

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
Tel. +41 (0)58 765 11 11
Fax +41 (0)58 765 11 22
www.empa.ch



Materials Science & Technology

RUSAG AG
Ettenbergstrasse 12
CH-8903 Birmensdorf ZH

Prüfbericht Nr. 5214007962

Prüfauftrag:

Statische Belastungsversuche

Prüfobjekte: Befestigungselemente, Leichtlastelement, Mittellastelement und Schwerlastelemente
Kundenreferenz: Hr. R. Schmid Bestell-Nr.: E-Mail vom 10.12.2014
Ihr Auftrag vom: 9. Dezember 2014
Eingang der Prüfobjekte: 3. September 2015
Ausführung der Prüfungen: 15., 22. und 30. Oktober 2015
Anzahl Seiten: 25
Beilagen: Keine
Versand: 3 Exemplare an Auftraggeber
Archivierung: Die Prüfkörper wurden an den Auftraggeber zurückgesandt

Zusammenfassung

An acht Befestigungselementen und vier Lastelementen wurden statische Belastungsversuche durchgeführt.

Ein gänzlich Versagen der Befestigungs- bzw. Lastelemente fand nicht statt.

Die Ergebnisse der statischen Belastungsversuche sind im Kapitel 7 "Prüfresultate" zusammengestellt.

Das angewendete Prüfverfahren ist nicht Bestandteil des Geltungsbereiches der Akkreditierung. Alle Prüftätigkeiten unterliegen jedoch unabhängig davon dem Empa-Qualitätsmanagementsystem.

Dübendorf, 21. Dezember 2015 Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
Abt. Mechanical Systems Engineering

Sachbearbeiter

Projektleiter

Abteilungsleiter Stv.

H. Michel

BSc FHO Ch. Rohrer

Dr. G. Kovacs

Anmerkung: Die Untersuchungsergebnisse haben nur Gültigkeit für das geprüfte Objekt. Das Verwenden des Berichtes zu Werbezwecken, der blosser Hinweis darauf sowie auszugsweises Veröffentlichen bedürfen der Genehmigung der Empa (vgl. Merkblatt). Bericht und Unterlagen werden 10 Jahre archiviert.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Prüfauftrag	4
1.1	Problemstellung.....	4
1.2	Ziel	4
1.3	Vorgehen	5
2	Prüfobjekte	6
2.1	Prüfkörperanlieferung	6
2.2	Prüfkörperentnahme bzw. -auswahl.....	6
2.3	Anlieferungszustand und Eingangskontrolle	6
2.4	Kennzeichnung und Abmessungen des gelieferten Prüfmaterials	10
2.5	Angaben des Auftraggebers zum gelieferten Prüfmaterial	10
3	Vorbereitung der Prüfobjekte	10
4	Prüfeinrichtung	11
5	Prüflasten	12
6	Durchführung der Prüfungen	13
6.1	Prüfart.....	13
6.2	Nullabgleich der Belastungseinrichtung	13
6.3	Datum der Prüfungen	13
6.4	Ort der Prüfungen.....	13
6.5	Umgebungsbedingungen	13
6.6	Prüfmittel und Verfahren	14
7	Prüfergebnisse	15
7.1	Befestigungselemente.....	17
7.1.1	Compofix Uno	17
7.1.2	Compofix Fensterrahmen	18
7.1.3	Compofix Mauer	19
7.1.4	Compofix Mauer verstärkt.....	20
7.2	Leichtlastelement	21
7.2.1	Styrofix EPS	21
7.3	Mittellastelement.....	22
7.3.1	Styrofix PUR	22
7.4	Schwerlastelemente.....	23
7.4.1	Herkules Uno.....	23
7.4.2	Herkules.....	24
8	Bewertung	25

ABKÜRZUNGEN

EPS	:	Expandiertes Polystyrol
LOG	:	Messmitteltagebuch
PET	:	Polyethylenterephthalat
PUR	:	Polyurethane
PVC	:	Polyvinylchlorid
SOP	:	Standard Operating Procedure

SYMBOLLISTE

b	:	Breite [mm]
F	:	Kraft [N]
F_{max}	:	Maximale Kraft [N]
$F_{l,zul}$:	Vom Auftraggeber spezifizierte, maximal zulässige Kraft pro Befestigungs- bzw. Lastelement [N]
F_2	:	Vom Auftraggeber spezifizierte Kraft ($F_{l,zul} < F_2 < F_{max}$) [N]
v	:	Traversengeschwindigkeit [mm/min]
s	:	Traversenweg [mm]
t_w	:	Wanddicke [mm]

1 PRÜFAUFTRAG

1.1 Problemstellung

Der Auftraggeber verwendet für die wärmebrückenfreie Montage von Absturzsicherungen, Geländern, Kloben, Rückhalterungen, Zwischenwänden, Briefkästen, Markisen, Sonnenstoren und Vordächern auf isolierten Fassaden Befestigungs- und Lastelemente gemäss Bild 1 und Bild 2.



Bild 1: Befestigungselement [RUSAG AG]



Bild 2: Lastelement [RUSAG AG]

1.2 Ziel

Das Ziel der vorliegenden statischen Belastungsversuche ist es, das Versagensverhalten der Befestigungs- und Lastelemente experimentell zu ermitteln.

1.3 Vorgehen

Der Auftraggeber befestigte in Absprache mit der Empa und den Montagevorschriften der RUSAG AG:

- Je zwei Befestigungselemente in einem Abstand von 1000 mm auf vier Betonblöcken mit den Abmessungen $300\text{ mm} \times 1500\text{ mm} \times 100\text{ mm}$. An den abstehenden Befestigungselementschenkeln wurde ein quadratisches Hohlprofil aus Stahl ($b = 50\text{ mm}$, $t_w = 10\text{ mm}$) mit angeschweisster Lasche befestigt, welches ein Geländersegment simuliert. Das Hohlprofil dient zur Krafteinleitung in die Befestigungselemente. In Bild 3 ist in schematischer Darstellung die Belastung von Befestigungselementen in horizontaler Richtung ersichtlich. Eine Belastung in vertikaler Richtung ist nicht vorgesehen.
- Je ein Lastelement auf vier Betonblöcken mit den Abmessungen $300\text{ mm} \times 400\text{ mm} \times 100\text{ mm}$. An dem Lastelement wurde ein T-Träger aus Stahl befestigt. Der T-Träger dient zur Krafteinleitung in das Lastelement. In Bild 4 ist in schematischer Darstellung die Belastung von Lastelementen in vertikaler Richtung ersichtlich. Eine Belastung in horizontaler Richtung ist nicht vorgesehen.

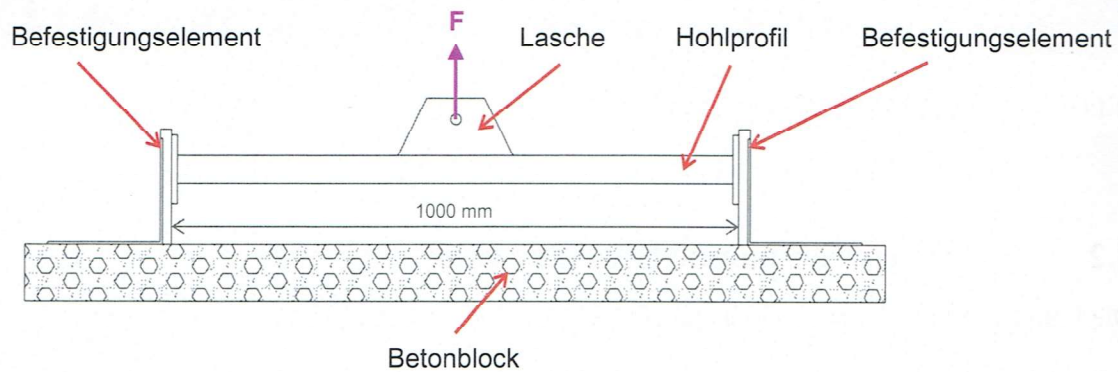


Bild 3: Horizontale Befestigungselementbelastung [Empa-Nr.: 5214007962/03]

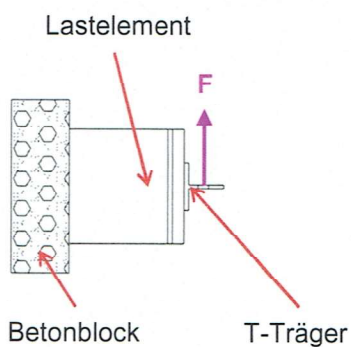


Bild 4: Vertikale Lastelementbelastung [Empa-Nr.: 5214007962/04]

An acht Befestigungselementen und vier Lastelementen werden statische Belastungsversuche wie folgt durchgeführt:

Zügige, statische Belastungen bis zu einem erheblichen Kraftabfall infolge einer Verformung oder Beschädigung mit Messung des Kraft-Traversenweg-Verlaufes der Prüfmaschine.

2 PRÜFOBJEKTE

2.1 Prüfkörperanlieferung

Der Auftraggeber lieferte am 3. September 2015 acht Befestigungselemente, ein Leichtlastelement, ein Mittellastelement und zwei Schwerlastelemente an die Empa (Bild 5).

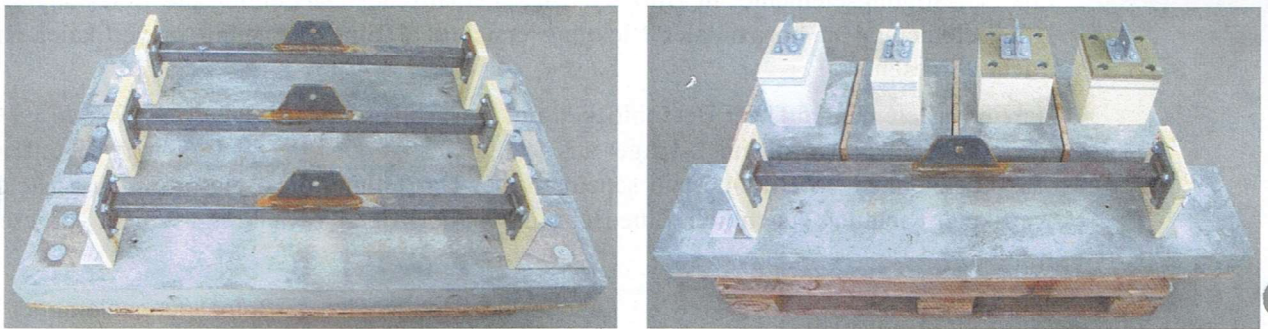


Bild 5: Prüfkörper befestigt auf Betonblöcken [Empa-Nr.: 5214007962/05]

2.2 Prüfkörperentnahme bzw. -auswahl

Die Entnahme bzw. Auswahl der angelieferten Prüfkörper erfolgte durch den Auftraggeber.

