

Empa  
Überlandstrasse 129  
CH-8600 Dübendorf  
T +41 58 765 11 11  
F +41 58 765 69 35  
www.empa.ch/abt308

Dosteba AG  
Länggenstrasse 27  
**8184 Bachenbülach**

## Bericht Nr. 5214016860

<b>Auftrag:</b>	<b>Mechanische Prüfungen an Tragwinkeln</b>
Objekt(e):	4x9 Tragwinkel, vier verschiedene Typen: TRA-WIK-ALU-RF 200, TRA-WIK-ALU-RL 200, TWL-ALU-RF 200, TWL-ALU-RL 200
Bauwerk / Bauteil:	-
Eingangs-Nr.:	-
Auftragserteilung:	18.08.2017 / Hr. H. Maag
Eingang Objekt(e):	22.08.2017
Probenahme durch:	Auftraggeber
Anzahl Seiten Bericht:	25
Beilage(n):	-

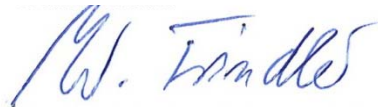
G:\Berichte word\2017\09\5214016860\_Diverses\_Dosteba.docx

Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Abteilung Beton & Bauchemie  
Dübendorf, 26. September 2017

Prüfleiter / Prüfleiterin  
Roman Loser



Gruppe Betontechnologie  
Walter Trindler



Anmerkung: Die Untersuchungsergebnisse haben nur Gültigkeit für das geprüfte Objekt. Angaben zur Aussagekraft der Verfahren erfolgen auf Anfrage. Berichte und Unterlagen werden 10 Jahre archiviert. Ohne besondere Angaben oder Gegenbericht des Auftraggebers werden intakte Prüfobjekte nach 10 Monaten ab Berichtsdatum entsorgt. Das Verwenden des Berichtes zu Werbezwecken, der blosser Hinweis darauf sowie auszugsweises Veröffentlichen bedürfen der Genehmigung der Empa.

## Inhalt

1.	Auftrag .....	3
2.	Angelieferte Prüfkörper.....	3
3.	Versuchsaufbau .....	8
4.	Resultate.....	13
4.1	Einzelwerte TRA-WIK-ALU-RF 200 .....	13
4.2	Einzelwerte TRA-WIK-ALU-RL 200 .....	16
4.3	Einzelwerte TWL-ALU-RF 200 .....	19
4.4	Einzelwerte TWL-ALU-RL 200 .....	22
4.5	Zusammenfassung der Prüfergebnisse .....	25

## **1. Auftrag**

An vom Auftraggeber angelieferten Tragwinkeln sollen mechanische Belastungsversuche in jeweils drei Richtungen durchgeführt und der Kraft-Weg-Verlauf aufgenommen werden. Pro Belastungsrichtung soll eine Serie aus drei Winkeln geprüft werden.

## **2. Angelieferte Prüfkörper**

Am 22.08.2017 wurden durch den Auftraggeber insgesamt 4 x 9 Tragwinkel an die Empa geliefert. Diese waren bereits mit sämtlichen für die Versuche notwendigen Löchern resp. Schraubgewinden versehen. Zusätzlich wurden durch den Auftraggeber die Verbindungsstücke zur Einleitung der Kraft in die Tragwinkel angeliefert.

Nach Vorgaben des Auftraggebers wurden die nachfolgend beschriebenen vier Typen von Tragwinkeln geprüft. Jeder Tragwinkeltyp wurde in drei Richtungen belastet und für jede Belastungsrichtung wurde eine Serie von drei Elementen geprüft. Insgesamt waren somit pro Tragwinkeltyp neun Prüfkörper notwendig.

Folgende Tragwinkeltypen wurden geprüft:

- TRA-WIK-ALU-RF 200
- TRA-WIK-ALU-RL 200
- TWL-ALU-RF 200
- TWL-ALU-RL 200

In den nachfolgenden Bildern und Zeichnungen des Auftraggebers sind die Elemente sowie die vorgesehenen Belastungsrichtungen genauer spezifiziert.

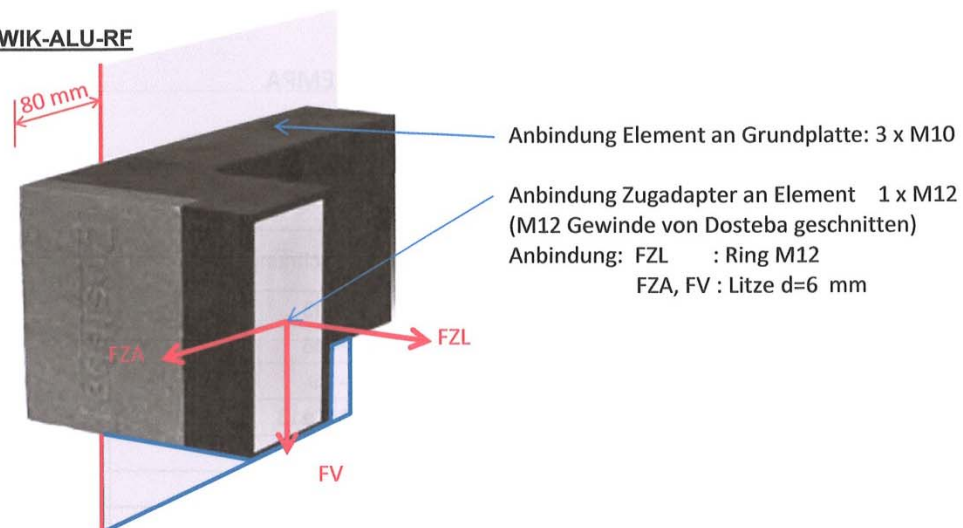
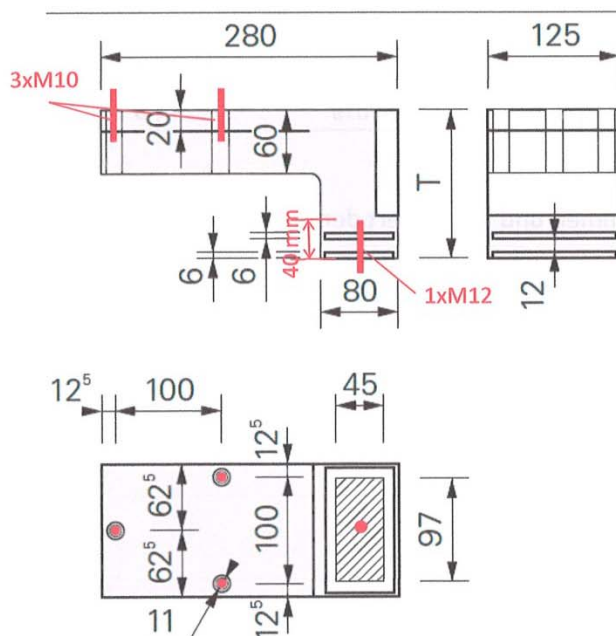
**TRA-WIK-ALU-RF****Abmessungen / Dimensions**

Abb. 1: Abmessungen, Dimensionen und Belastungsrichtungen für den Typ TRA-WIK-ALU-RF 200.

