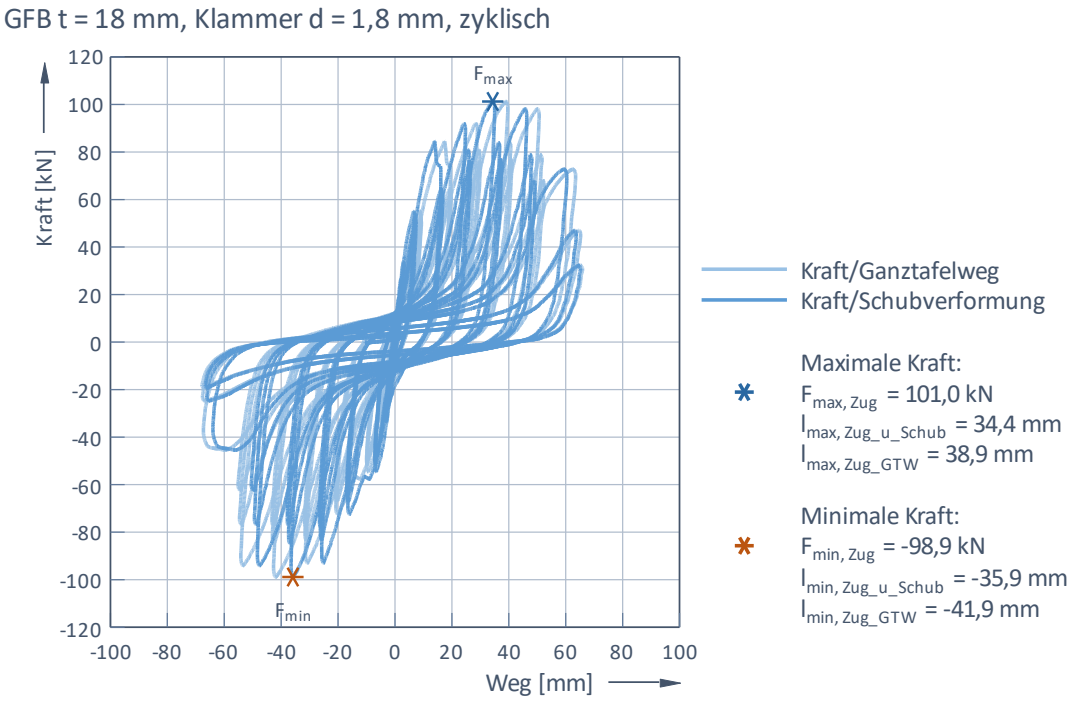


Abbildung B-387: Last-Verformungskurve über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 15_c_3

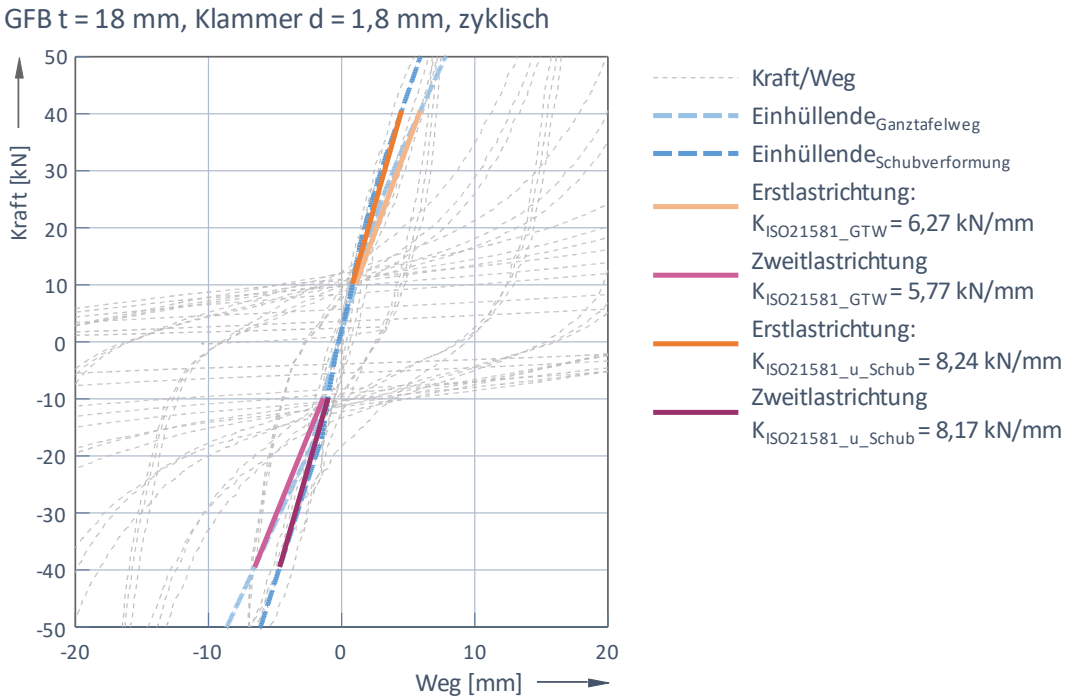


Abbildung B-388: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 15_c_3

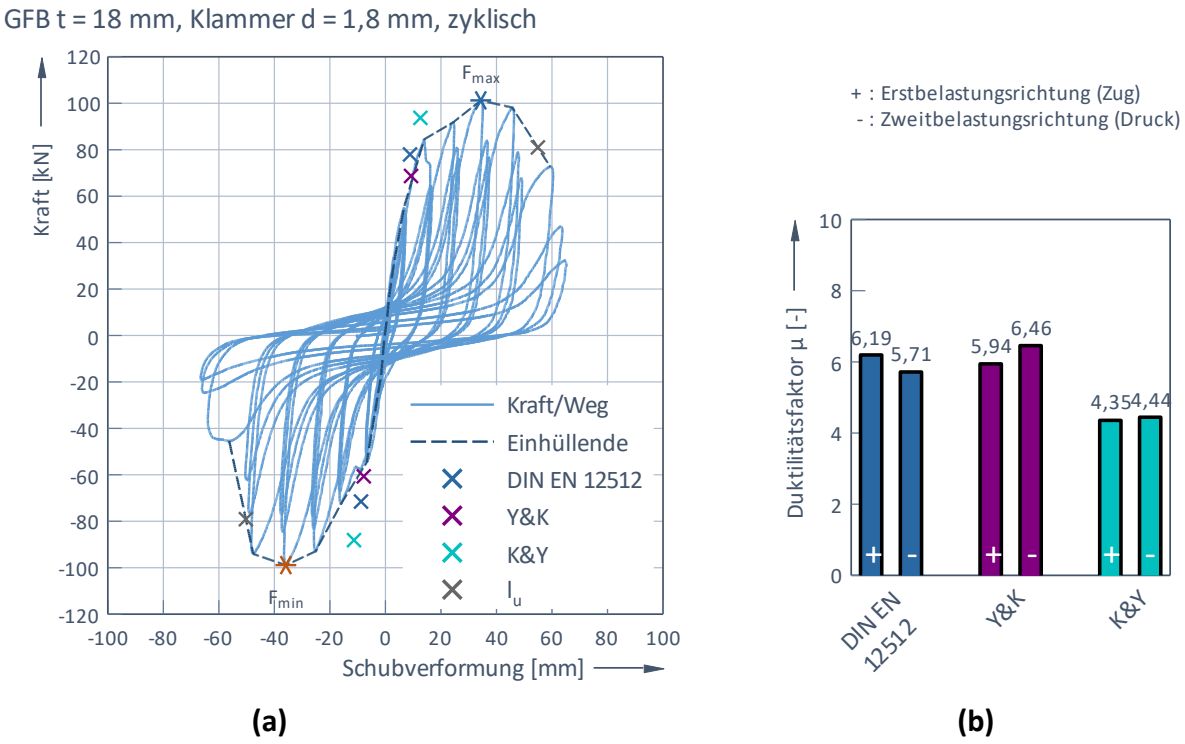


Abbildung B-389: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 15_c_3

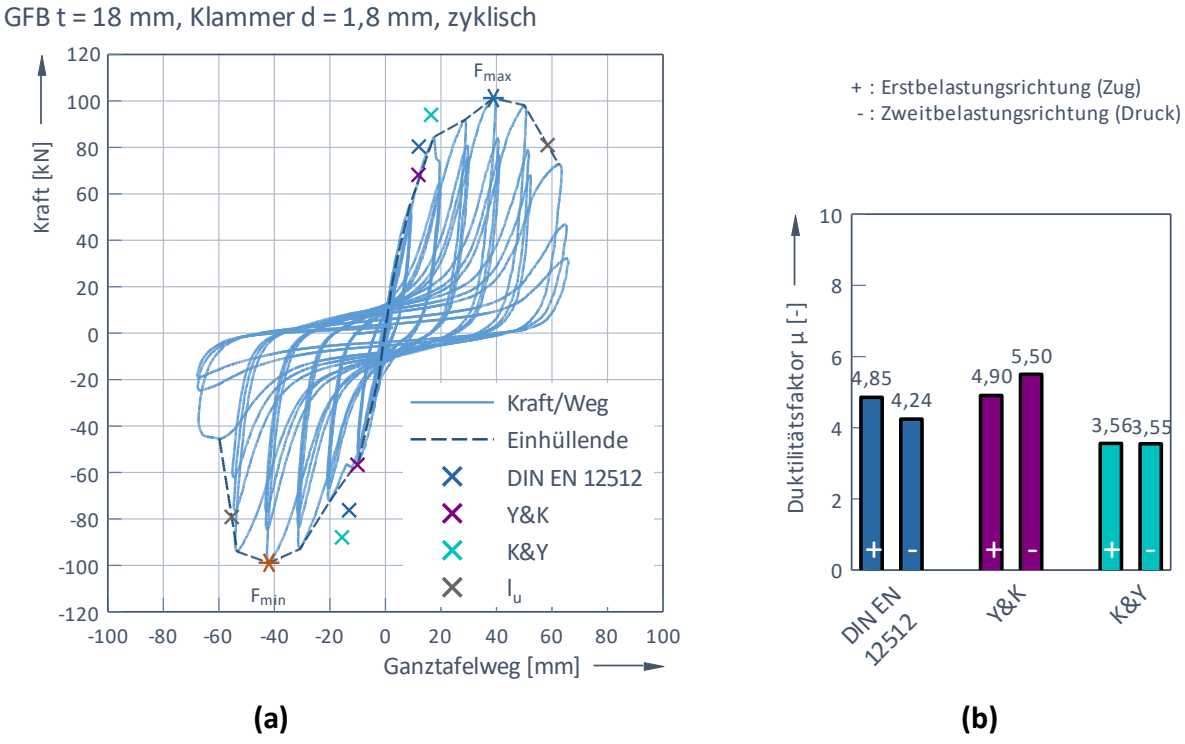


Abbildung B-390: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 15_c_3

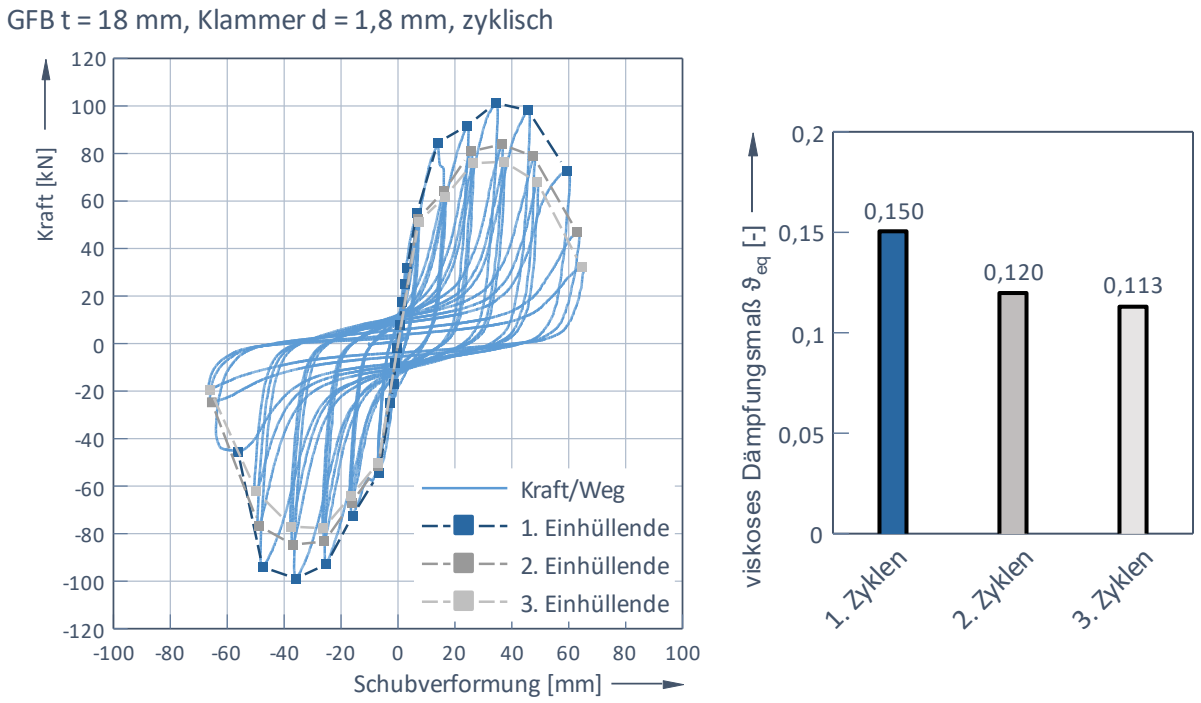


Abbildung B-391: Einhüllende (a) und Vergleich des mittleren viskosen Dämpfungsmaßes in den ersten bis dritten Gesamtzyklen der 3er-Zyklen-Kollektive (b); WT 15_c_3

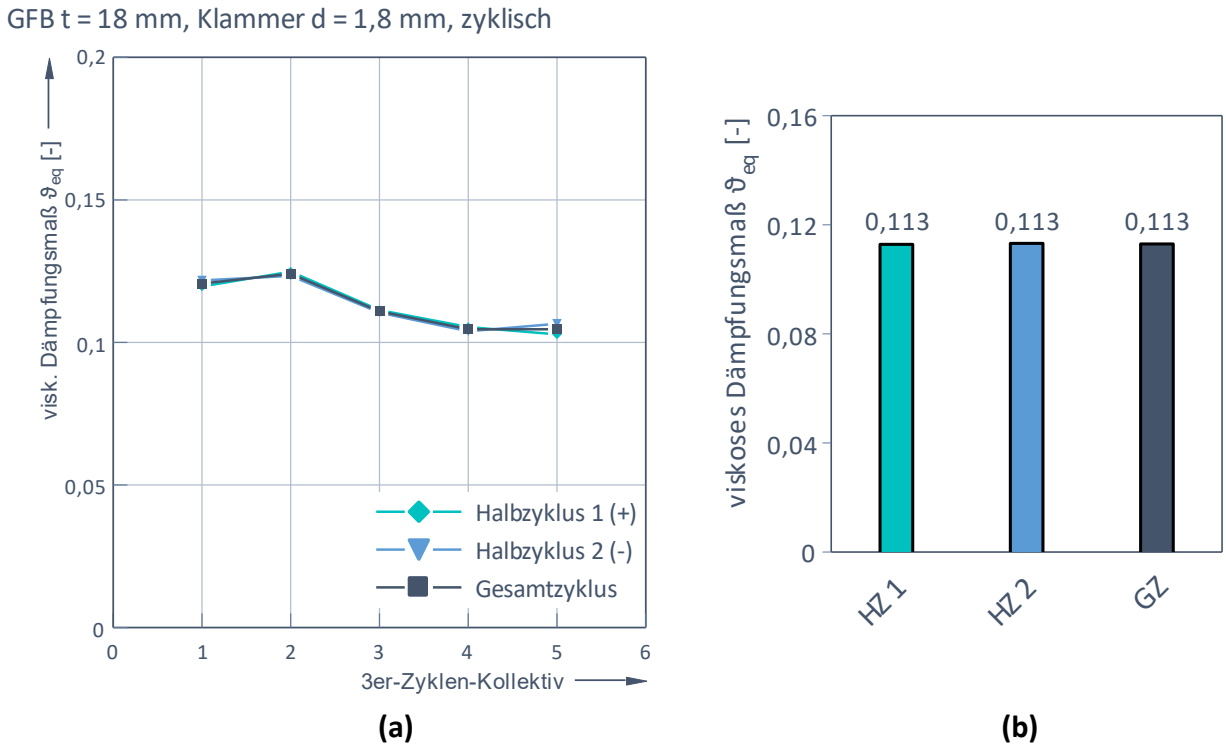


Abbildung B-392: Vergleich des viskosen Dämpfungsmaßes als Einzelwerte (a) und Mittelwerte (b) der dritten Zyklen der 3er-Zyklen-Kollektive; WT 15_c_3

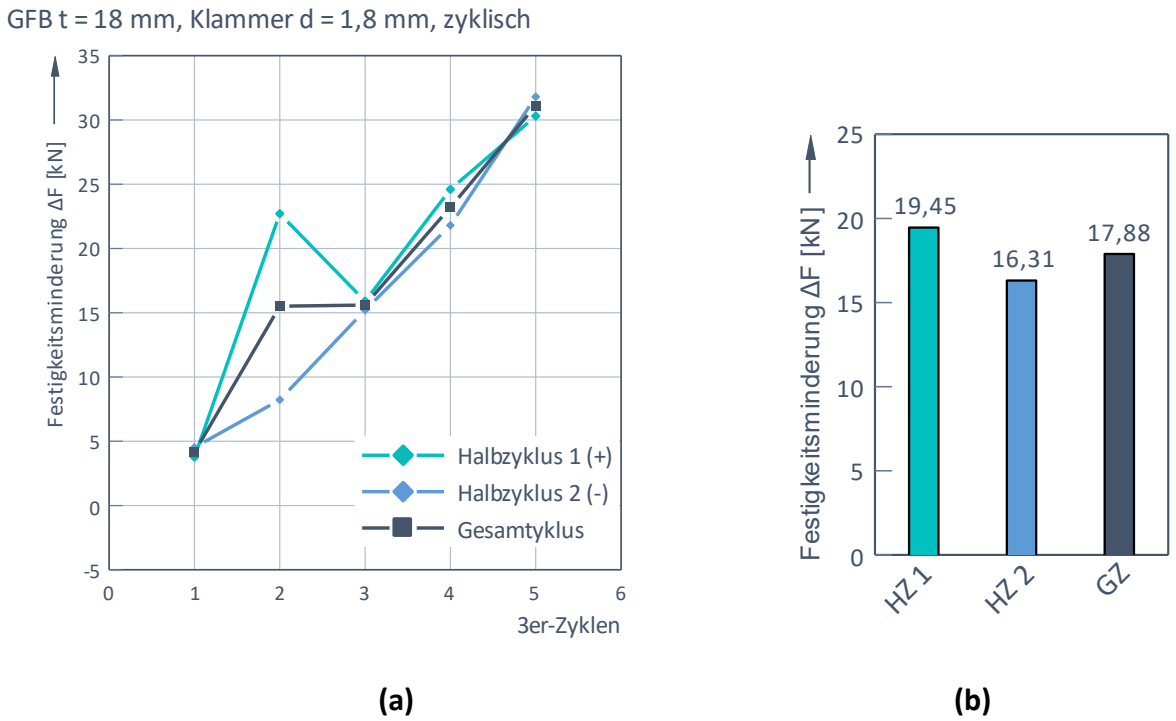


Abbildung B-393: Vergleich der Festigkeitsminderung der 3er-Zyklen-Kollektive als Einzelwerte je Zyklus (a) und als Mittelwerte je Halbzyklus (b); WT 15_c_3

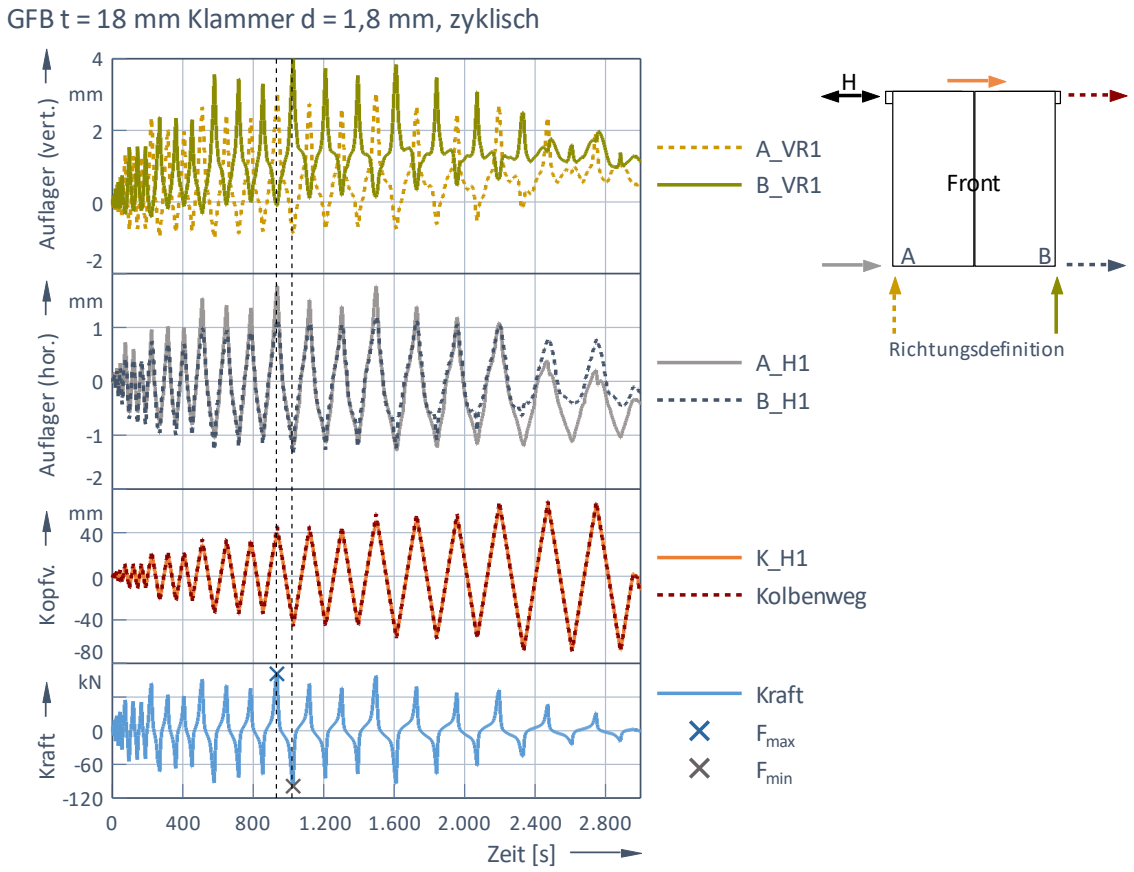


Abbildung B-394: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 15_c_3

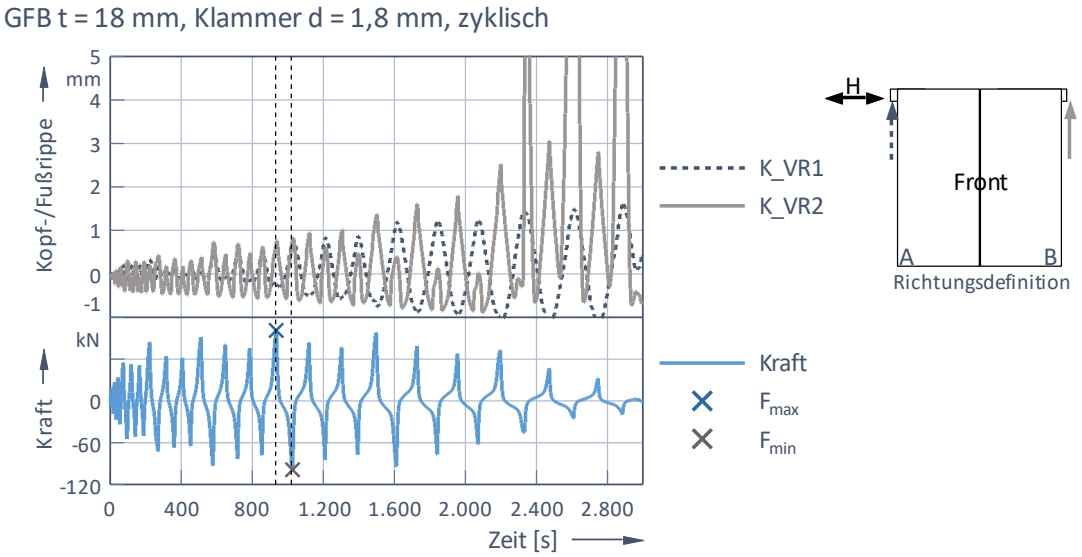


Abbildung B-395: Wegmessungen am Rähm WT 15_c_3

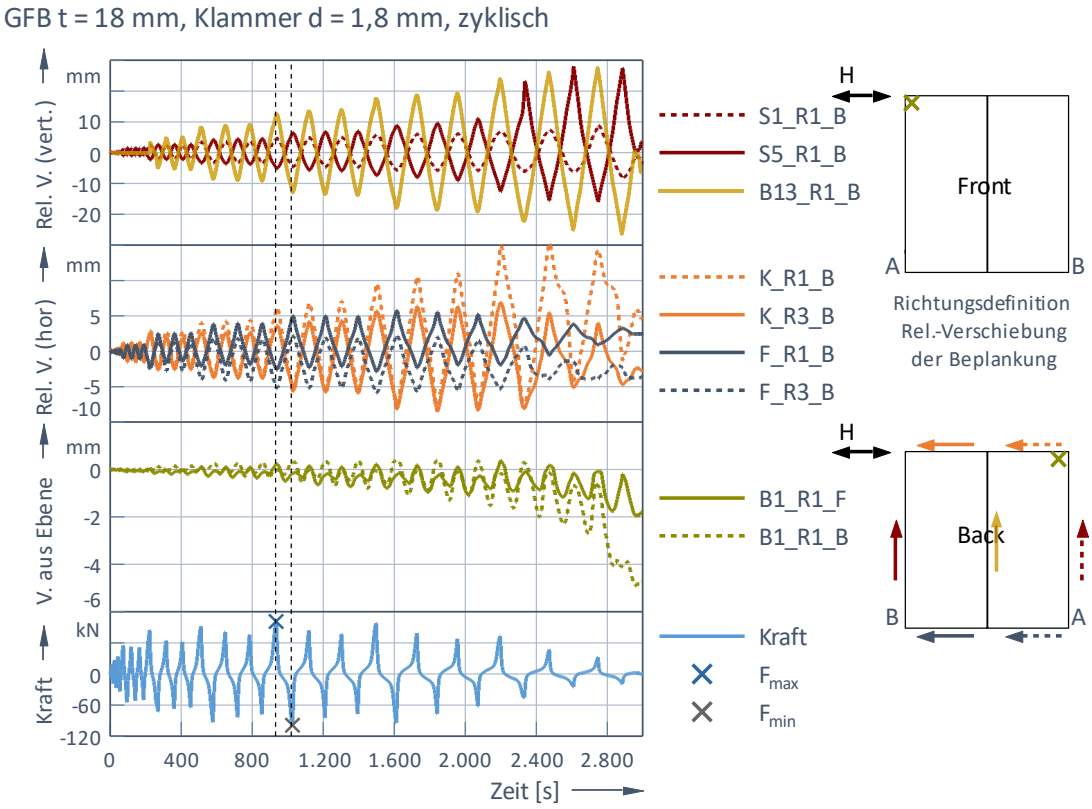


Abbildung B-396: Wegmessungen an der Beplankung; WT 15_c_3

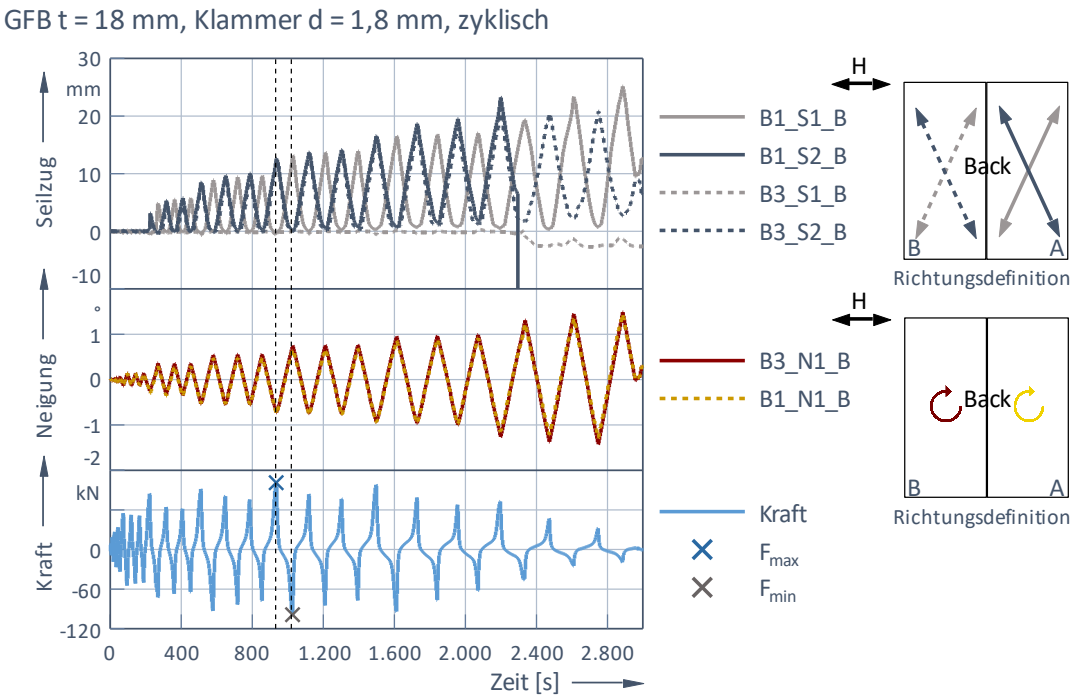


Abbildung B-397: Weg- und Neigungsmessungen an der Beplankung; WT 15_c_3

Wandtafel 16_c_1

Tabelle B-34: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 16_c_1

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

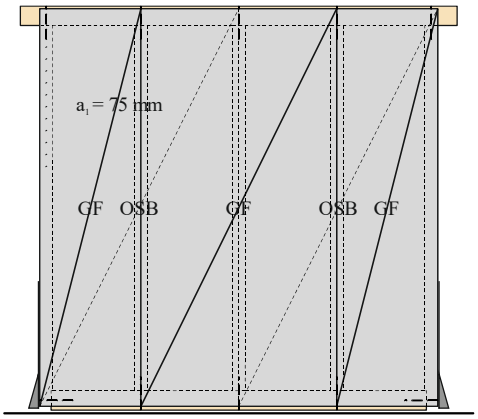


Abbildung B-398: Wandtafel 16_c_1

Untersuchung		
Datum	05.02.2024	
Raumtemperatur T	20,6 °C	
Raumfeuchte R_H	45 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 433 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 371 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 483 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 429 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	13,2 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Zyklisch
Belastung	1,5 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximal-/Minimalkraft	173,0 kN / -167,0 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Probekörper: Bekleidung am Rähm vorne ohne Versatz geklammert

Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Gesamtpaket
- F_{min} (4. 3er-Zyklus) vor F_{max} (5. 3er-Zyklus) erreicht
- Durchziehen des Rähm mit Klammerermüden
- Geringfügige Querdruckpressung an S1 & S5 trotz Querdruckverstärkung

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

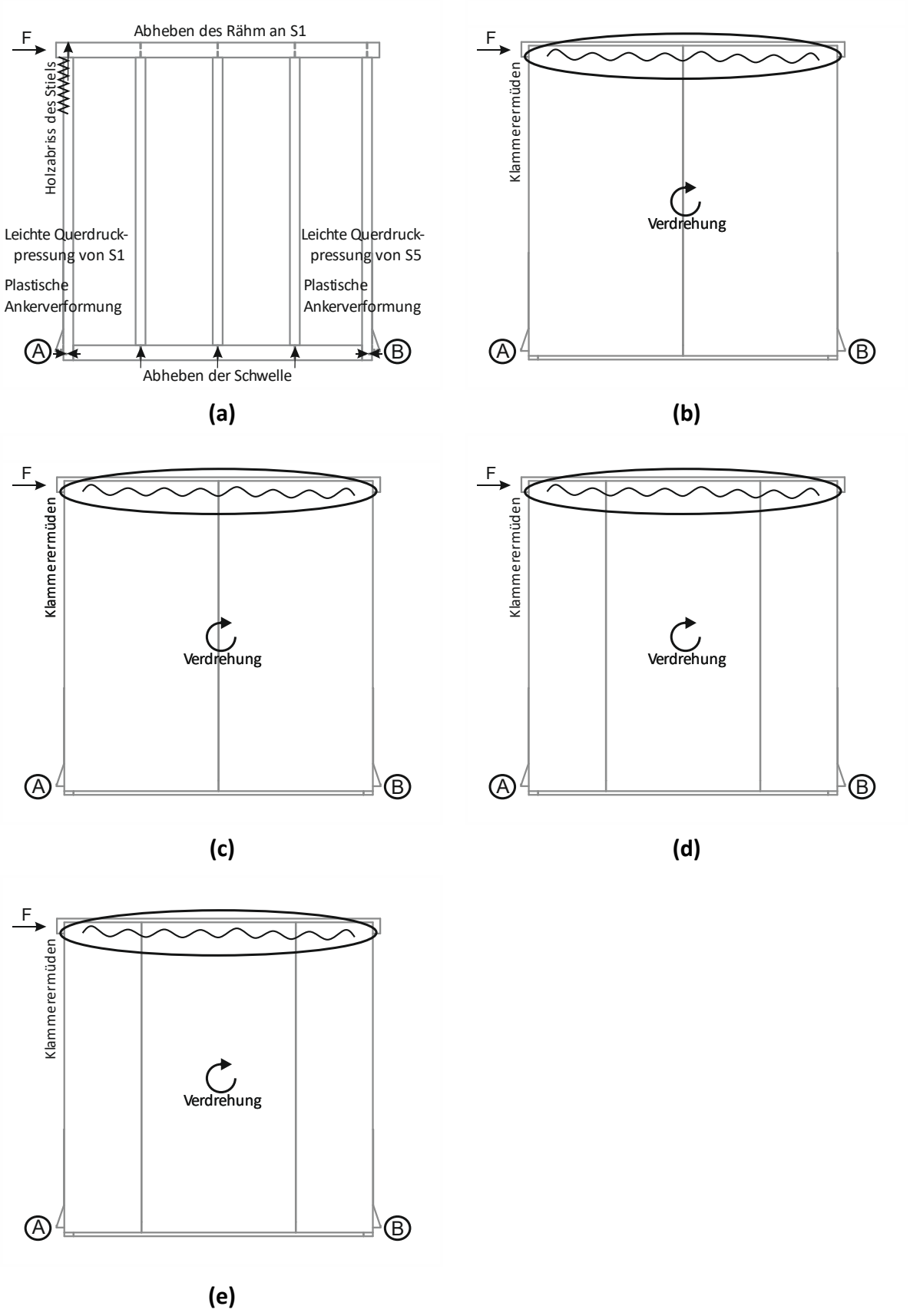
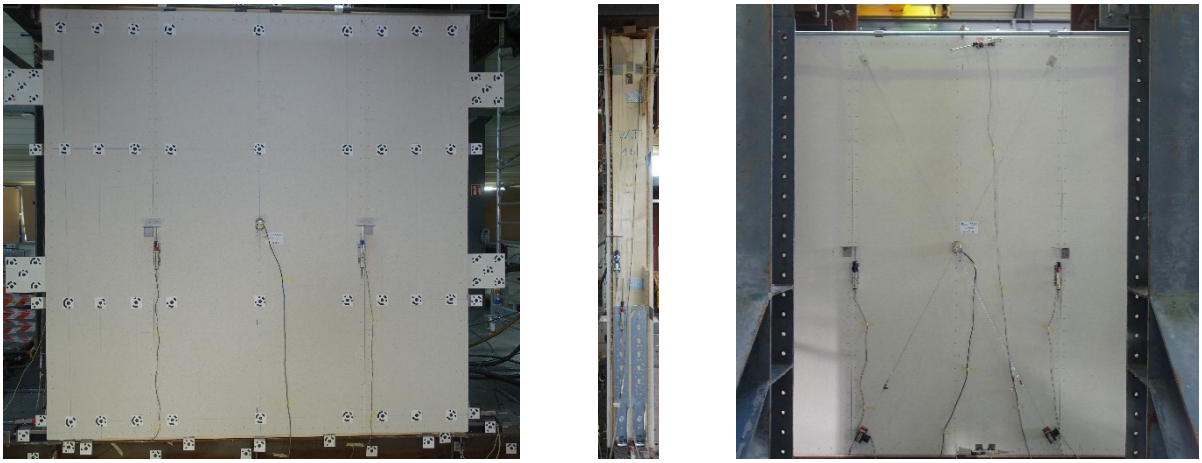