2.3 Anlieferungszustand und Eingangskontrolle

Die Prüfkörper wurden visuell auf Übereinstimmung mit den mitgelieferten Bauteilzeichnungen überprüft (Bild 6 bis Bild 11). Besonderes Augenmerk wurde auf die Bauform, die Lage von Bohrungen und allenfalls vorhandener Anbauteile gelegt. Es wurden keine Abweichungen festgestellt.

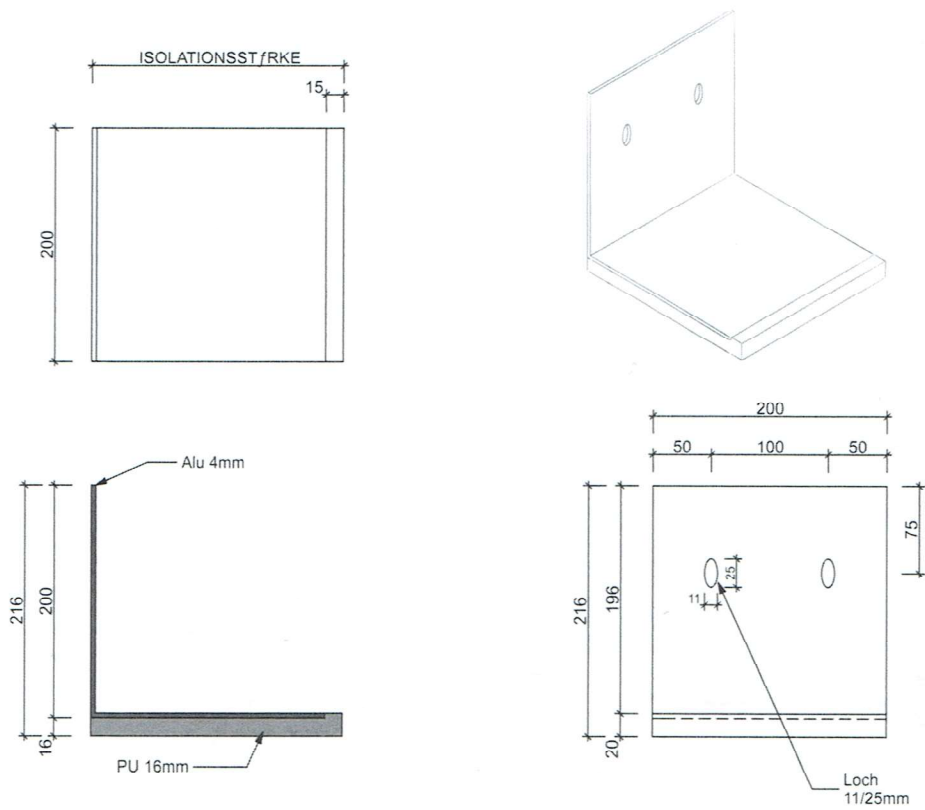


Bild 6: Befestigungselement Compofix Uno [RUSAG AG]

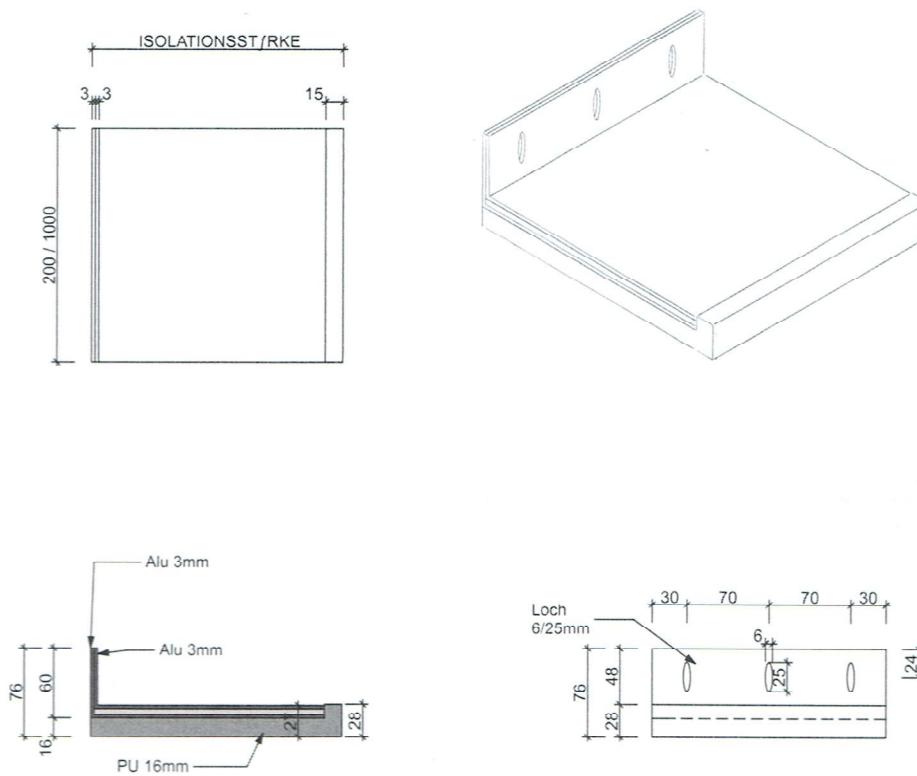


Bild 7: Befestigungselement Compofix Fensterrahmen [RUSAG AG]

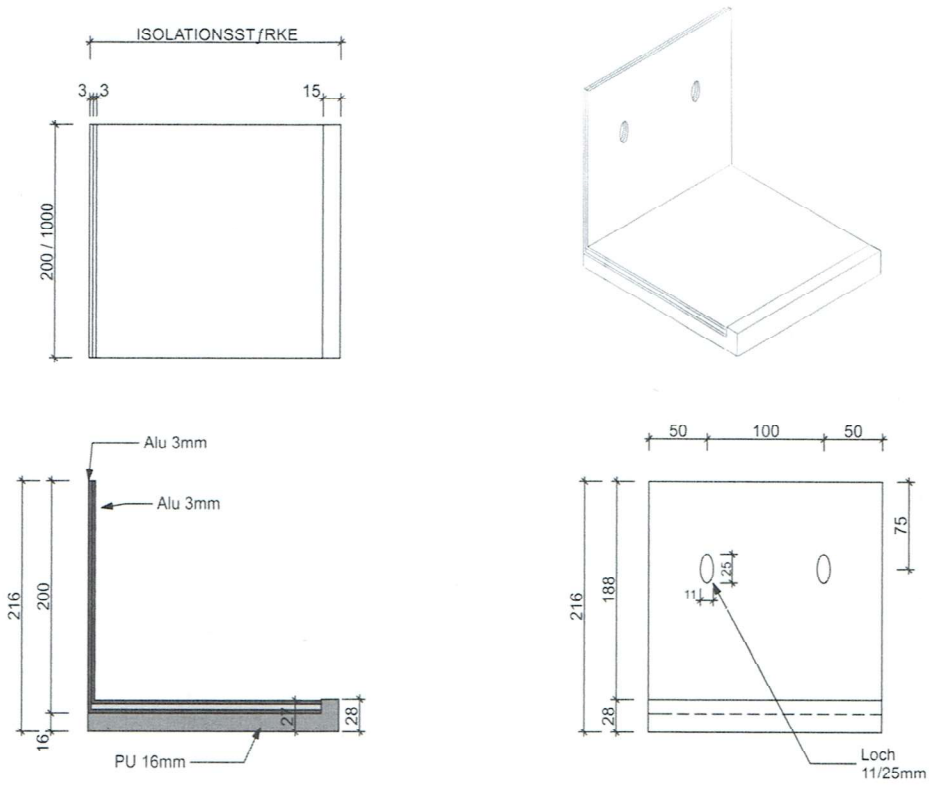


Bild 8: Befestigungselement Compofix Mauer [RUSAG AG]

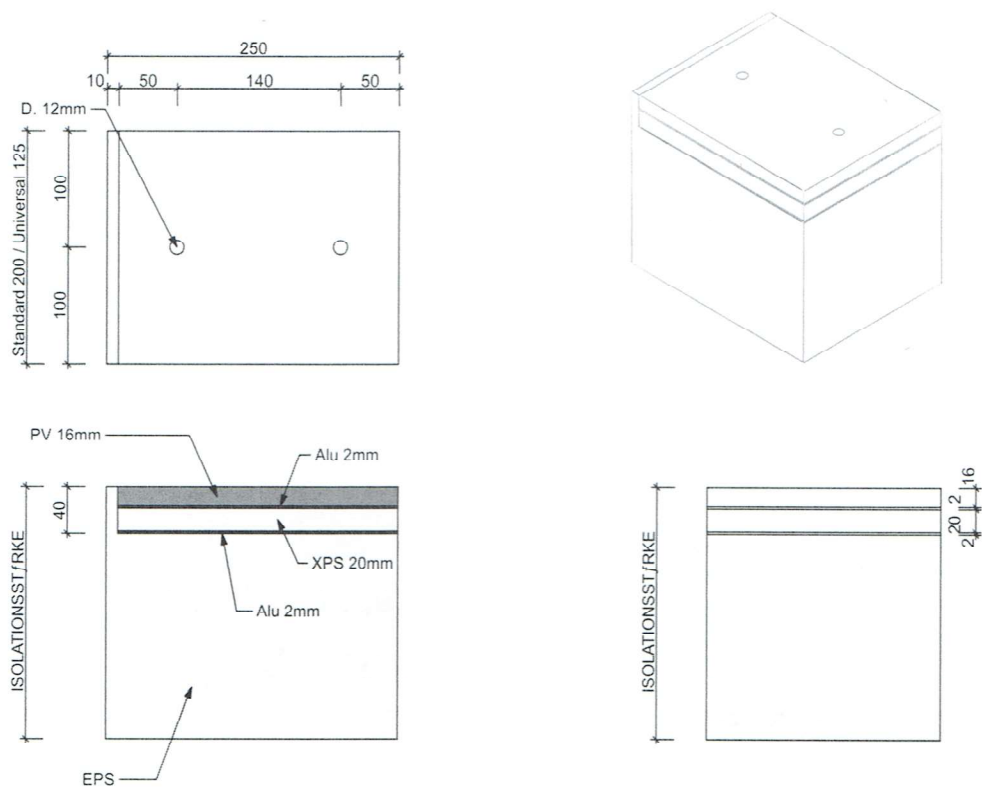


Bild 9: Leicht-/Mittellastelement Styrofix [RUSAG AG]