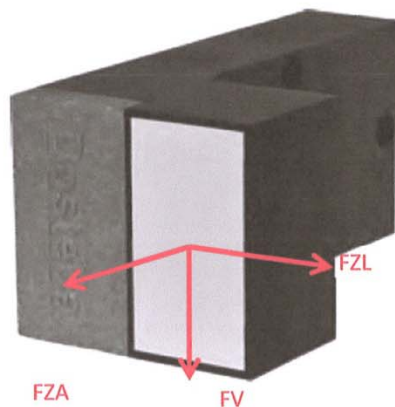
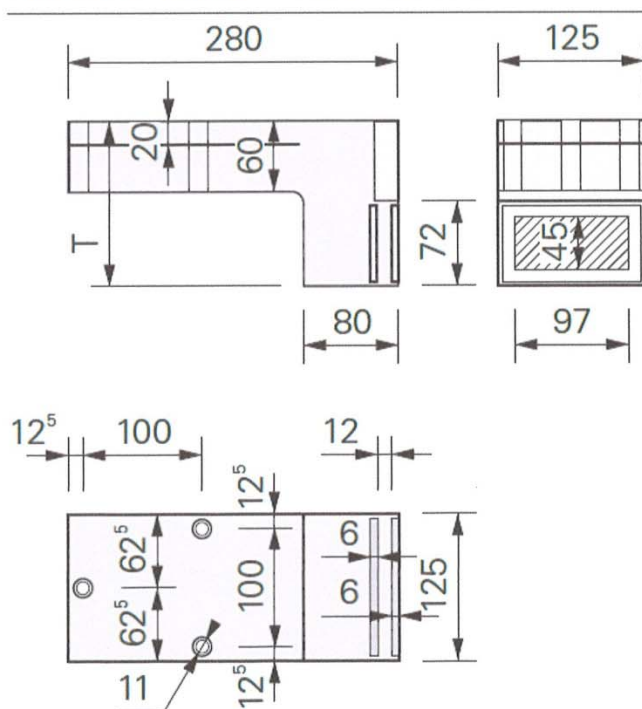
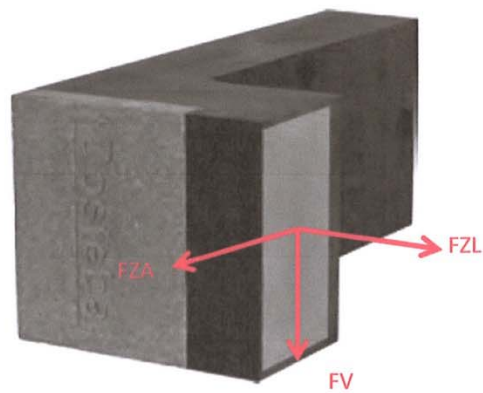
**TRA-WIK-ALU-RL****Abmessungen / Dimensions**

Abb. 2: Abmessungen, Dimensionen und Belastungsrichtungen für den Typ TRA-WIK-ALU-RL 200.

## TWL-ALU-RF



### Abmessungen / Dimensions

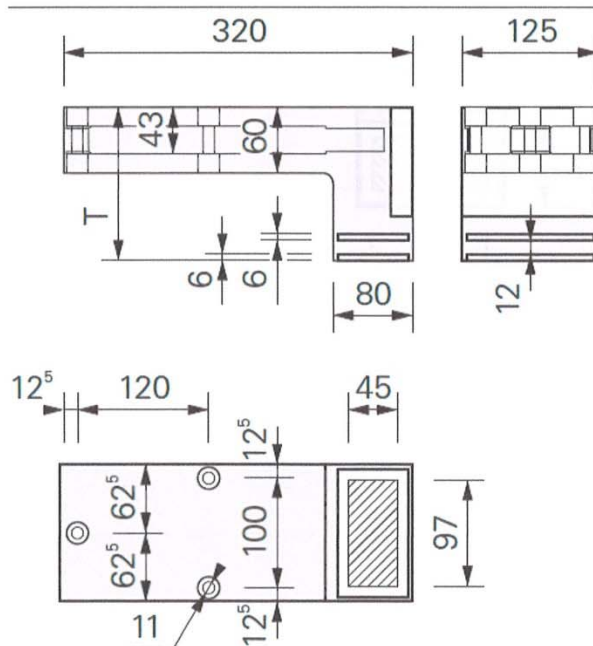
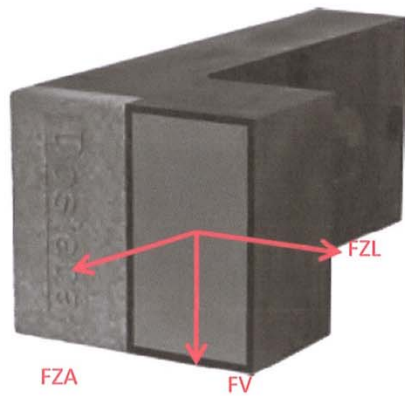


Abb. 3: Abmessungen, Dimensionen und Belastungsrichtungen für den Typ TWL-ALU-RF 200.

## TWL-ALU-RL



## Abmessungen / Dimensions

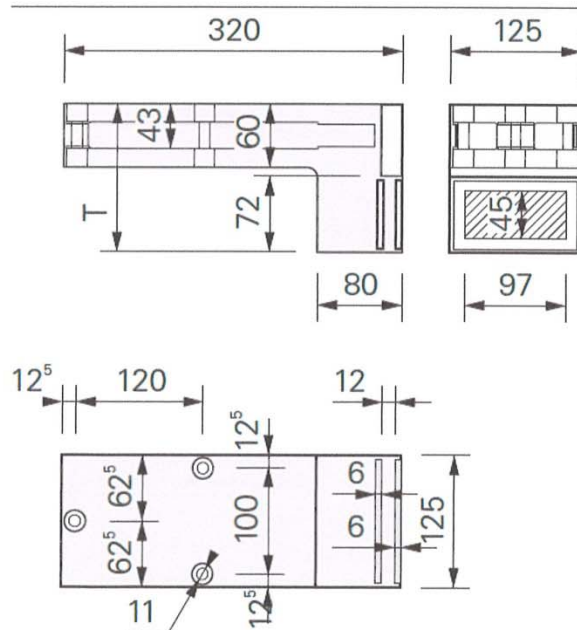


Abb. 4: Abmessungen, Dimensionen und Belastungsrichtungen für den Typ TWL-ALU-RL 200.

### 3. Versuchsaufbau

Die Prüfungen wurden auf einer 160 kN-Druck-/Zugpresse der Firma Walter + Bai, Typ BP 160-S durchgeführt (Abb. 5). Alle Versuche wurden verformungsgesteuert mit einer vom Auftraggeber vorgegebenen Belastungsgeschwindigkeit von 5 mm / min gefahren. Als Referenz für die Verformung diente der Kolbenweg der Prüfmaschine.