Abbildung B-399: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten, Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 16_c_1



(a) (b) (c)

Abbildung B-400: Versagensbild Vorderseite (a), Seitenansicht Stiel 5 (b) und Rückseite (c); WT 16_c_1



(a) (b)



(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-401: Ablösen des Rähm von S1 mit Holzausbruch (a), Abheben von S1 am Auflager A (b), Ablösen von Beplankung und Bekleidung an Stiel S5 (c), Klammerherausziehen und Ermüden an S5 oben hinten (d), Herausgezogene Klammer am Rähm vorne (e), leichte Querdruckpressung am Auflager B (f); WT 16_c_1

Untersuchungsergebnisse

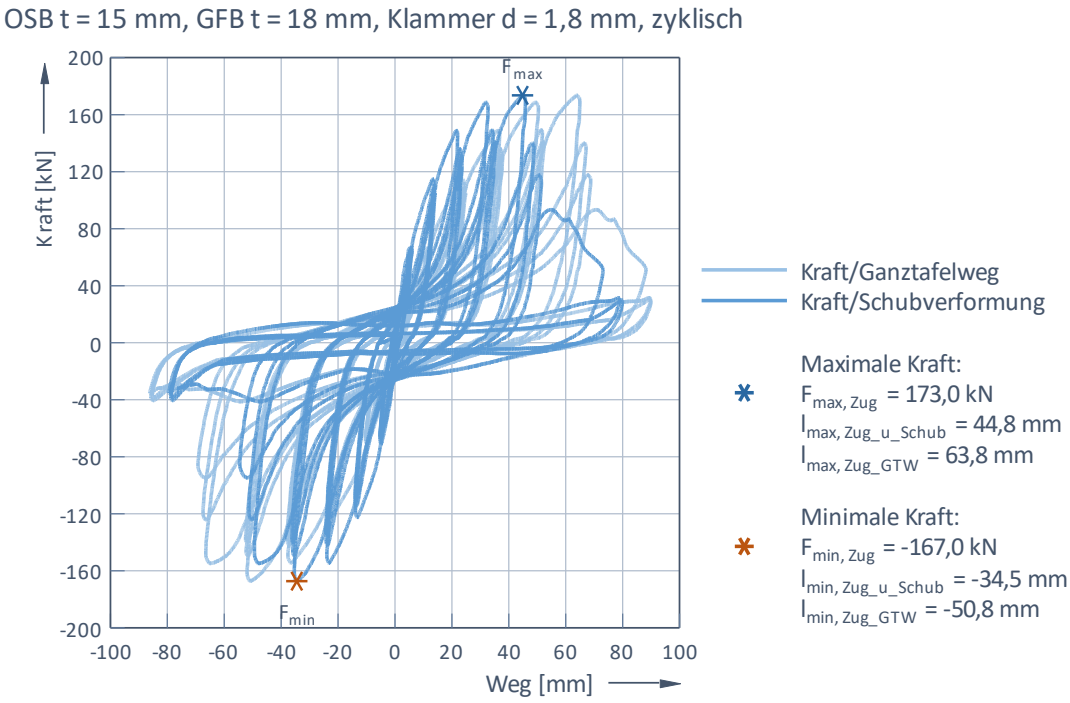


Abbildung B-402: Last-Verformungskurve über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 16_c_1

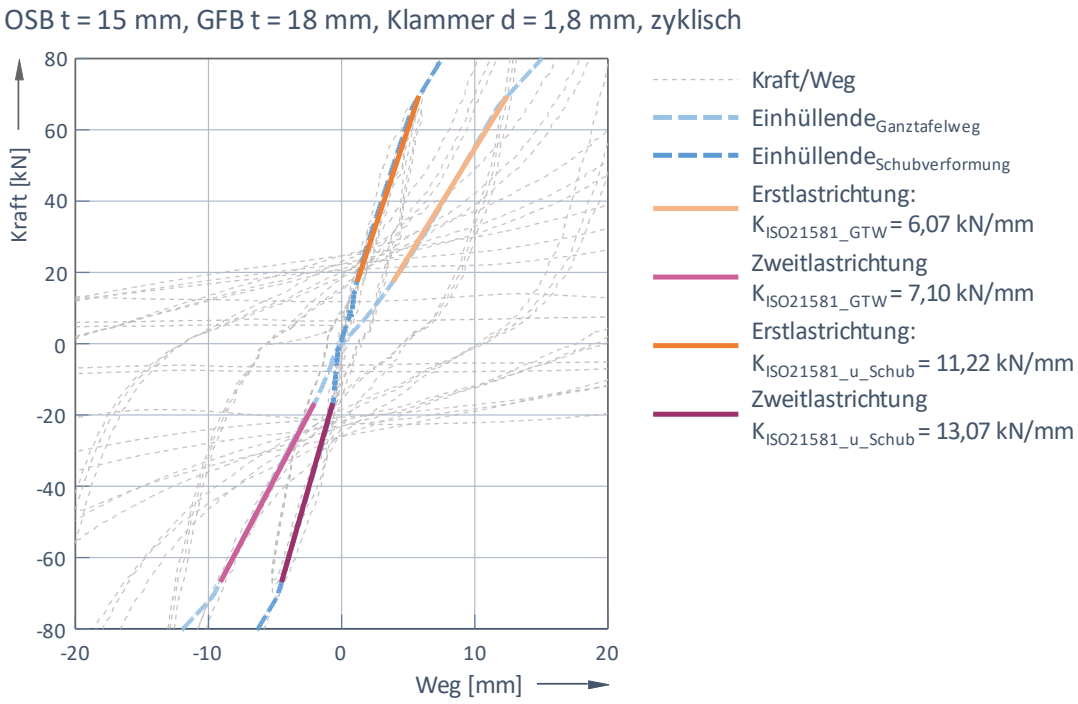


Abbildung B-403: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 16_c_1

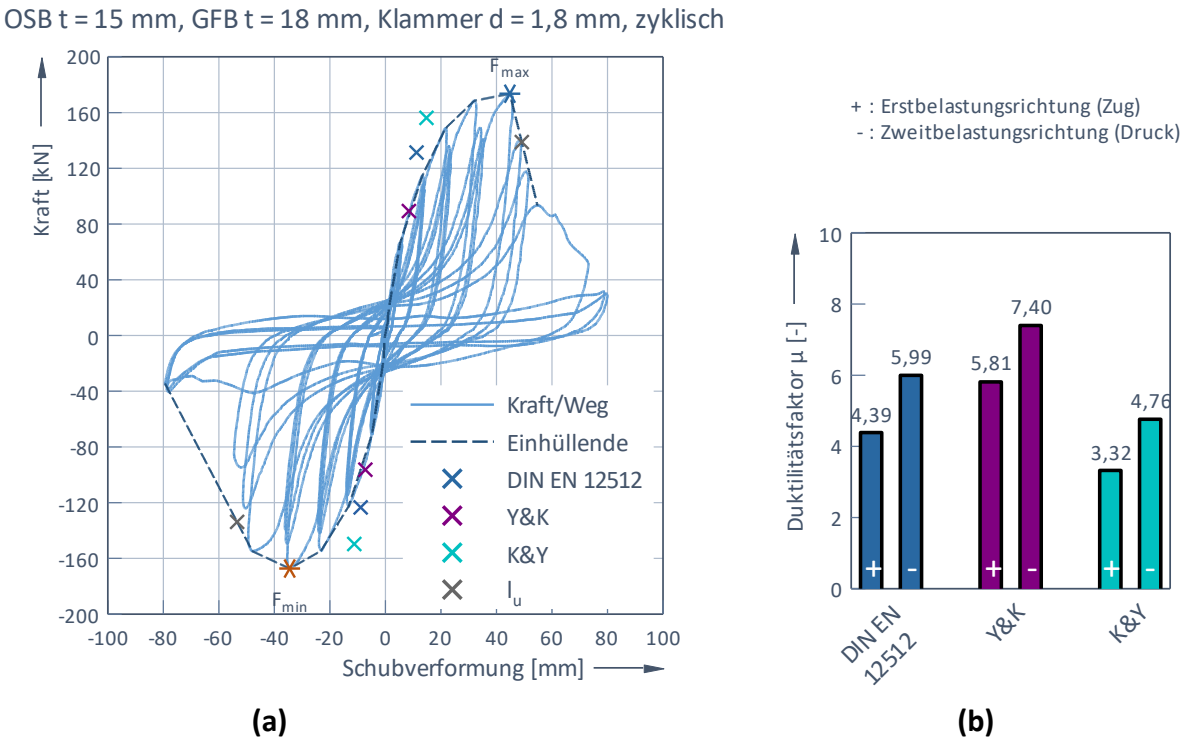


Abbildung B-404: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 16_c_1

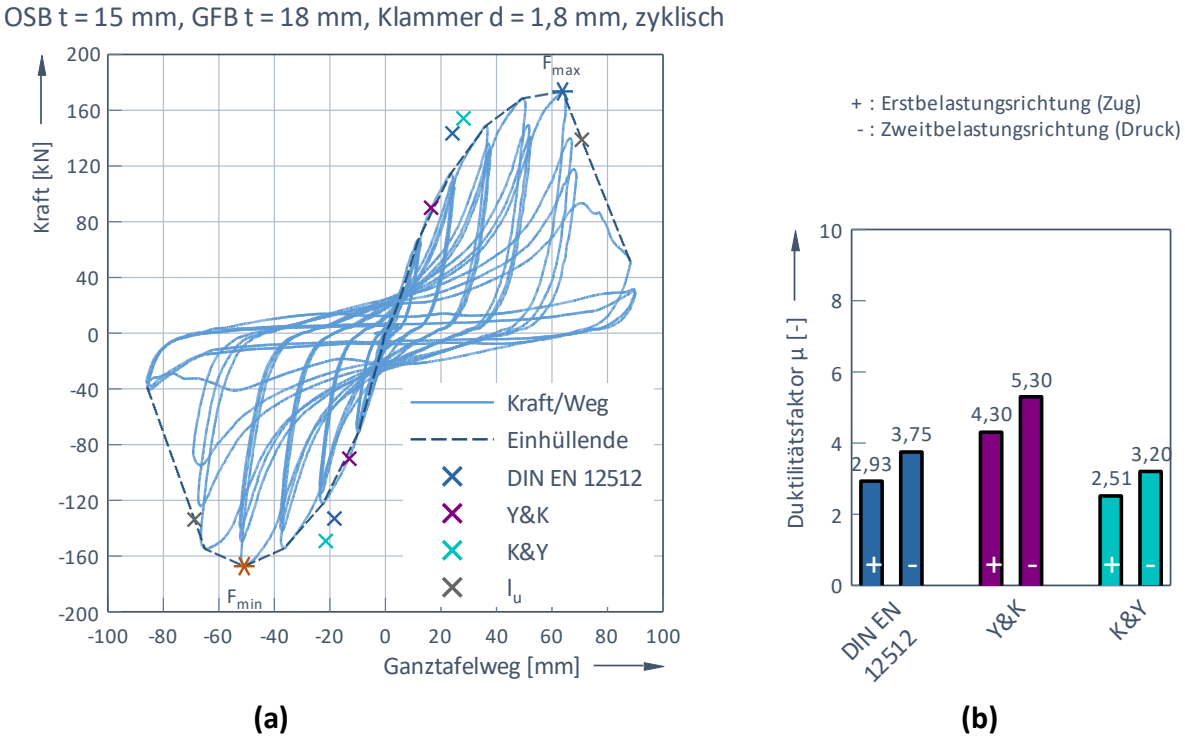


Abbildung B-405: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 16_c_1

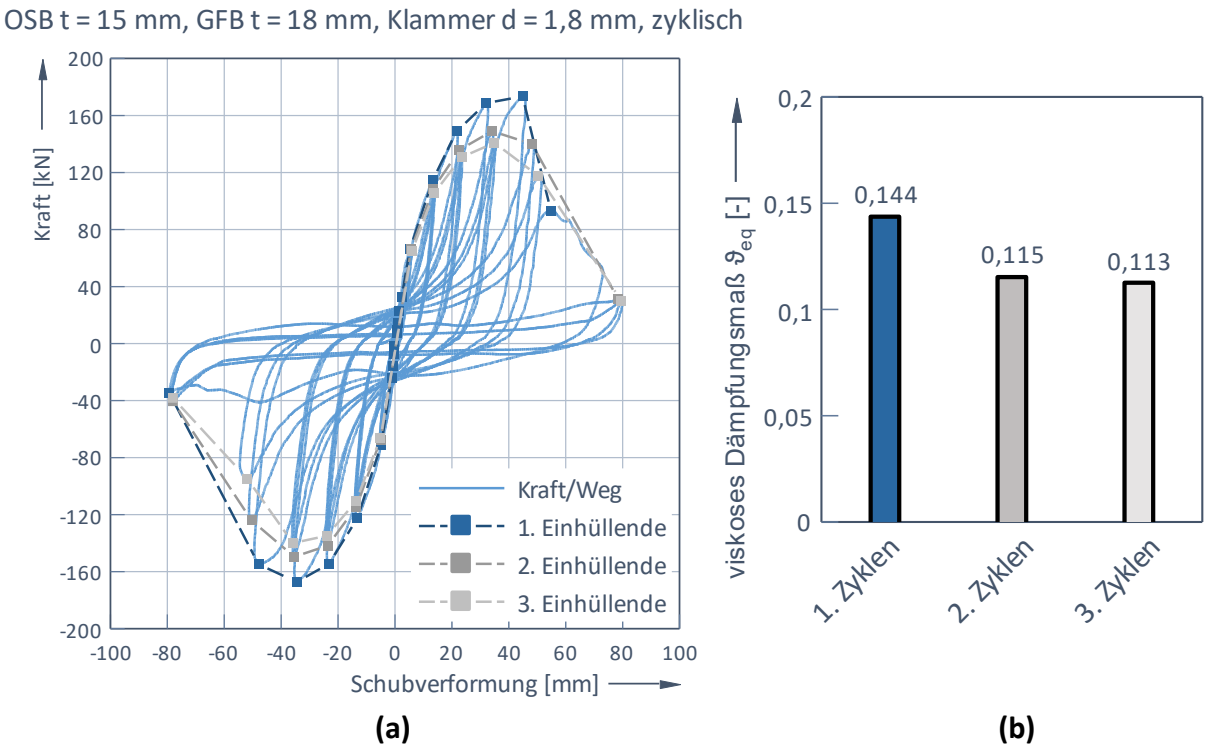


Abbildung B-406: Einhüllende (a) und Vergleich des mittleren viskosen Dämpfungsmaßes in den ersten bis dritten Gesamtzyklen der 3er-Zyklen-Kollektive (b); WT 16_c_1

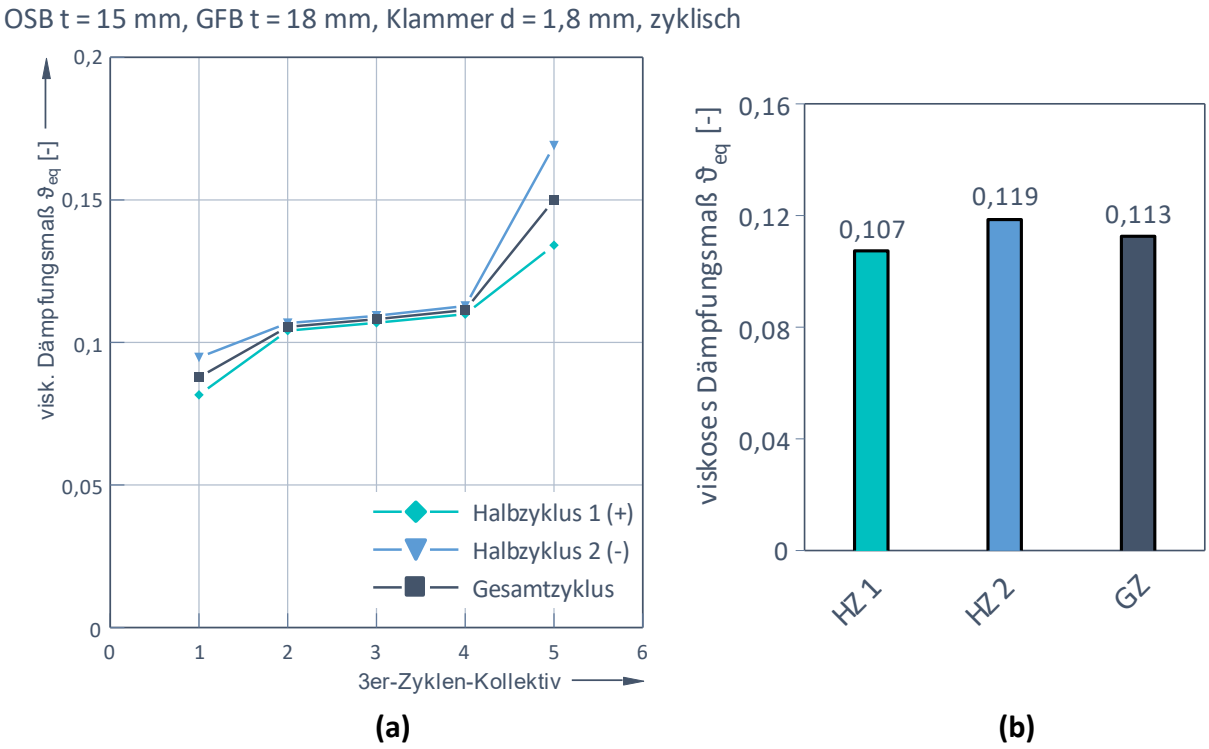


Abbildung B-407: Vergleich des viskosen Dämpfungsmaßes als Einzelwerte (a) und Mittelwerte (b) der dritten Zyklen der 3er-Zyklen-Kollektive; WT 16_c_1

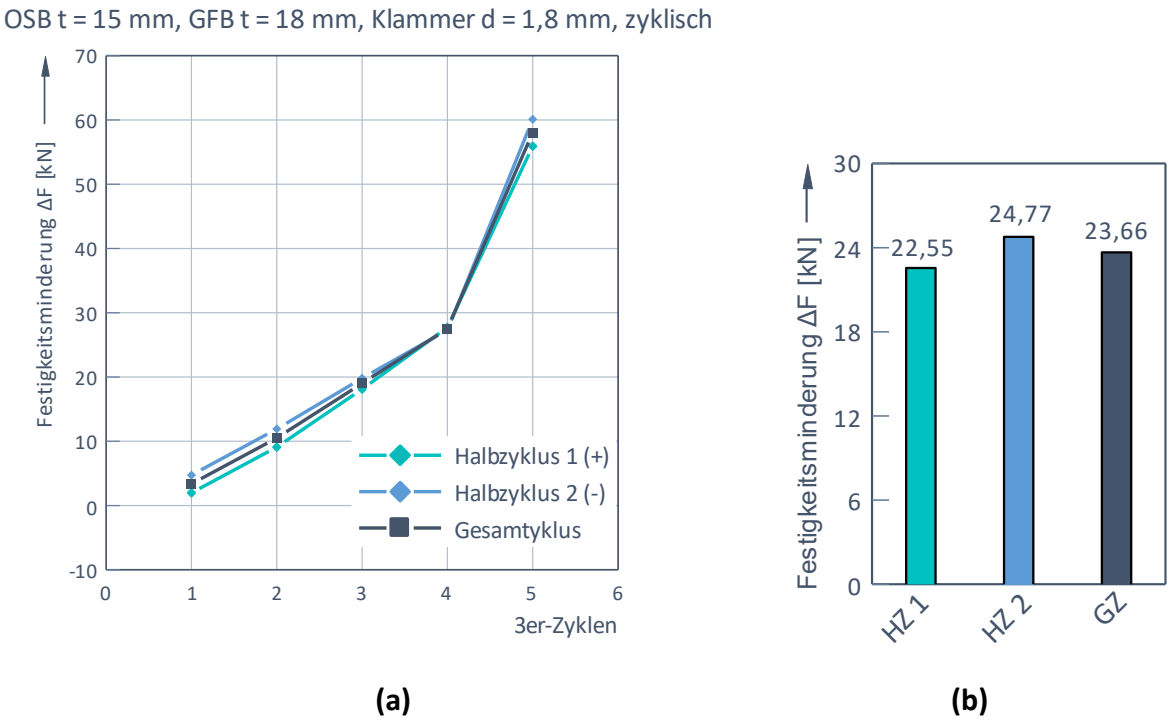


Abbildung B-408: Vergleich der Festigkeitsminderung der 3er-Zyklen-Kollektive als Einzelwerte je Zyklus (a) und als Mittelwerte je Halbzyklus (b); WT 16_c_1

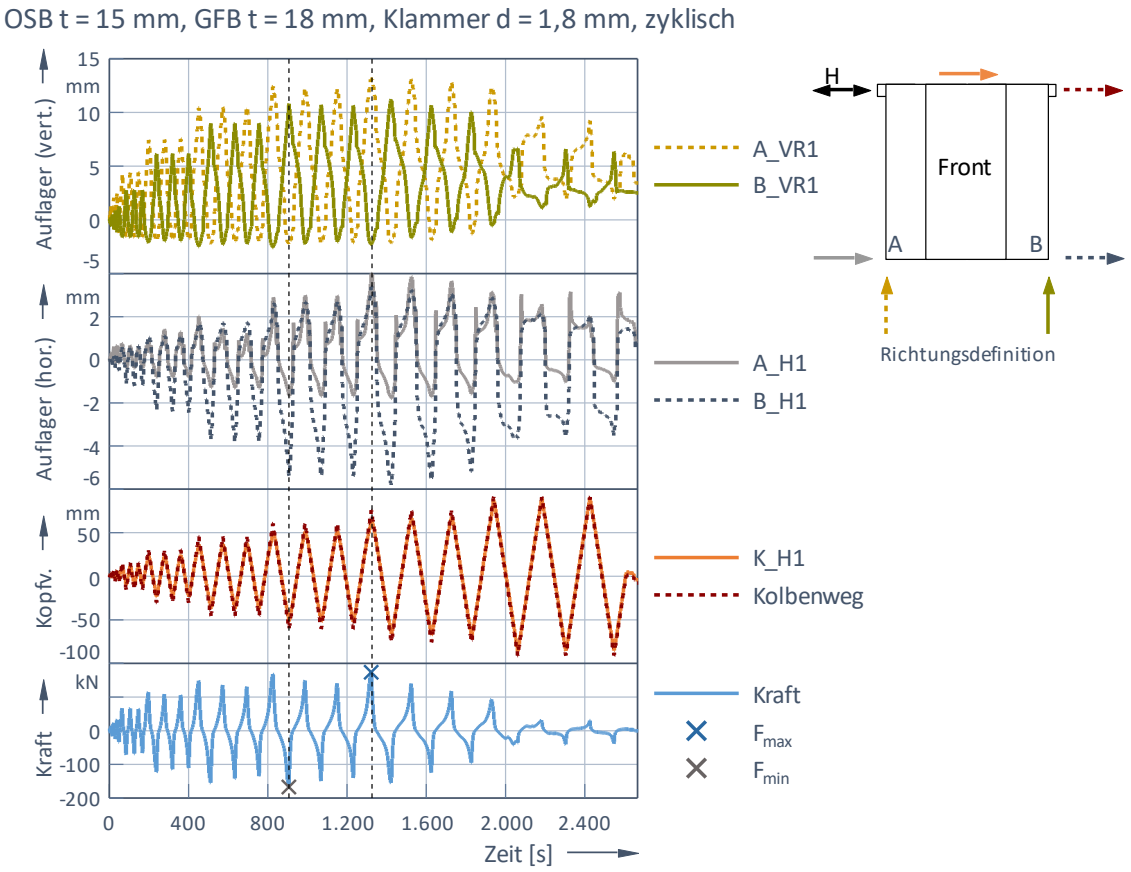


Abbildung B-409: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 16_c_1

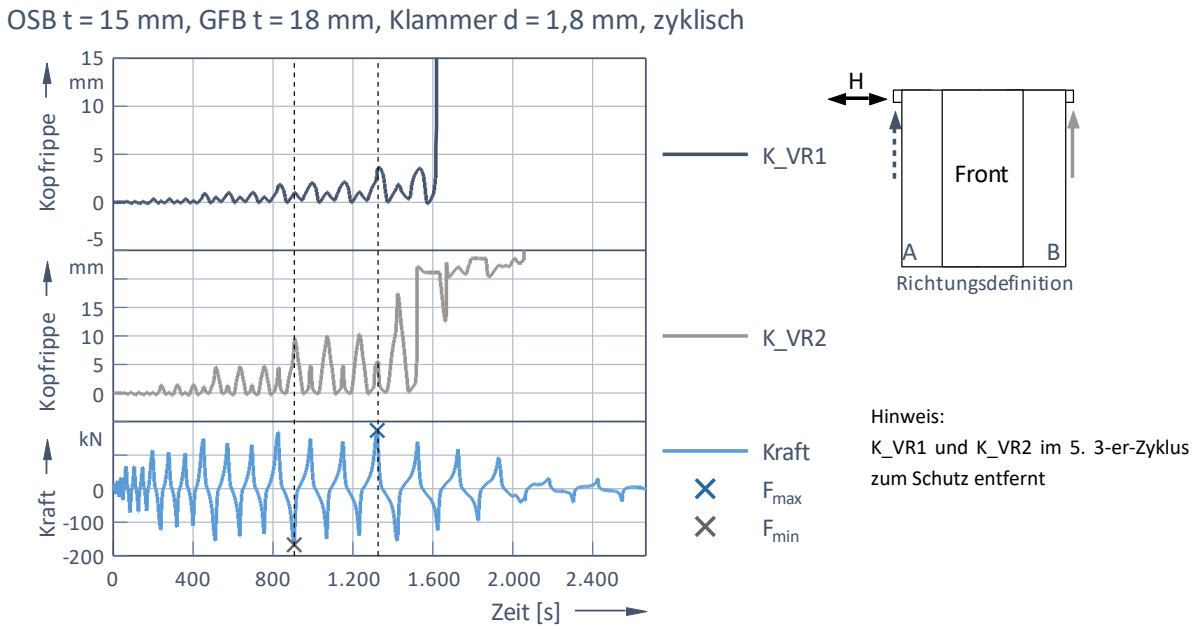


Abbildung B-410: Wegmessungen am Rähm; WT 16_c_1

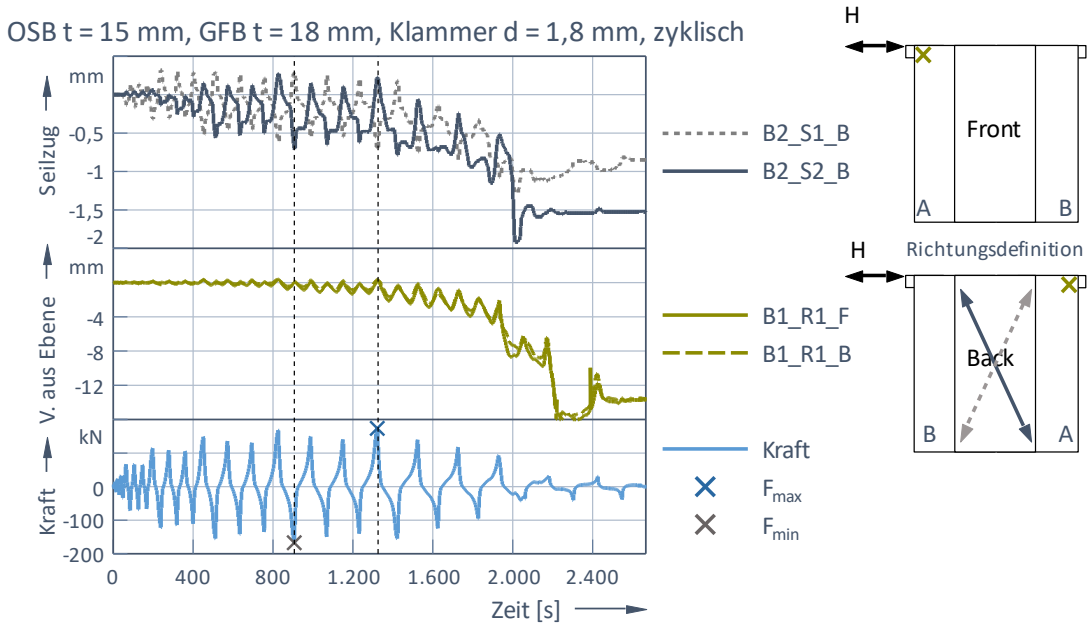


Abbildung B-411: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 16_c_1

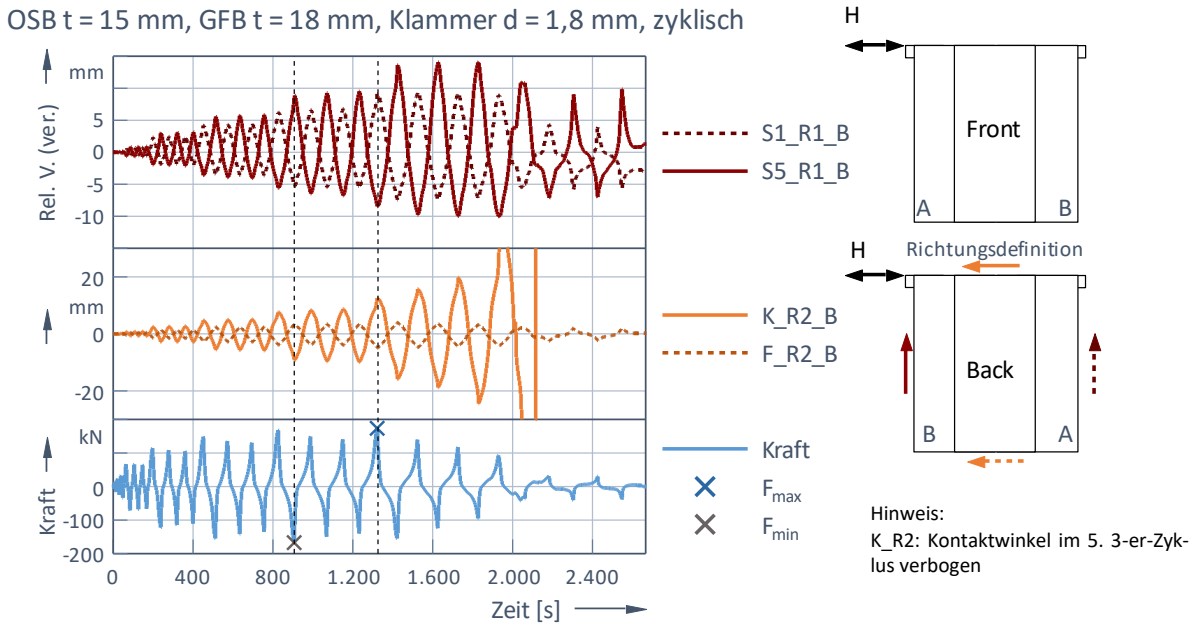


Abbildung B-412: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 16_c_1

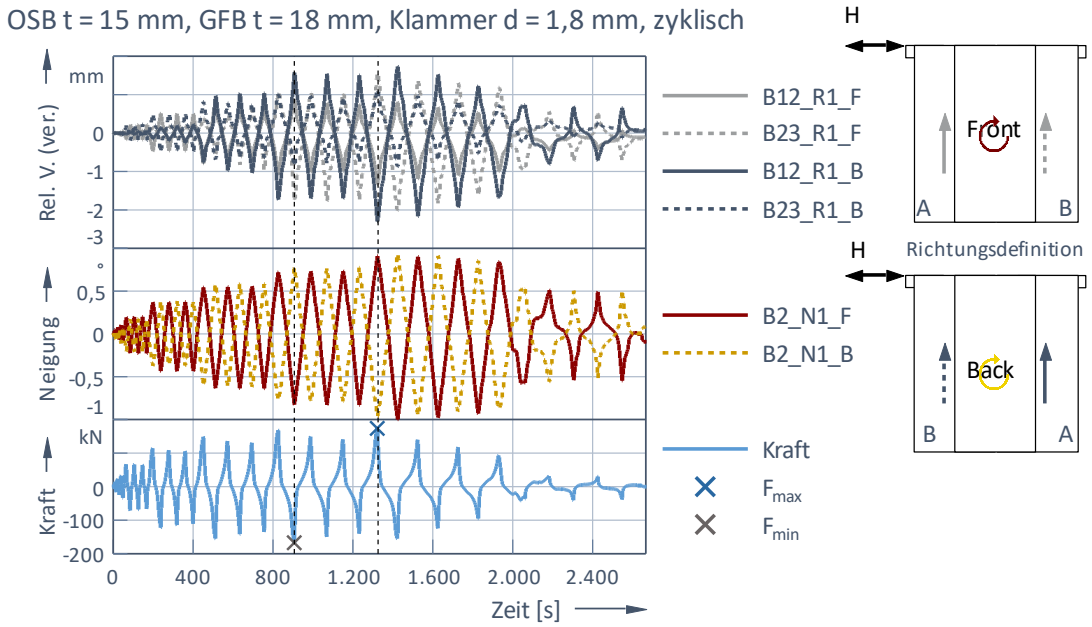


Abbildung B-413: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 16_c_1

Wandtafel 16_c_2

Tabelle B-35: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 16_c_2

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

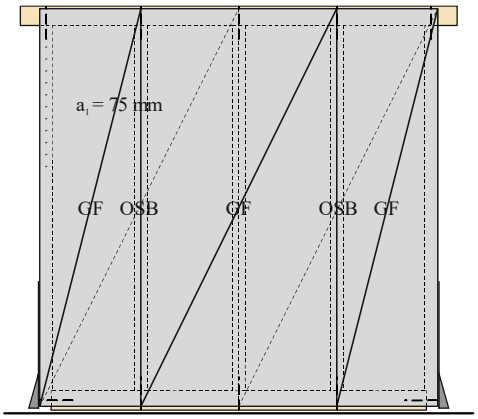


Abbildung B-414: Wandtafel 16_c_2

Untersuchung		
Datum	06.02.2024	
Raumtemperatur T	20,6 °C	
Raumfeuchte R_H	40 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 428 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 428 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 413 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 423 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,4 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Zyklisch
Belastung	1,5 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximal-/Minimalkraft	175,0 kN / -169,0 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Gesamtpaket
- Lösen der Beplankung bei -75 mm an S5
- Mischformen des VM-Versagens
- Geringfügige Querdruckpressung an S1 & S5 trotz Querdruckverstärkung