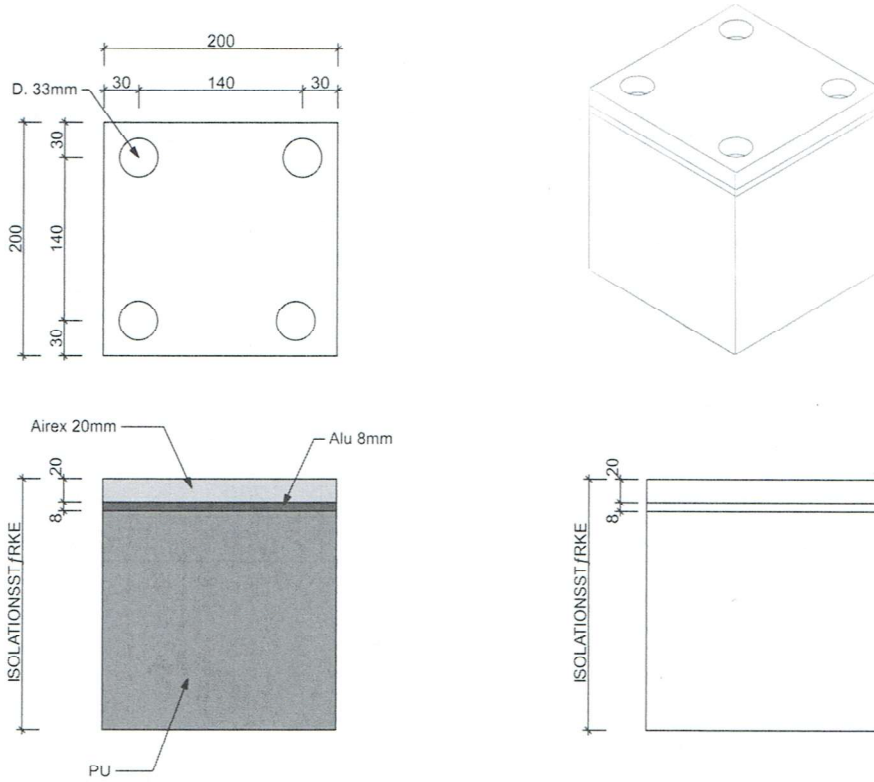


Bild 10: Schwerlastelement Herkules Uno [RUSAG AG]

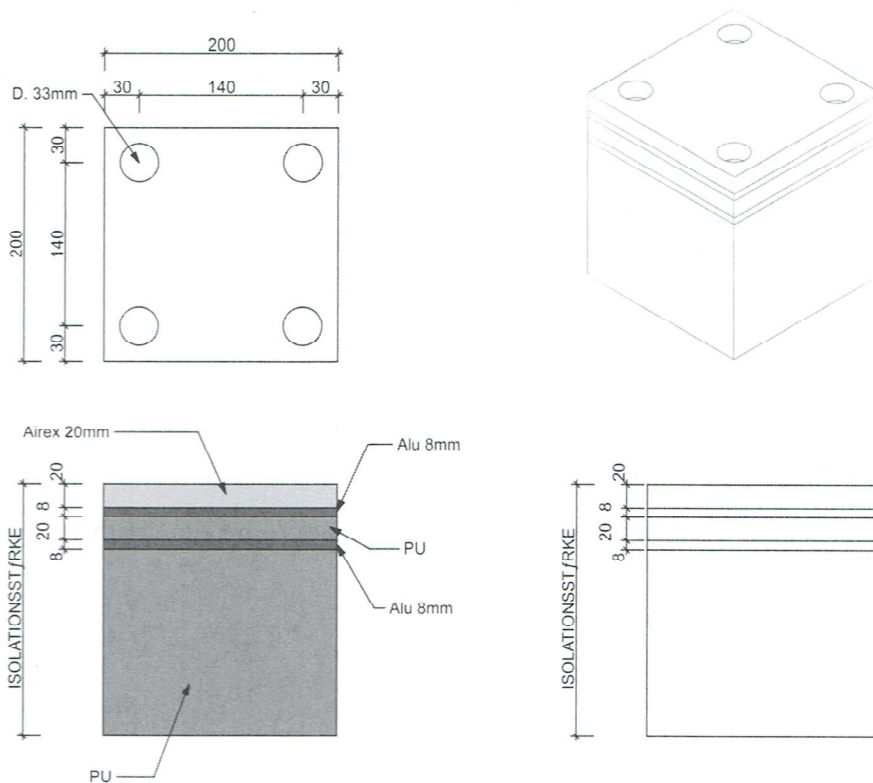


Bild 11: Schwerlastelement Herkules [RUSAG AG]

2.4 Kennzeichnung und Abmessungen des gelieferten Prüfmaterials

Produkt	Typ	Breite [mm]	Länge [mm]	Isolationsstärke [mm]
Befestigungselement	Compofix Uno	216	200	200
Befestigungselement	Compofix Fensterrahmen	60	200	200
Befestigungselement	Compofix Mauer	216	200	200
Befestigungselement	Compofix Mauer verstärkt	216	200	200
Leichtlastelement	Styrofix EPS	125	250	200
Mittellastelement	Styrofix PUR	125	250	200
Schwerlastelement	Herkules Uno	200	200	200
Schwerlastelement	Herkules	200	200	200

Tabelle 1: Kennzeichnung und Abmessungen des Prüfmaterials

2.5 Angaben des Auftraggebers zum gelieferten Prüfmaterial

Produkt	Typ	Werkstoffbezeichnung
Befestigungselement	Compofix Uno	PUR-Hartschaumstoff mit Aluminium-Winkel
Befestigungselement	Compofix Fensterrahmen	PET-, PUR-Hartschaumstoff mit zwei Aluminium-Winkel
Befestigungselement	Compofix Mauer	PET-, PUR-Hartschaumstoff mit zwei Aluminium-Winkel
Befestigungselement	Compofix Mauer verstärkt	PET-, PUR-Hartschaumstoff mit zwei Aluminium-Winkel
Leichtlastelement	Styrofix EPS	EPS-, PUR-Hartschaumstoff mit zwei Aluminium-Platten
Mittellastelement	Styrofix PUR	EPS-, PUR-Hartschaumstoff mit zwei Aluminium-Platten
Schwerlastelement	Herkules Uno	PUR-, PVC-Hartschaumstoff mit Aluminium-Platte
Schwerlastelement	Herkules	PUR-, PVC-Hartschaumstoff mit zwei Aluminium-Platten

Tabelle 2: Angaben des Auftraggebers zum Prüfmaterial

3 VORBEREITUNG DER PRÜFOBJEKTE

Zur Durchführung der statischen Belastungsversuche waren keine Vorbereitungsarbeiten an den Prüfkörpern erforderlich.

4 PRÜFEINRICHTUNG

Die statischen Belastungsversuche wurden auf einer 600 kN Universalprüfmaschine vom Typ Zwick 1494 durchgeführt. Im oberen Spannzeug wurde eine beidseitig gelenkig gelagerte Gewindestange befestigt, mit der die Kraft über das Hohlprofil bzw. den T-Träger in die Prüfkörper eingeleitet wurde. Für die Versuche mit den Befestigungselementen wurde auf dem unteren Spannzeug der Prüfmaschine eine Aufspannplatte montiert, die als Auflagefläche für den Betonblock diente (Bild 12). Für die Versuche mit den Lastelementen wurde auf der Aufspannplatte zusätzlich eine Vorrichtung bestehend aus HEB-Trägern aufgebaut, an die der Betonblock vertikal montiert werden konnte (Bild 13).

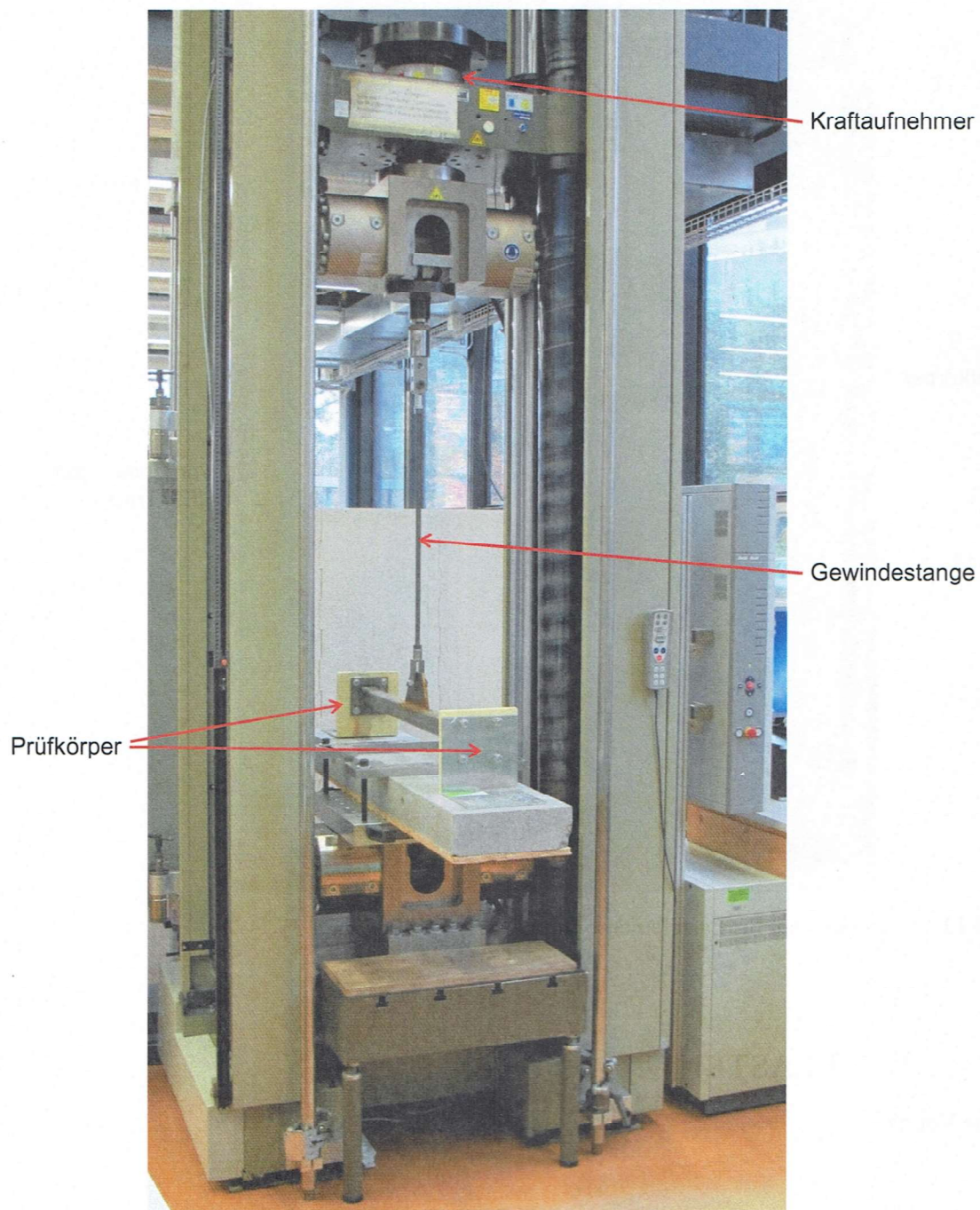


Bild 12: Prüfaufbau für Befestigungselemente [Empa-Nr.: 5214007962/12]