In den nachfolgenden Abbildungen 6 - 11 ist für jeden Tragwinkeltyp und jede Belastungsrichtung für jeweils einen Prüfkörper pro Serie der Versuchsaufbau dargestellt. Bei identischem Versuchsaufbau für verschiedene Tragwinkeltypen ist jeweils beispielhaft nur ein Winkeltyp dargestellt. Die Prüfkörper wurden jeweils so ausgerichtet, dass die Krafteinleitung zu Beginn des Versuches zentrisch unterhalb des Maschinenkolbens eingeführt wurde. Mit zunehmender Verformung des Tragwinkels hat sich jeweils eine zunehmende Exzentrizität der Krafteinleitung in den Tragwinkel in Horizontalrichtung ergeben, da sich der Maschinenkolben in Horizontalrichtung nicht verschieben kann.

Für die Darstellung der Kraft-Verformungsdiagramme wurde für die Verformung jeweils der Kolbenweg der Maschine verwendet. Darin enthalten ist neben der Maschinenverformung auch die Verformung der Haltevorrichtung, an welchen die Tragwinkel befestigt wurden. Die Kräfte sind verhältnismässig klein, weshalb die Maschinenverformung vernachlässigbar ist. Die Verformung der Haltevorrichtung wurde mittels externem Wegaufnehmer kontrolliert. Sie war im Vergleich mit den gemessenen Gesamtverformungen jeweils klein (< 5%).



Abb. 5: Für die Versuche verwendete Prüfmaschine (Darstellung ohne Versuchsaufbau für die mechanischen Versuche an den Tragwinkeln).



**Versuchsaufbau Zug lateral FZL, Elementtypen TRA-WIK-ALU RF 200 und TWL-ALU-RF 200**

Der erste Versuch in Richtung FZL (Prüfkörper TRA-WIK-ALU-RF 200 FZL a1) wurde im Beisein des Auftraggebers mit der Versuchsanordnung Abb. 6, links geprüft. In Absprache mit dem Auftraggeber wurden die weiteren Versuche jedoch mit dem Aufbau gemäss Abb. 6, rechts ausgeführt (biegbares Zwischenseil).

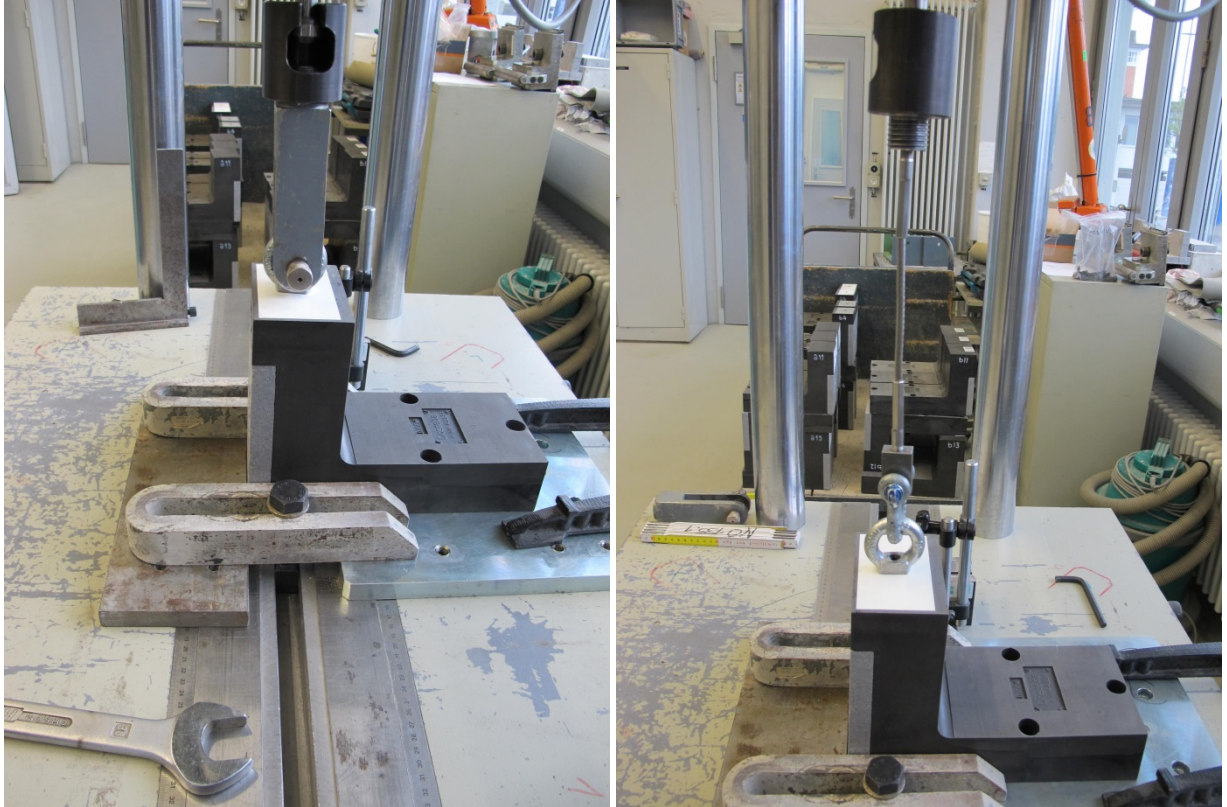


Abb. 6: Versuchsaufbau für den Prüfkörper TRA-WIK-ALU-RF 200 FZL a1 (links) und die restlichen Prüfkörper (rechts), Zug lateral.

### Versuchsaufbau Zug axial FZA, Elementtypen TRA-WIK-ALU RF 200 und TWL-ALU-RF 200

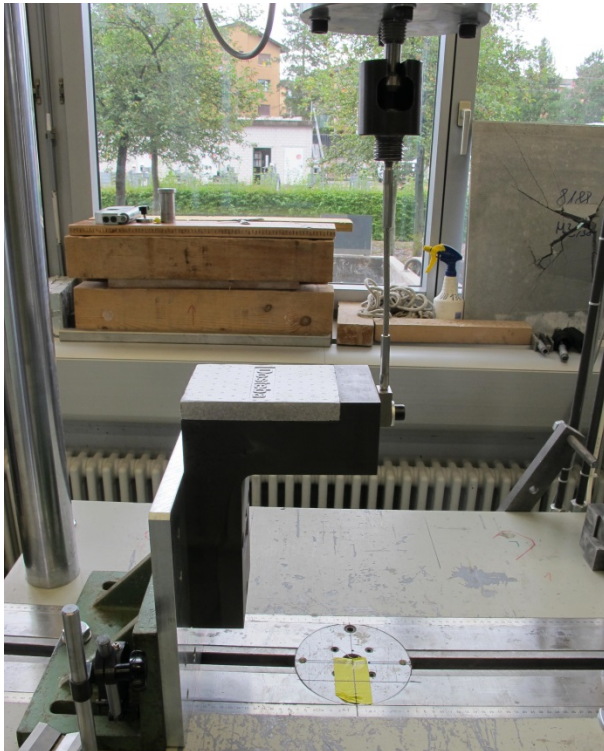


Abb. 7: Versuchsaufbau für die Elementtypen TRA-WIK-ALU RF 200 und TWL-ALU-RF 200, Zug axial.