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

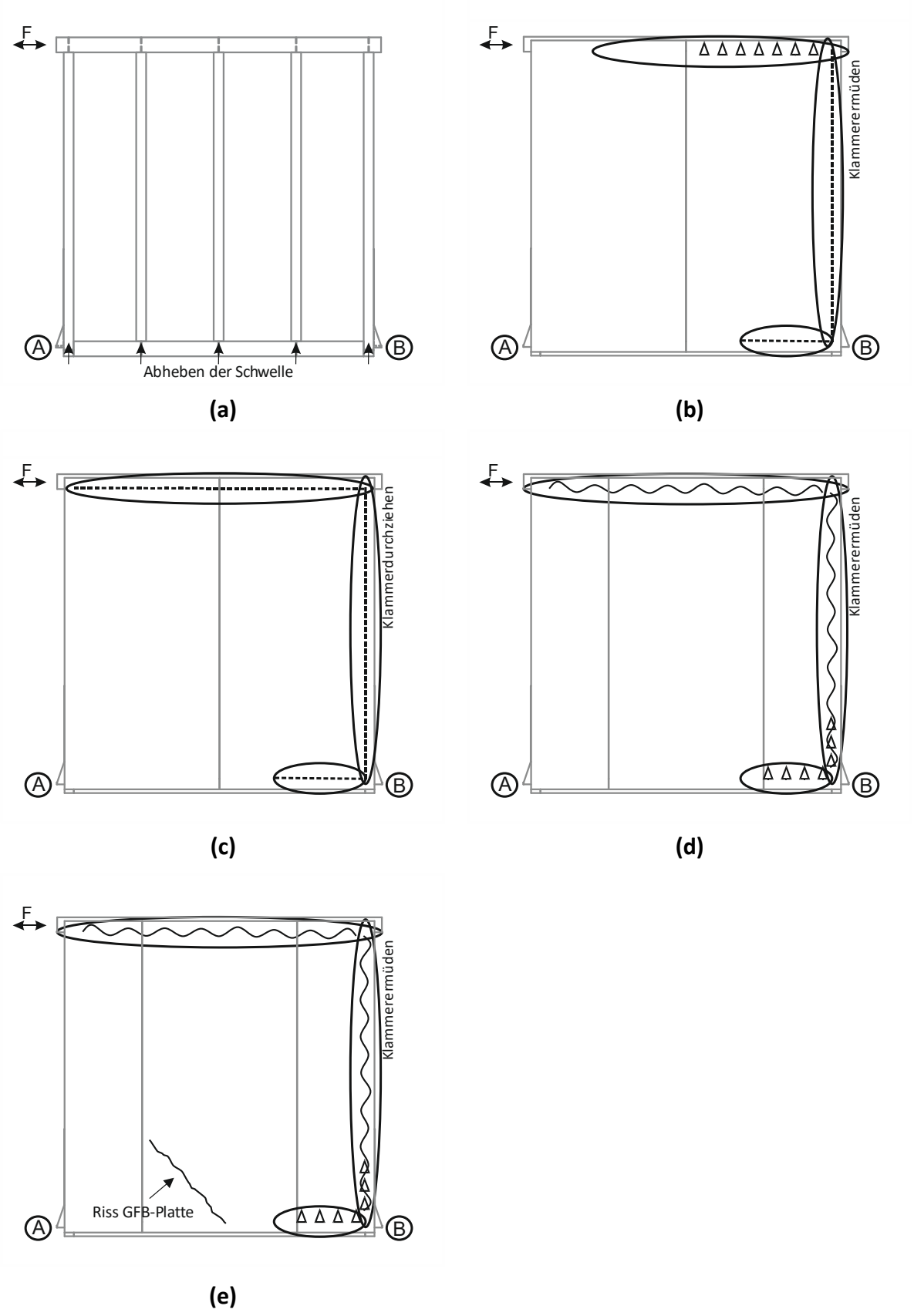


Abbildung B-415: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten, Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 16_c_2

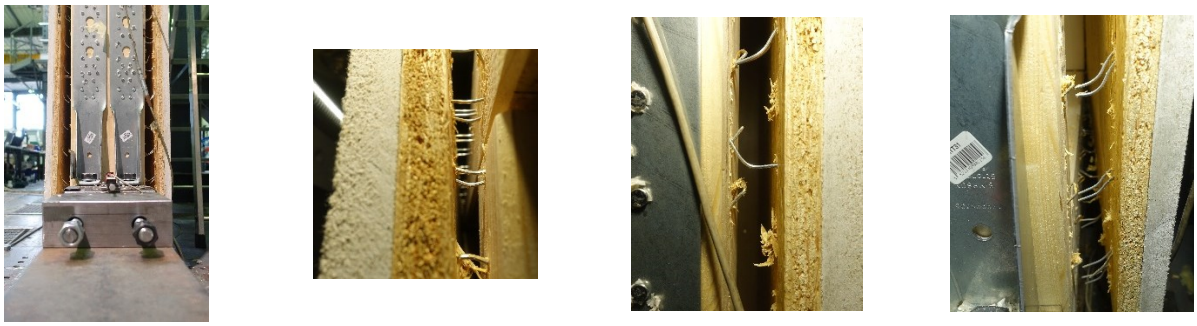


(a) (b) (c)

Abbildung B-416: Versagensbild Vorderseite (a), Seitenansicht Stiel 5 (b) und Rückseite (c); WT 16_c_2



(a) (b)



(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-417: Ablösen von Beplankung und Bekleidung am Rähm S1 (a), Abheben von S5 am Auflager B (b), Ablösen von Beplankung und Bekleidung an Stiel S5 (c), Klammer-herausziehen an am Rähm (d), Klammerdurchziehen Beplankung und -ermüden bzw. -herausziehen Bekleidung (e-f); WT 16_c_2

Untersuchungsergebnisse

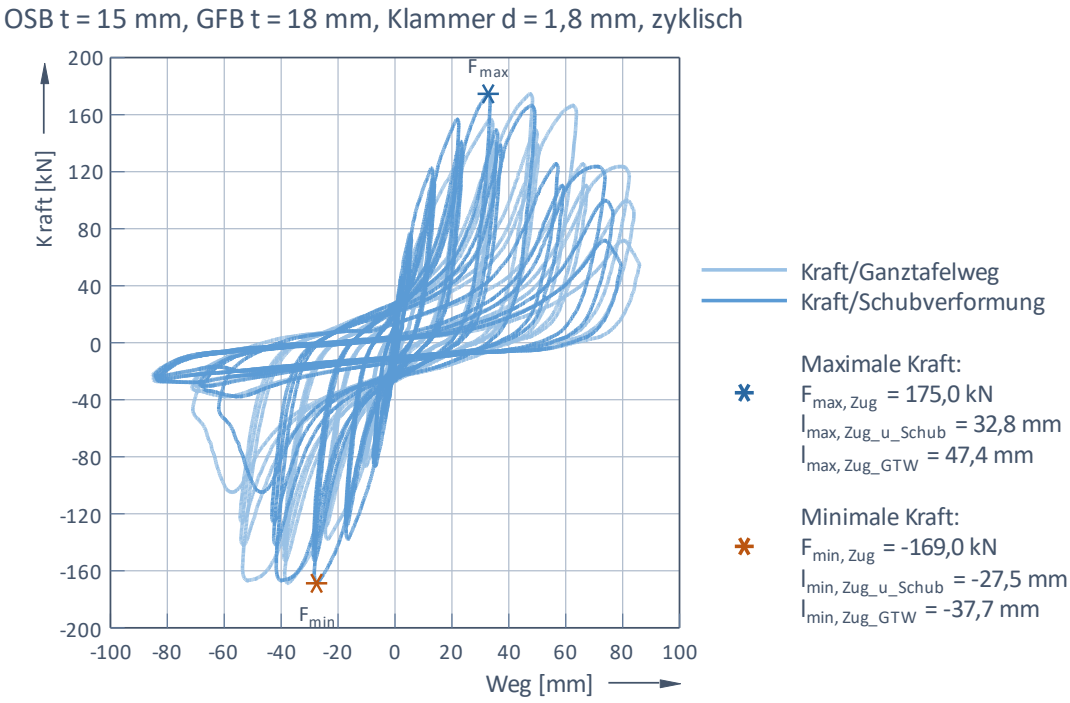


Abbildung B-418: Last-Verformungskurve über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 16_c_2

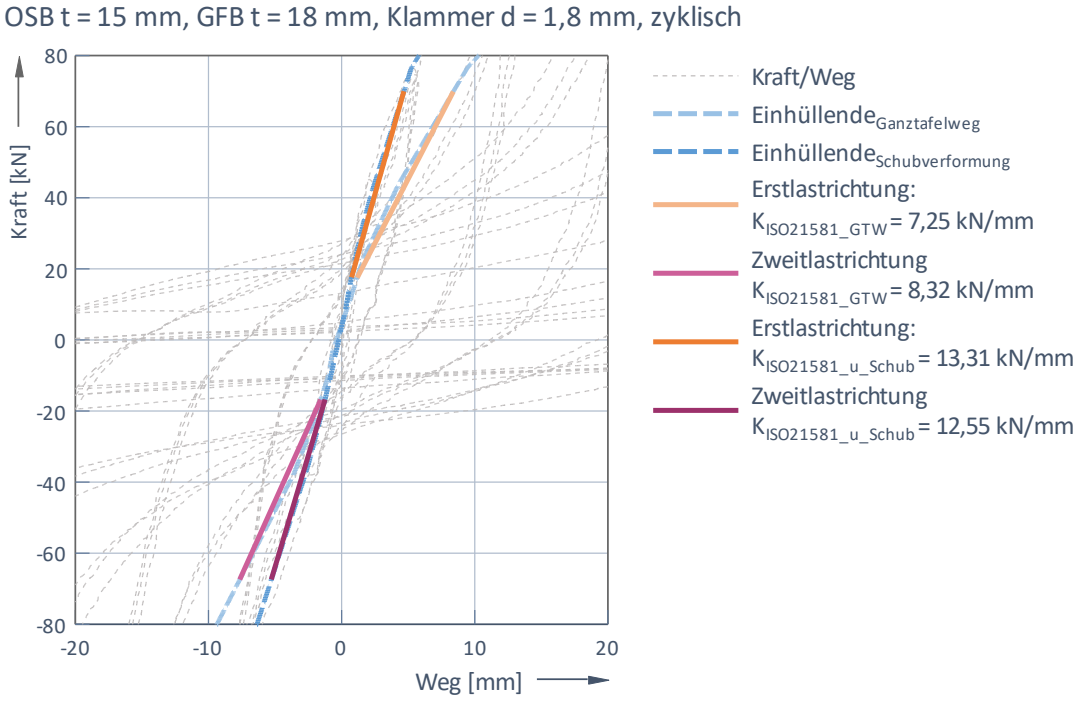


Abbildung B-419: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 16_c_2

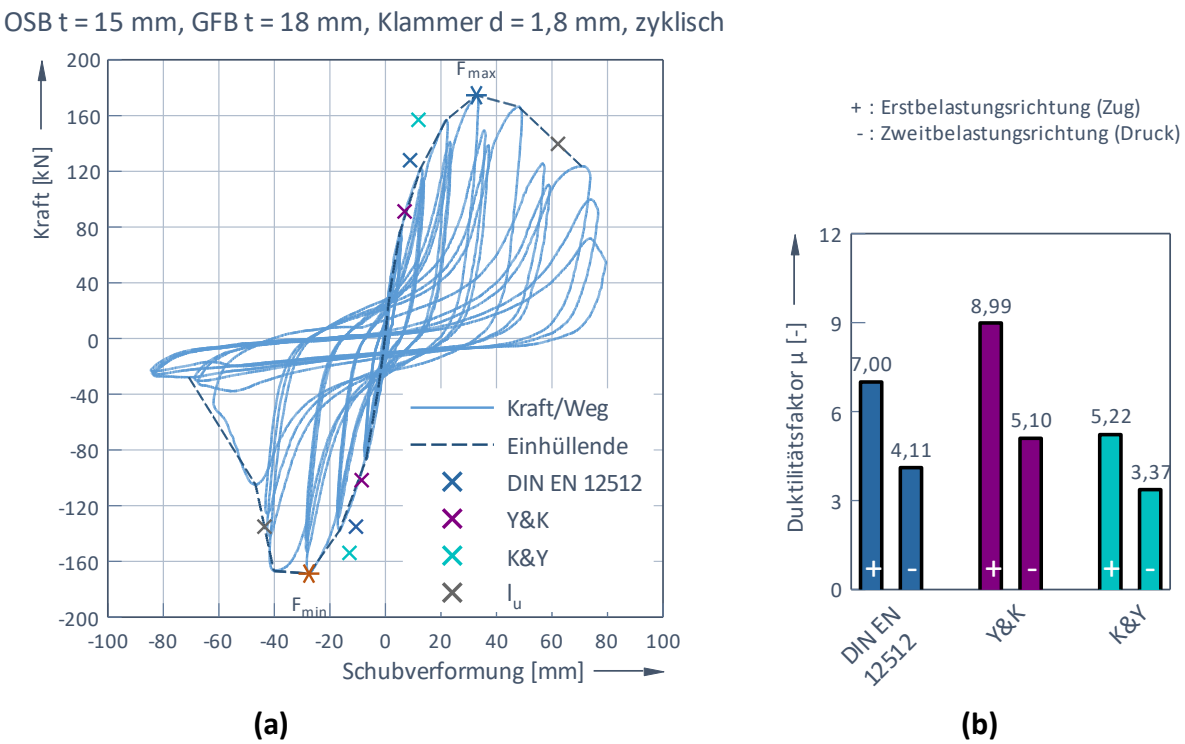


Abbildung B-420: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 16_c_2

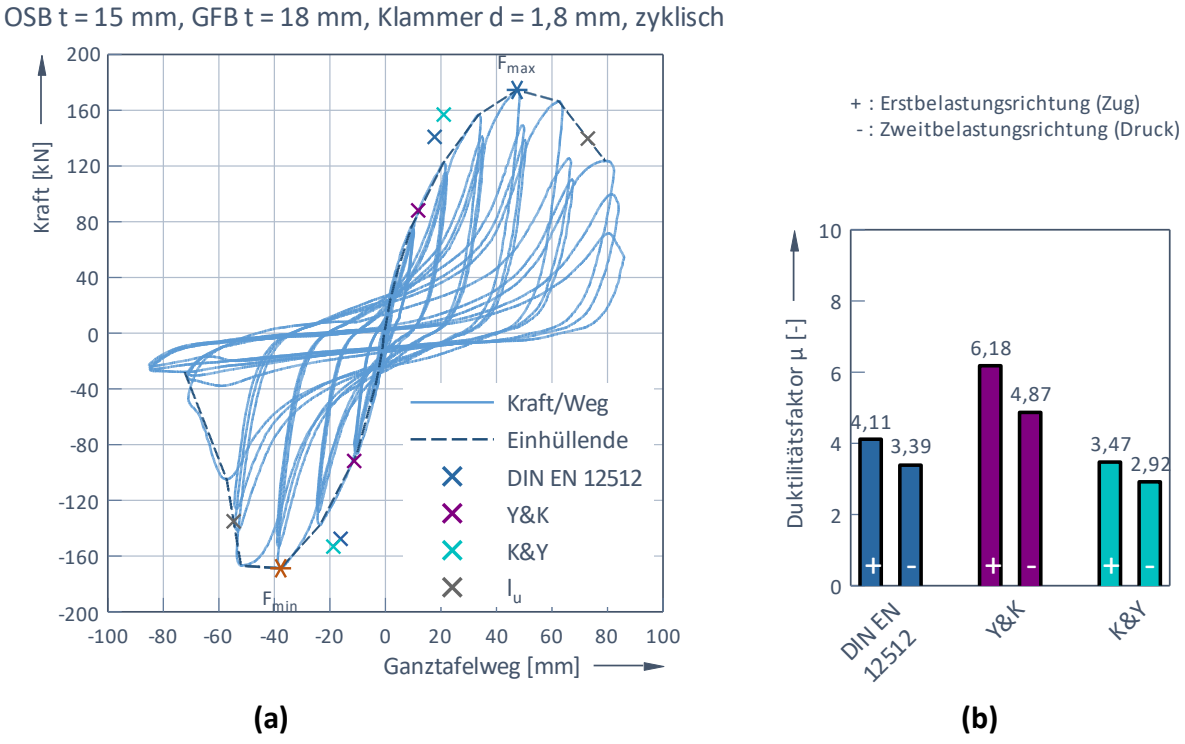


Abbildung B-421: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 16_c_2

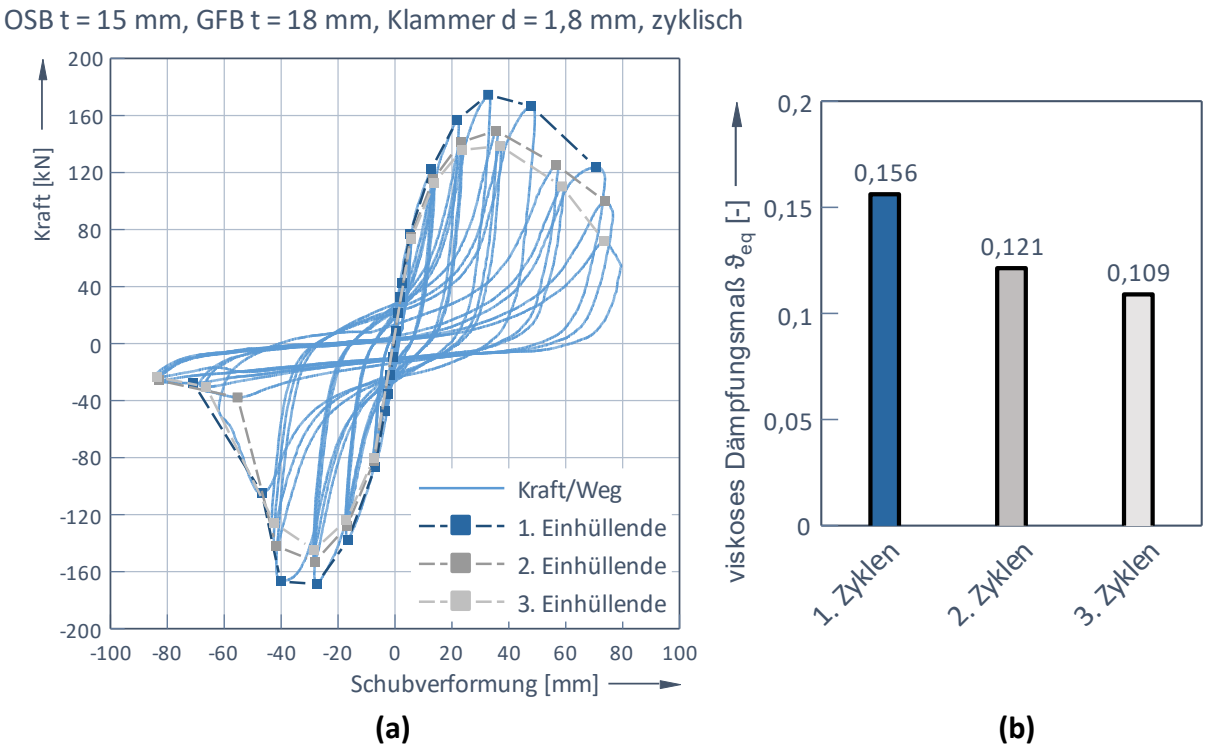


Abbildung B-422: Einhüllende (a) und Vergleich des mittleren viskosen Dämpfungsmaßes in den ersten bis dritten Gesamtzyklen der 3er-Zyklen-Kollektive (b); WT 16_c_2

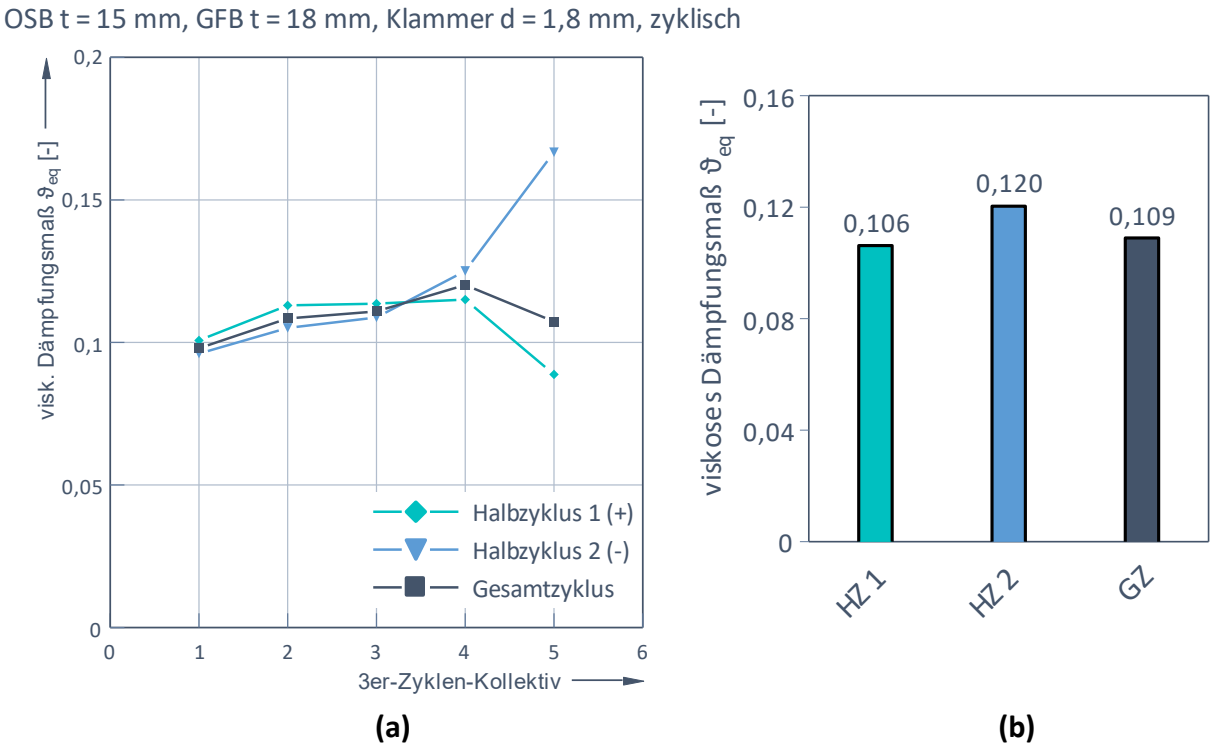


Abbildung B-423: Vergleich des viskosen Dämpfungsmaßes als Einzelwerte (a) und Mittelwerte (b) der dritten Zyklen der 3er-Zyklen-Kollektive; WT 16_c_2

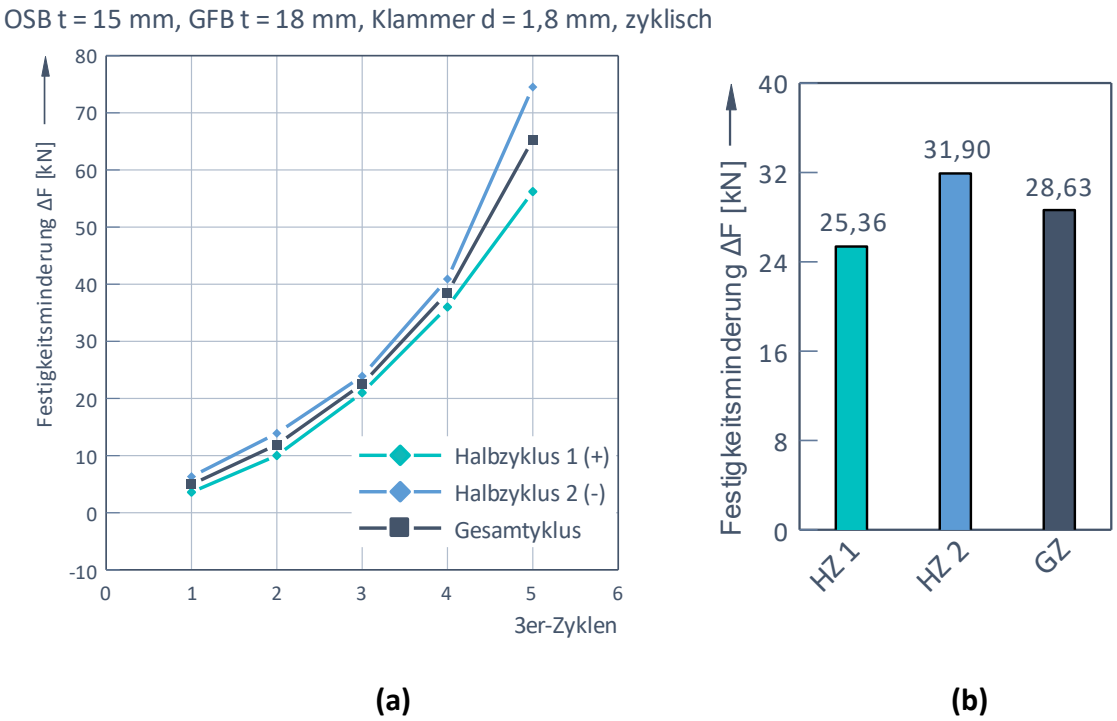


Abbildung B-424: Vergleich der Festigkeitsminderung der 3er-Zyklen-Kollektive als Einzelwerte je Zyklus (a) und als Mittelwerte je Halbzyklus (b); WT 16_c_2