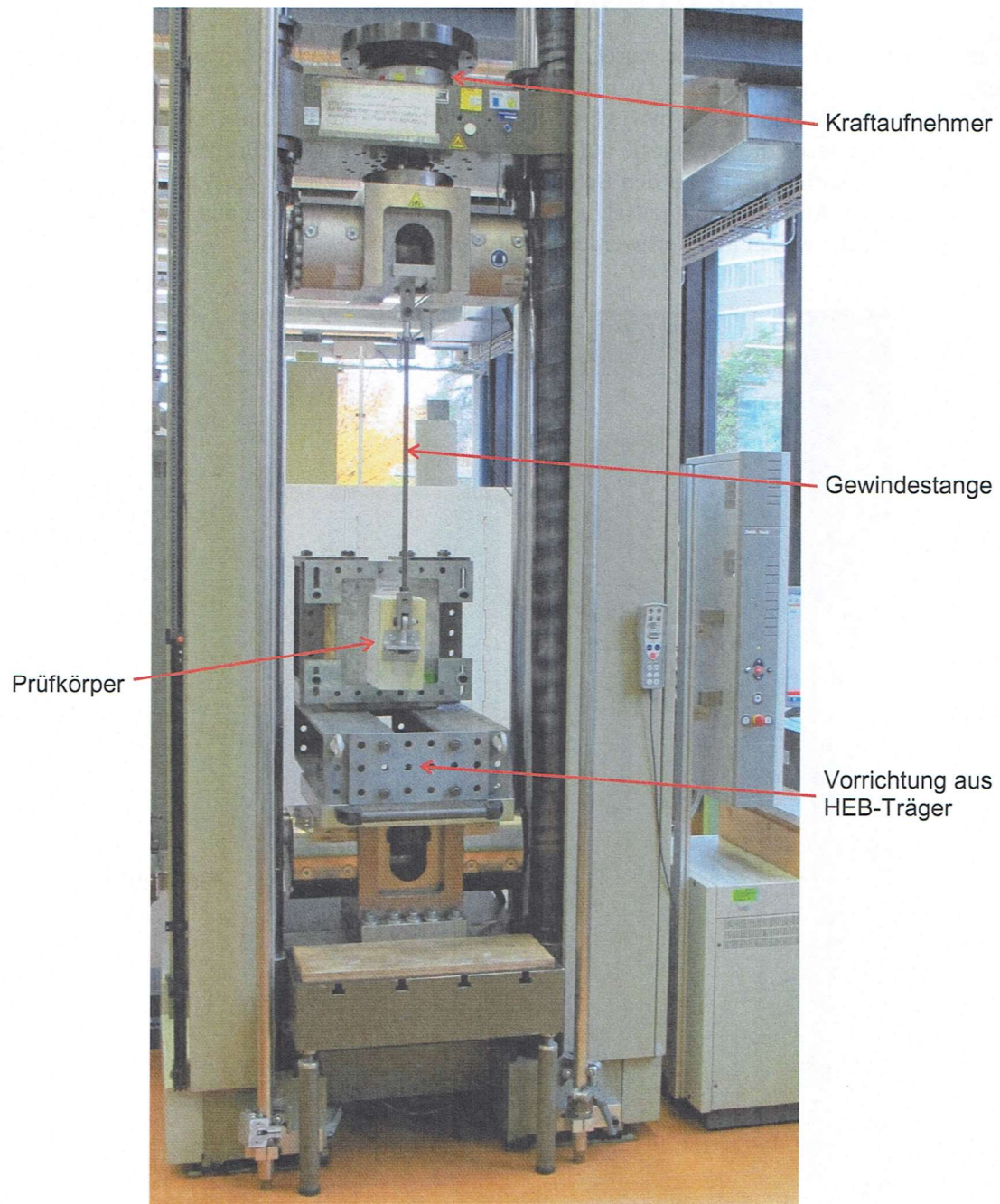


Bild 13: Prüfaufbau für Lastelemente [Empa-Nr.: 5214007962/13]

5 PRÜFLASTEN

Siehe Kapitel 6.1.

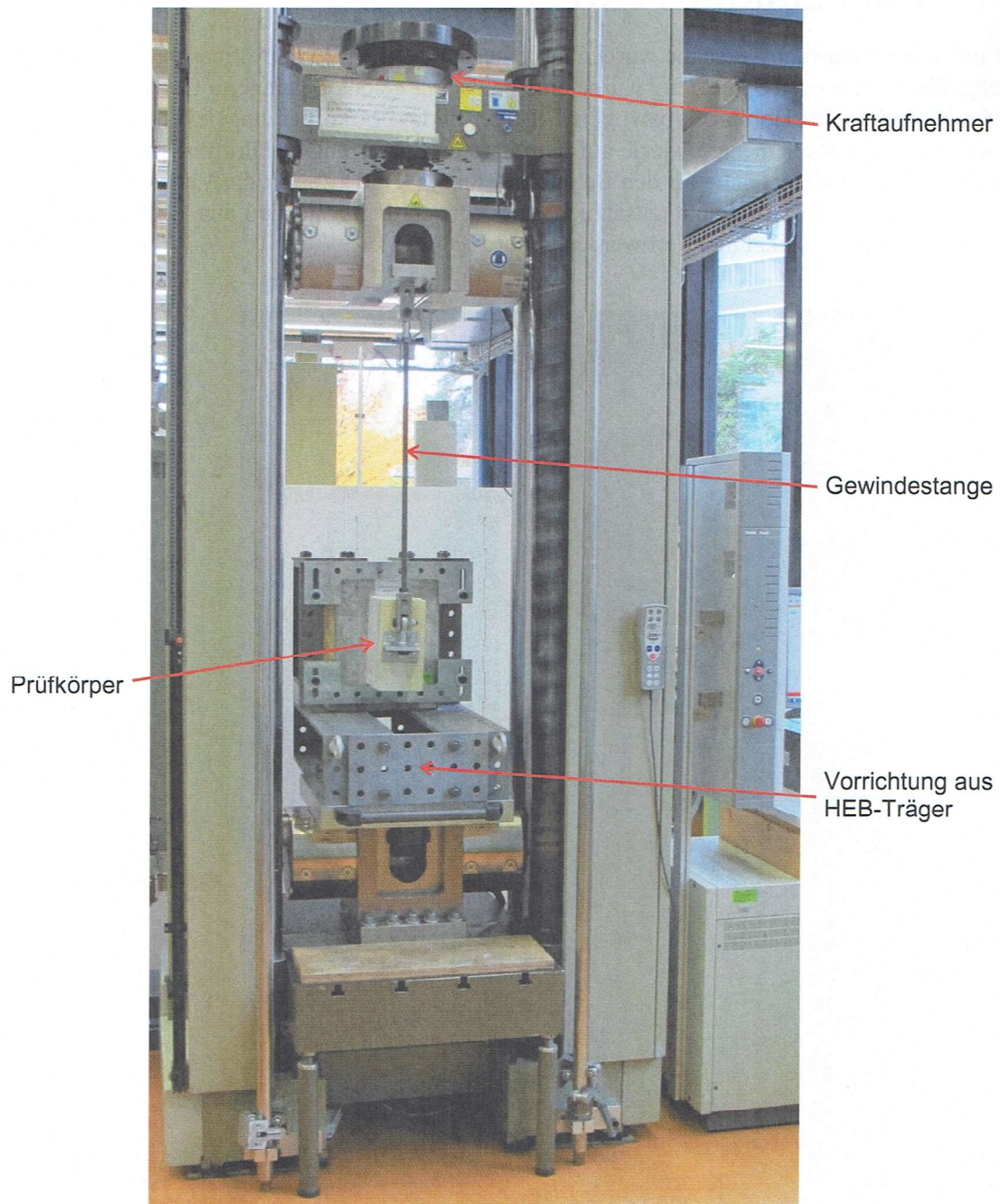


Bild 13: Prüfaufbau für Lastelemente [Empa-Nr.: 5214007962/13]

5 PRÜFLASTEN

Siehe Kapitel 6.1.

6 DURCHFÜHRUNG DER PRÜFUNGEN

6.1 Prüfmart

Die rampenförmig ausgeführten statischen Belastungsversuche erfolgten weggeregelt mit einer Traversengeschwindigkeit der Prüfmaschine von $v = 5 \text{ mm/min}$ bis zum Auftreten eines erheblichen Kraftabfalls infolge einer Verformung oder Beschädigung.

6.2 Nullabgleich der Belastungseinrichtung

Der Nullabgleich des Kraftaufnehmers erfolgte vor dem Verbinden der krafteinleitenden Gewindestange mit dem Hohlprofil bzw. T-Träger.

6.3 Datum der Prüfungen

Die Prüfungen erfolgten am 15., 22. und 30. Oktober 2015.

6.4 Ort der Prüfungen

Die Prüfungen fanden an der Empa im Raum ME160 statt.

6.5 Umgebungsbedingungen

Die Prüfungen wurden bei Raumtemperatur und der momentan herrschenden Umgebungsluftfeuchtigkeit durchgeführt.