### Versuchsaufbau Querkraft FV, Elementtypen TRA-WIK-ALU RF 200 und TWL-ALU-RF 200

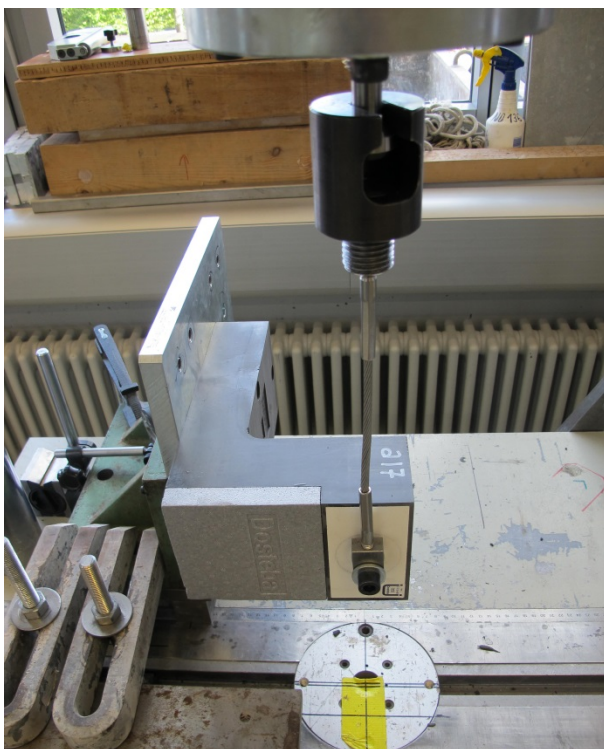


Abb. 8: Versuchsaufbau für die Elementtypen TRA-WIK-ALU RF 200 und TWL-ALU-RF 200, Querkraft.

### Versuchsaufbau Zug lateral FZL, Elementtypen TRA-WIK-ALU RL 200 und TWL-ALU-RL 200



Abb. 9: Versuchsaufbau für die Elementtypen TRA-WIK-ALU RL 200 und TWL-ALU-RL 200, Zug lateral.

### Versuchsaufbau Zug axial FZA, Elementtypen TRA-WIK-ALU RL 200 und TWL-ALU-RL 200



Abb. 10: Versuchsaufbau für die Elementtypen TRA-WIK-ALU RL 200 und TWL-ALU-RL 200, Zug axial.



### Versuchsaufbau Querkraft FV, Elementtypen TRA-WIK-ALU RL 200 und TWL-ALU-RL 200

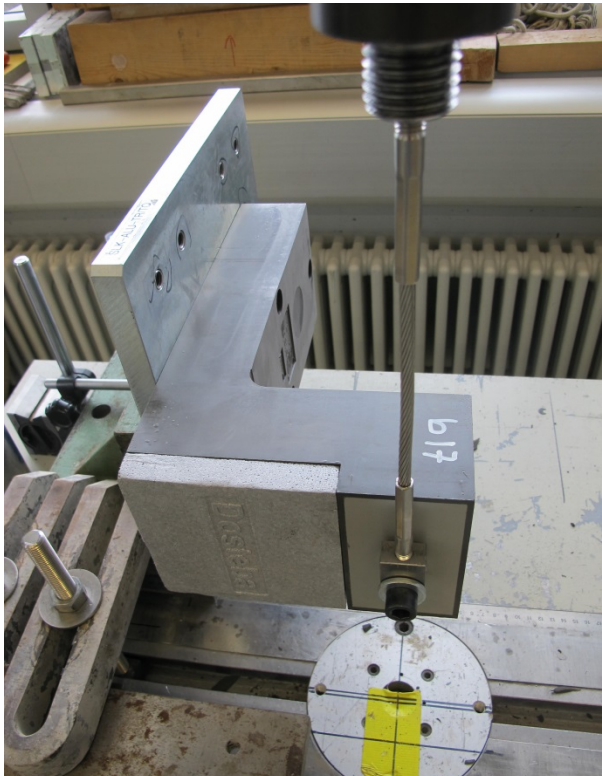


Abb. 11: Versuchsaufbau für die Elementtypen TRA-WIK-ALU RL 200 und TWL-ALU-RL 200, Querkraft.

## 4. Resultate

### 4.1 Einzelwerte TRA-WIK-ALU-RF 200

Belastung Zug lateral FZL:

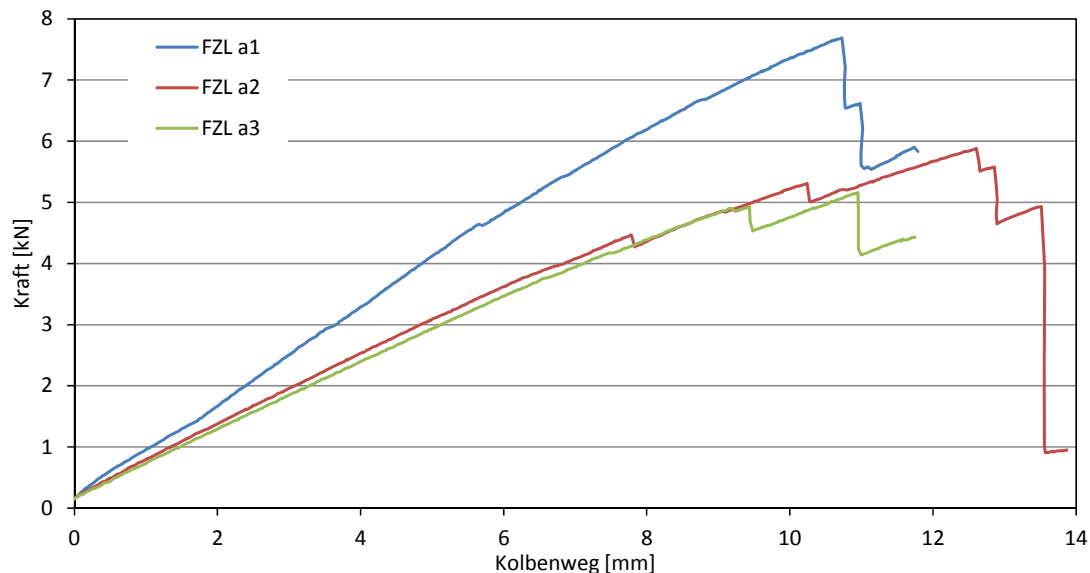


Abb. 12: Zug lateral, Elementtyp TRA-WIK-ALU RF 200.

Elementtyp [-]	Prüfkörper [-]	Maximalkraft [kN]	Verformung [mm]
TRA-WIK-ALU-RF 200	a1	7.69	10.7
	a2	5.88	12.6
	a3	5.16	11.0
Mittelwerte	-	6.24	11.4
Stabw.	-	1.30	1.0

Tab. 1: Maximalkräfte und zugehörige Verformung (Kolbenweg) für Belastung Zug lateral, Einzelwerte der Prüfkörper für TRA-WIK-ALU-RF 200.