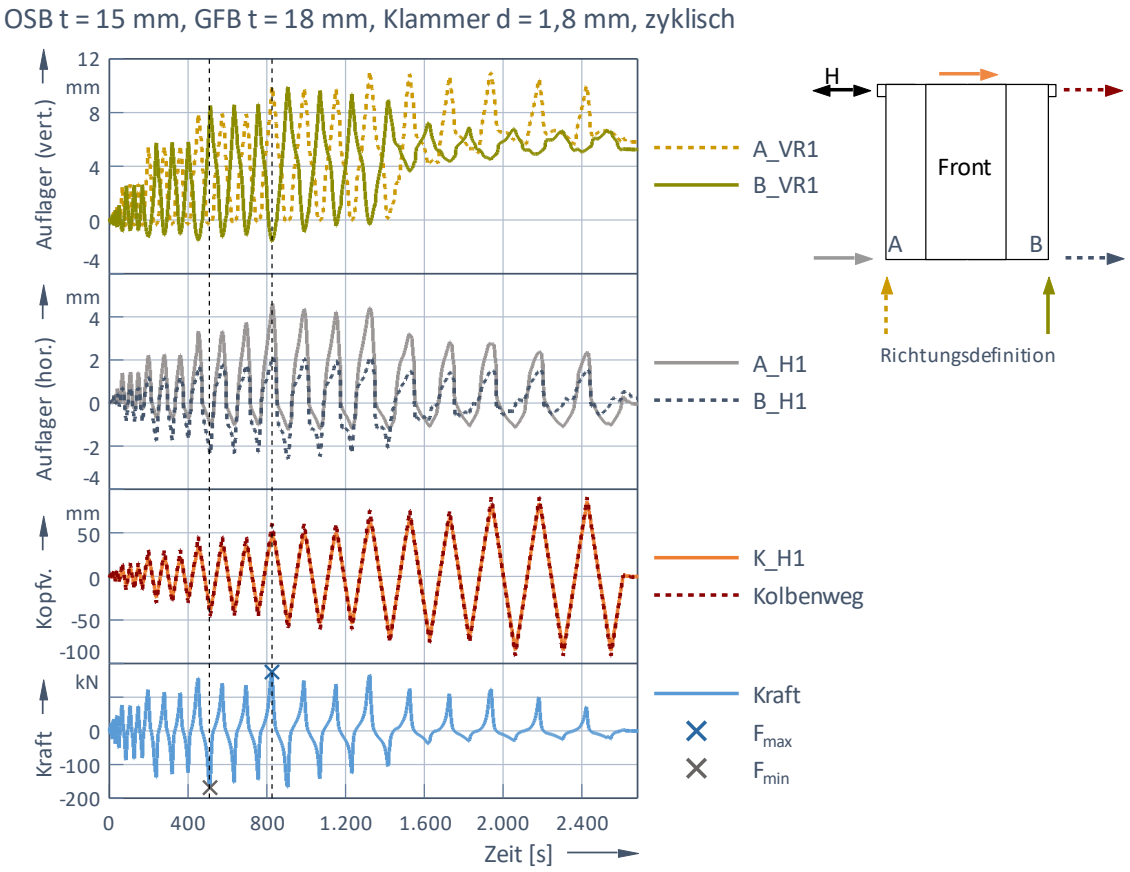


Abbildung B-425: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 16_c_2

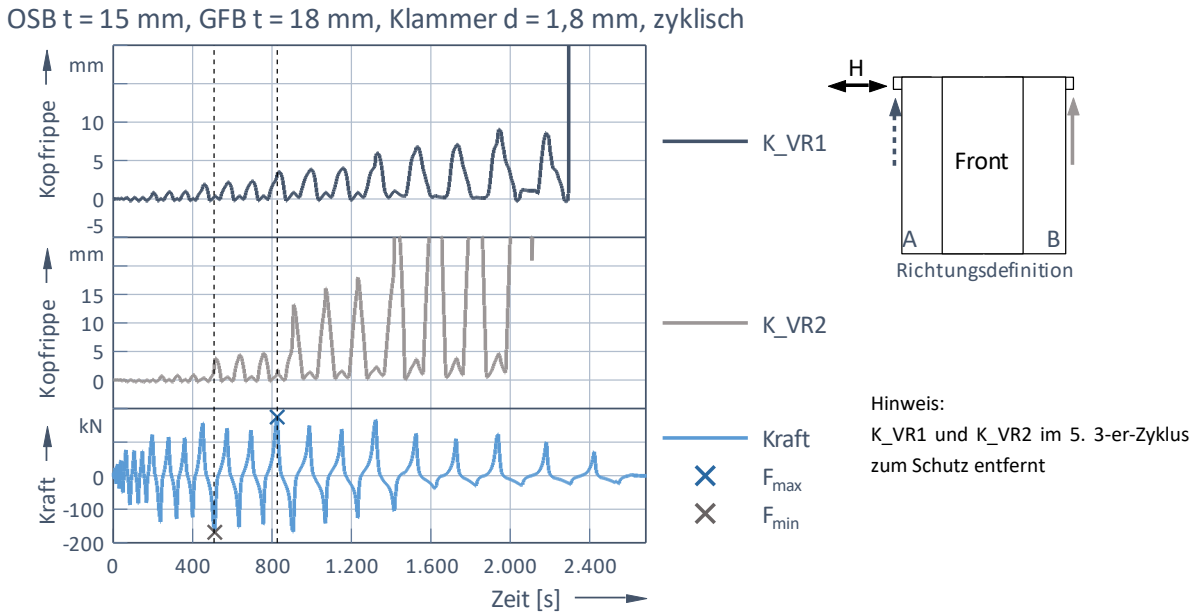


Abbildung B-426: Wegmessungen am Rähm; WT 16_c_2

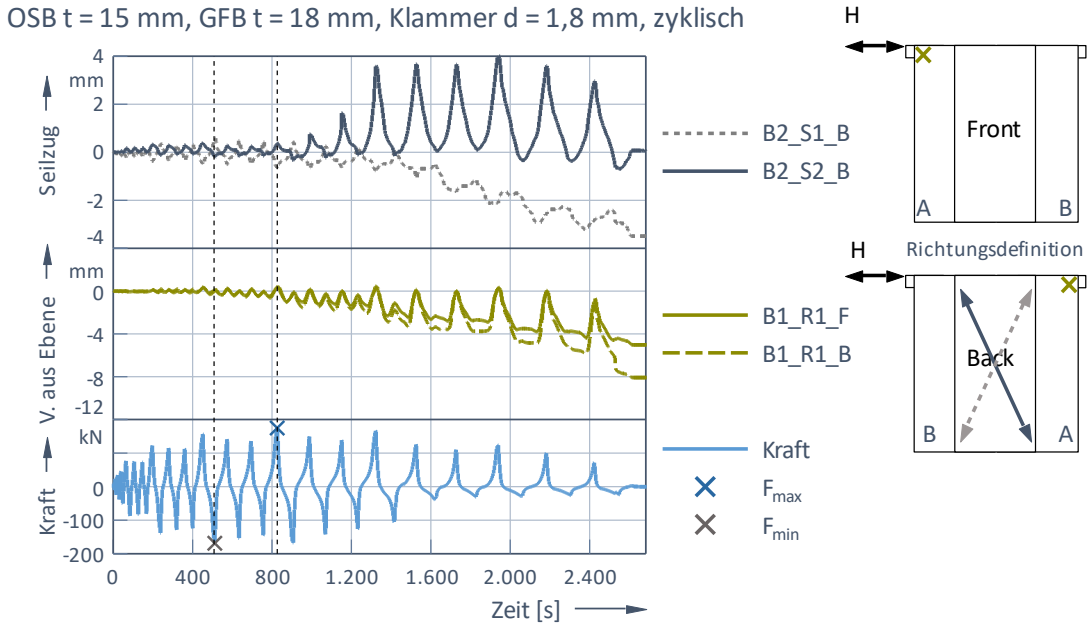


Abbildung B-427: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 16_c_2

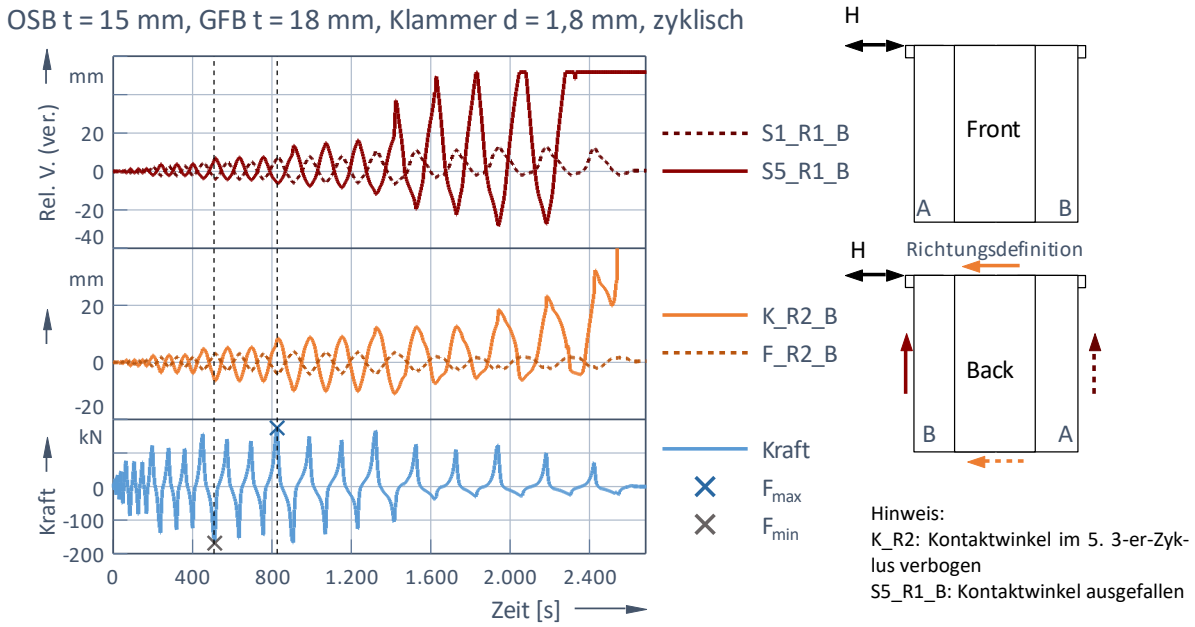


Abbildung B-428: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 16_c_2

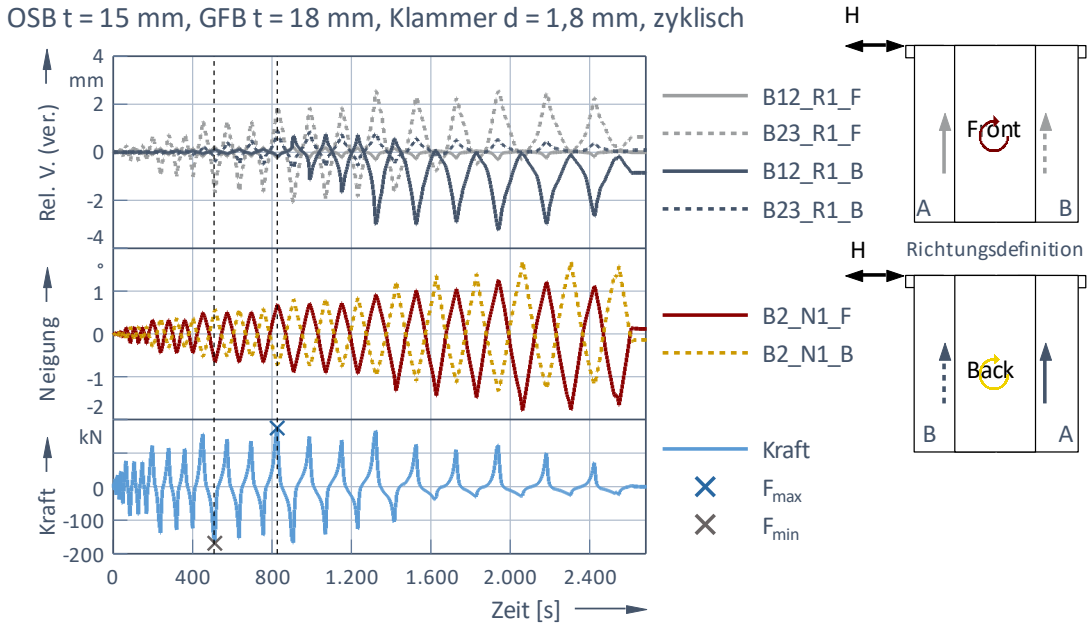


Abbildung B-429: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 16_c_2

Wandtafel 16_c_3

Tabelle B-36: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 16_c_3

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	OSB/3, t = 15 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 75 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

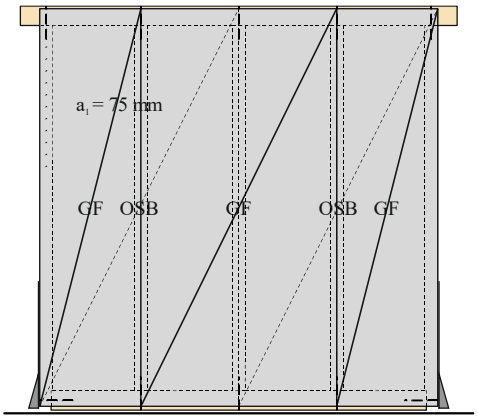


Abbildung B-430: Wandtafel 16_c_3

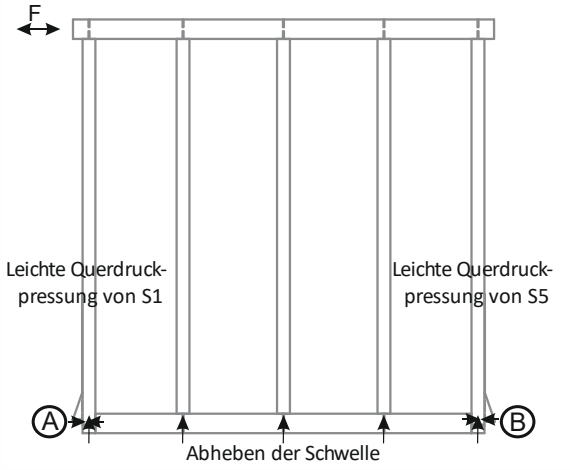
Untersuchung		
Datum	07.02.2024	
Raumtemperatur T	21,2 °C	
Raumfeuchte R_H	42 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 361 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 368 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 427 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 385 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	12,8 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Zyklisch
Belastung	1,5 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximal-/Minimalkraft	171,7 kN / -164,2 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

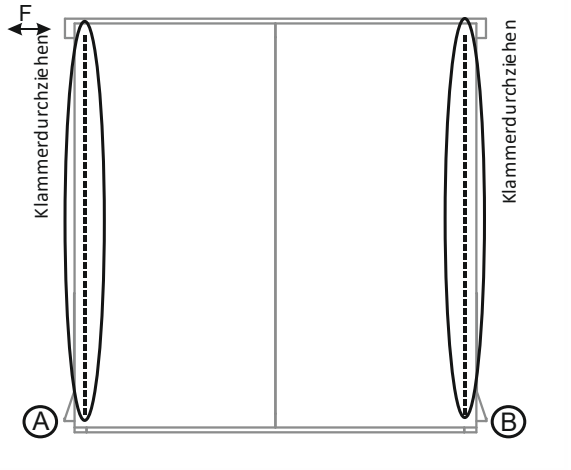
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Gesamtpaket
- Ermüden der Beplankungs- und Herausziehen der Bekleidungsklammern
- Geringfügige Querdruckpressung an S1 & S5 trotz Querdruckverstärkung
- Beidseitiges Ablösen von Beplankung und Bekleidung von S1 & S5
- Bekleidungsriss in Platte 2 vorne und hinten nach F_{max}

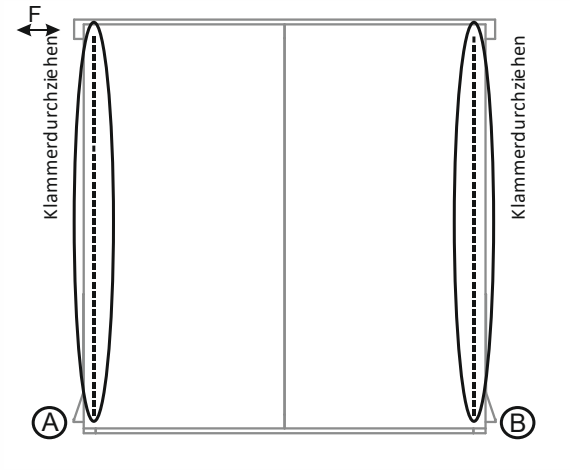
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



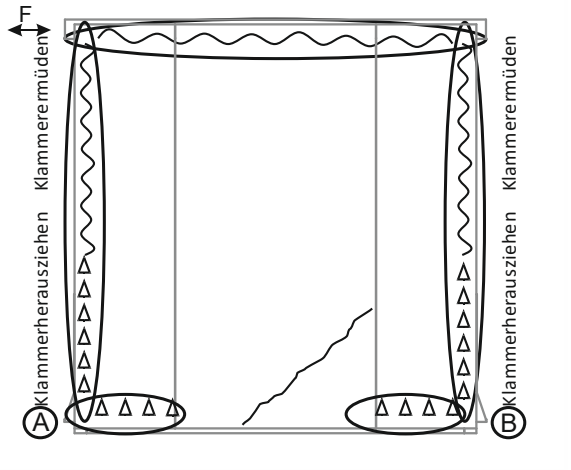
(a)



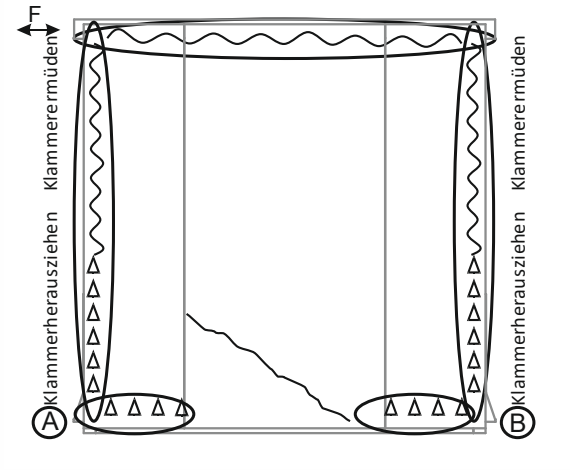
(b)



(c)

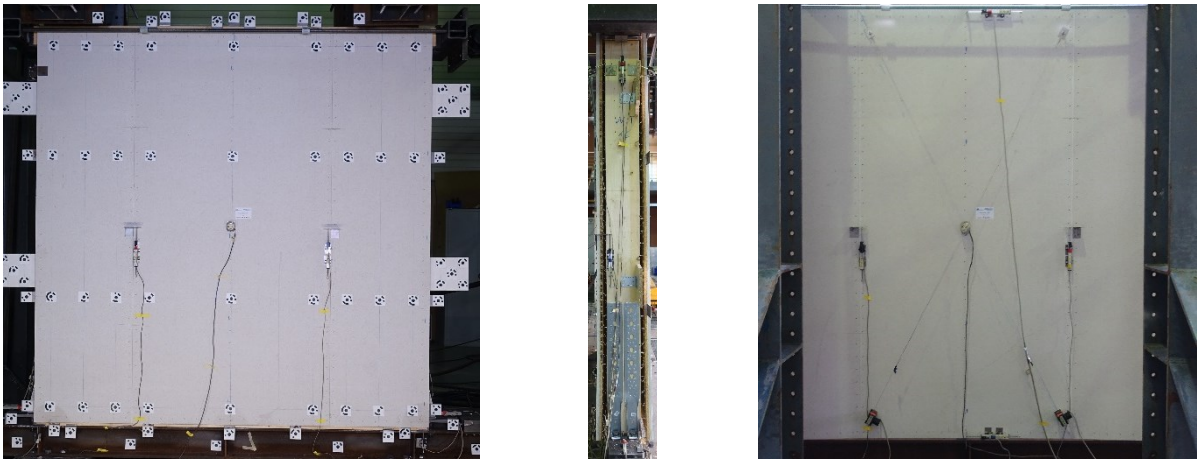


(d)



(e)

Abbildung B-431: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten, Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 16_c_3



(a) (b) (c)

Abbildung B-432: Versagensbild Vorderseite (a), Seitenansicht Stiel 5 (b) und Rückseite (c); WT 16_c_3



(a) (b)



(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-433: Ablösen von Beplankung und Bekleidung am Rähm und S1 (a), Querdruckpressung am Auflager A (b), Ablösen von Beplankung und Bekleidung von S1 am Auflager B (c), Klammerherausziehen und -ermüden an S1 (d), Klammerdurchziehen und -ermüden an S1 (e + f); WT 16_c_3

Untersuchungsergebnisse

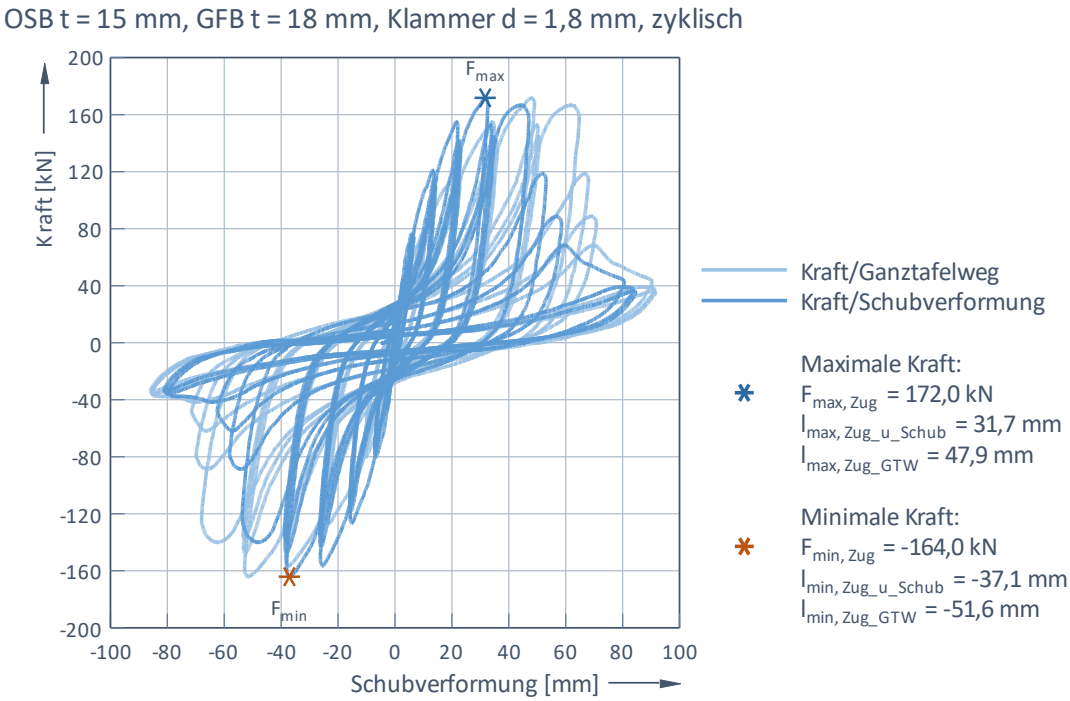


Abbildung B-434: Last-Verformungskurve über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 16_c_3

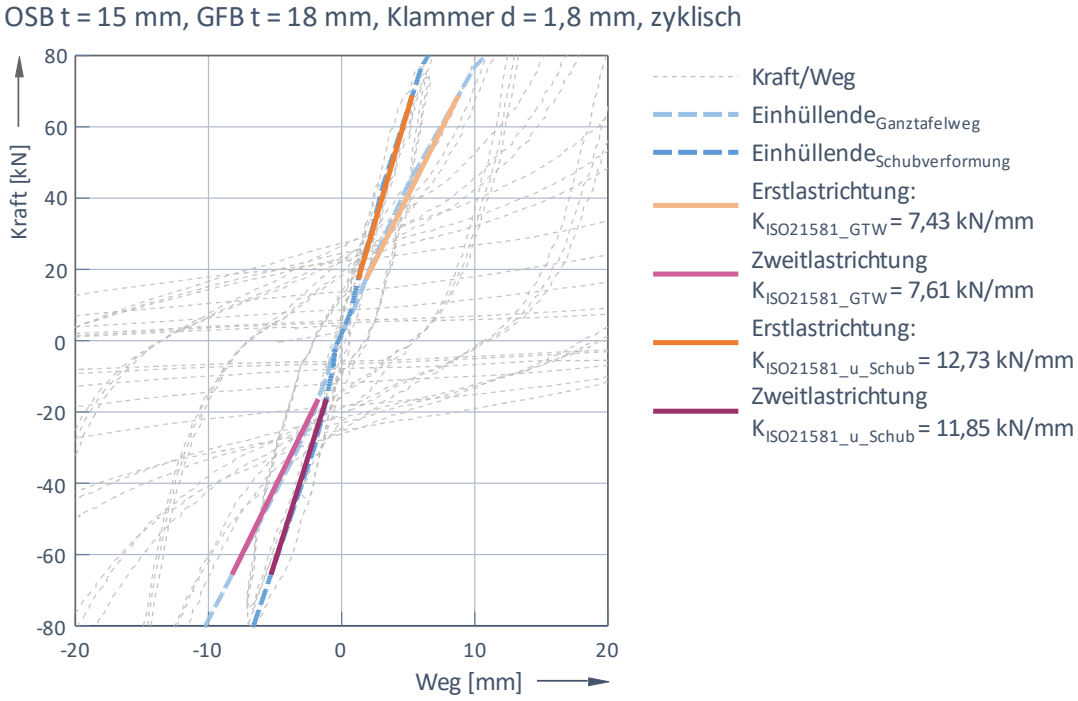


Abbildung B-435: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 16_c_3

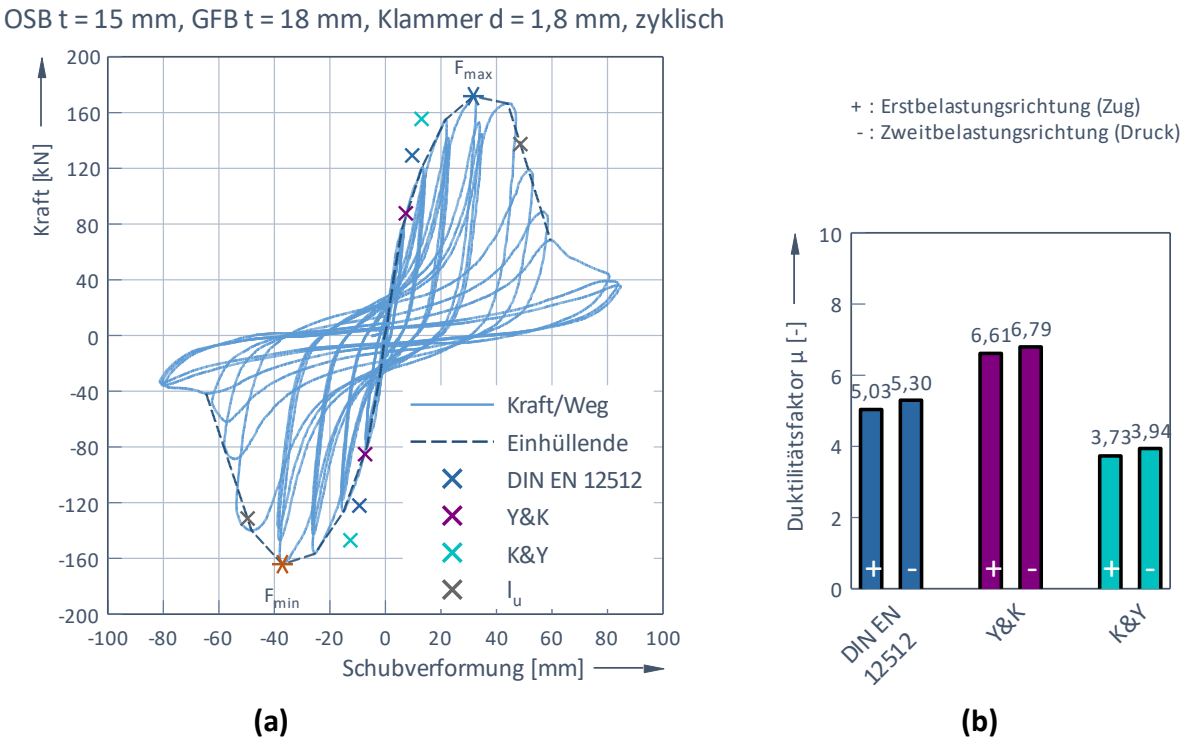


Abbildung B-436: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 16_c_3

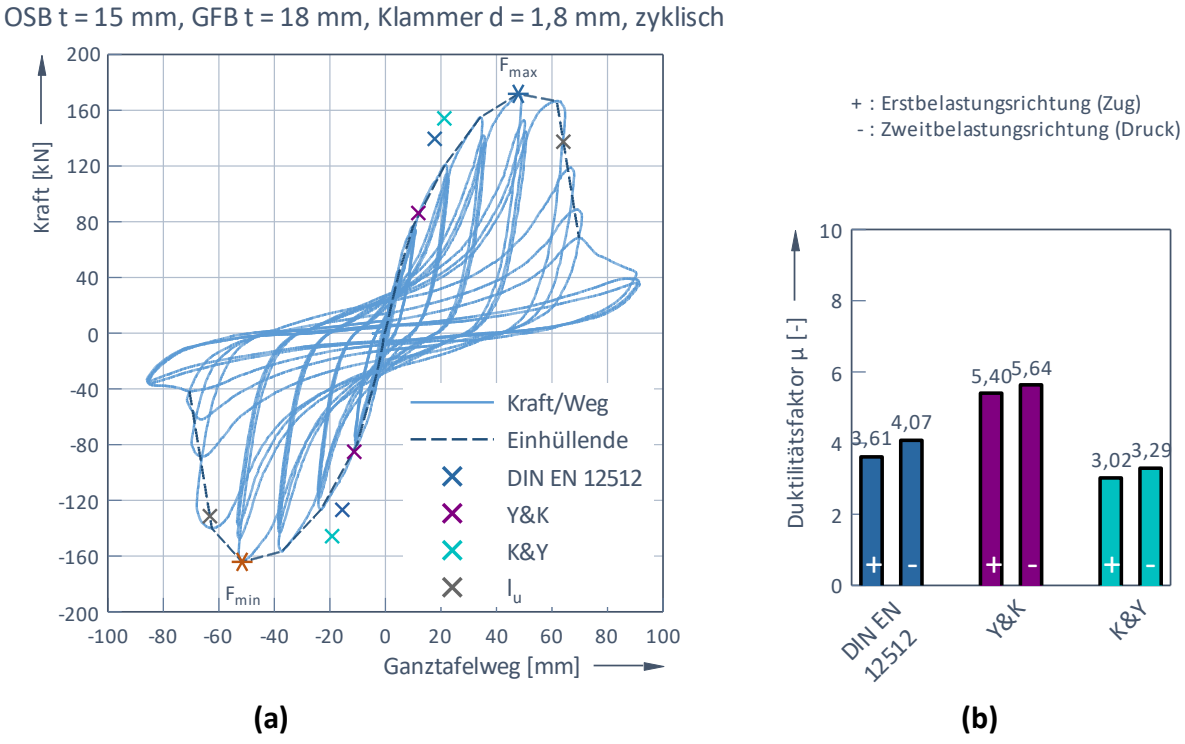


Abbildung B-437: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 16_c_3

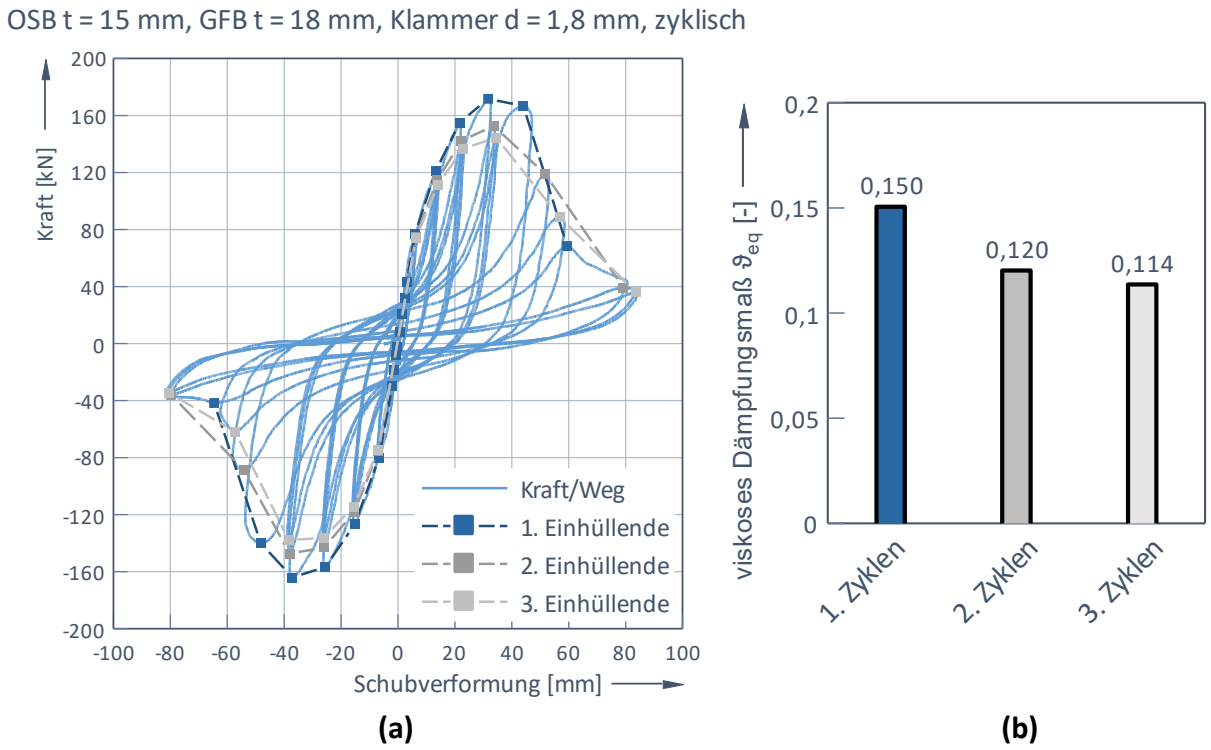


Abbildung B-438: Einhüllende (a) und Vergleich des mittleren viskosen Dämpfungsmaßes in den ersten bis dritten Gesamtzyklen der 3er-Zyklen-Kollektive (b); WT 16_c_3

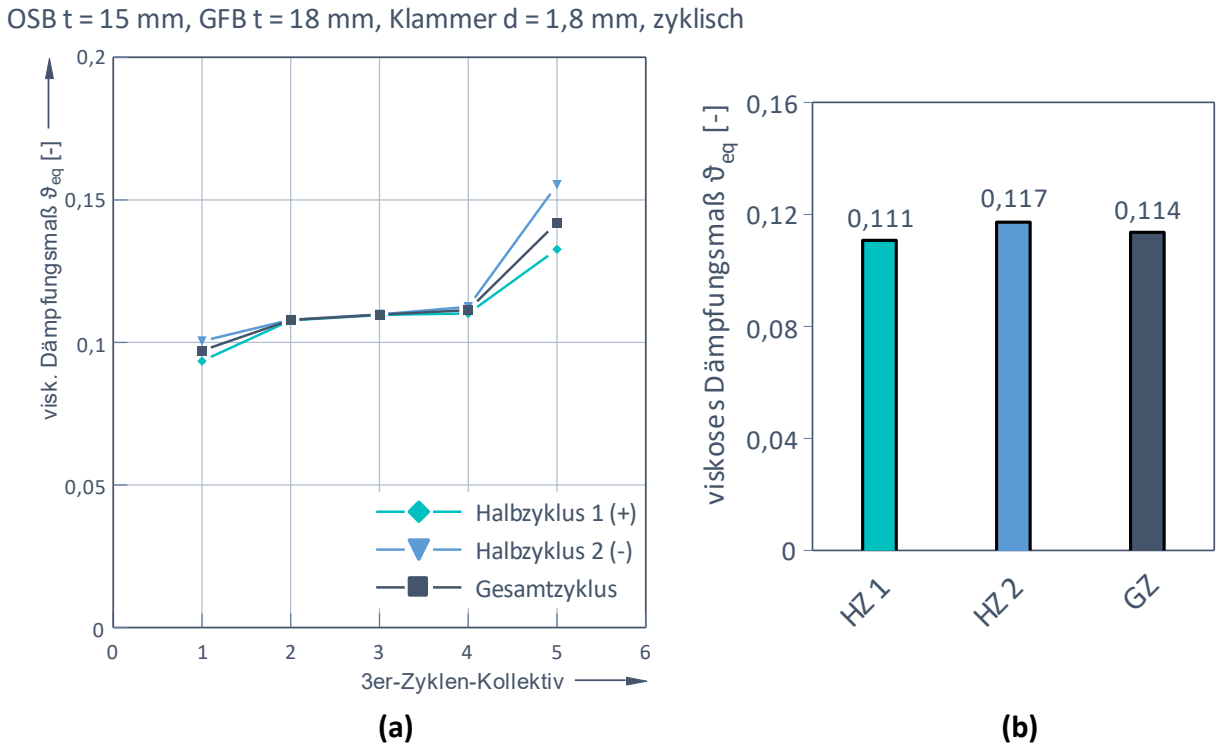


Abbildung B-439: Vergleich des viskosen Dämpfungsmaßes als Einzelwerte (a) und Mittelwerte (b) der dritten Zyklen der 3er-Zyklen-Kollektive; WT 16_c_3

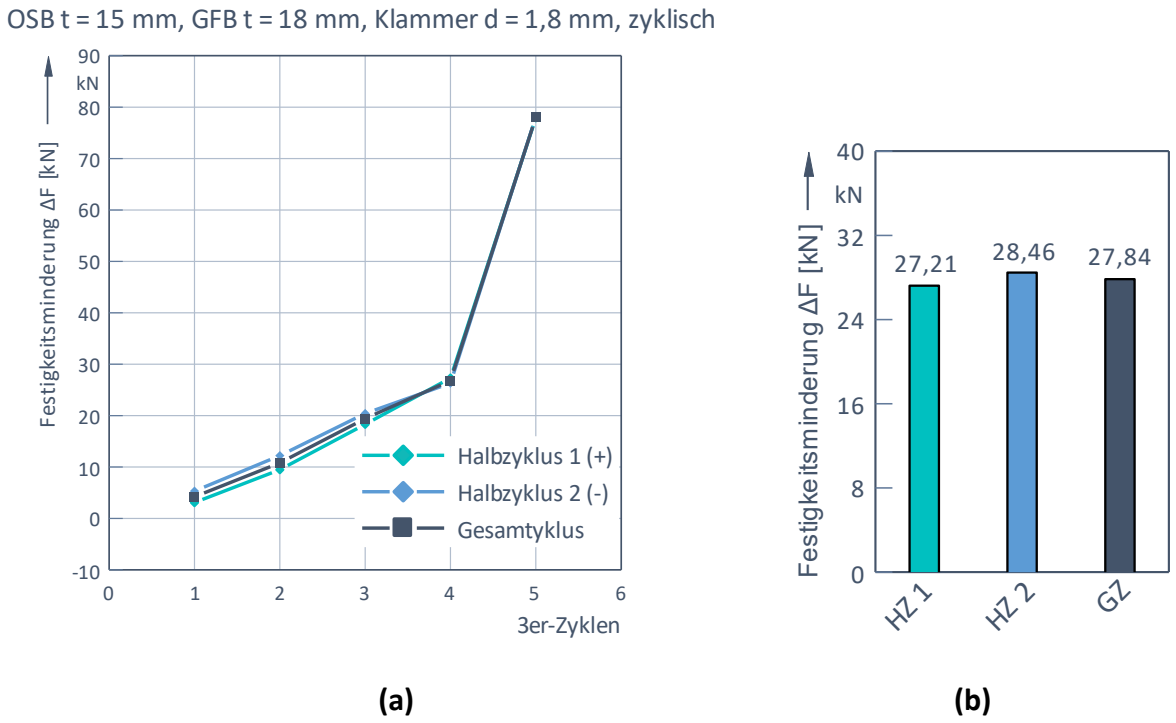


Abbildung B-440: Vergleich der Festigkeitsminderung der 3er-Zyklen-Kollektive als Einzelwerte je Zyklus (a) und als Mittelwerte je Halbzyklus (b); WT 16_c_3