6.6 Prüfmittel und Verfahren

Die bei den Untersuchungen verwendeten Prüfmittel sind gemäss Empa-Qualitätssicherungssystem durch ihre LOG-Nr. charakterisiert. Die angegebenen Verfahren sind in den zugehörigen Standard Operating Procedures (SOP) beschrieben und können bei Bedarf eingesehen werden.

Pos.	Prüfmittel	LOG-Nr.	Messgenauigkeit
1	600 kN Universalprüfmaschine <i>Zwick 1494</i>	125-10.499	---
2	600 kN Kraftaufnehmer <i>STRAINERT</i>	125-10.499/1	±1 % bei stat. Belastung
3	Traversen-Wegaufnehmer <i>Zwick</i>	125-10.499/3	±0.05 mm
4	Temperatur-Luftfeuchte-Messgerät <i>Hygropalm 2</i>	121-39.101	±0.5°C

Tabelle 3: Spezifikation der verwendeten Prüfmittel

Pos.	Prüfverfahren	SOP-Nr.	Verfahrensgenauigkeit
1	Belastungsversuche nach Vorgaben des Auftraggebers	---	---

Tabelle 4: Spezifikation des verwendeten Prüfverfahrens

7 PRÜFERGEBNISSE

Der in den Diagrammen aufgezeichnete Traversenweg beinhaltet neben der Befestigungs- und Lastelementverformung auch die Nachgiebigkeit der Prüfmaschine und der Versuchsanordnung.

Die Kraft $F_{l,zul}$ ist die vom Auftraggeber spezifizierte, maximal zulässige Belastung pro Befestigungs- bzw. Lastelement.

Versuch	Produkt	Typ	$2 \cdot F_{1,zul}$ [N]	s [mm]	Bemerkung
			F_{max} [N]		
1	Befestigungselement	Compofix Uno	1'000	1.4	Verformungen der Aluminium-Winkel (Bild 15)
			6'369	38.8	starke Verformung der Aluminium-Winkel (Bild 17)
2	Befestigungselement	Compofix Fenster-rahmen	1'500	0.7	keine Verformungen oder Beschädigungen (Bild 19)
			28'289	28.0	starke Verformung der Aluminium-Winkel (Bild 21)
3	Befestigungselement	Compofix Mauer	1'500	4.6	Verformungen der Aluminium-Winkel (Bild 23)
			6'424	25.5	starke Verformung der Aluminium-Winkel (Bild 25)
4	Befestigungselement	Compofix Mauer verstärkt	2'000	4.6	Verformungen der Aluminium-Winkel (Bild 27)
			9'009	25.4	starke Verformung der Aluminium-Winkel (Bild 29)

Tabelle 5: Zusammenfassung der Prüfergebnisse für die Befestigungselemente (zwei Befestigungselemente pro Versuch)

Versuch	Produkt	Typ	$F_{1,zul}$ [N]	s [mm]	Bemerkung
			F_{max} [N]		
5	Leichtlastelement	Styrofix EPS	200	1.0	keine Verformungen oder Beschädigungen (Bild 31)
			2'111	78.8	starke Verformung des EPS-Hartschaumstoffs (Bild 33)
6	Mittellastelement	Styrofix PUR	500	0.6	keine Verformungen oder Beschädigungen (Bild 35)
			3'818	16.2	Riss zwischen Mittellastelement und Betonblock (Bild 37)
7	Schwerlastelement	Herkules Uno	5'000	6.5	Verformungen bei dem PUR-Hartschaumstoff (Bild 39)
			23'587	74.9	starke Verformung und Rissbildung im PUR- und PVC-Hartschaumstoff (Bild 41)
8	Schwerlastelement	Herkules	5'000	5.0	Verformungen bei dem PUR-Hartschaumstoff (Bild 43)
			24'416	82.4	starke Verformung und Rissbildung im PUR- und PVC-Hartschaumstoff (Bild 45)

Tabelle 6: Zusammenfassung der Prüfergebnisse für die Lastelemente (ein Lastelement pro Versuch)

7.1 Befestigungselemente

7.1.1 Compofix Uno

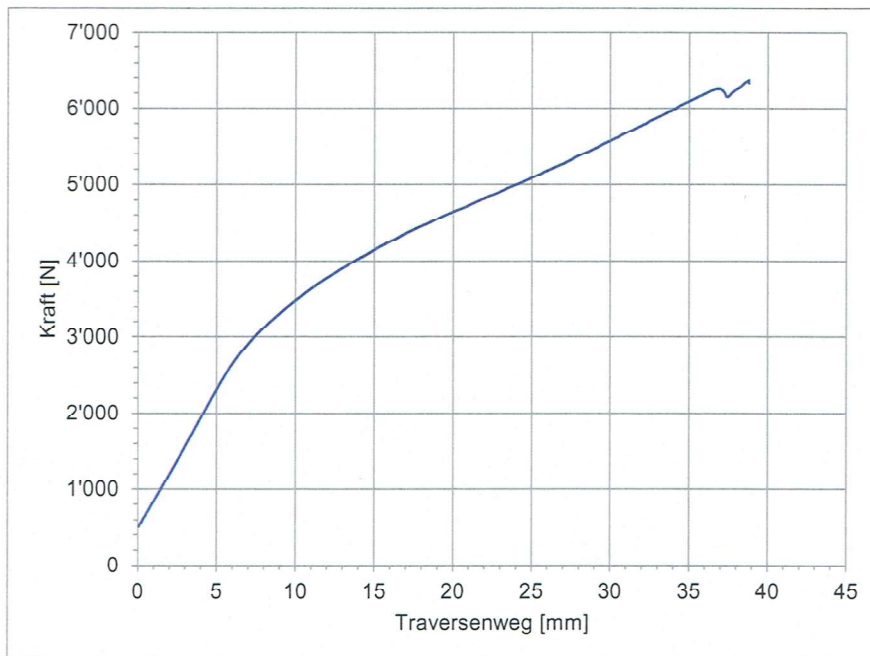


Bild 14: Kraft-Traversenweg-Verlauf für zwei Befestigungselemente Compofix Uno
[Empa-Nr.: 5214007962/14]

Bei einer Kraft von $2 \cdot F_{1,zul} = 1'000 \text{ N}$, d. h. pro Befestigungselement eine maximal zulässige Kraft von $F_{1,zul} = 500 \text{ N}$ wurde ein Traversenweg der Prüfmaschine von $s = 1.4 \text{ mm}$ gemessen (Bild 14). Mit bloßem Auge waren bei $2 \cdot F_{1,zul}$ Verformungen bei den Aluminium-Winkeln der Befestigungselemente Compofix Uno erkennbar. Nach starker Verformung der Aluminium-Winkel wurde der Belastungsversuch nach einer maximalen Kraft von $F_{max} = 6'369 \text{ N}$ gestoppt. Ein gänzlich Versagen der Befestigungselemente Compofix Uno fand nicht statt. Bild 15 bis Bild 17 zeigen die zunehmende Verformung bis zum Versuchsstopp.

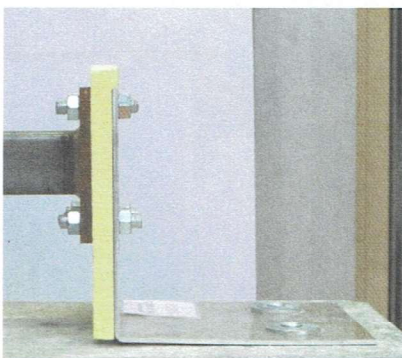


Bild 15: Compofix Uno bei
 $2 \cdot F_{1,zul} = 1'000 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/15]

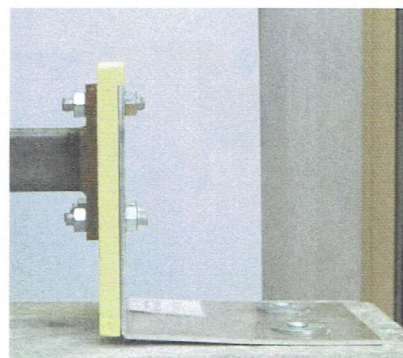


Bild 16: Compofix Uno bei
 $F_2 = 2'000 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/16]

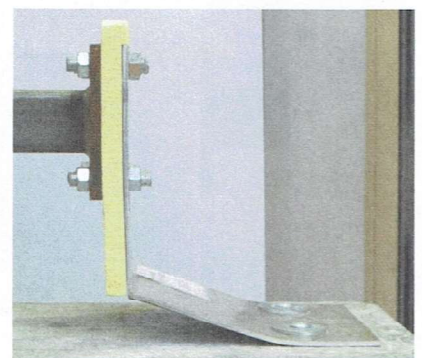


Bild 17: Compofix Uno bei
 $F_{max} = 6'369 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/17]

7.1.2 Compofix Fensterrahmen

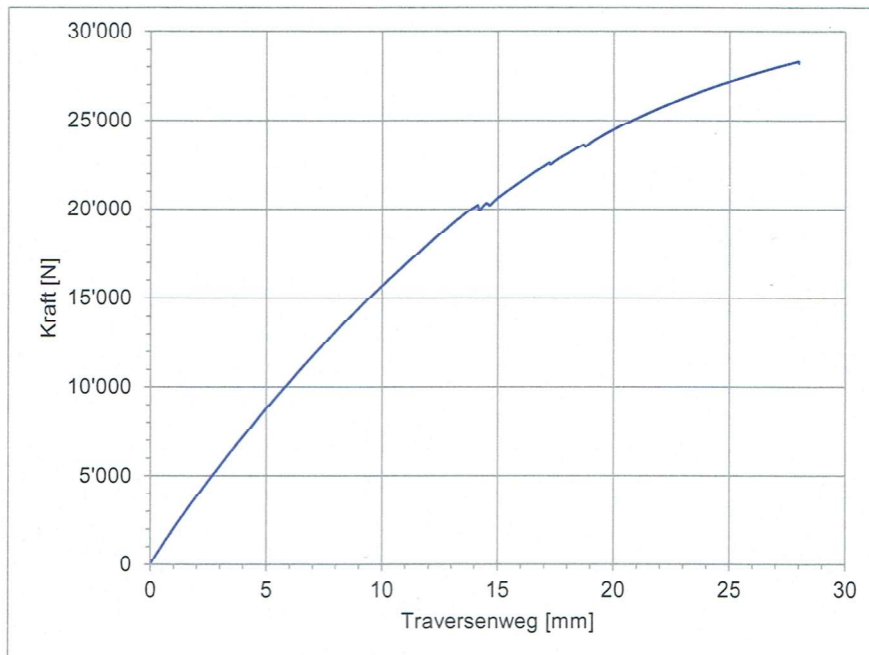


Bild 18: Kraft-Traversenweg-Verlauf für zwei Befestigungselemente Compofix Fensterrahmen [Empa-Nr.: 5214007962/18]

Bei einer Kraft von $2 \cdot F_{1,zul} = 1'500 \text{ N}$, d. h. pro Befestigungselement eine maximal zulässige Kraft von $F_{1,zul} = 750 \text{ N}$ wurde ein Traversenweg der Prüfmaschine von $s = 0.7 \text{ mm}$ gemessen (Bild 18). Mit blosssem Auge waren bei $2 \cdot F_{1,zul}$ keine Verformungen oder Beschädigungen bei den Befestigungselementen Compofix Fensterrahmen erkennbar. Nach starker Verformung der Aluminium-Winkel wurde der Belastungsversuch nach einer maximalen Kraft von $F_{max} = 28'289 \text{ N}$ gestoppt. Ein gänzlichcs Versagen der Befestigungselemente Compofix Fensterrahmen fand nicht statt. Bild 19 bis Bild 21 zeigen die zunehmende Verformung bis zum Versuchsstopp.