Abb. 13: Beispielhaftes Bruchbild, Prüfkörper a2.

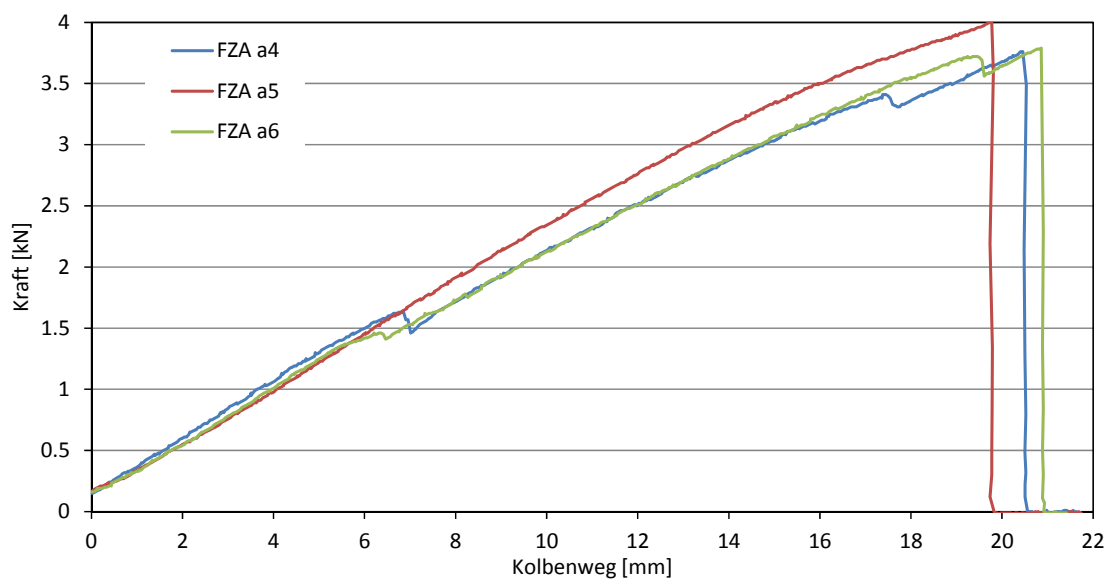
**Belastung Zug axial FZA:**

Abb. 14: Zug axial, Elementtyp TRA-WIK-ALU RF 200.

Elementtyp [-]	Prüfkörper [-]	Maximalkraft [kN]	Verformung [mm]
TRA-WIK-ALU-RF 200	a4	3.76	20.4
	a5	4.00	19.7
	a6	3.79	20.9
Mittelwerte	-	3.85	20.3
Stabw.	-	0.13	0.6

Tab. 2: Maximalkräfte und zugehörige Verformung (Kolbenweg) für Belastung Zug axial, Einzelwerte der Prüfkörper für TRA-WIK-ALU-RF 200.



Abb. 15: Beispielhaftes Bruchbild, Prüfkörper a4.

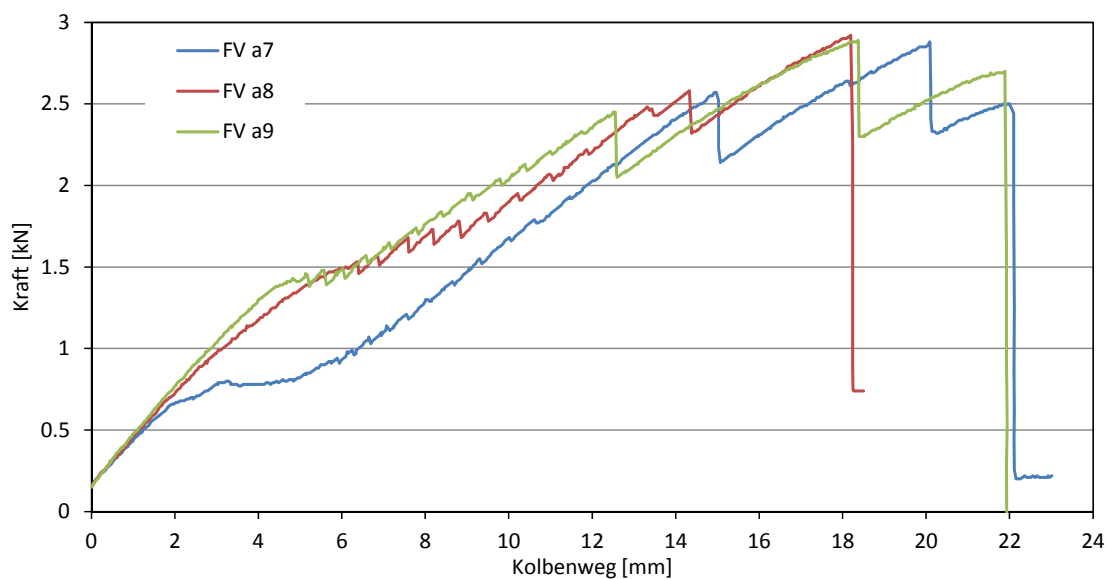
**Belastung Querkraft FV:**

Abb. 16: Querkraft, Elementtyp TRA-WIK-ALU RF 200.

Elementtyp [-]	Prüfkörper [-]	Maximalkraft [kN]	Verformung [mm]
TRA-WIK-ALU-RF 200	a7	2.88	20.1
	a8	2.92	18.2
	a9	2.89	18.4
Mittelwerte	-	2.90	18.9
Stabw.	-	0.02	1.1

Tab. 3: Maximalkräfte und zugehörige Verformung (Kolbenweg) für Belastung Querkraft, Einzelwerte der Prüfkörper für TRA-WIK-ALU-RF 200.

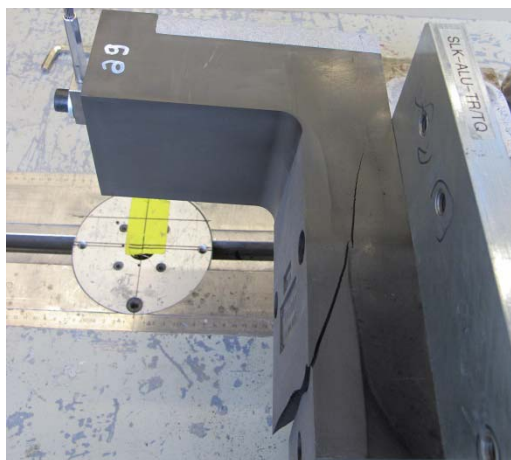


Abb. 17: Beispielhaftes Bruchbild, Prüfkörper a9.