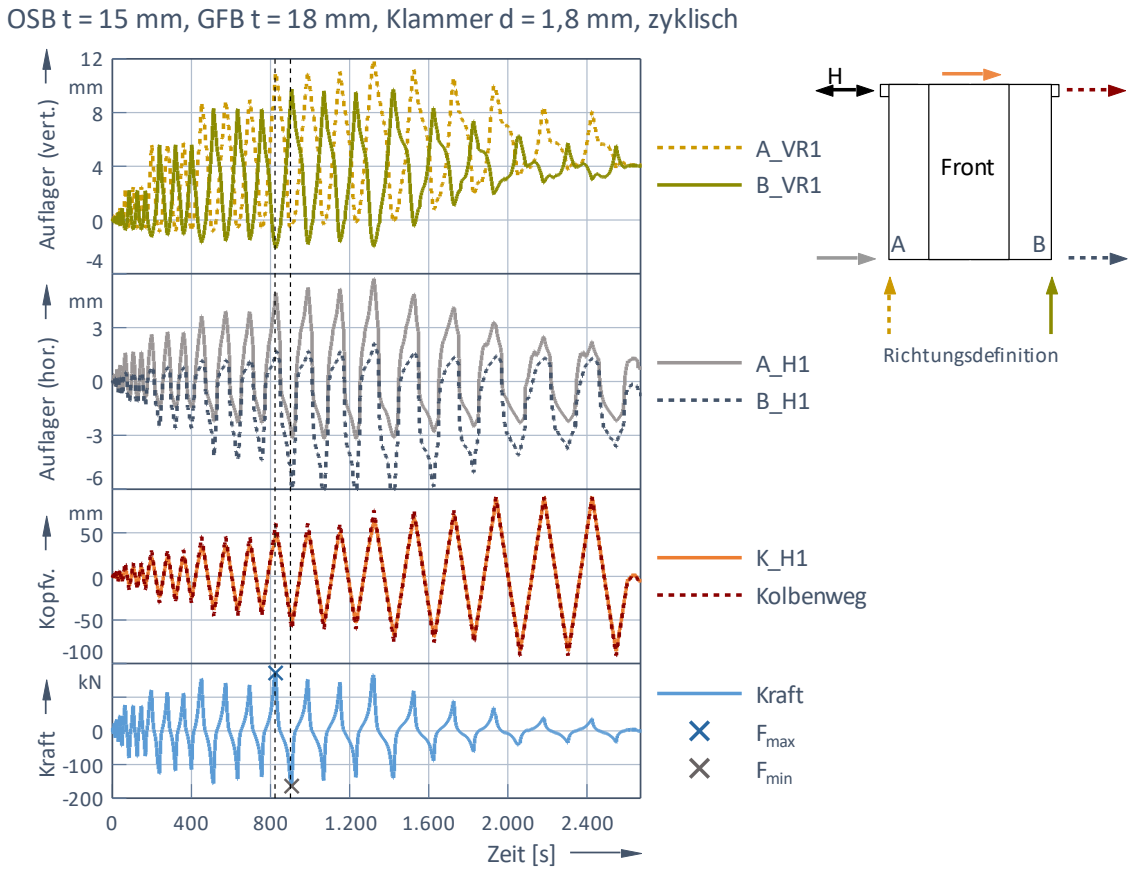


Abbildung B-441: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 16_c_3

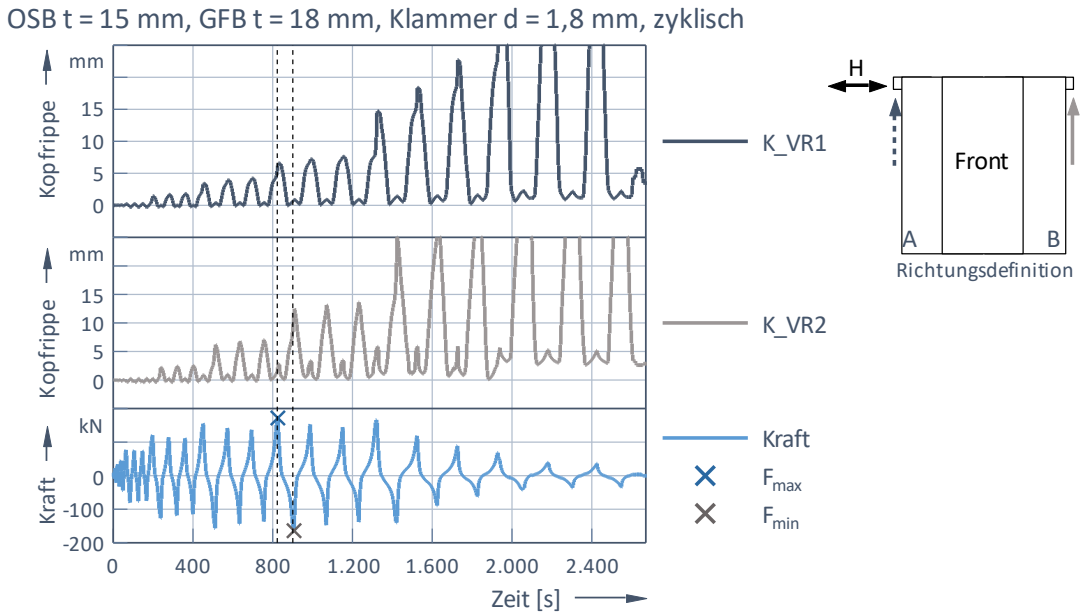


Abbildung B-442: Wegmessungen am Rähm; WT 16_c_3

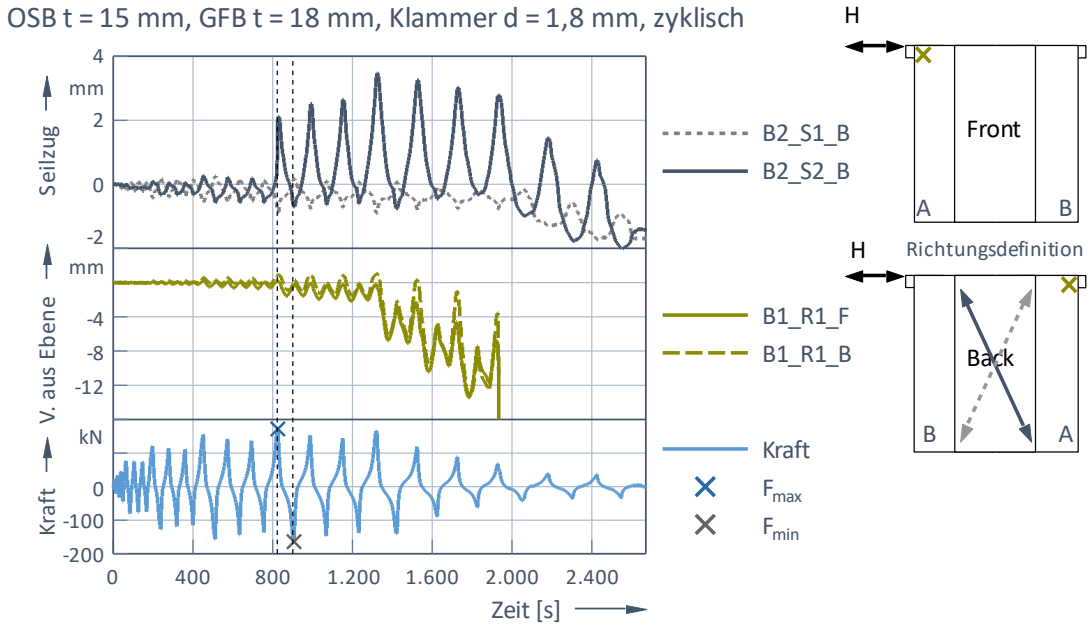


Abbildung B-443: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 16_c_3

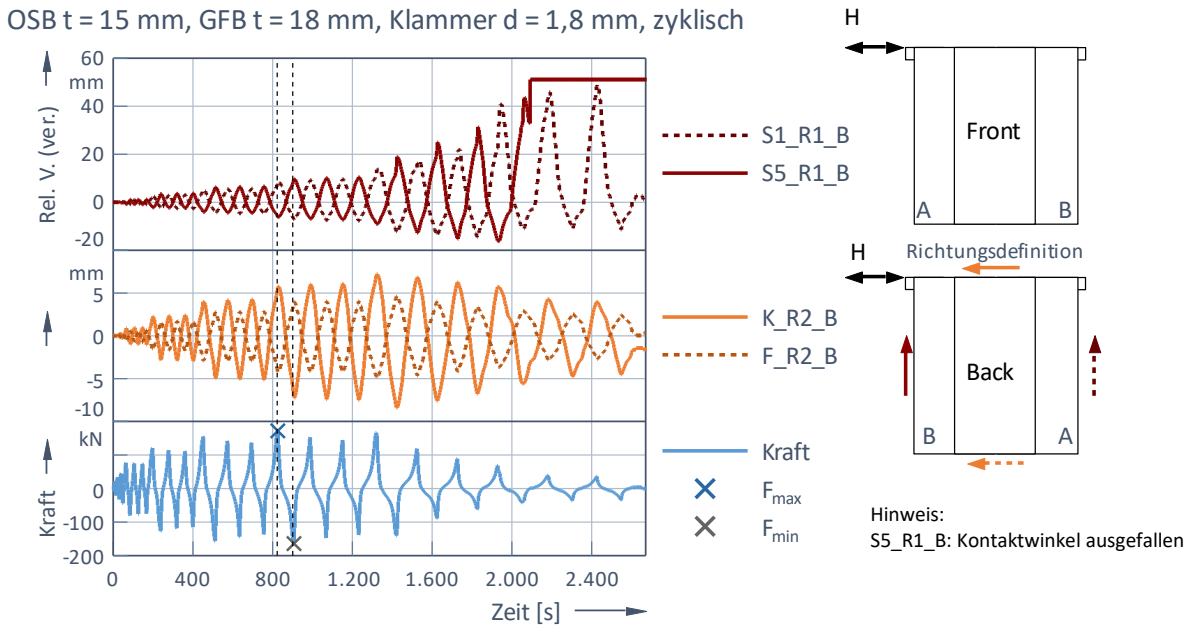


Abbildung B-444: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 16_c_3

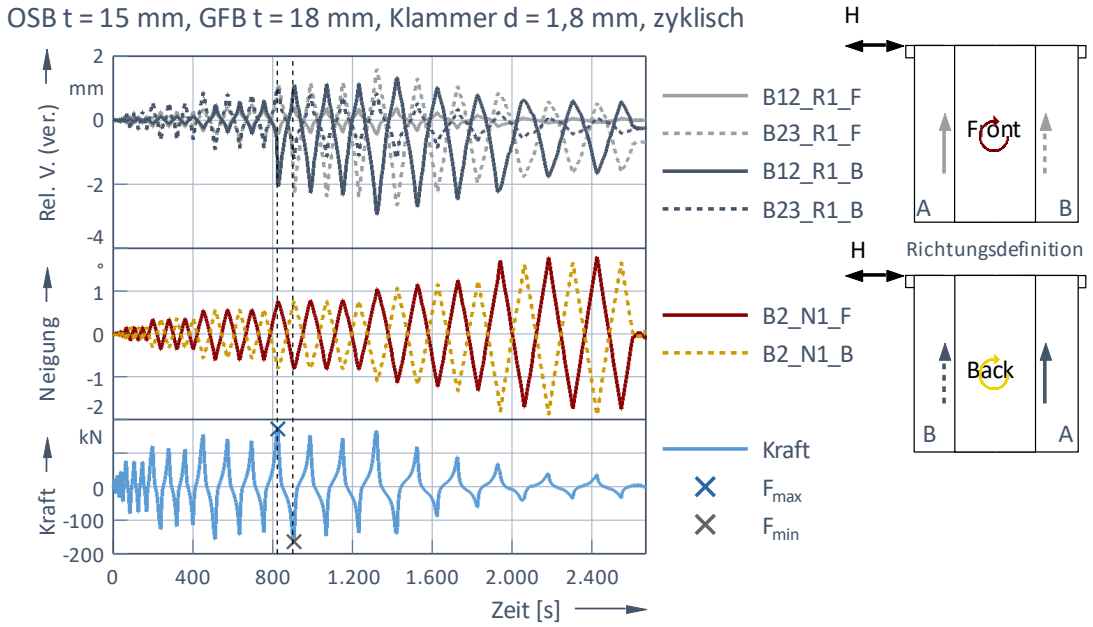


Abbildung B-445: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 16_c_3

Wandtafel 17_c_1

Tabelle B-37: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 17_c_1

Wandtafel	
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm
Bekleidung 2:	Keine

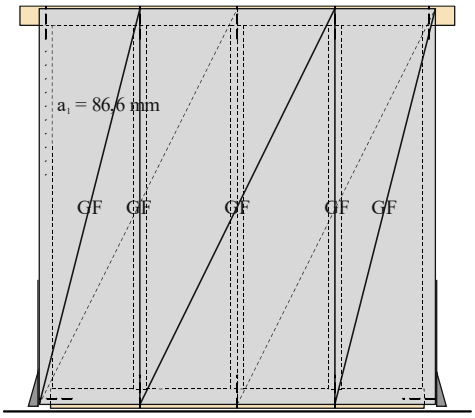


Abbildung B-446: Wandtafel 17_c_1

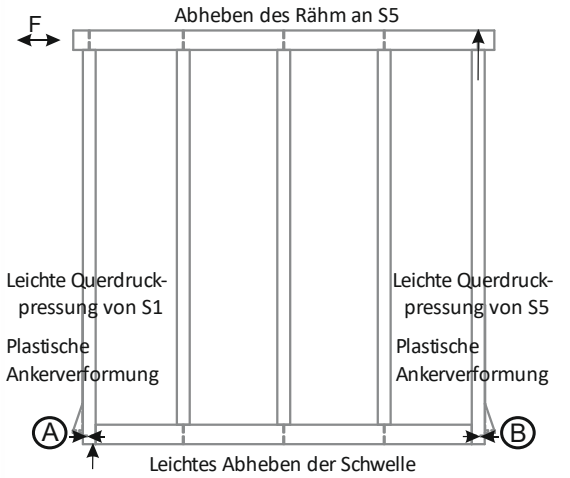
Untersuchung		
Datum	20.02.2024	
Raumtemperatur T	21,3 °C	
Raumfeuchte R_H	45 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 423 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 451 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 453 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 442 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	15,3 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Zyklisch
Belastung	1,0 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximal-/Minimalkraft	168,0 kN / -168,0 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

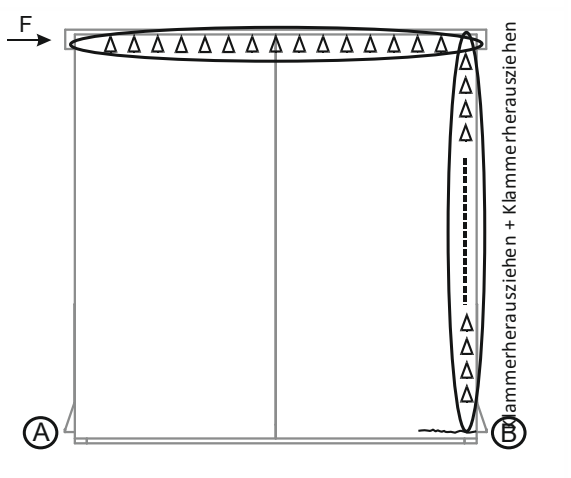
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Gesamtpaket
- Durchziehen des Rähm nach F_{max}
- Klammerherausziehen oder -ermüden am Rähm und S5
- Geringfügige Querdruckpressung an S1 & S5 trotz Querdruckverstärkung
- Aufreißen der Beplankung an Schwelle von Auflagern in Richtung Wandmitte

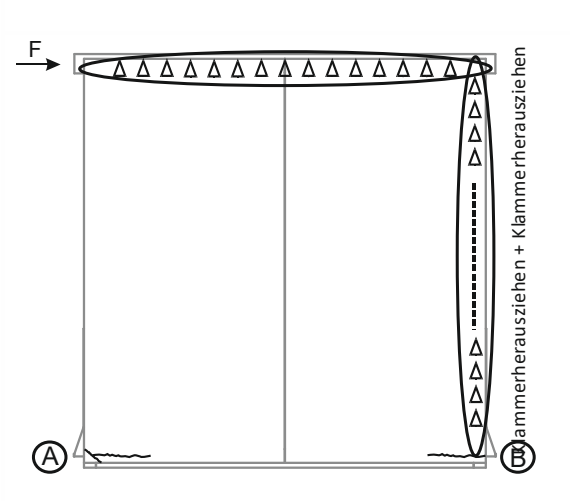
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



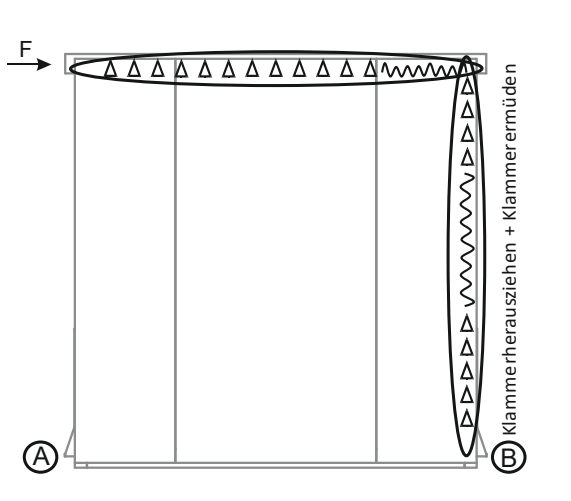
(a)



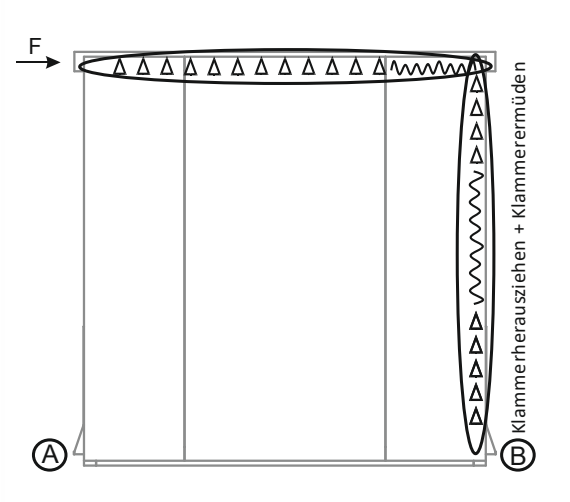
(b)



(c)

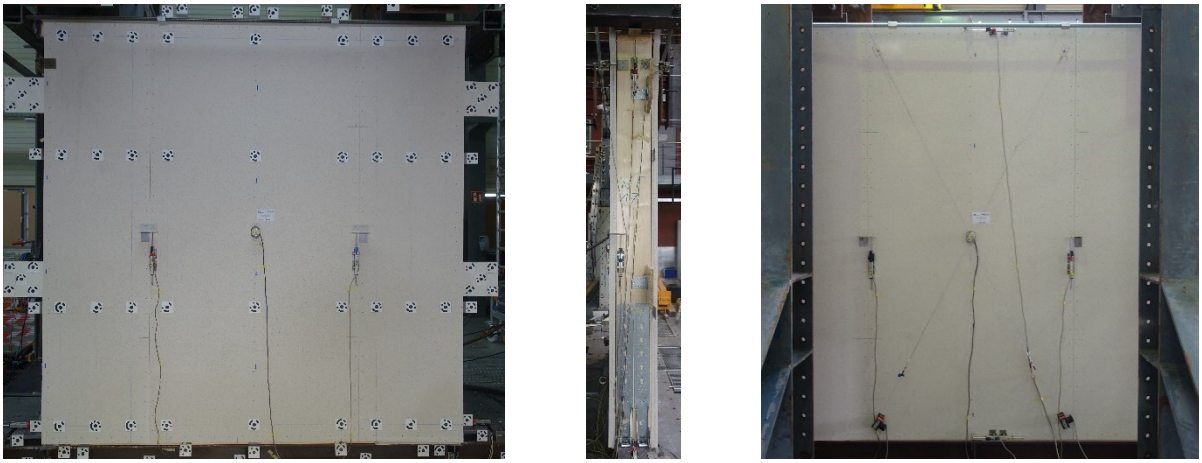


(d)



(e)

Abbildung B-447: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten, Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 17_c_1



(a) (b) (c)

Abbildung B-448: Versagensbild Vorderseite (a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Rückseite (c); WT 17_c_1



(a) (b)



(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-449: Ablösen von Beplankung und Bekleidung am Rähm S1 (a), Beplankungsriss am Auflager A vorne (b), Ablösen von Beplankung und Bekleidung an Stiel S5 (c), Klammerherausziehen an Schwelle mit Beplankungsriss (d), Klammerdurchziehen , -herausziehen und Ermüden an S5 vorne (e) und hinten (f); WT 17_c_1

Untersuchungsergebnisse

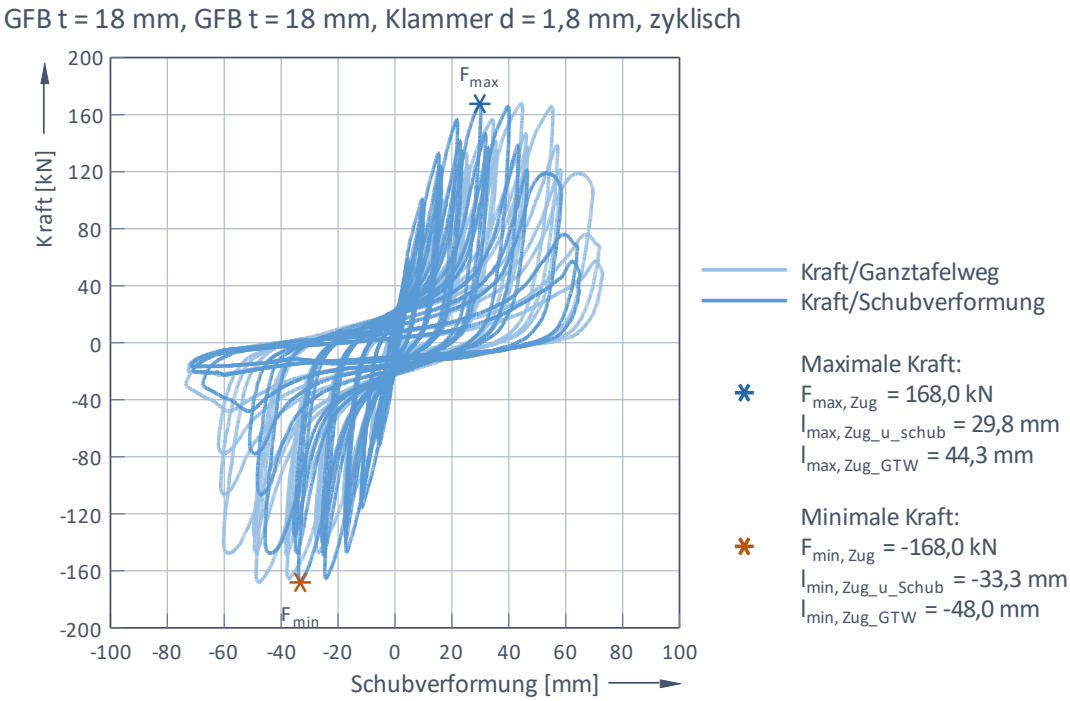


Abbildung B-450: Last-Verformungskurve über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 17_c_1

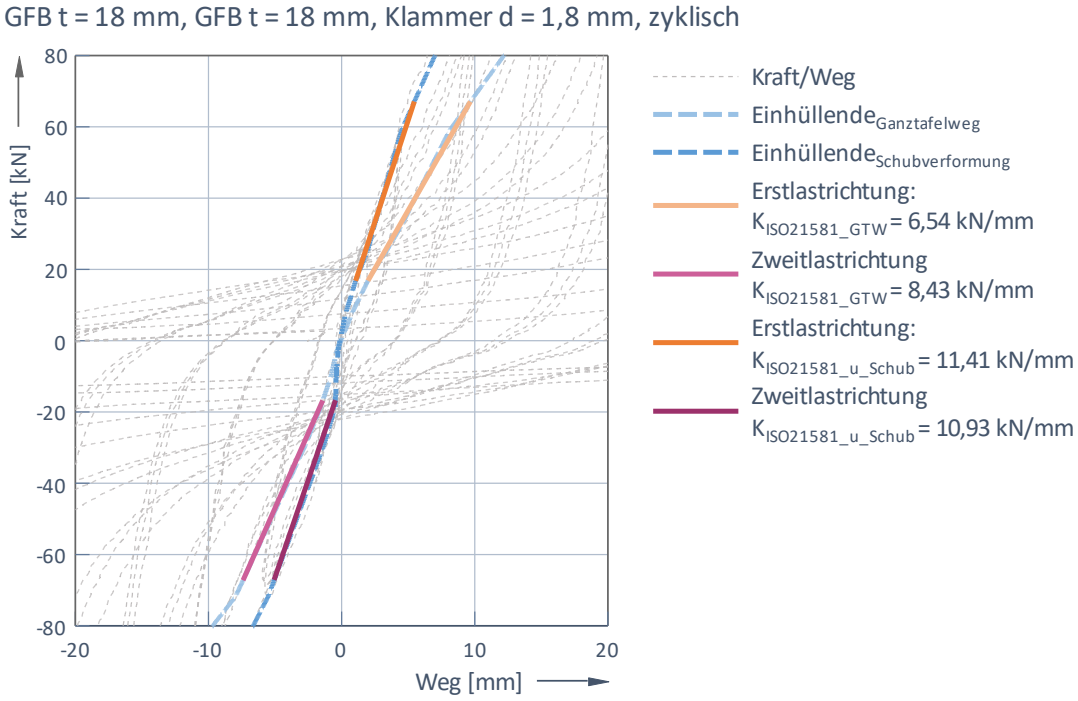


Abbildung B-451: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 17_c_1

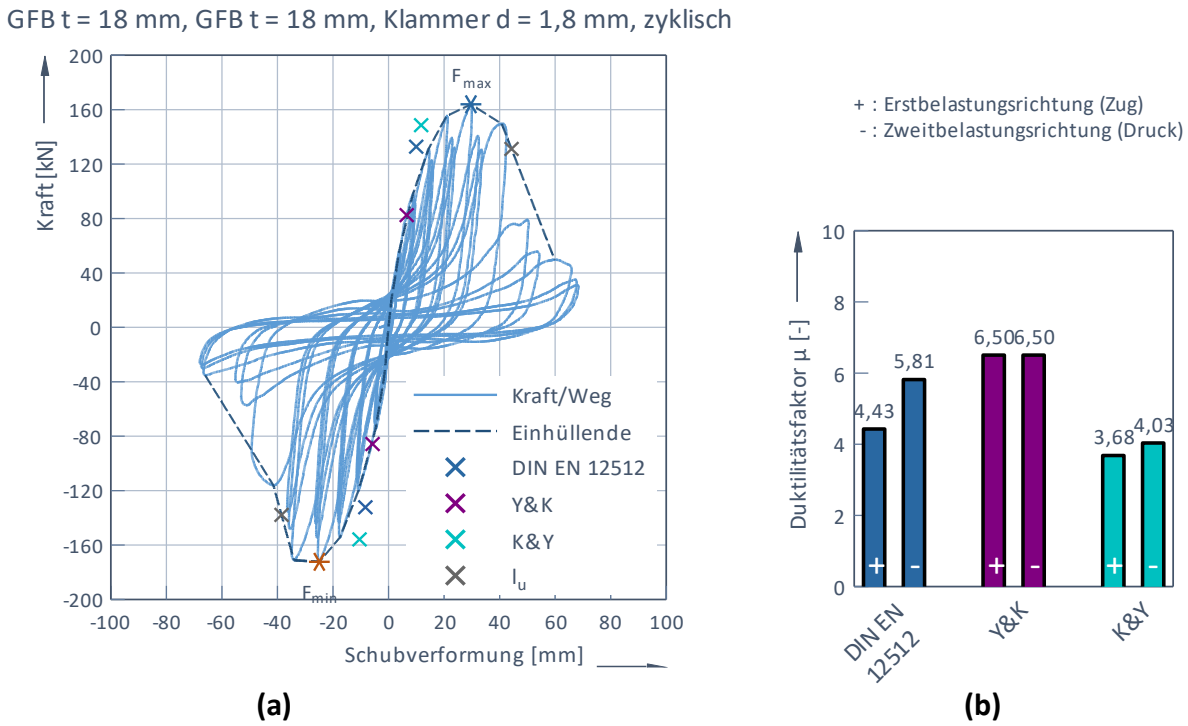


Abbildung B-452: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 17_c_1

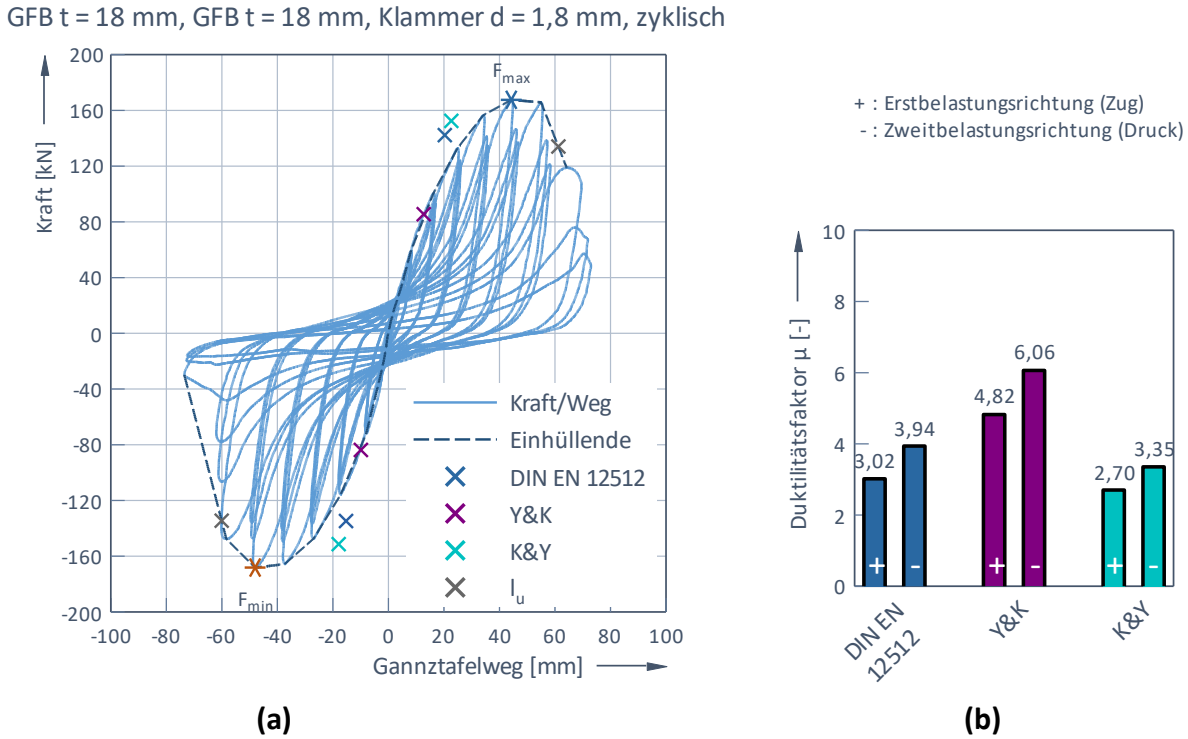


Abbildung B-453: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 17_c_1

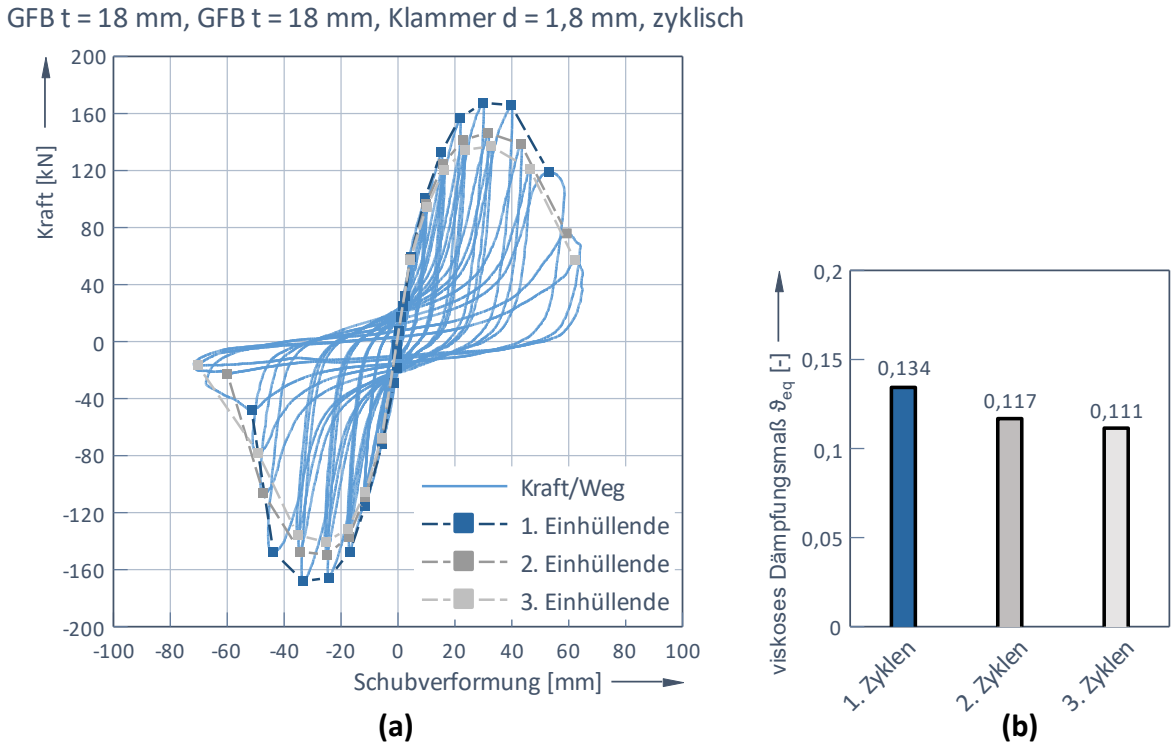


Abbildung B-454: Einhüllende (a) und Vergleich des mittleren viskosen Dämpfungsmaßes in den ersten bis dritten Gesamtzyklen der 3er-Zyklen-Kollektive (b); WT 17_c_1

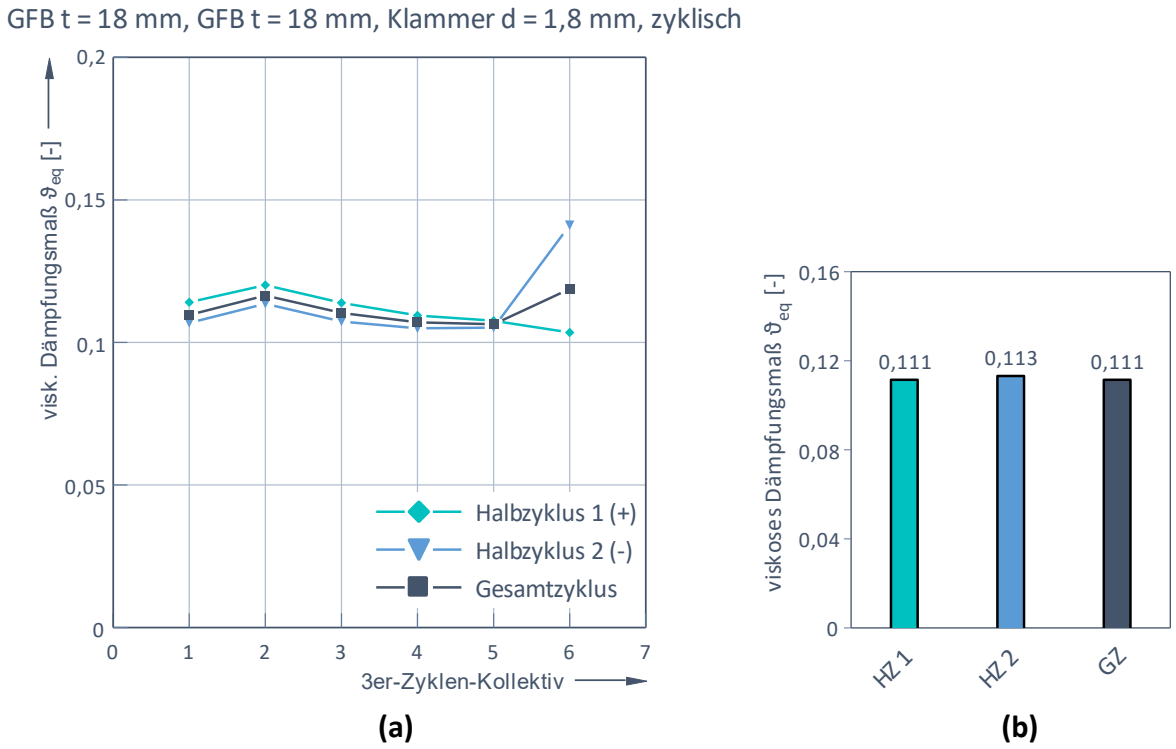


Abbildung B-455: Vergleich des viskosen Dämpfungsmaßes als Einzelwerte (a) und Mittelwerte (b) der dritten Zyklen der 3er-Zyklen-Kollektive; WT 17_c_1