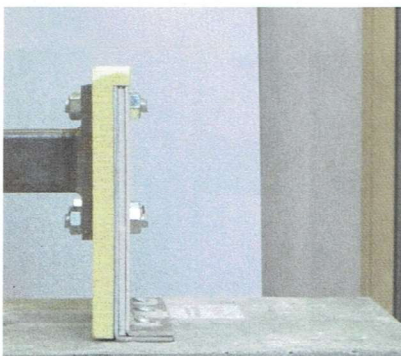


Bild 19: Compofix Fensterrahmen bei $2 \cdot F_{1,zul} = 1'500 \text{ N}$ [Empa-Nr.: 5214007962/19]

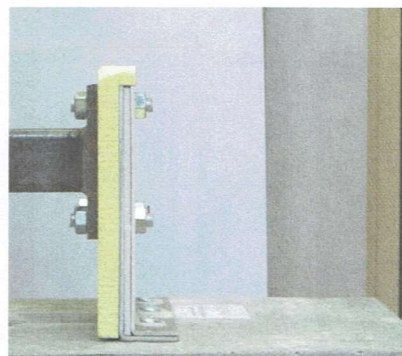


Bild 20: Compofix Fensterrahmen bei $F_2 = 5'000 \text{ N}$ [Empa-Nr.: 5214007962/20]

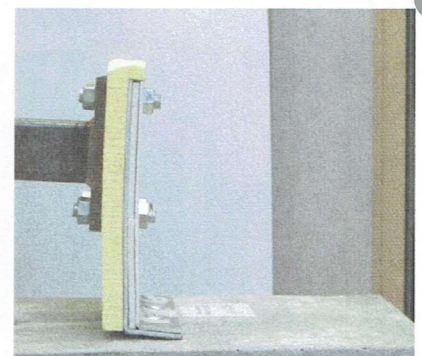


Bild 21: Compofix Fensterrahmen bei $F_{max} = 28'289 \text{ N}$ [Empa-Nr.: 5214007962/21]

7.1.3 Compofix Mauer

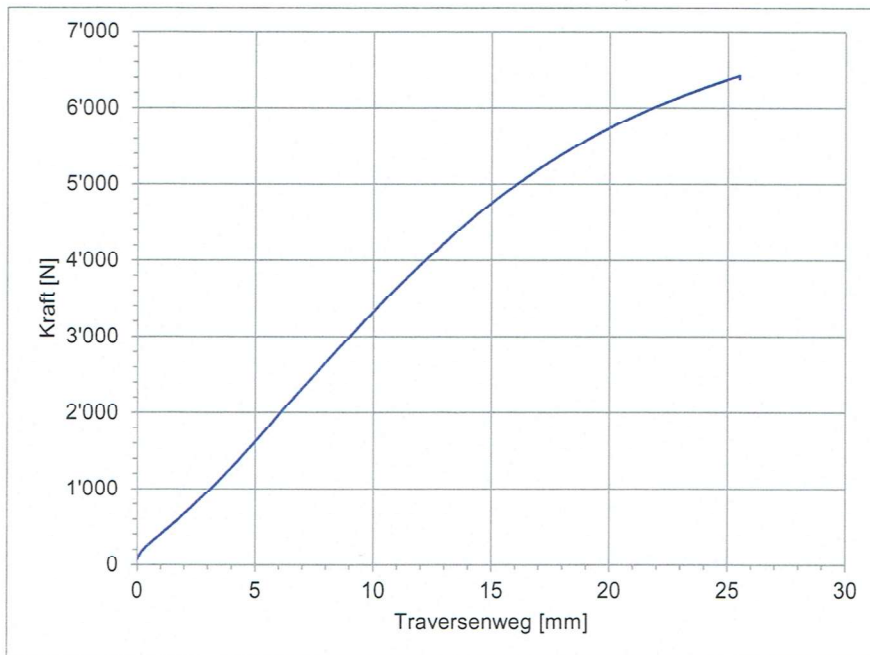


Bild 22: Kraft-Traversenweg-Verlauf für zwei Befestigungselemente Compofix Mauer [Empa-Nr.: 5214007962/22]

Bei einer Kraft von $2 \cdot F_{1,zul} = 1'500 \text{ N}$, d. h. pro Befestigungselement eine maximal zulässige Kraft von $F_{1,zul} = 750 \text{ N}$ wurde ein Traversenweg der Prüfmaschine von $s = 4.6 \text{ mm}$ gemessen (Bild 22). Mit blosssem Auge waren bei $2 \cdot F_{1,zul}$ Verformungen bei den Aluminium-Winkeln der Befestigungselemente Compofix Mauer erkennbar. Nach starker Verformung der Aluminium-Winkel wurde der Belastungsversuch nach einer maximalen Kraft von $F_{max} = 6'424 \text{ N}$ gestoppt. Ein gänzliches Versagen der Befestigungselemente Compofix Mauer fand nicht statt. Bild 23 bis Bild 25 zeigen die zunehmende Verformung bis zum Versuchsstopp.

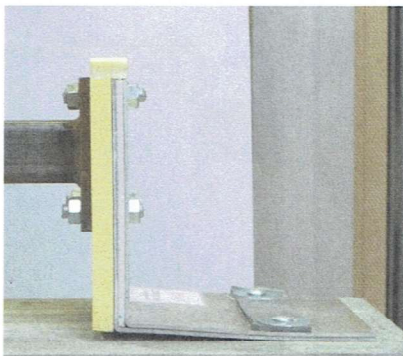


Bild 23: Compofix Mauer bei $2 \cdot F_{1,zul} = 1'500 \text{ N}$ [Empa-Nr.: 5214007962/23]

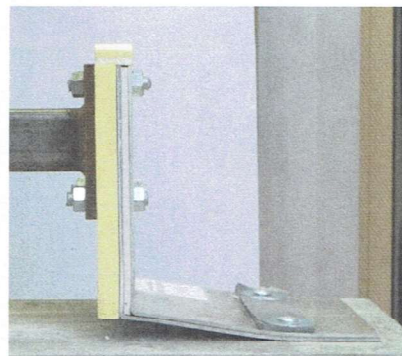


Bild 24: Compofix Mauer bei $F_2 = 5'000 \text{ N}$ [Empa-Nr.: 5214007962/24]

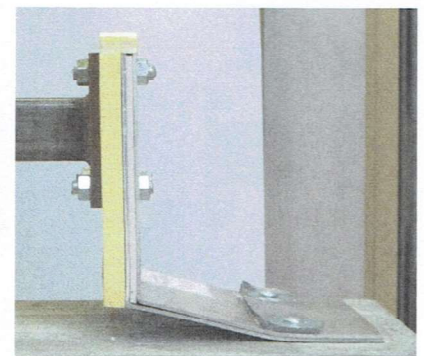


Bild 25: Compofix Mauer bei $F_{max} = 6'424 \text{ N}$ [Empa-Nr.: 5214007962/25]

7.1.4 Compofix Mauer verstärkt

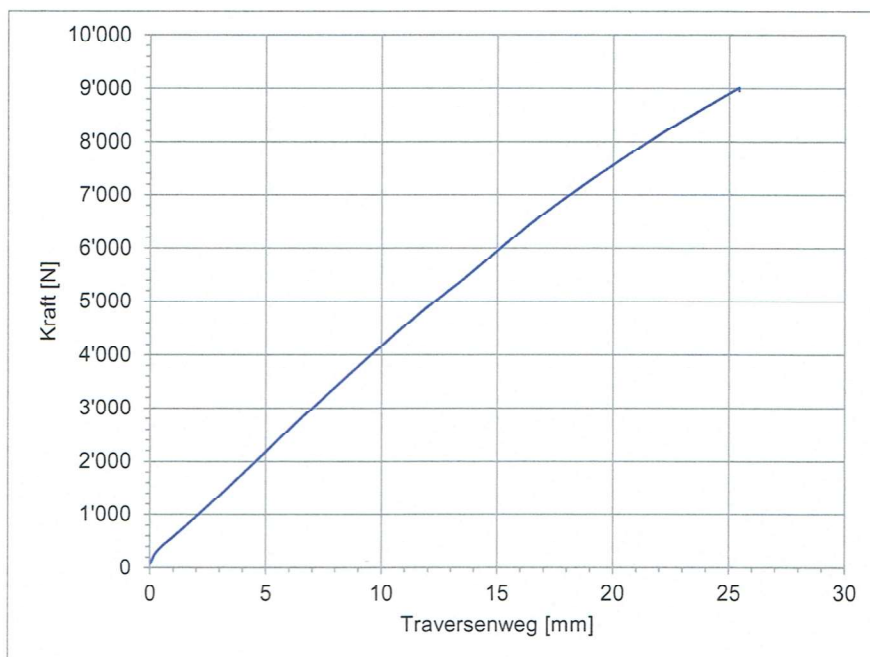


Bild 26: Kraft-Traversenweg-Verlauf für zwei Befestigungselemente Compofix Mauer verstärkt [Empa-Nr.: 5214007962/26]

Bei einer Kraft von $2 \cdot F_{1,zul} = 2'000 \text{ N}$, d. h. pro Befestigungselement eine maximal zulässige Kraft von $F_{1,zul} = 1'000 \text{ N}$ wurde ein Traversenweg der Prüfmaschine von $s = 4.6 \text{ mm}$ gemessen (Bild 26). Mit bloßem Auge waren bei $2 \cdot F_{1,zul}$ Verformungen bei den Aluminium-Winkeln der Befestigungselemente Compofix Mauer verstärkt erkennbar. Nach starker Verformung der Aluminium-Winkel wurde der Belastungsversuch nach einer maximalen Kraft von $F_{max} = 9'009 \text{ N}$ gestoppt. Ein gänzlich Versagen der Befestigungselemente Compofix Mauer verstärkt fand nicht statt. Bild 27 bis Bild 29 zeigen die zunehmende Verformung bis zum Versuchsstopp.