## 4.2 Einzelwerte TRA-WIK-ALU-RL 200

### Belastung Zug lateral FZL:

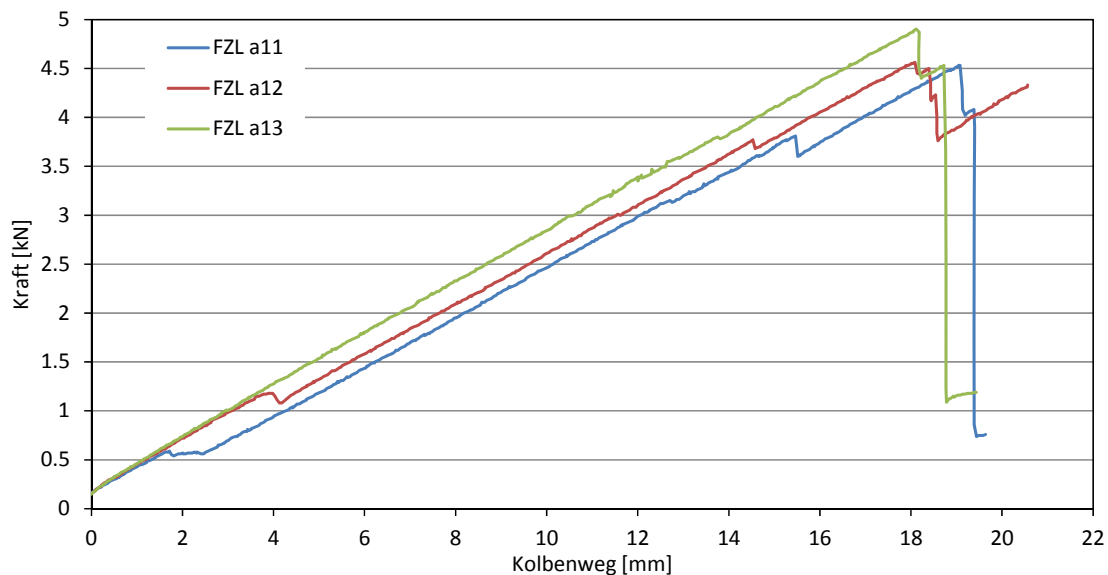


Abb. 18: Zug lateral, Elementtyp TRA-WIK-ALU RL 200.

Elementtyp [-]	Prüfkörper [-]	Maximalkraft [kN]	Verformung [mm]
TRA-WIK-ALU-RL 200	a11	4.53	19.0
	a12	4.56	18.1
	a13	4.90	18.1
Mittelwerte	-	4.66	18.4
Stabw.	-	0.21	0.5

Tab. 4: Maximalkräfte und zugehörige Verformung (Kolbenweg) für Belastung Zug lateral, Einzelwerte der Prüfkörper für TRA-WIK-ALU-RL 200.



Abb. 19: Beispielhaftes Bruchbild, Prüfkörper a11.



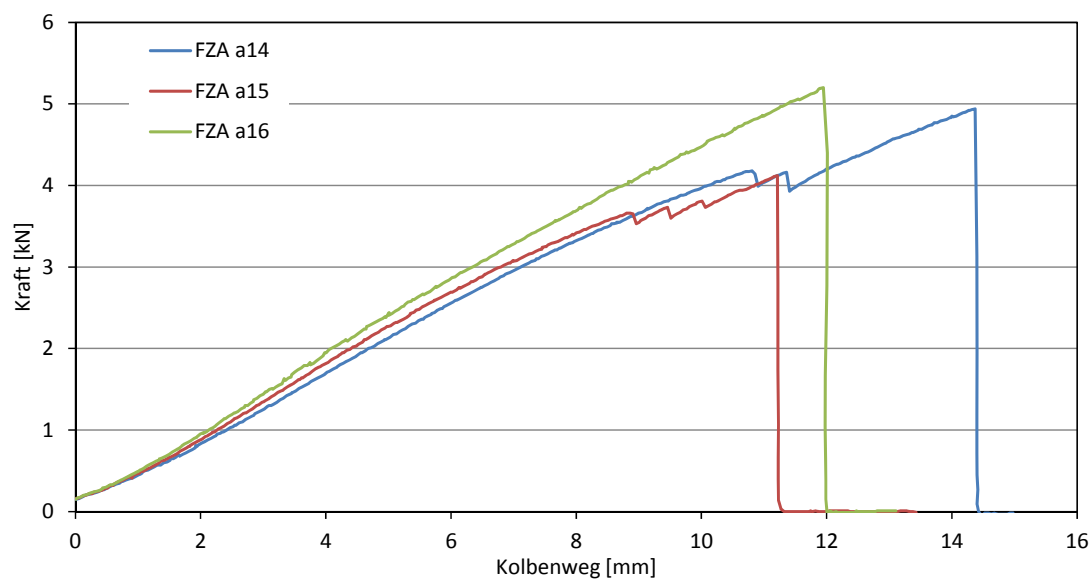
**Belastung Zug axial FZA:**

Abb. 20: Zug axial, Elementtyp TRA-WIK-ALU RL 200.

Elementtyp [-]	Prüfkörper [-]	Maximalkraft [kN]	Verformung [mm]
TRA-WIK-ALU-RL 200	a14	4.94	14.4
	a15	4.12	11.2
	a16	5.20	11.9
Mittelwerte	-	4.75	12.5
Stabw.	-	0.56	1.7

Tab. 5: Maximalkräfte und zugehörige Verformung (Kolbenweg) für Belastung Zug axial, Einzelwerte der Prüfkörper für TRA-WIK-ALU-RL 200.

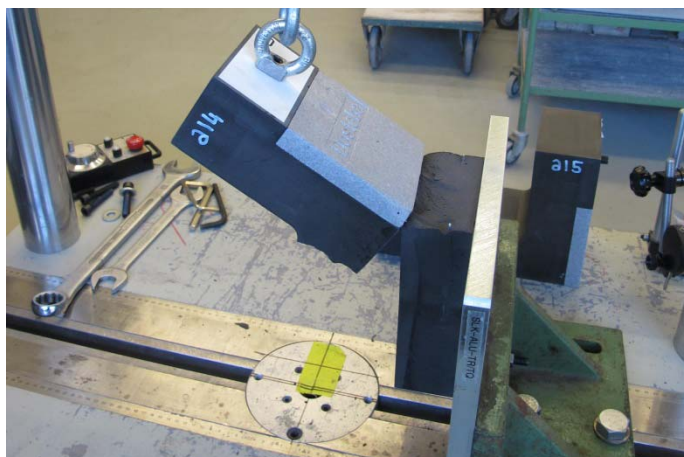


Abb. 21: Beispielhaftes Bruchbild, Prüfkörper a14.