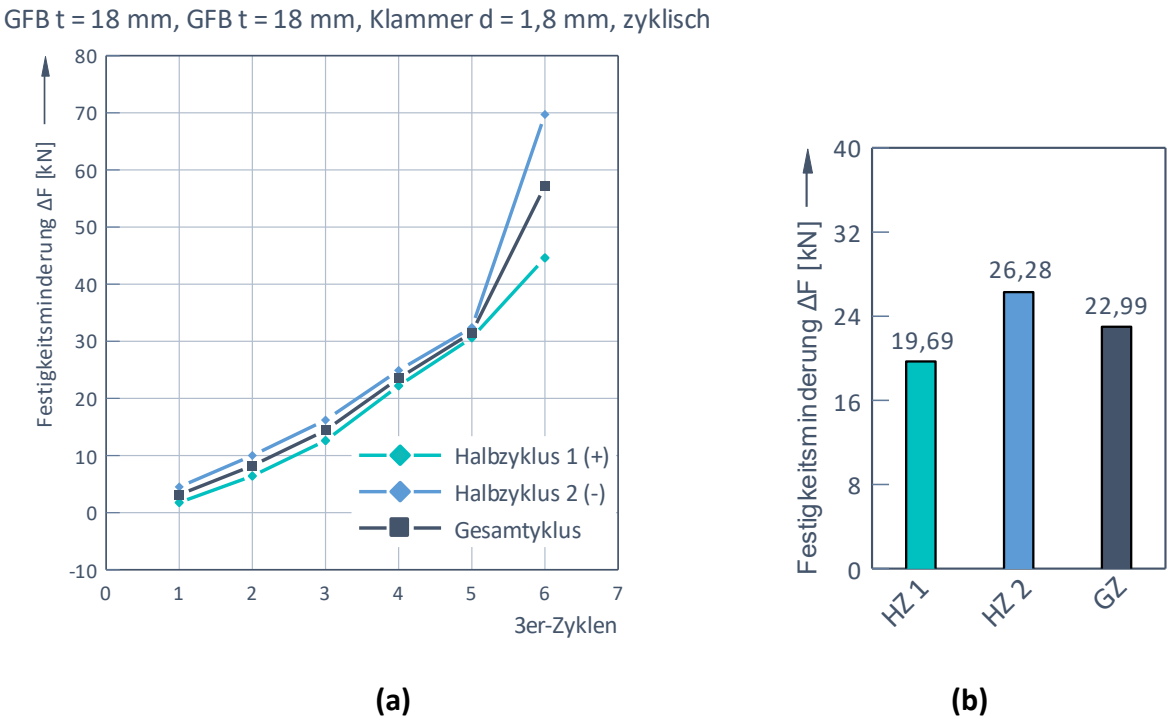


Abbildung B-456: Vergleich der Festigkeitsminderung der 3er-Zyklen-Kollektive als Einzelwerte je Zyklus (a) und als Mittelwerte je Halbzyklus (b); WT 17_c_1

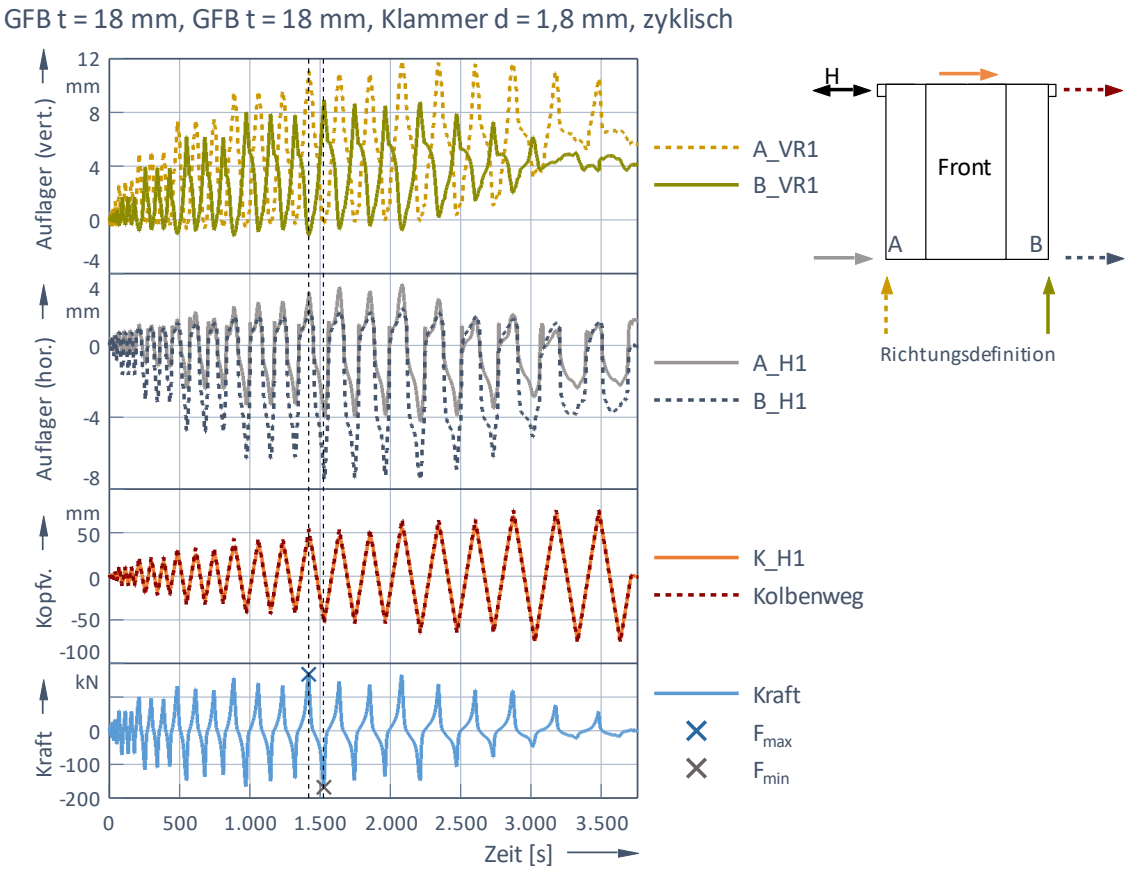


Abbildung B-457: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 17_c_1

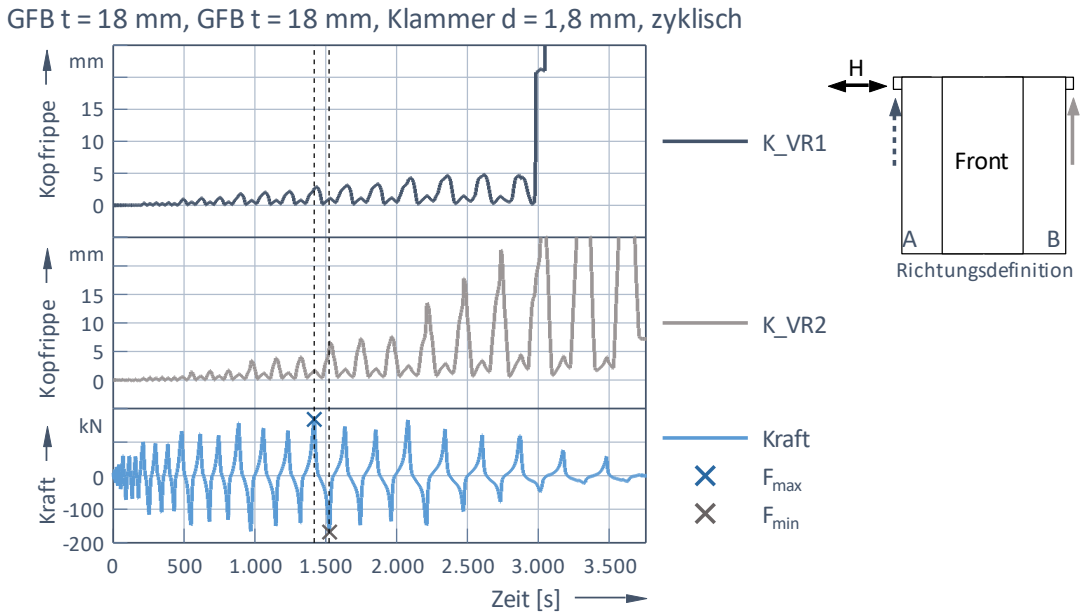


Abbildung B-458: Wegmessungen am Rähm; WT 17_c_1

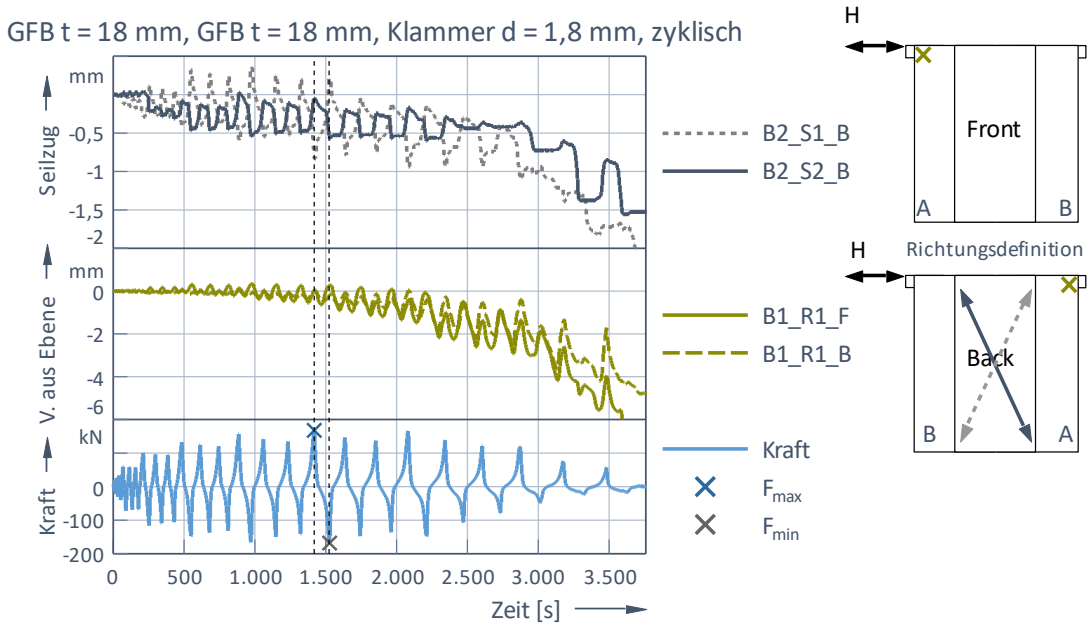


Abbildung B-459: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 17_c_1

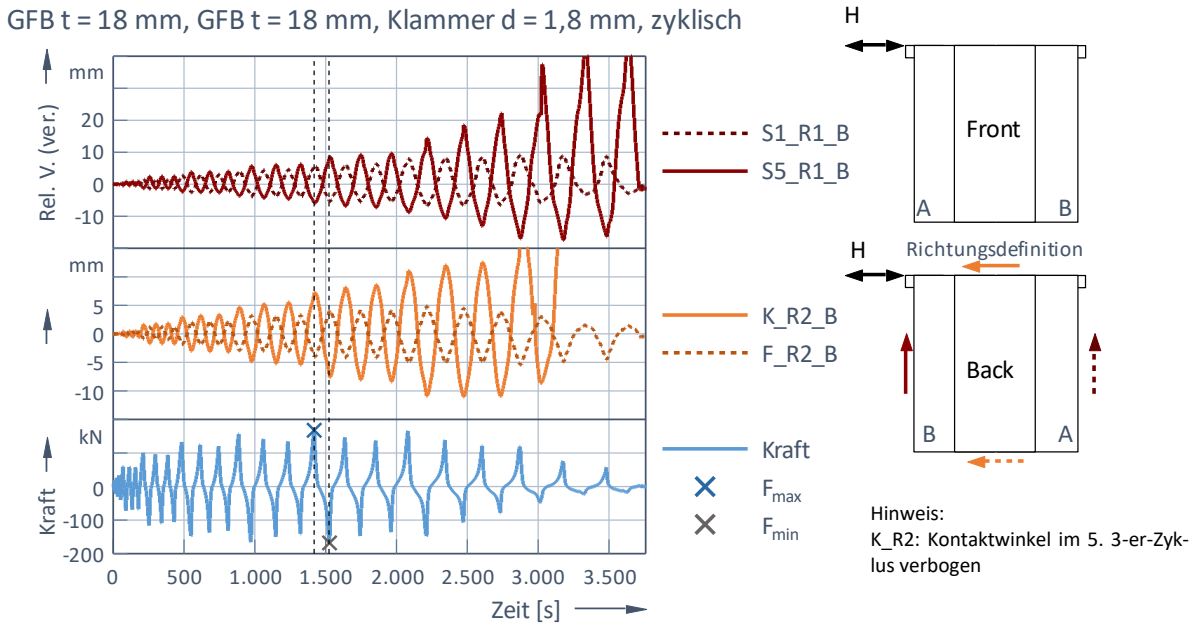


Abbildung B-460: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 17_c_1

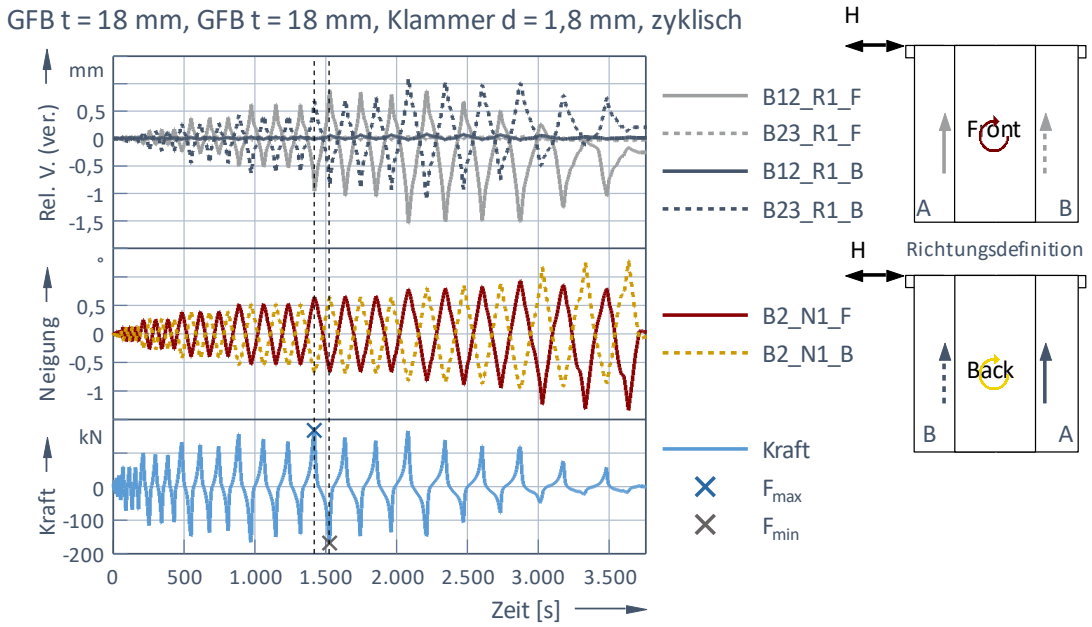


Abbildung B-461: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 17_c_1

Wandtafel 17_c_2

Tabelle B-38: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 17_c_2

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

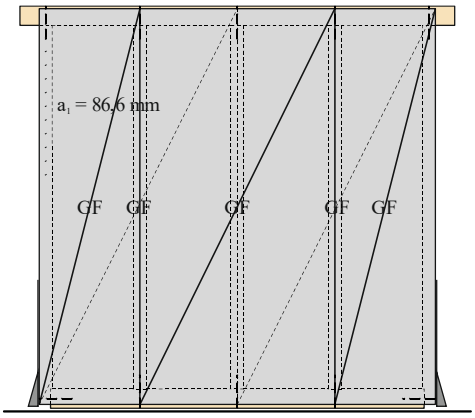


Abbildung B-462: Wandtafel 17_c_2

Untersuchung		
Datum	21.02.2024	
Raumtemperatur T	17,6 °C	
Raumfeuchte R_H	41 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 362 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 447 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 398 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 402 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,8 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Zyklisch
Belastung	1,0 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximal-/Minimalkraft	163,9 kN / -172,3 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Gesamtpaket
- Durchziehen des Rähm nach F_{max}
- Klammerherausziehen oder -ermüden am Rähm
- Geringfügige Querdruckpressung an S1 & S5 trotz Querdruckverstärkung
- Durchziehen der Klammern der Seitenrippen an Verbindung zum Rähm

Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)

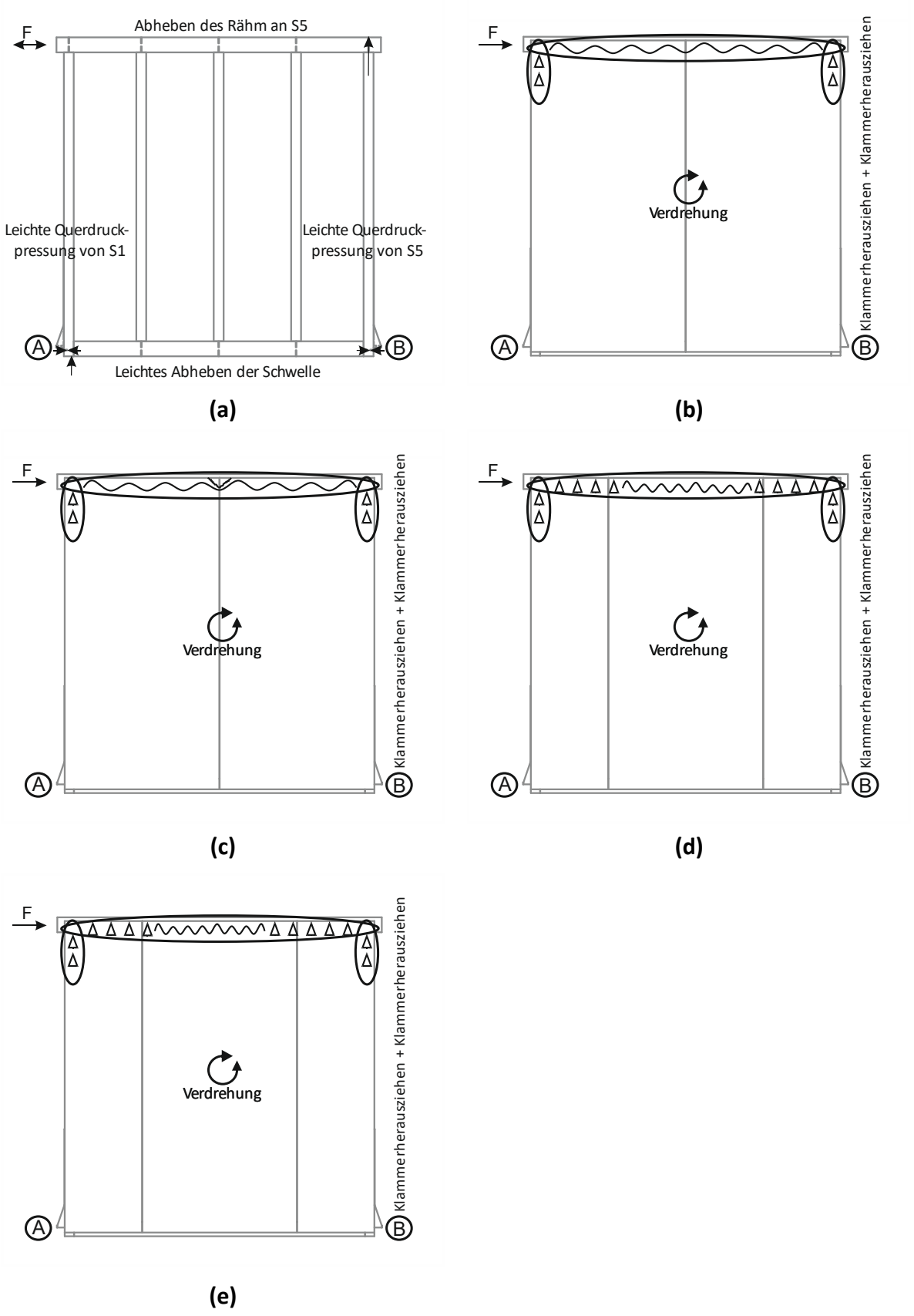
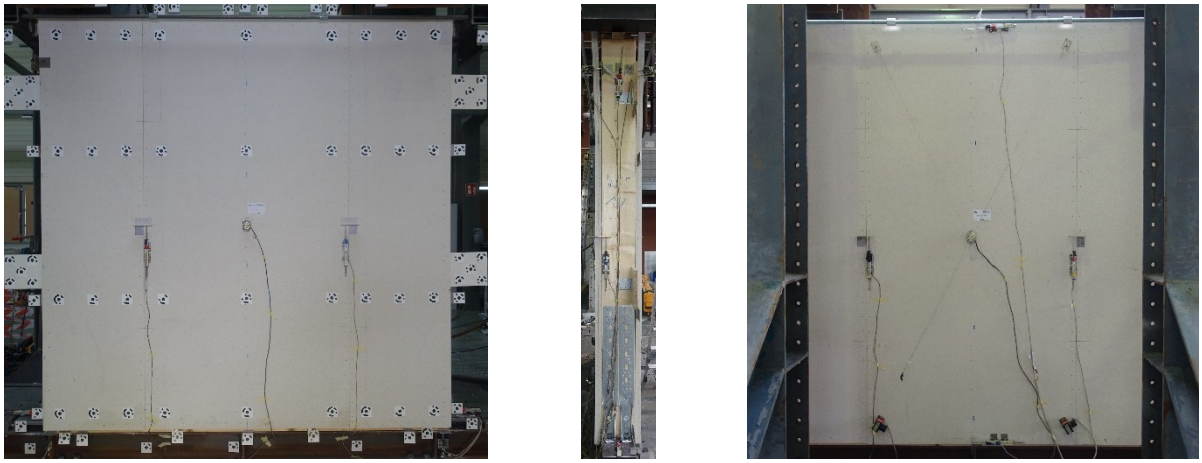
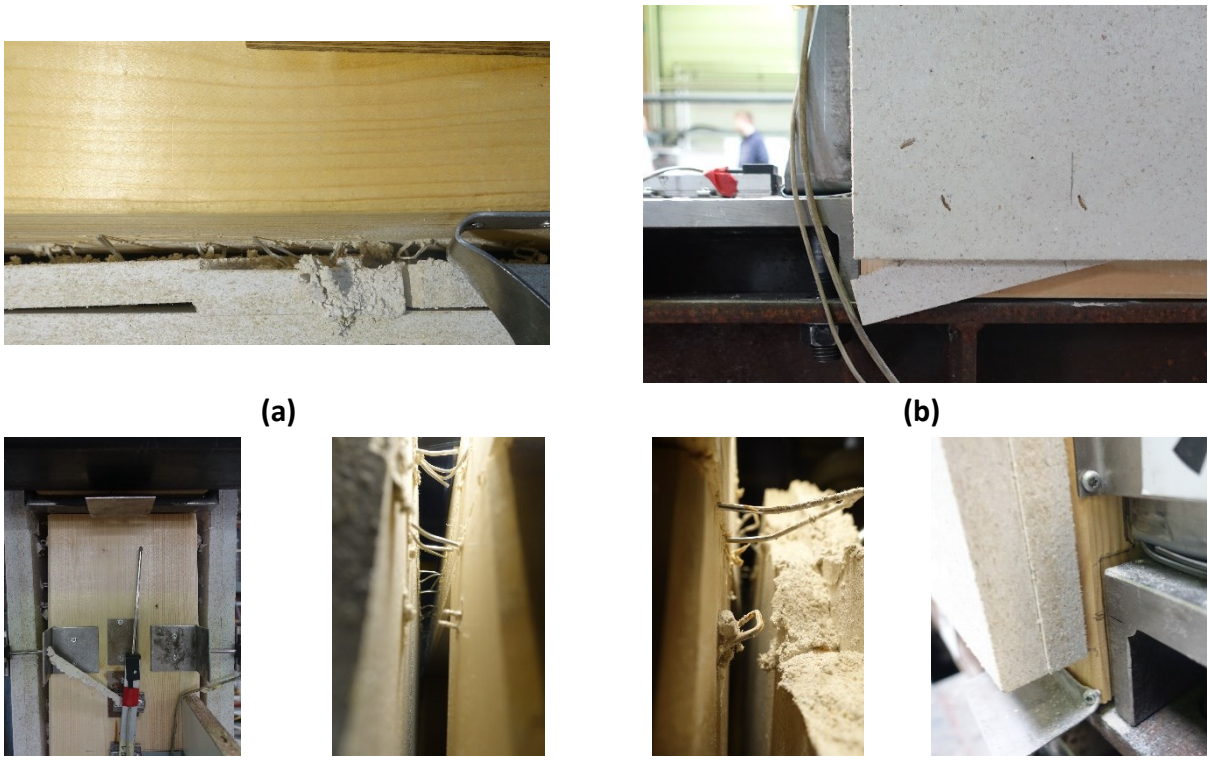


Abbildung B-463: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten, Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 17_c_2



(a) (b) (c)

Abbildung B-464: Versagensbild Vorderseite (a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Rückseite (c); WT 17_c_2



(a) (b)

(c) (d) (e) (f)

Abbildung B-465: Klammerherausziehen und -ermüden am Rähm (a), Beplankungsriss an der Schwelle am Auflager B (b), Ablösen von Beplankung und Bekleidung an Stiel S1 (c), Klammerherausziehen bzw. -ermüden an S5 vorne (d) und hinten (e), Querdruck-pressung am Auflager B (f); WT 17_c_2

Untersuchungsergebnisse

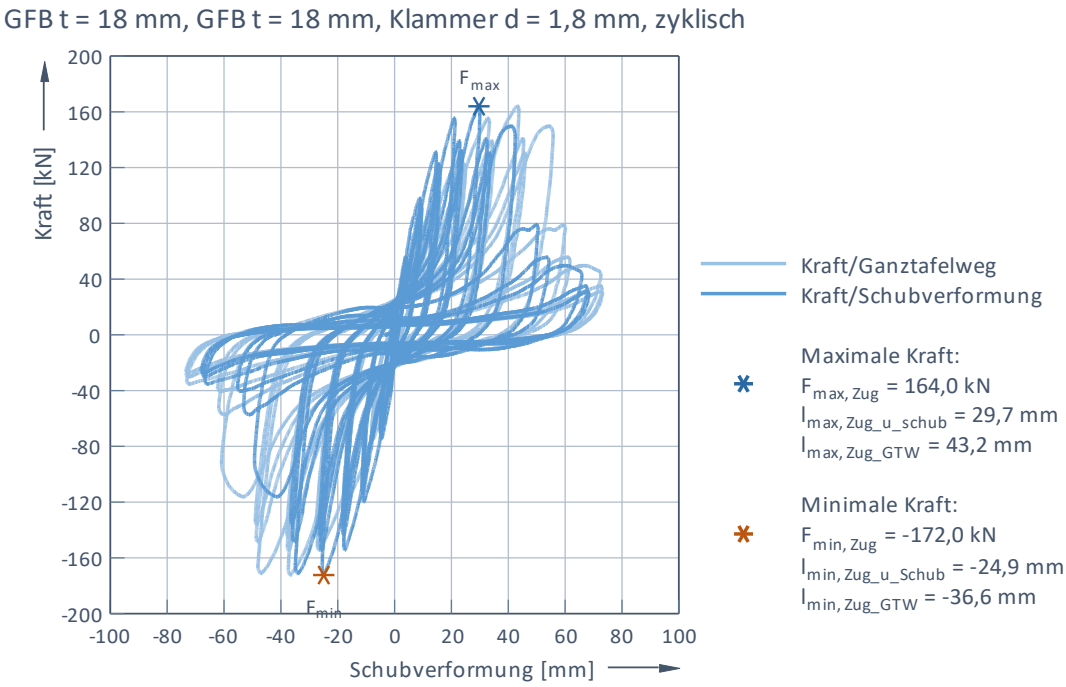


Abbildung B-466: Last-Verformungskurve über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 17_c_2