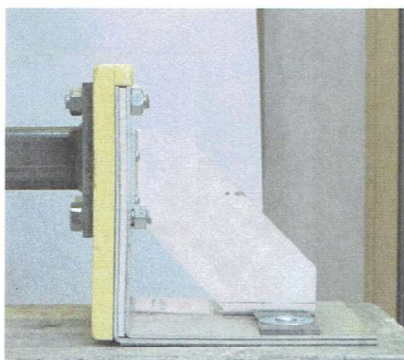


Bild 27: Compofix Mauer verstärkt bei $2 \cdot F_{1,zul} = 2'000 \text{ N}$ [Empa-Nr.: 5214007962/27]

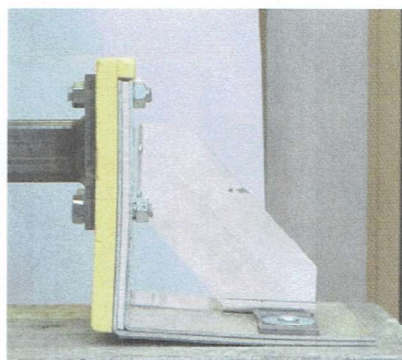


Bild 28: Compofix Mauer verstärkt bei $F_2 = 5'000 \text{ N}$ [Empa-Nr.: 5214007962/28]

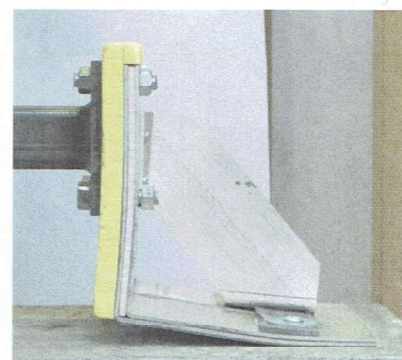


Bild 29: Compofix Mauer verstärkt bei $F_{max} = 9'009 \text{ N}$ [Empa-Nr.: 5214007962/29]

7.2 Leichtlastelement

7.2.1 Styrofix EPS

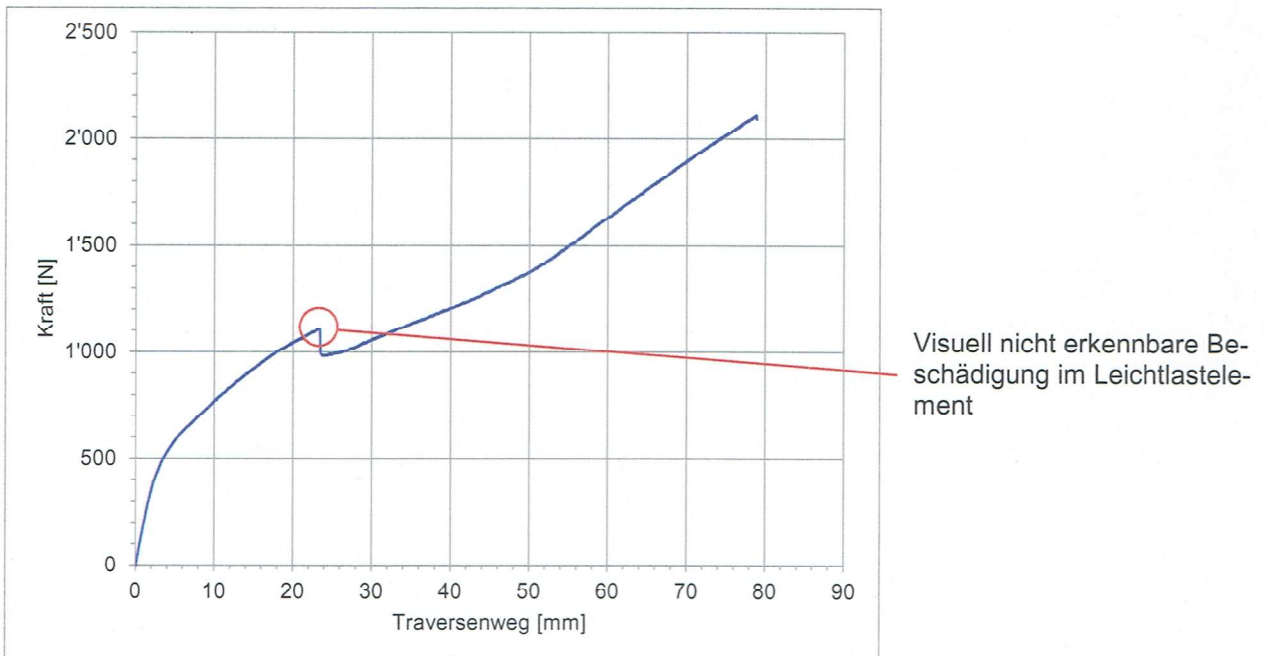


Bild 30: Kraft-Traversenweg-Verlauf des Leichtlastelements Styrofix EPS
[Empa-Nr.: 5214007962/30]

Bei einer maximal zulässigen Kraft von $F_{1,zul} = 200 \text{ N}$ wurde ein Traversenweg der Prüfmaschine von $s = 1.0 \text{ mm}$ gemessen (Bild 30). Mit bloßem Auge waren bei $F_{1,zul}$ keine Verformungen oder Beschädigungen am Leichtlastelement Styrofix EPS erkennbar. Nach starker Verformung des EPS-Hartschaumstoffs wurde der Belastungsversuch nach einer maximalen Kraft von $F_{max} = 2'111 \text{ N}$ gestoppt. Ein gänzlich Versagen des Leichtlastelements Styrofix EPS fand nicht statt. Bild 31 bis Bild 33 zeigen die zunehmende Verformung bis zum Versuchsstopp.



Bild 31: Styrofix EPS bei
 $F_{1,zul} = 200 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/31]



Bild 32: Styrofix EPS bei
 $F_2 = 1'000 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/32]



Bild 33: Styrofix EPS bei
 $F_{max} = 2'111 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/33]

7.3 Mittellastelement

7.3.1 Styrofix PUR

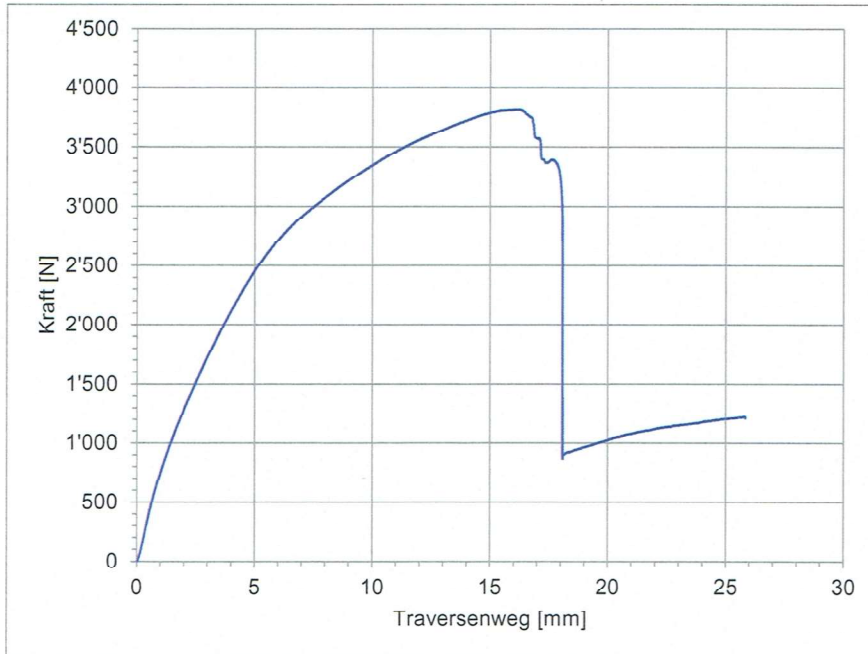


Bild 34: Kraft-Traversenweg-Verlauf des Mittellastelements Styrofix PUR
[Empa-Nr.: 5214007962/34]

Bei einer maximal zulässigen Kraft von $F_{l,zul} = 500 \text{ N}$ wurde ein Traversenweg der Prüfmaschine von $s = 0.6 \text{ mm}$ gemessen (Bild 34). Mit blossen Auge waren bei $F_{l,zul}$ keine Verformungen oder Beschädigungen am Mittellastelement Styrofix PUR erkennbar. Nachdem sich das Mittellastelement vom Betonblock gelöst hatte, wurde der Belastungsversuch nach einer maximalen Kraft von $F_{max} = 3'818 \text{ N}$ gestoppt. Ein gänzlich Versagen des Mittellastelements Styrofix PUR fand nicht statt. Bild 35 bis Bild 37 zeigen die zunehmende Verformung bis zum Versuchsstopp.