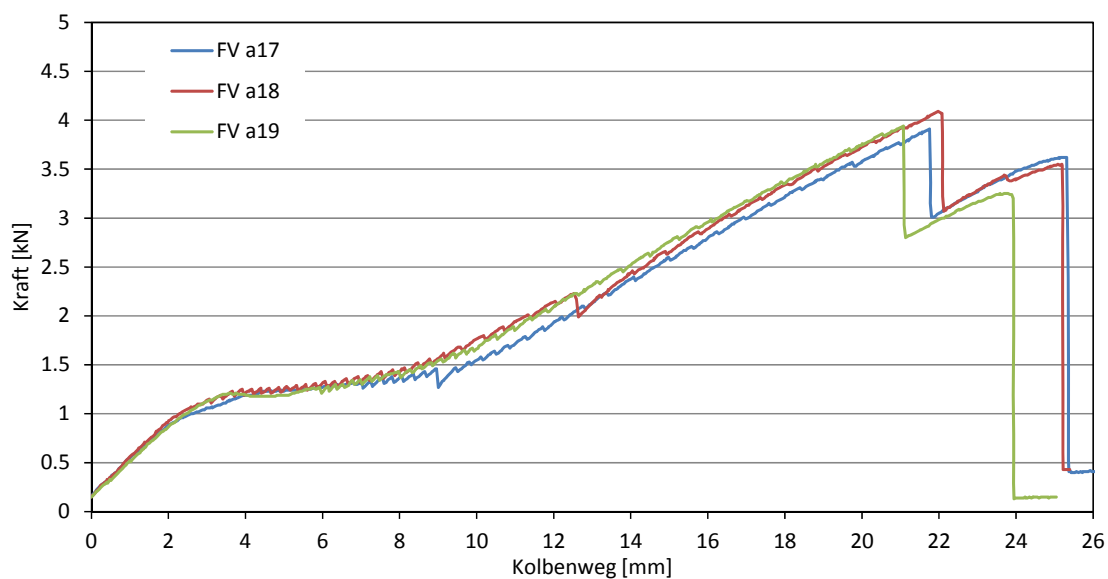
**Belastung Querkraft FV:**

Abb. 22: Querkraft, Elementtyp TRA-WIK-ALU RL 200.

Elementtyp [-]	Prüfkörper [-]	Maximalkraft [kN]	Verformung [mm]
TRA-WIK-ALU-RL 200	a17	3.91	21.8
	a18	4.09	22.0
	a19	3.94	21.1
Mittelwerte	-	3.98	21.6
Stabw.	-	0.10	0.5

Tab. 6: Maximalkräfte und zugehörige Verformung (Kolbenweg) für Belastung Querkraft, Einzelwerte der Prüfkörper für TRA-WIK-ALU-RL 200.



Abb. 23: Beispielhaftes Bruchbild, Prüfkörper a17.

### 4.3 Einzelwerte TWL-ALU-RF 200

#### Belastung Zug lateral FZL:

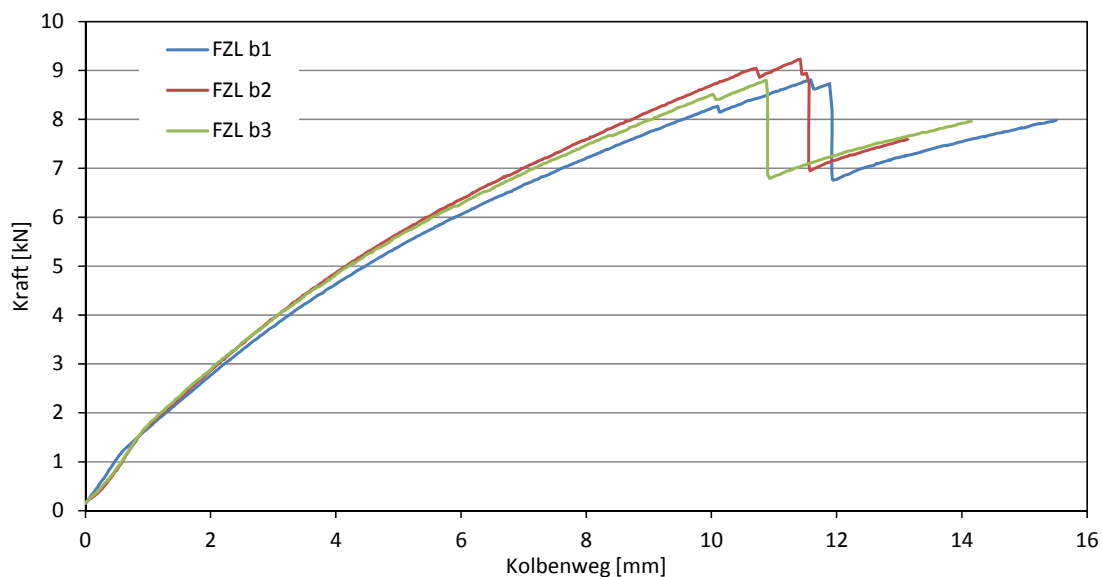


Abb. 24: Zug lateral, Elementtyp TWL-ALU-RF 200.

Elementtyp [-]	Prüfkörper [-]	Maximalkraft [kN]	Verformung [mm]
TWL-ALU-RF 200	b1	8.81	11.6
	b2	9.23	11.4
	b3	8.80	10.9
Mittelwerte	-	8.95	11.3
Stabw.	-	0.25	0.4

Tab. 7: Maximalkräfte und zugehörige Verformung (Kolbenweg) für Belastung Zug lateral, Einzelwerte der Prüfkörper für TWL-ALU-RF 200.



Abb. 25: Beispielhaftes Bruchbild, Prüfkörper b1.

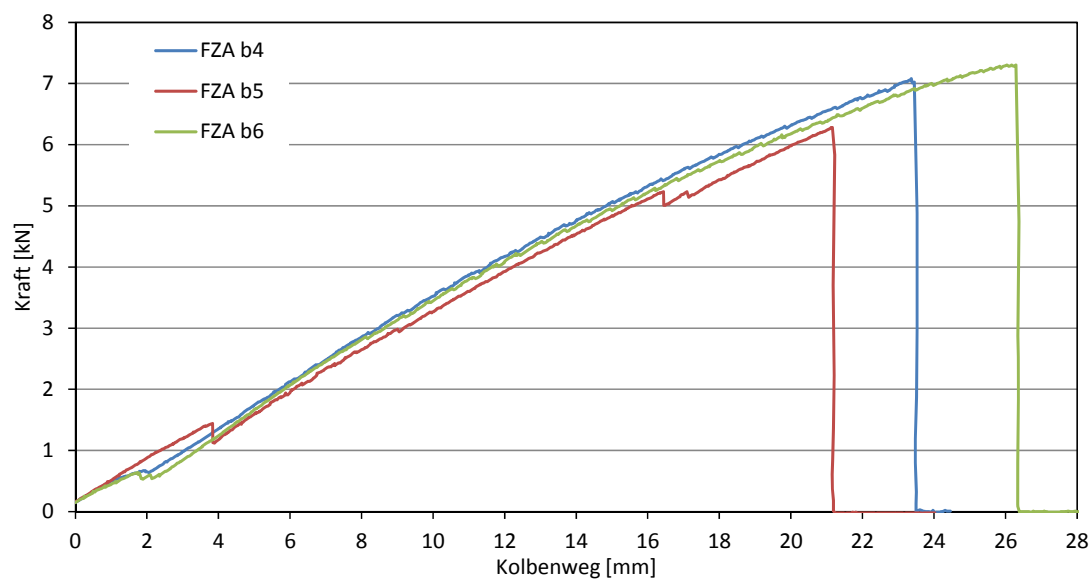
**Belastung Zug axial:**

Abb. 26: Zug axial, Elementtyp TWL-ALU-RF 200.