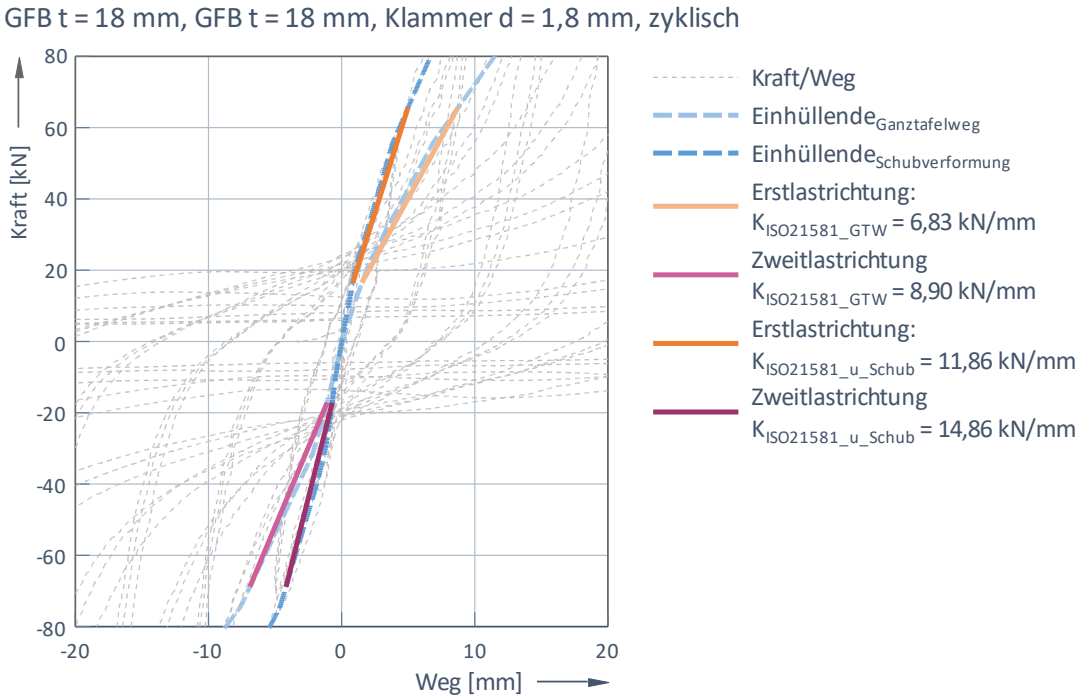


Abbildung B-467: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 17_c_2

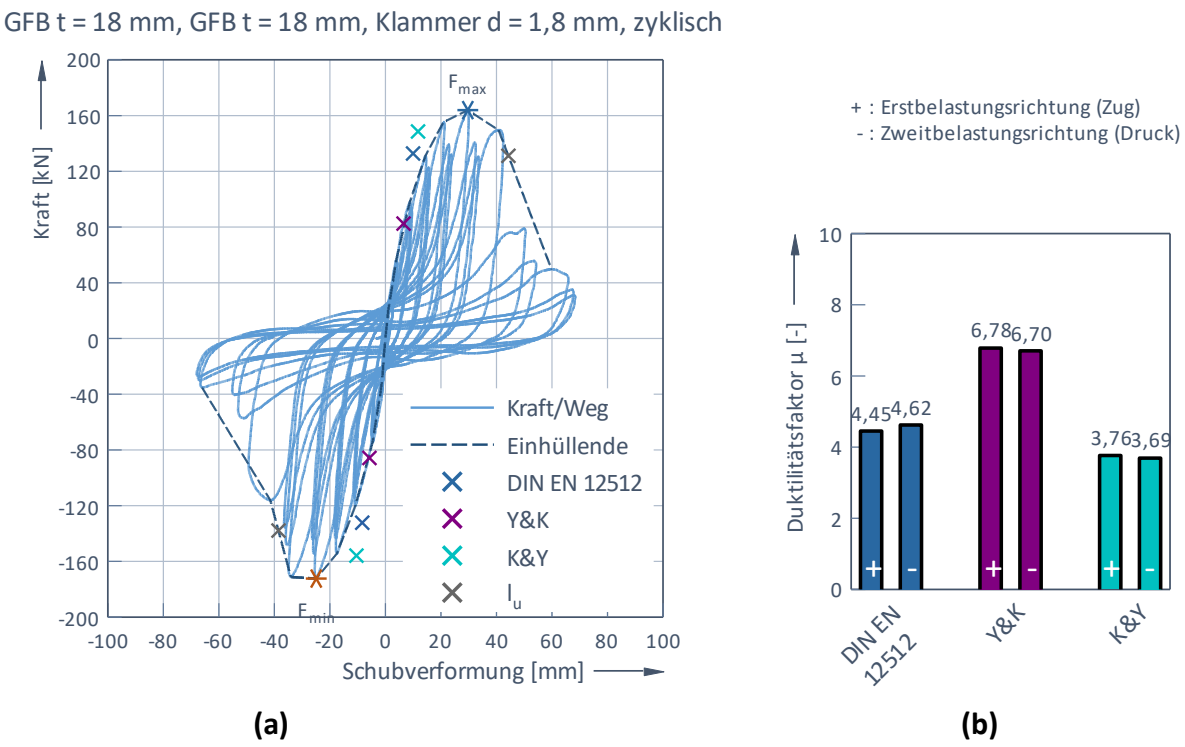


Abbildung B-468: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 17_c_2

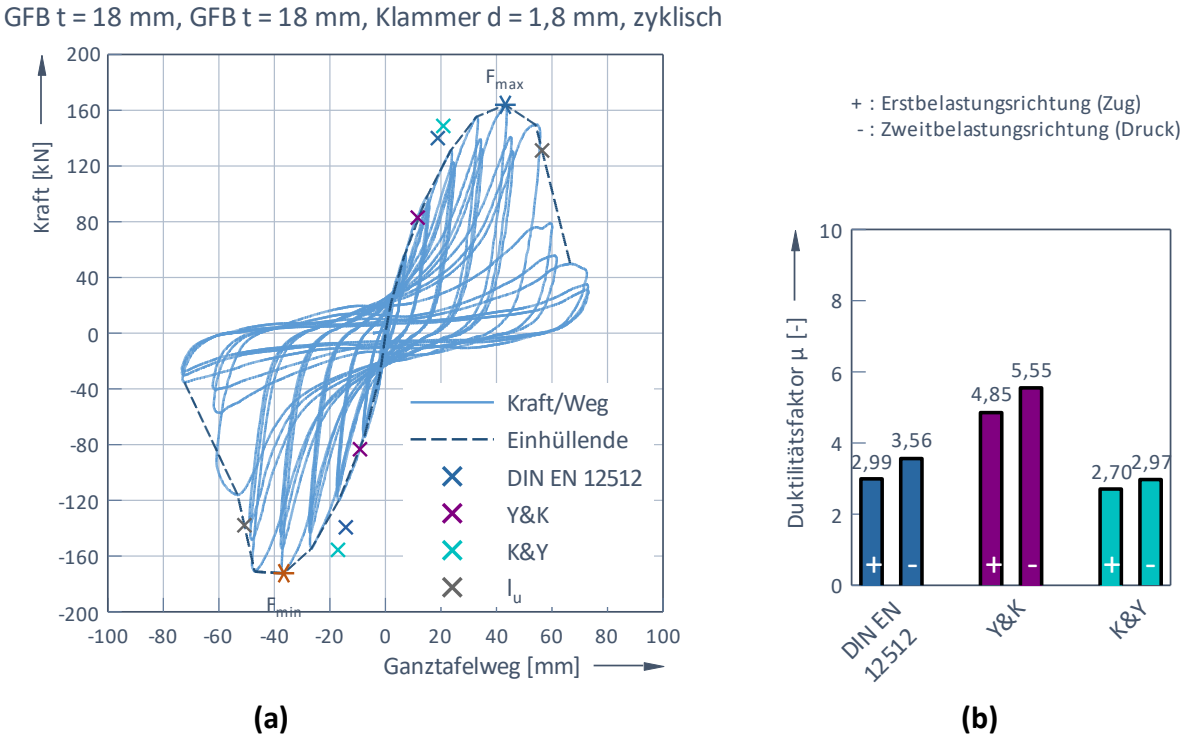
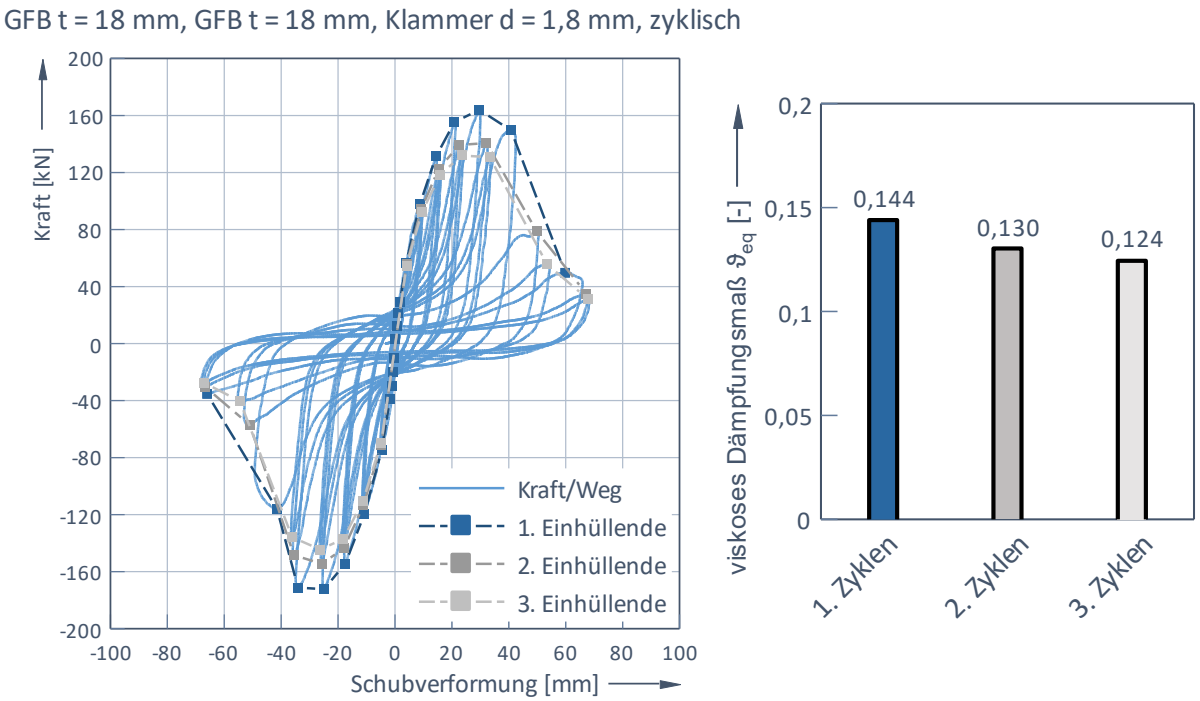
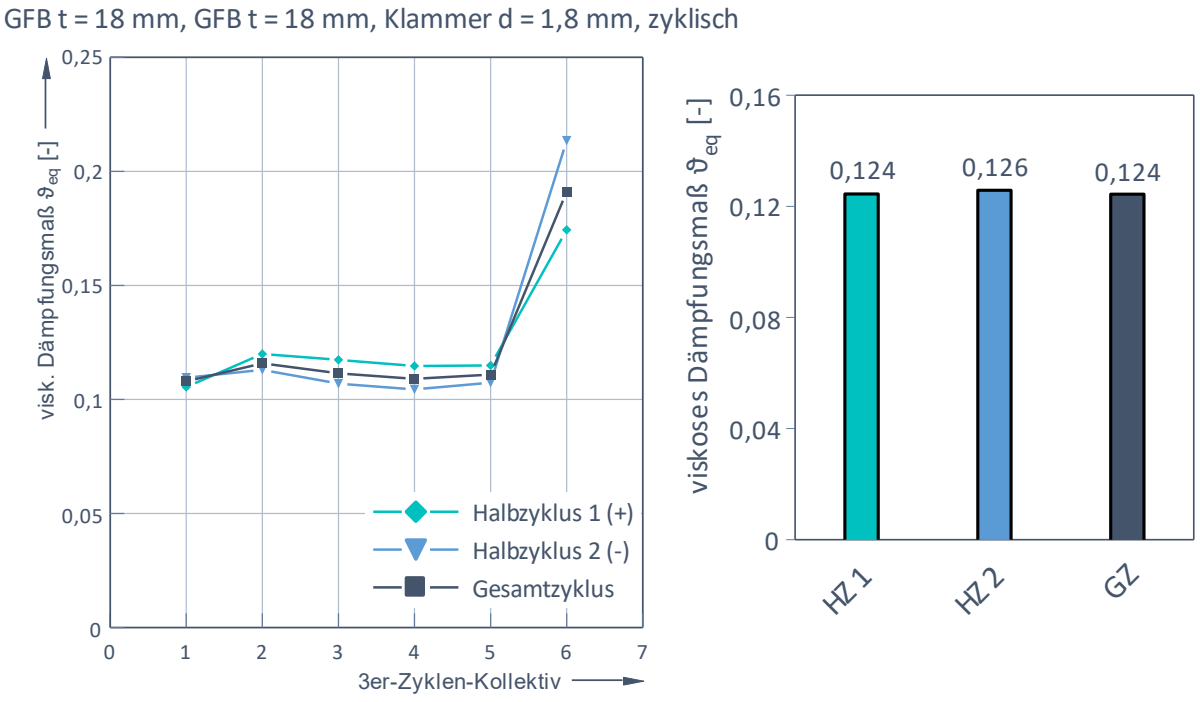


Abbildung B-469: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 17_c_2



(a) (b)

Abbildung B-470: Einhüllende (a) und Vergleich des mittleren viskosen Dämpfungsmaßes in den ersten bis dritten Gesamtzyklen der 3er-Zyklen-Kollektive (b); WT 17_c_2



(a) (b)

Abbildung B-471: Vergleich des viskosen Dämpfungsmaßes als Einzelwerte (a) und Mittelwerte (b) der dritten Zyklen der 3er-Zyklen-Kollektive; WT 17_c_2

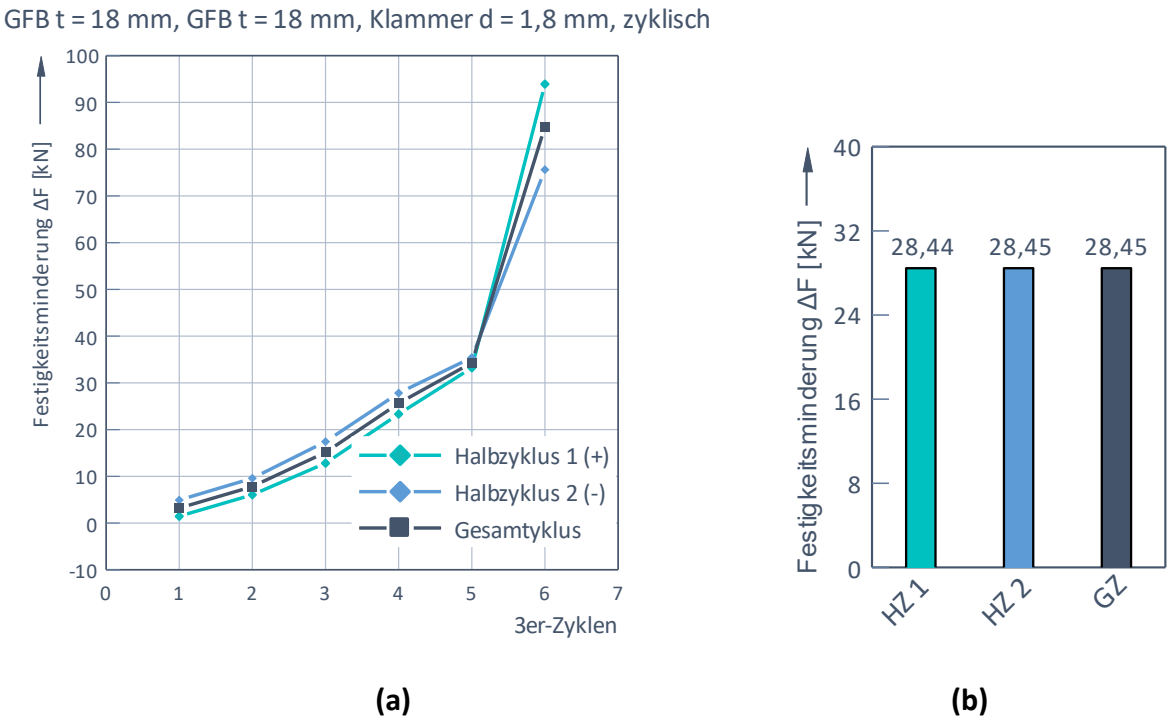


Abbildung B-472: Vergleich der Festigkeitsminderung der 3er-Zyklen-Kollektive als Einzelwerte je Zyklus (a) und als Mittelwerte je Halbzyklus (b); WT 17_c_2

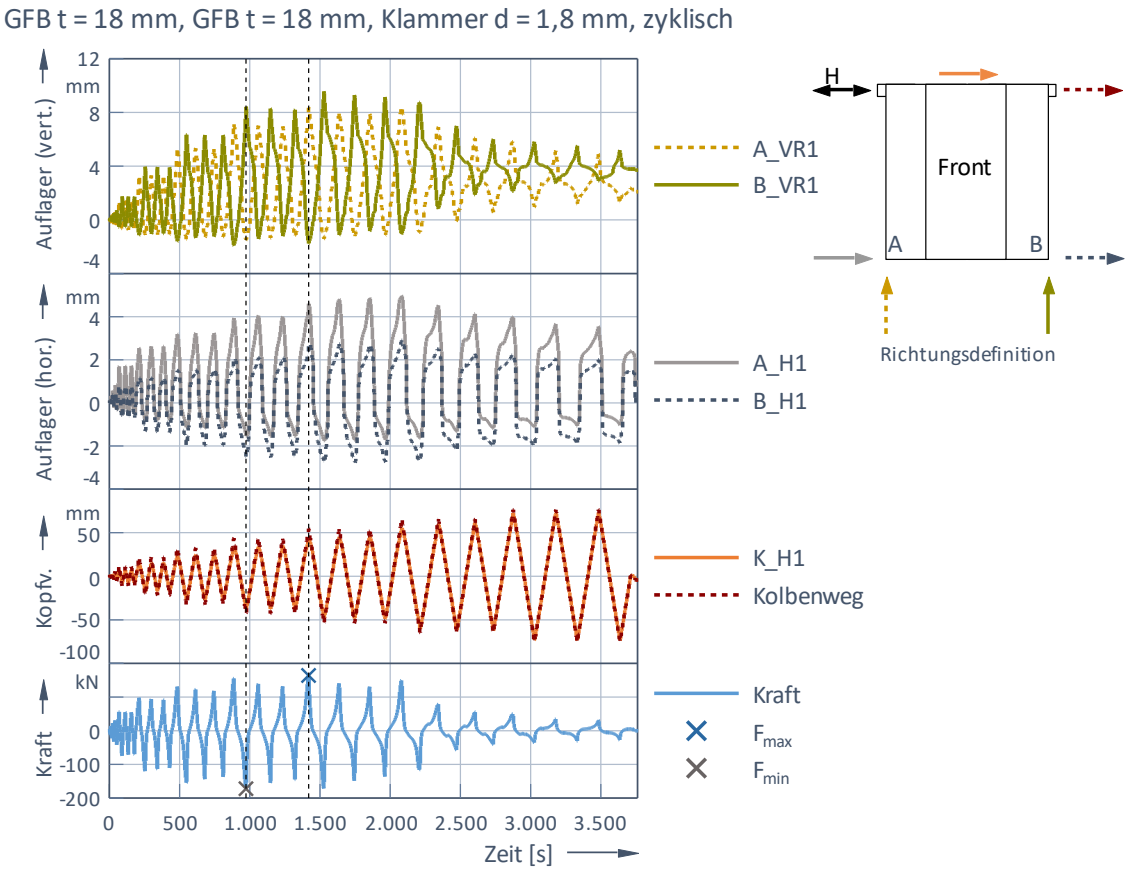


Abbildung B-473: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 17_c_2

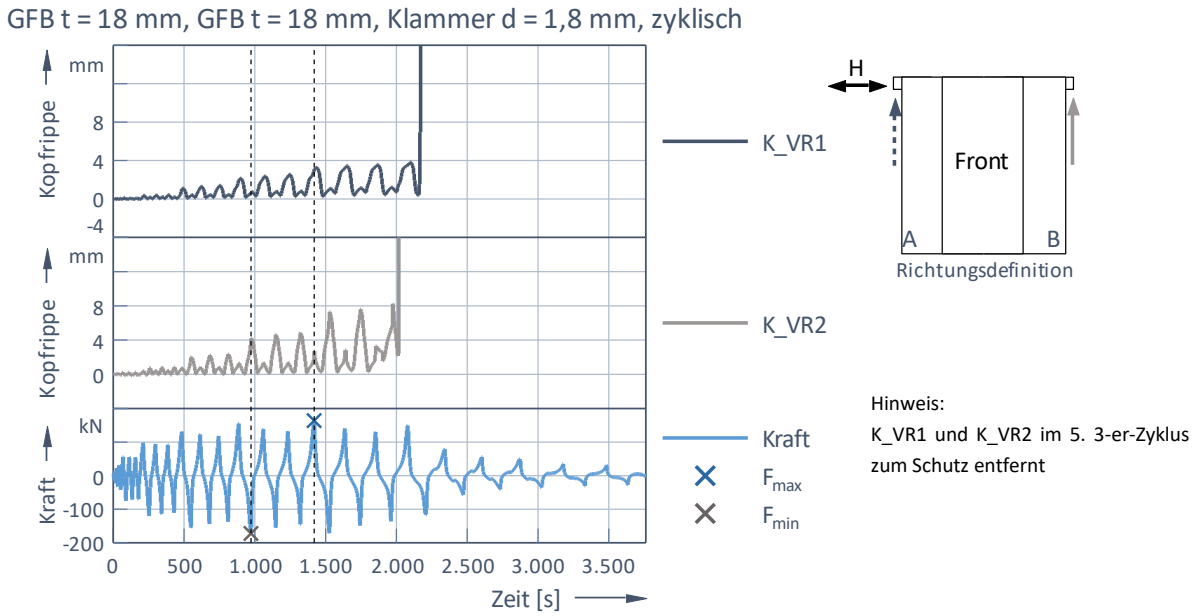


Abbildung B-474: Wegmessungen am Rähm; WT 17_c_2

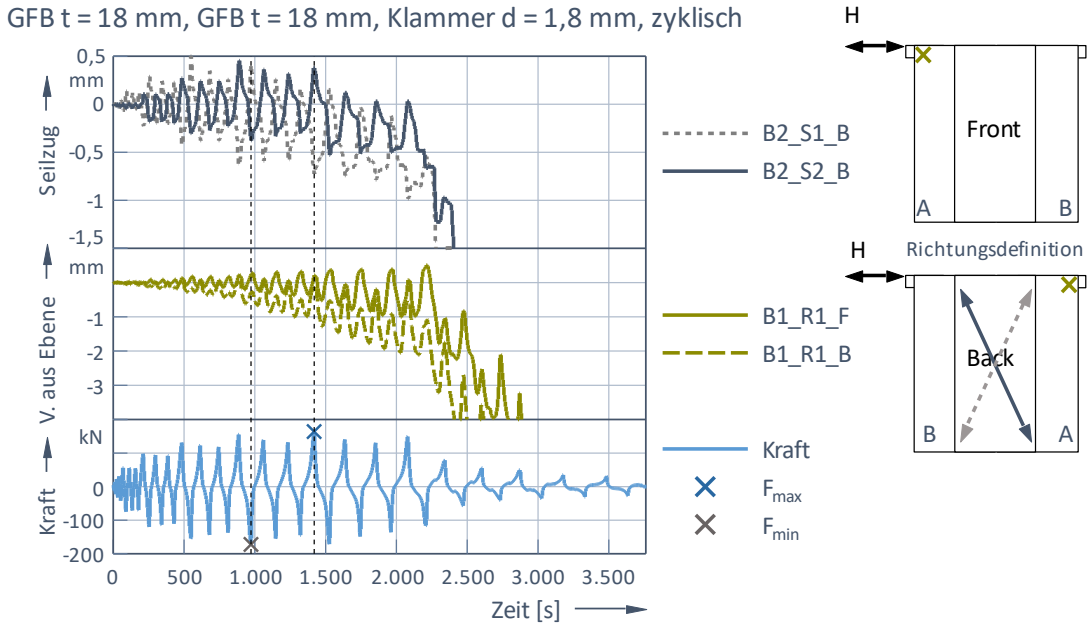


Abbildung B-475: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 17_c_2

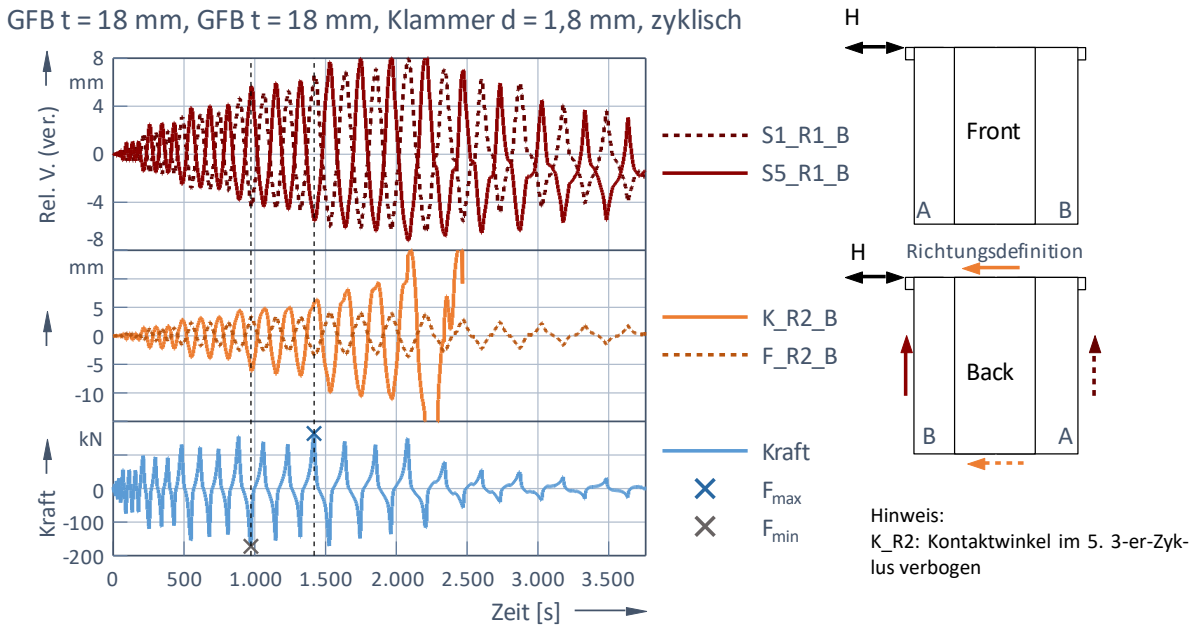


Abbildung B-476: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 17_c_2

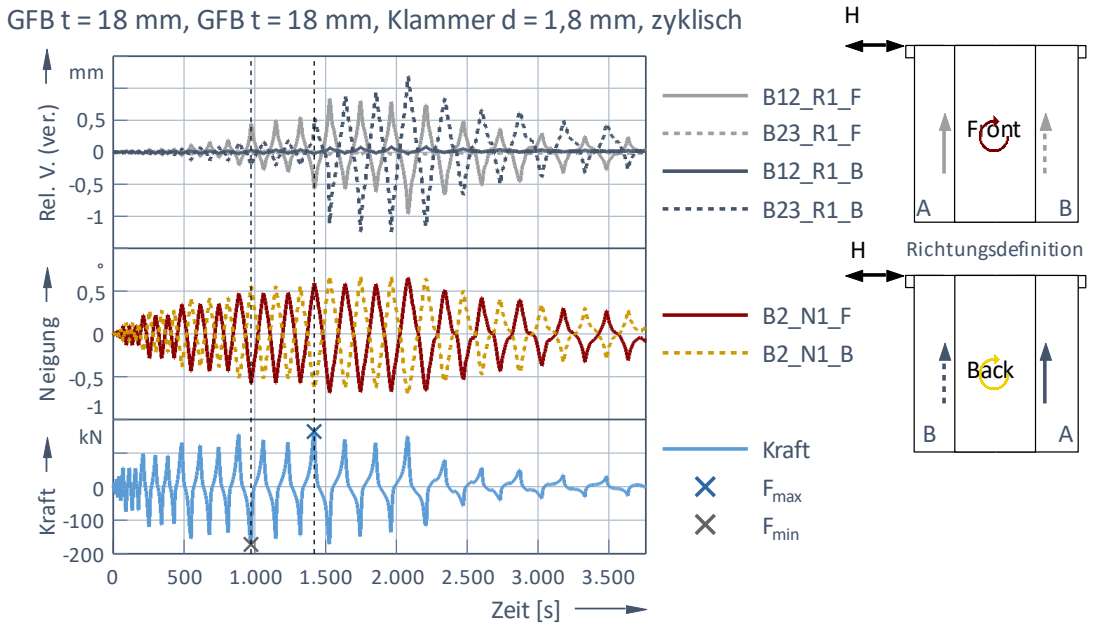


Abbildung B-477: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 17_c_2

Wandtafel 17_c_3

Tabelle B-39: Prüfangaben und Anmerkungen; WT 17_c_3

Wandtafel		
Stiele:	80 x 200 mm, KVH C24	
Rähm/Schwelle:	120 x 200 mm , KVH C24, ohne Ausklinkung	
Beplankung:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 1:	GFB, t = 18 mm, 2-seitig Klammern: Ø 1,80 - 65 mm, a_v = 86,6 mm	
Bekleidung 2:	Keine	

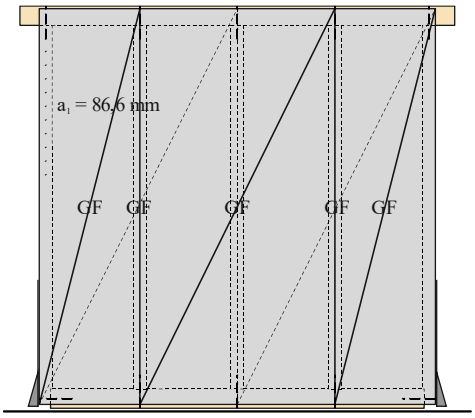


Abbildung B-478: Wandtafel 17_c_3

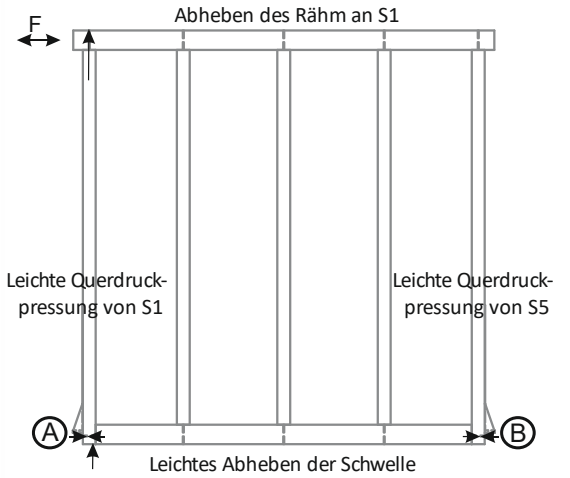
Untersuchung		
Datum	22.02.2024	
Raumtemperatur T	21,3 °C	
Raumfeuchte R_H	45 %	
Holzrohdichte $\rho_{i,m}$	$\rho_{S1,m}$ = 497 kg/m³	(Stiel 1)
	$\rho_{S5,m}$ = 441 kg/m³	(Stiel 5)
	$\rho_{K,m}$ = 379 kg/m³	(Rähm)
	$\rho_{ges,m}$ = 439 kg/m³	(Gesamt)
Holzfeuchte ω_m	14,7 %	
Lastprotokoll	ISO 21581	Zyklisch
Belastung	1,0 mm/s	Tragfähigkeitsprüfung
Maximal-/Minimalkraft	171,7 kN / -173,31 kN	(Klammerversagen maßgebend)

Anmerkungen

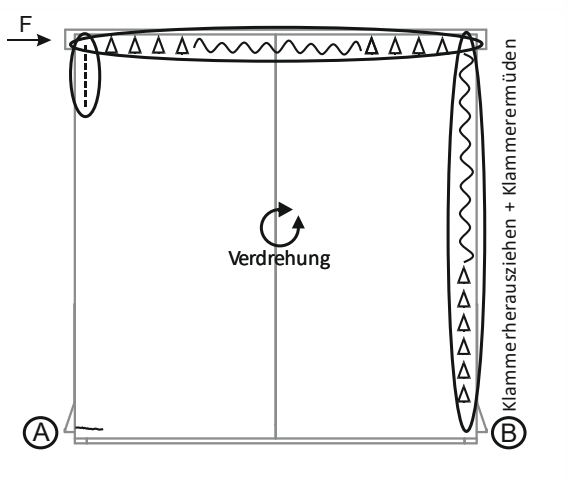
Während Versuch:

- Verdrehen der Platten als Gesamtpaket
- Durchziehen des Rähm nach F_{max}
- Klammerherausziehen oder -ermüden am Rähm und S5
- Riss in Beplankung parallel zur Schwelle am Auflager A bei F_{max}
- F_{min} (4. 3er-Zyklus) vor F_{max} (5. 3er-Zyklus) erreicht

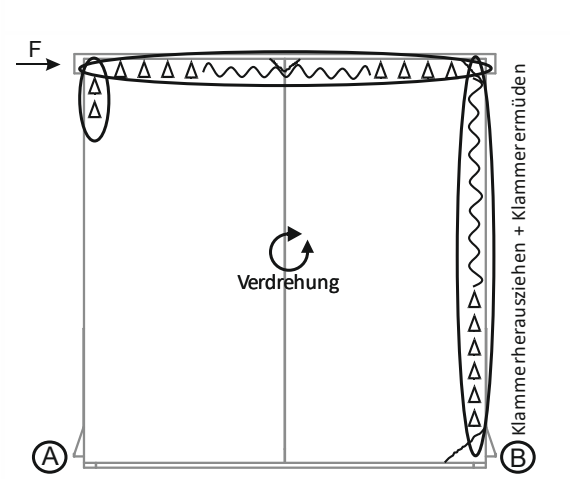
Versagensbild (Feststellung nach Prüfungsende)



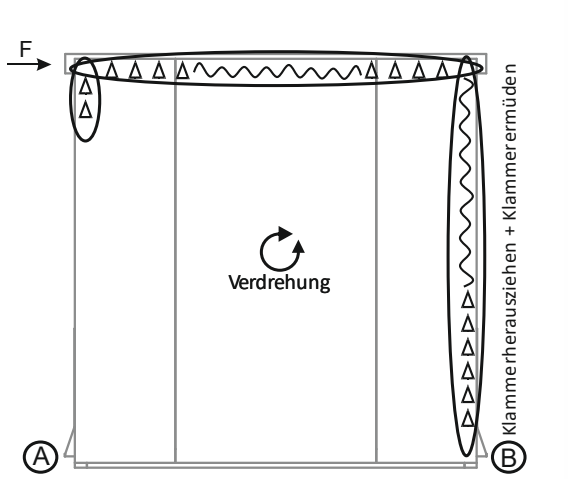
(a)



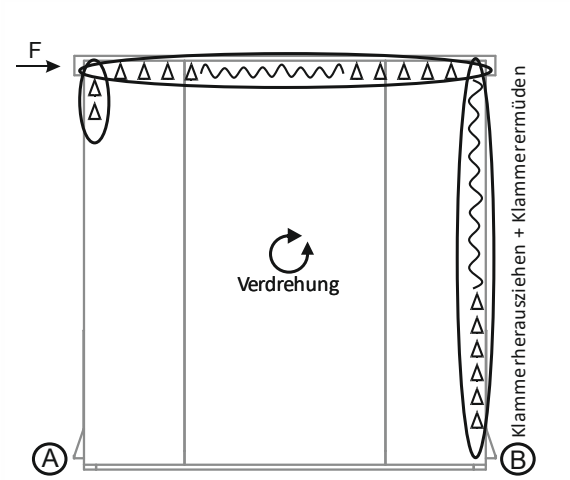
(b)



(c)

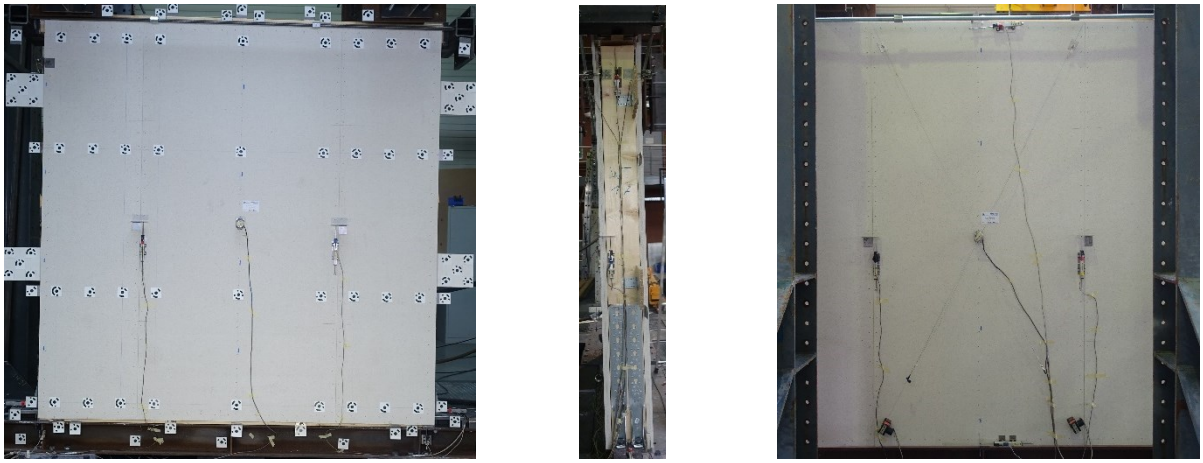


(d)



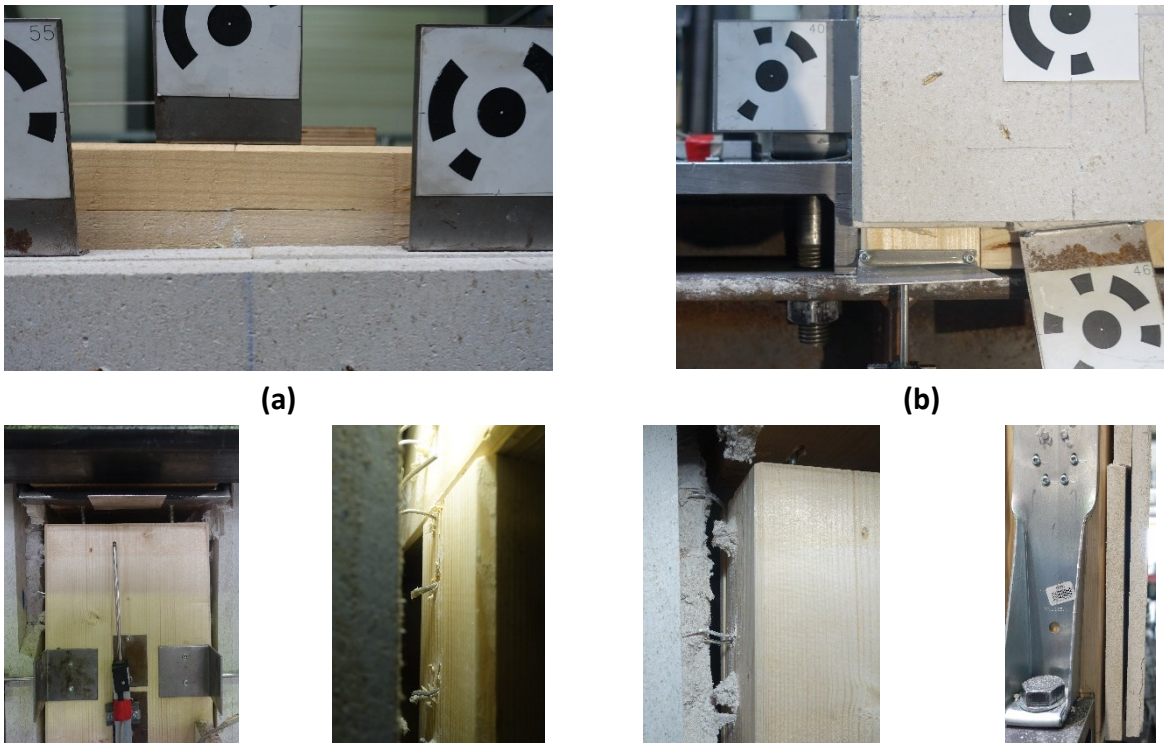
(e)