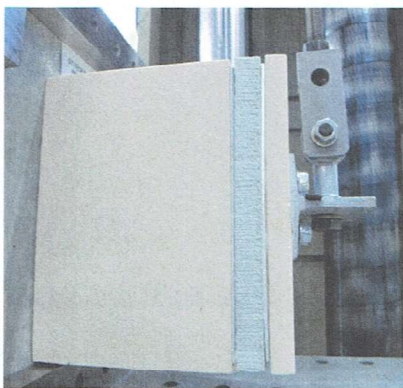


Bild 35: Styrofix PUR bei
 $F_{l,zul} = 500 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/35]

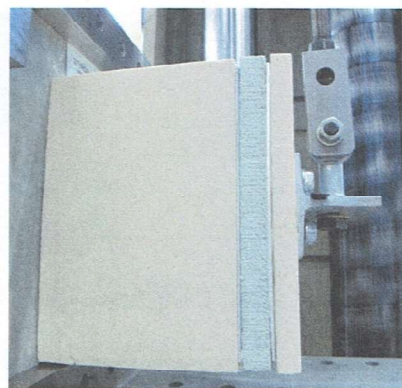


Bild 36: Styrofix PUR bei
 $F_2 = 2'000 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/36]

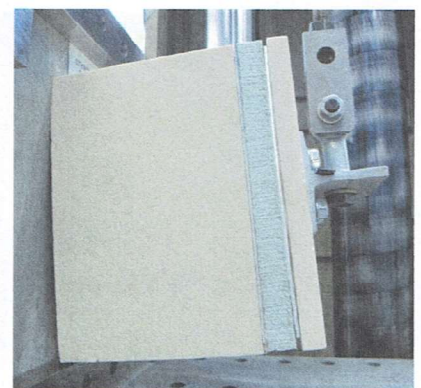


Bild 37: Styrofix PUR bei
 $F_{max} = 3'818 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/37]

7.4 Schwerlastelemente

7.4.1 Herkules Uno

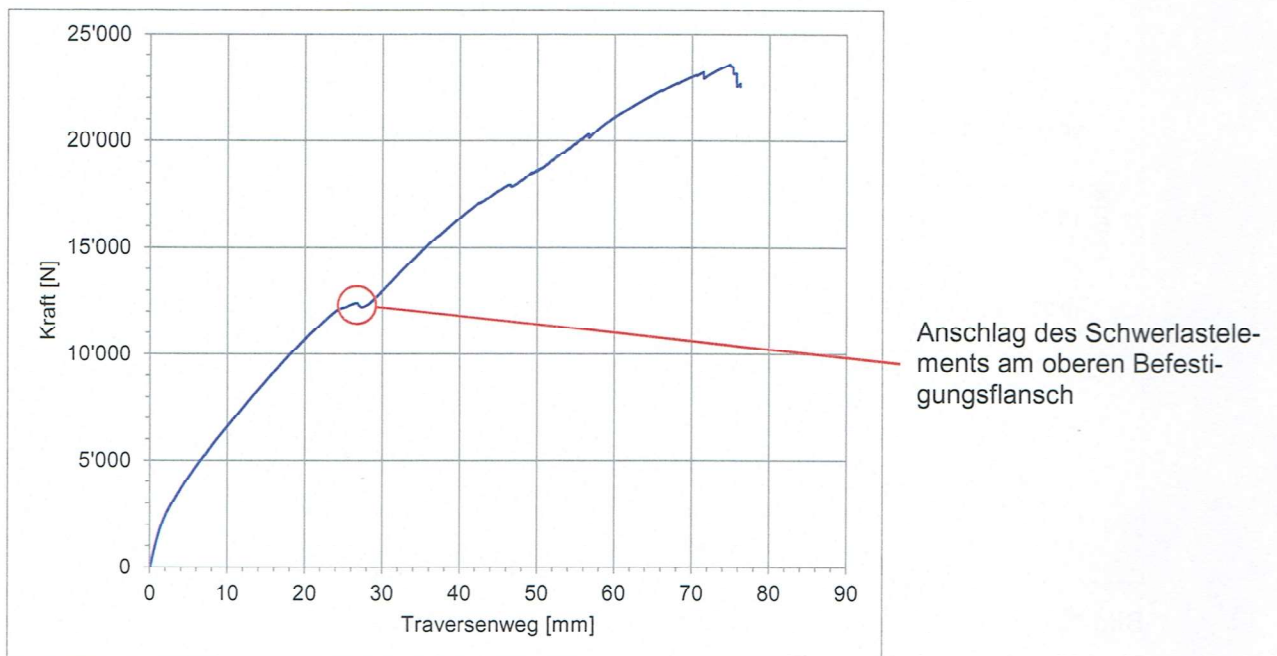


Bild 38: Kraft-Traversenweg-Verlauf des Schwerlastelements Herkules Uno
[Empa-Nr.: 5214007962/38]

Bei einer maximal zulässigen Kraft von $F_{1,zul} = 5'000 \text{ N}$ wurde ein Traversenweg der Prüfmaschine von $s = 6.5 \text{ mm}$ gemessen (Bild 38). Mit bloßem Auge waren bei $F_{1,zul}$ Verformungen bei dem PUR-Hartschaumstoff des Schwerlastelements Herkules Uno erkennbar. Nach starker Verformung und Rissbildung im PUR- und PVC-Hartschaumstoff wurde der Belastungsversuch nach einer maximalen Kraft von $F_{max} = 23'587 \text{ N}$ gestoppt. Ein gänzlich Versagen des Schwerlastelements Herkules Uno fand nicht statt. Bild 39 bis Bild 41 zeigen die zunehmende Verformung und die Rissbildung bis zum Versuchsstopp.



Bild 39: Herkules Uno bei
 $F_{1,zul} = 5'000 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/39]

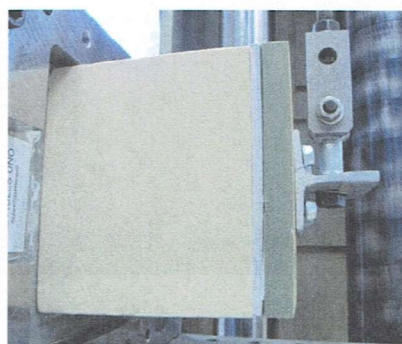


Bild 40: Herkules Uno bei
 $F_2 = 10'000 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/40]

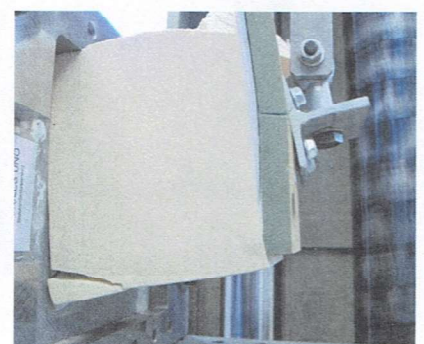


Bild 41: Herkules Uno bei
 $F_{max} = 23'587 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/41]

7.4.2 Herkules

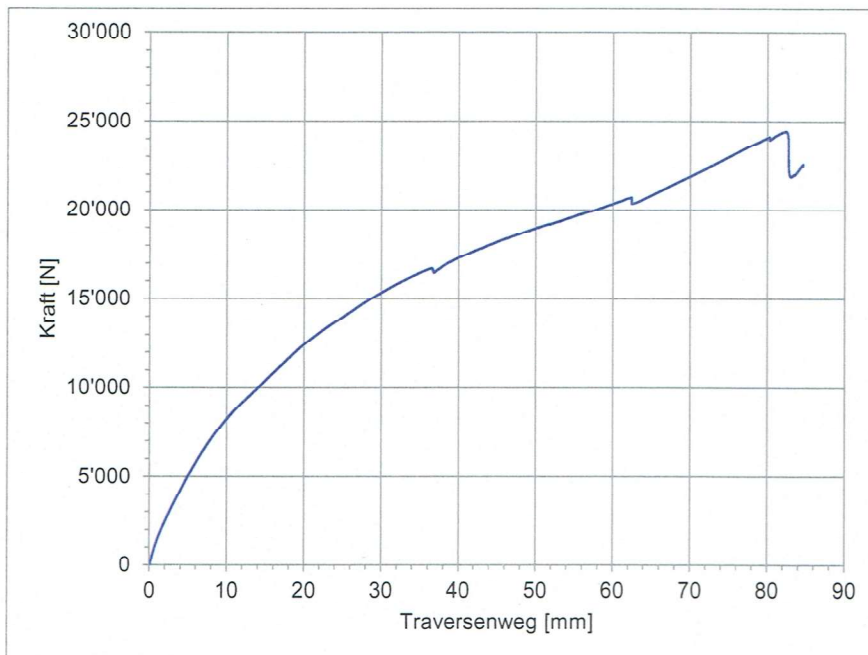


Bild 42: Kraft-Traversenweg-Verlauf des Schwerlastelements Herkules
[Empa-Nr.: 5214007962/42]

Bei einer maximal zulässigen Kraft von $F_{1,zul} = 5'000 \text{ N}$ wurde ein Traversenweg der Prüfmaschine von $s = 5.0 \text{ mm}$ gemessen (Bild 42). Mit blossen Auge waren bei $F_{1,zul}$ Verformungen bei dem PUR-Hartschaumstoff des Schwerlastelements Herkules erkennbar. Nach starker Verformung und Rissbildung im PUR- und PVC-Hartschaumstoff wurde der Belastungsversuch nach einer maximalen Kraft von $F_{max} = 24'416 \text{ N}$ gestoppt. Ein gänzlich Versagen des Schwerlastelements Herkules fand nicht statt. Bild 43 bis Bild 45 zeigen die zunehmende Verformung und die Rissbildung bis zum Versuchsstopp.

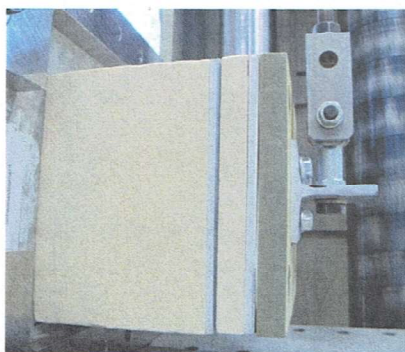


Bild 43: Herkules bei
 $F_{1,zul} = 5'000 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/43]

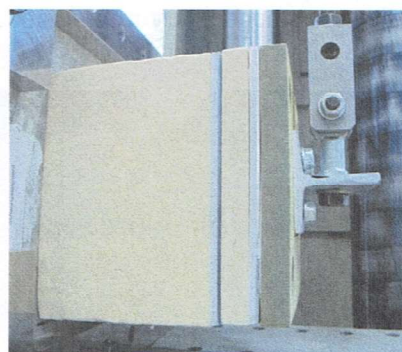


Bild 44: Herkules bei
 $F_2 = 10'000 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/44]

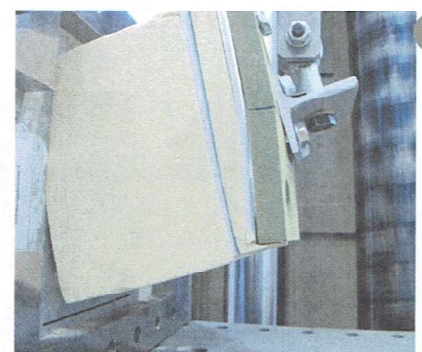


Bild 45: Herkules bei
 $F_{max} = 24'416 \text{ N}$
[Empa-Nr.: 5214007962/45]

8 BEWERTUNG

Eine abschliessende Bewertung der Prüfergebnisse wird vom Auftraggeber vorgenommen.