Abbildung B-479: Versagensbilder Rahmen (a), Beplankung vorne (b), Beplankung hinten, Bekleidung vorne (d) und Bekleidung hinten (e); WT 17_c_3



(a) (b) (c)

Abbildung B-480: Versagensbild Vorderseite (a), Seitenansicht Stiel 1 (b) und Rückseite (c); WT 17_c_3



(a) (b) (c) (d) (e) (f)

Abbildung B-481: Ablösen von Beplankung und Bekleidung am Rähm (a), Beplankungsriss am Auflager A (b), Ablösen von Beplankung und Bekleidung an Stiel S1 (c), Klammerherausziehen an S5 vorne (d) und S1 hinten (e), Beplankunksriss Auflager B hinten (f); WT 17_c_3

Untersuchungsergebnisse

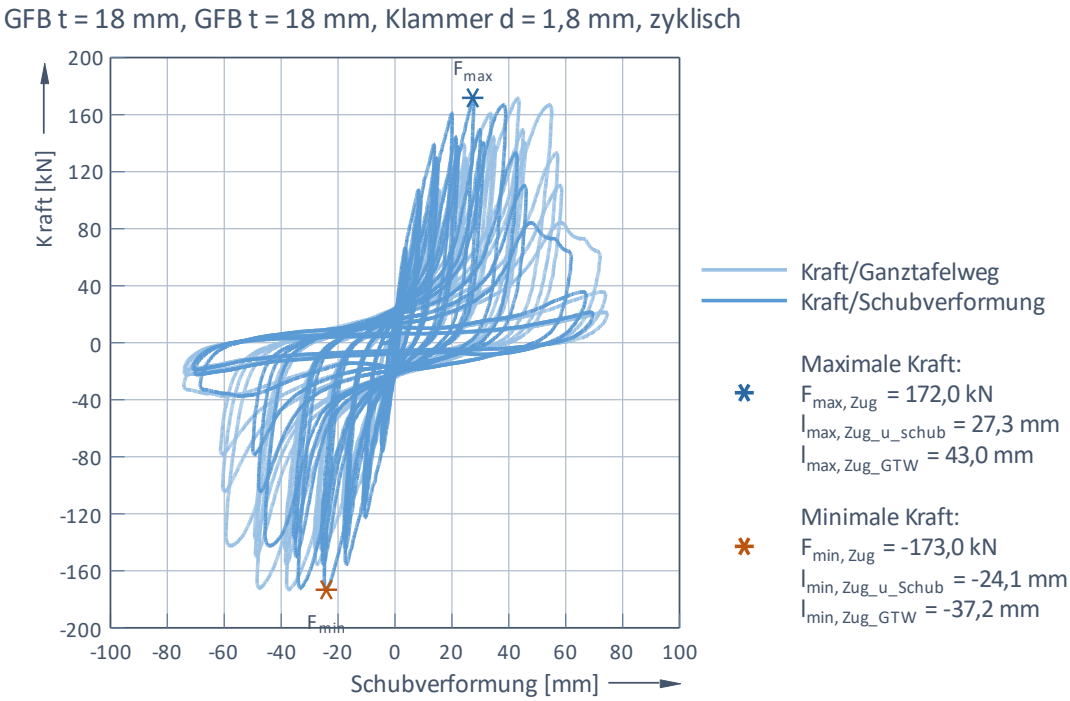


Abbildung B-482: Last-Verformungskurve über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 17_c_3

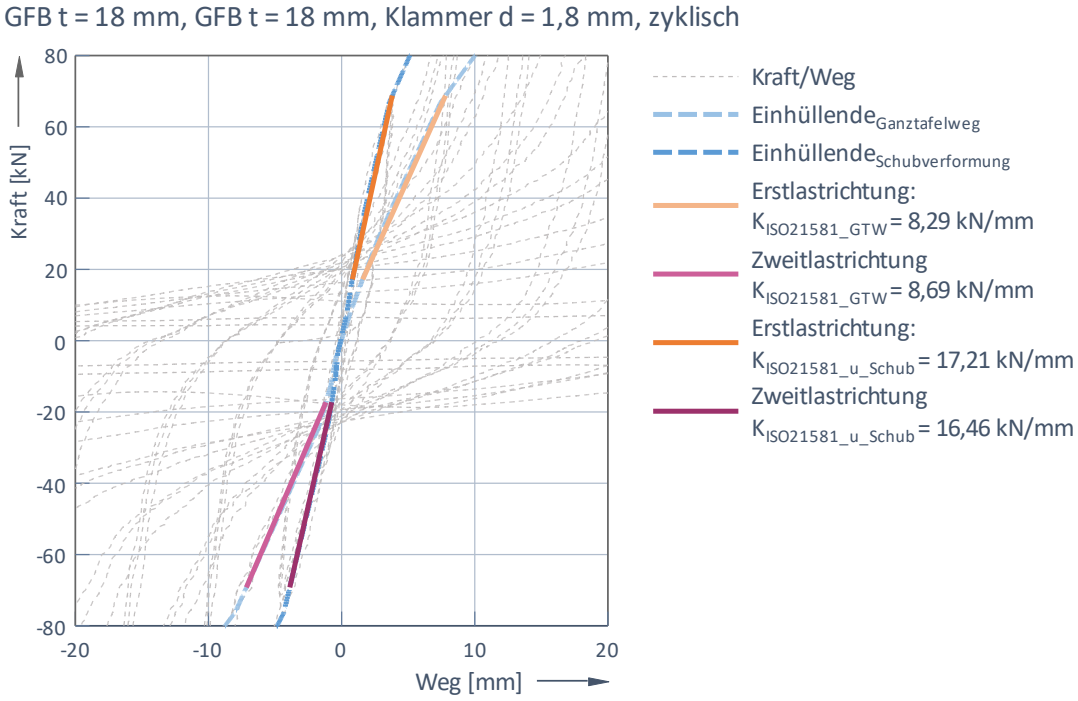


Abbildung B-483: Ermittlung der Steifigkeit über Schubverformung und Ganztafelweg; WT 17_c_3

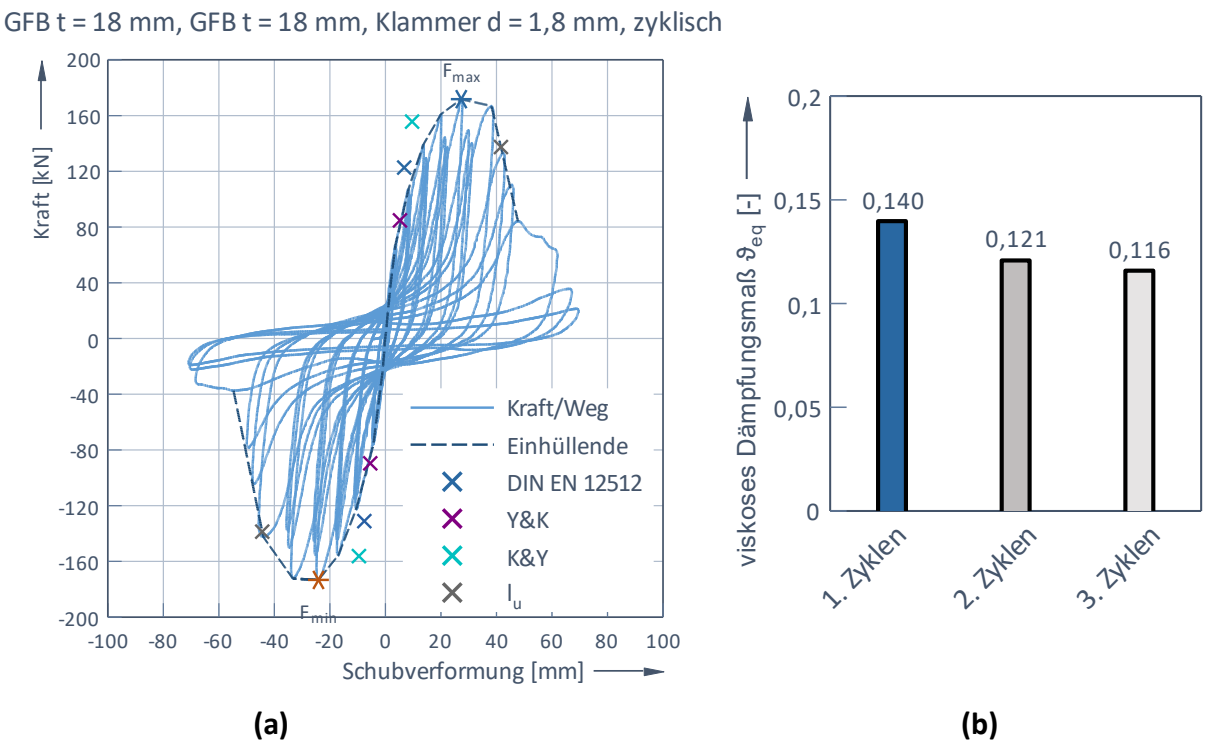


Abbildung B-484: Fließverformung über Schubverformung (a); Duktilität (b); WT 17_c_3

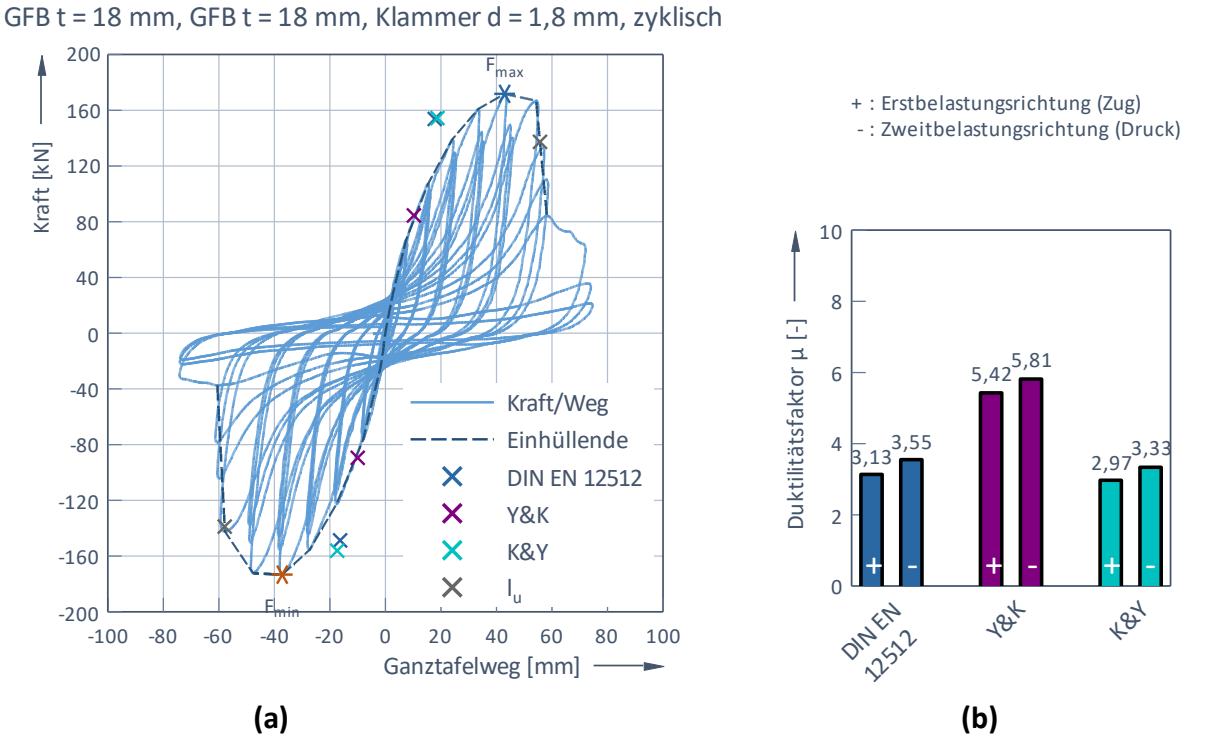


Abbildung B-485: Fließverformung über Ganztafelweg (a); Duktilität (b); WT 17_c_3

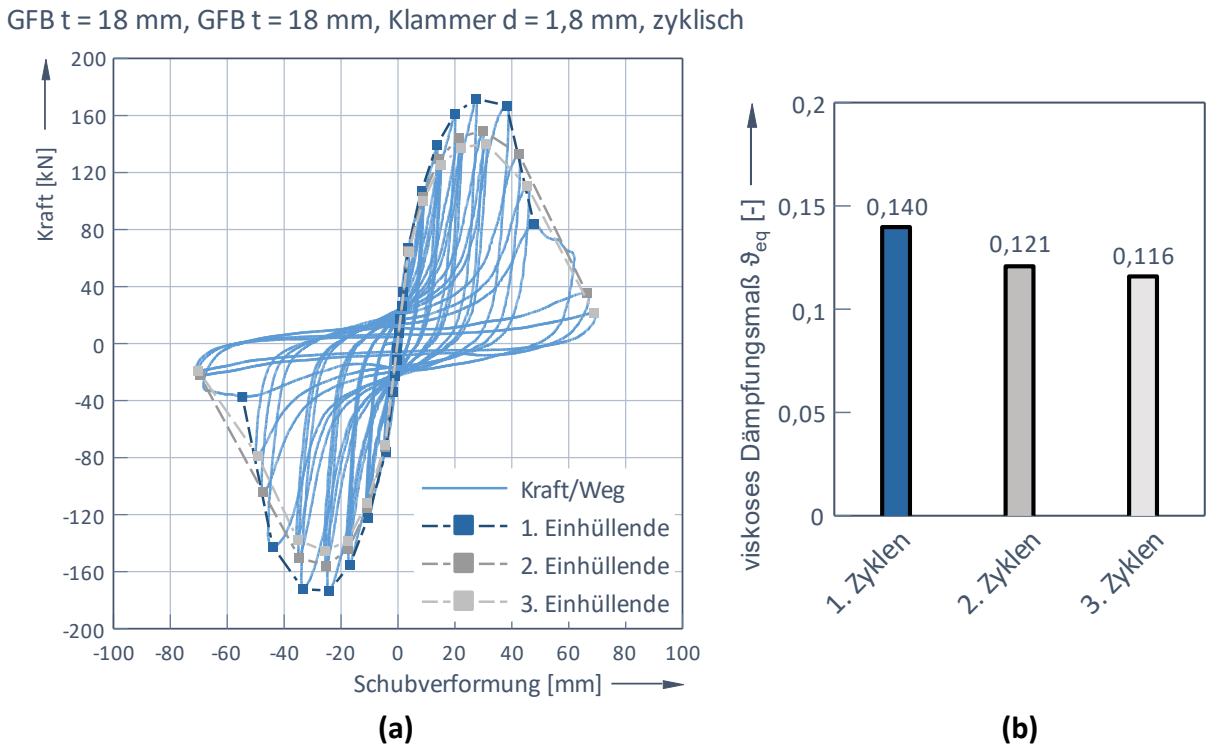


Abbildung B-486: Einhüllende (a) und Vergleich des mittleren viskosen Dämpfungsmaßes in den ersten bis dritten Gesamtzyklen der 3er-Zyklen-Kollektive (b); WT 17_c_3

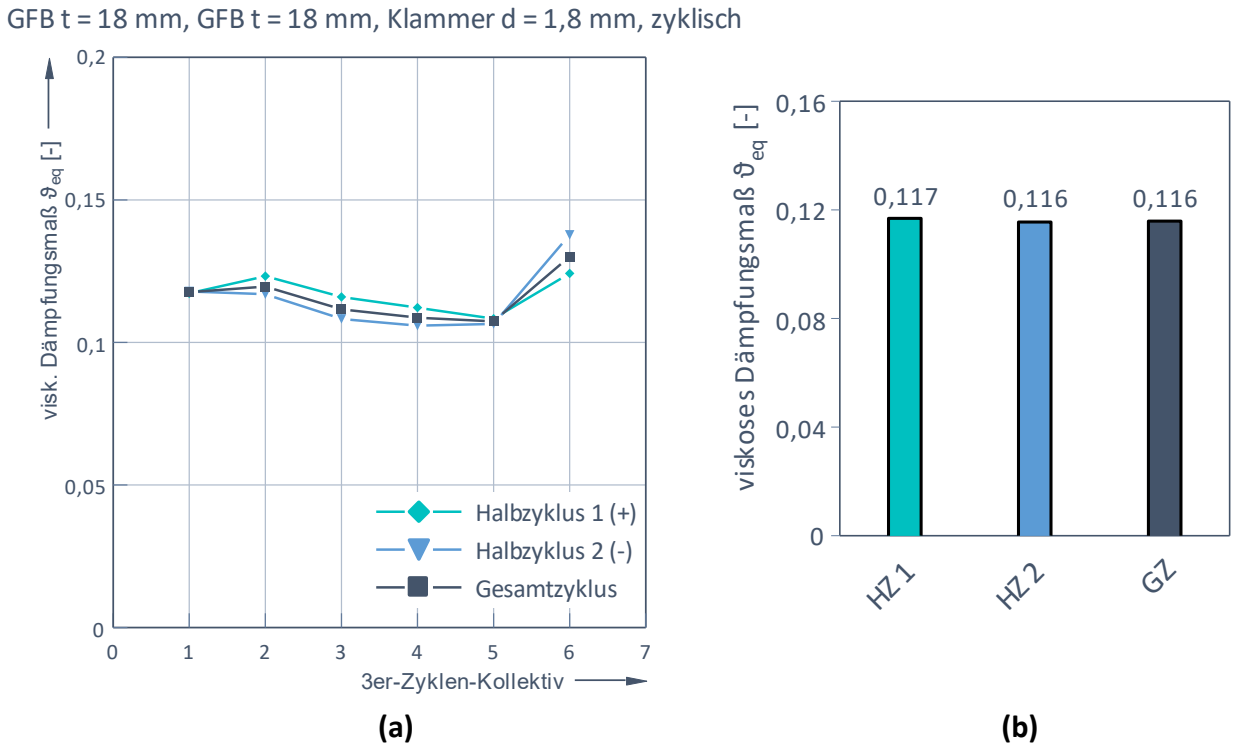


Abbildung B-487: Vergleich des viskosen Dämpfungsmaßes als Einzelwerte (a) und Mittelwerte (b) der dritten Zyklen der 3er-Zyklen-Kollektive; WT 17_c_3

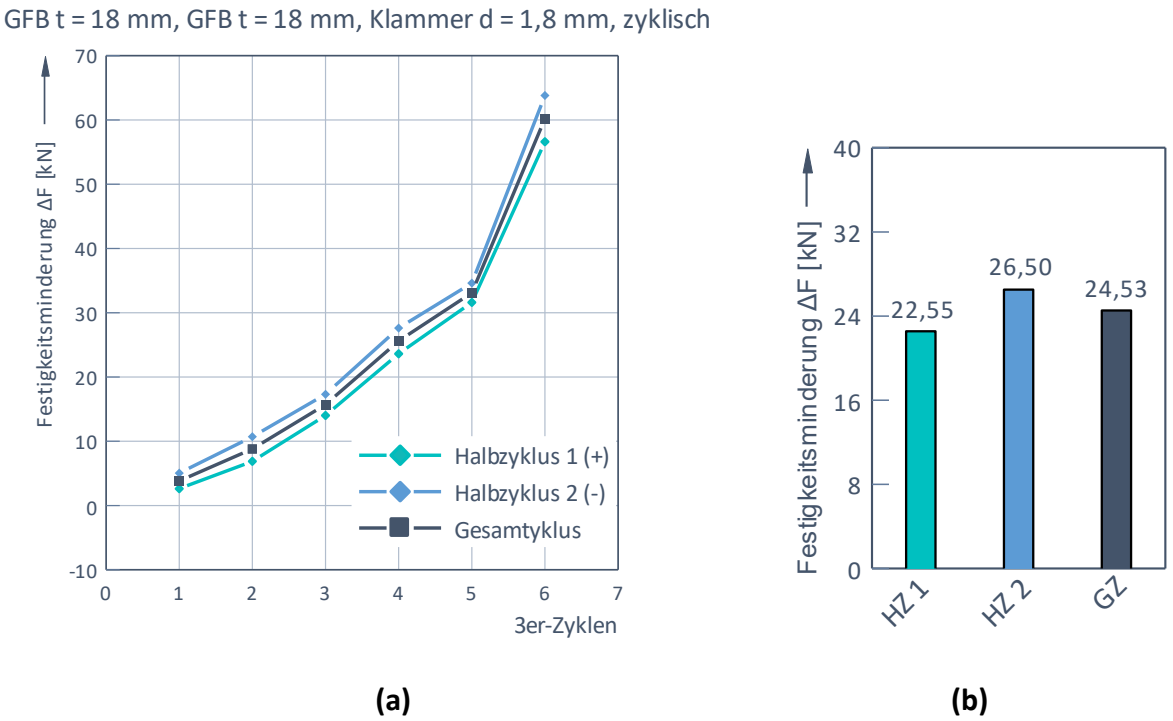


Abbildung B-488: Vergleich der Festigkeitsminderung der 3er-Zyklen-Kollektive als Einzelwerte je Zyklus (a) und als Mittelwerte je Halbzyklus (b); WT 17_c_3

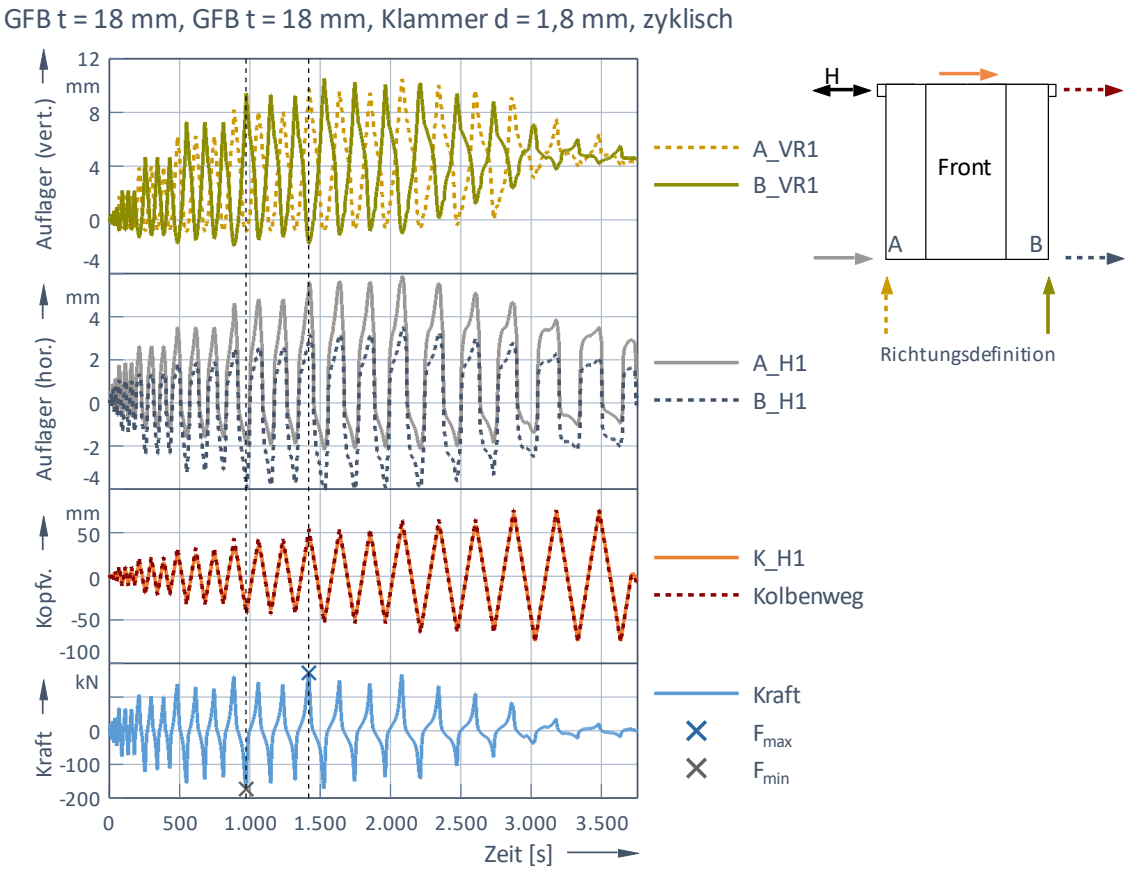


Abbildung B-489: Wegmessungen am Gesamtkörper; WT 17_c_3

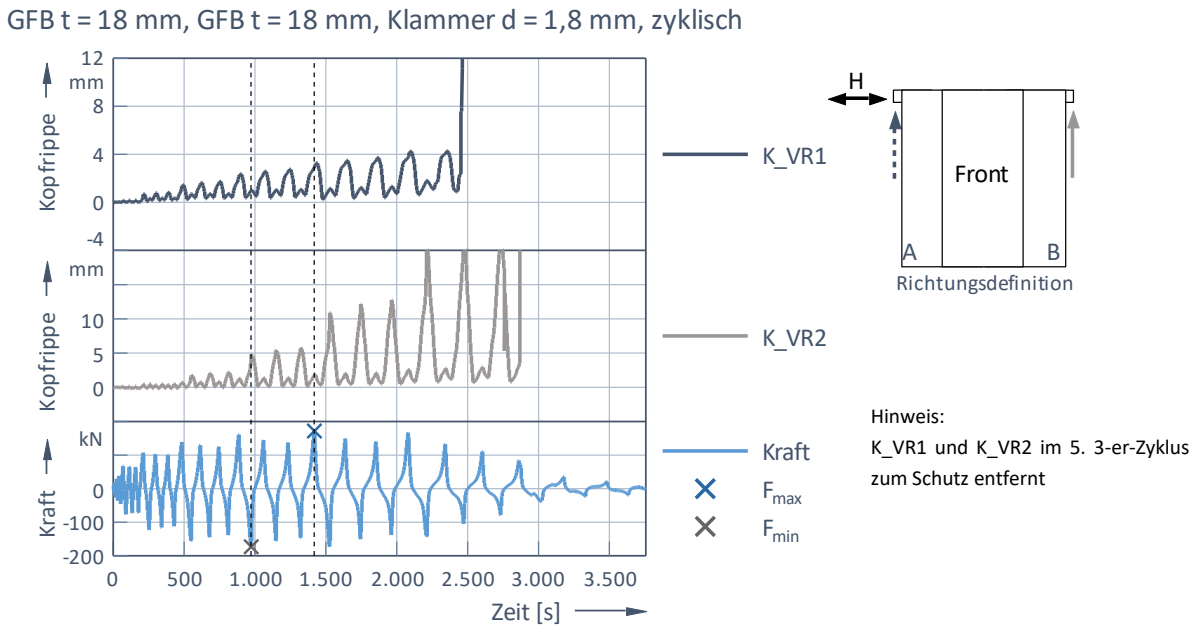


Abbildung B-490: Wegmessungen am Rähm; WT 17_c_3

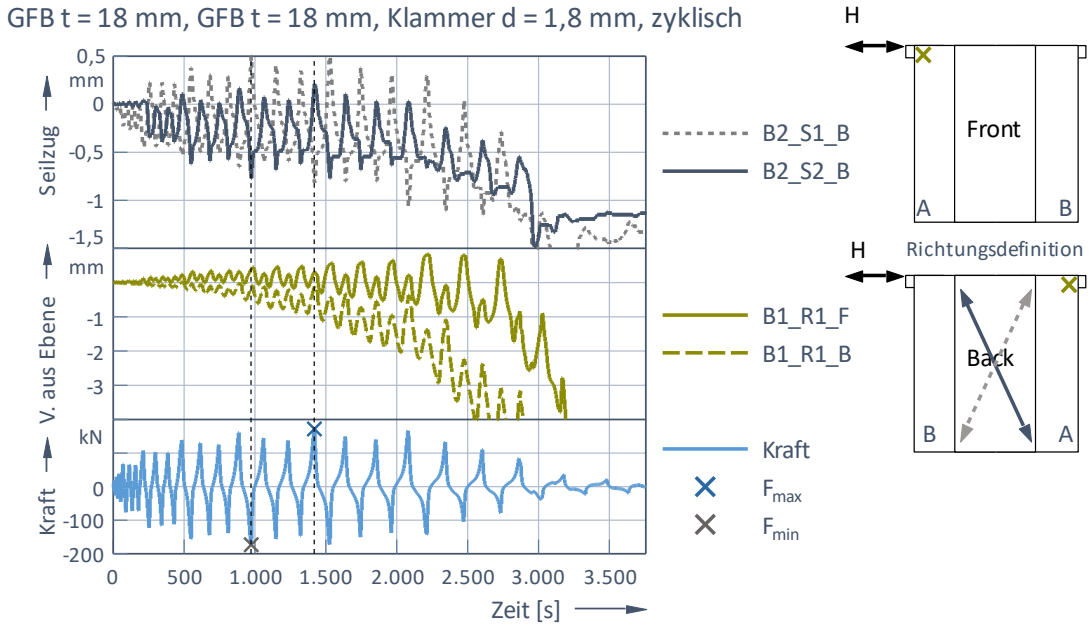


Abbildung B-491: Wegmessungen an der Bekleidung 01; WT 17_c_3

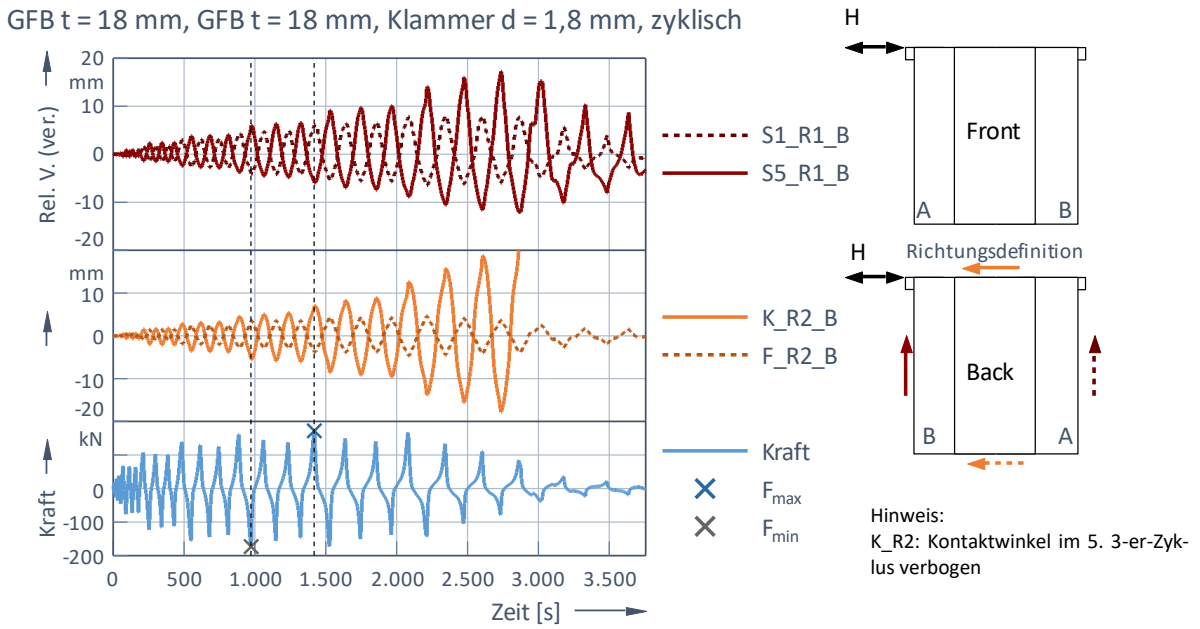


Abbildung B-492: Wegmessungen an der Bekleidung 02; WT 17_c_3

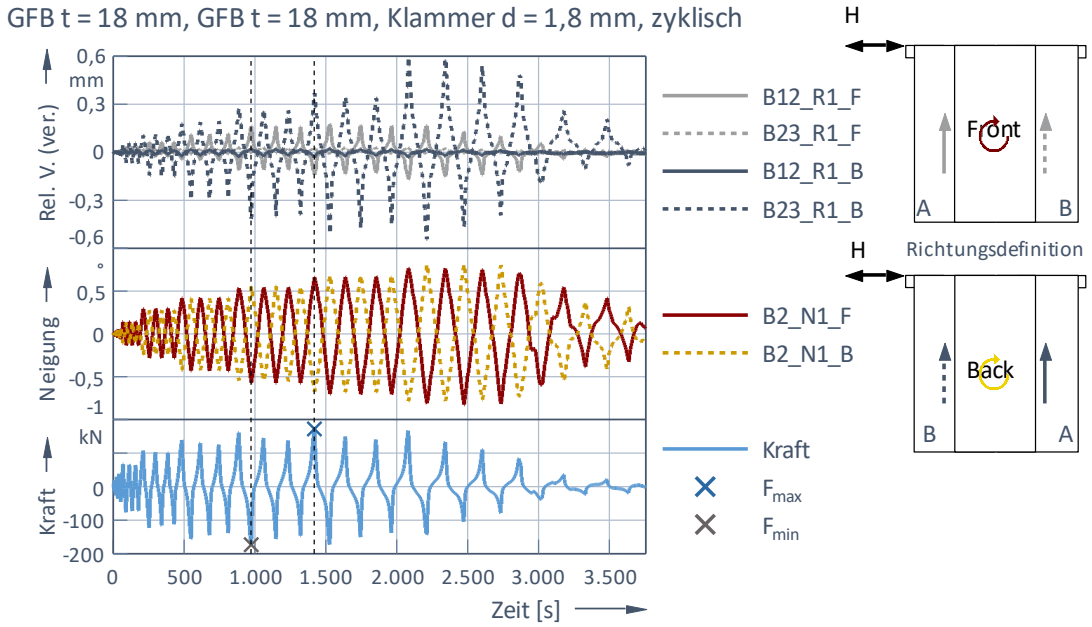


Abbildung B-493: Weg- und Neigungsmessungen an der Bekleidung 03; WT 17_c_3