Elementtyp [-]	Prüfkörper [-]	Maximalkraft [kN]	Verformung [mm]
TWL-ALU-RF 200	b4	7.08	23.4
	b5	6.28	21.1
	b6	7.30	26.0
Mittelwerte	-	6.89	23.5
Stabw.	-	0.54	2.5

Tab. 8: Maximalkräfte und zugehörige Verformung (Kolbenweg) für Belastung Zug axial, Einzelwerte der Prüfkörper für TWL-ALU-RF 200.

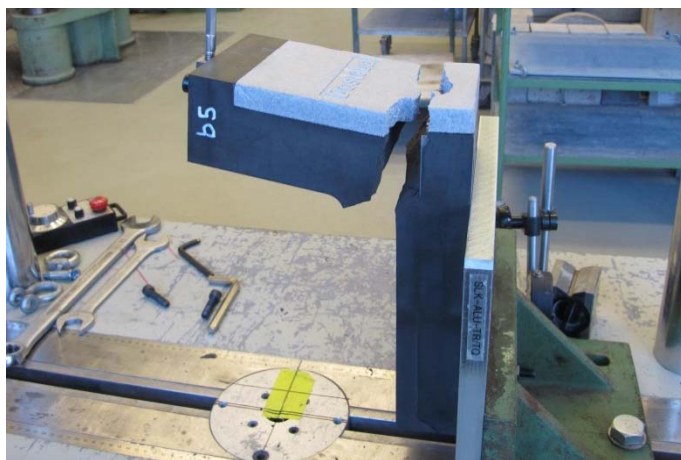


Abb. 27: Beispielhaftes Bruchbild, Prüfkörper b5.

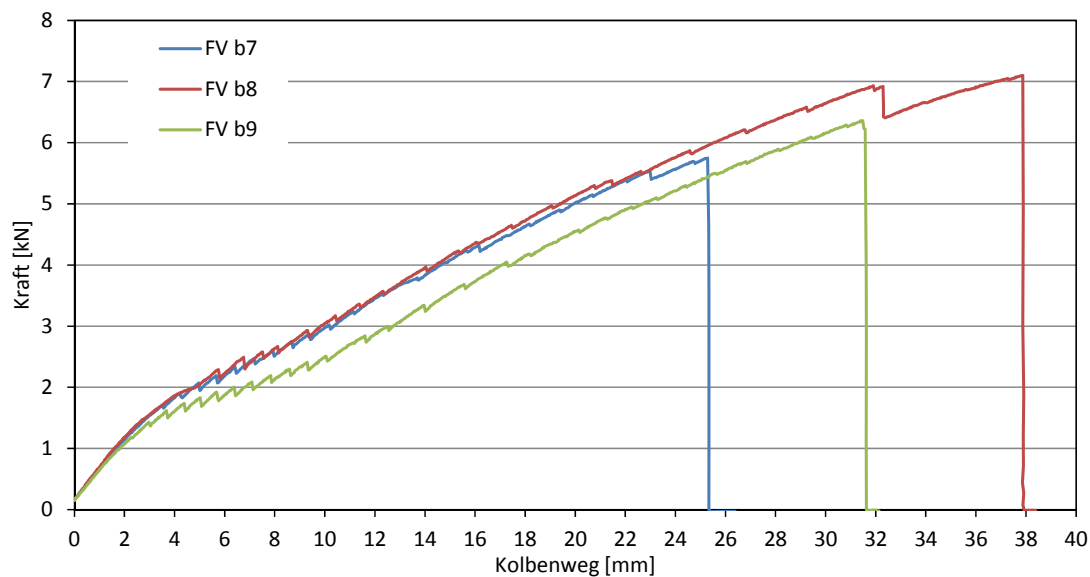
**Belastung Querkraft:**

Abb. 28: Querkraft, Elementtyp TWL-ALU-RF 200.

Elementtyp [-]	Prüfkörper [-]	Maximalkraft [kN]	Verformung [mm]
TWL-ALU-RF 200	b7	5.75	25.3
	b8	7.10	37.9
	b9	6.36	31.4
Mittelwerte	-	6.40	31.5
Stabw.	-	0.68	6.3

Tab. 9: Maximalkräfte und zugehörige Verformung (Kolbenweg) für Belastung Querkraft, Einzelwerte der Prüfkörper für TWL-ALU-RF 200.



Abb. 29: Beispielhaftes Bruchbild, Prüfkörper b8.

#### 4.4 Einzelwerte TWL-ALU-RL 200

##### Belastung Zug lateral FZL:

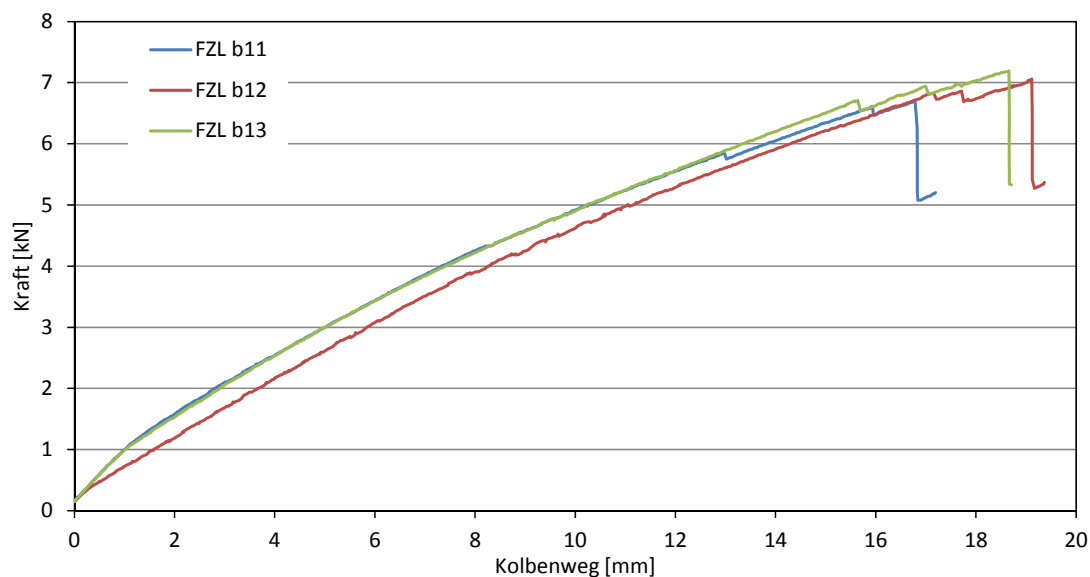


Abb. 30: Zug lateral, Elementtyp TWL-ALU-RL 200.

Elementtyp [-]	Prüfkörper [-]	Maximalkraft [kN]	Verformung [mm]
TWL-ALU-RL 200	b11	6.70	16.8
	b12	7.06	19.1
	b13	7.19	18.7
Mittelwerte	-	6.98	18.2
Stabw.	-	0.25	1.2

Tab. 10: Maximalkräfte und zugehörige Verformung (Kolbenweg) für Belastung Zug lateral, Einzelwerte der Prüfkörper für TWL-ALU-RL 200.



Abb. 31: Beispielhaftes Bruchbild, Prüfkörper b13.



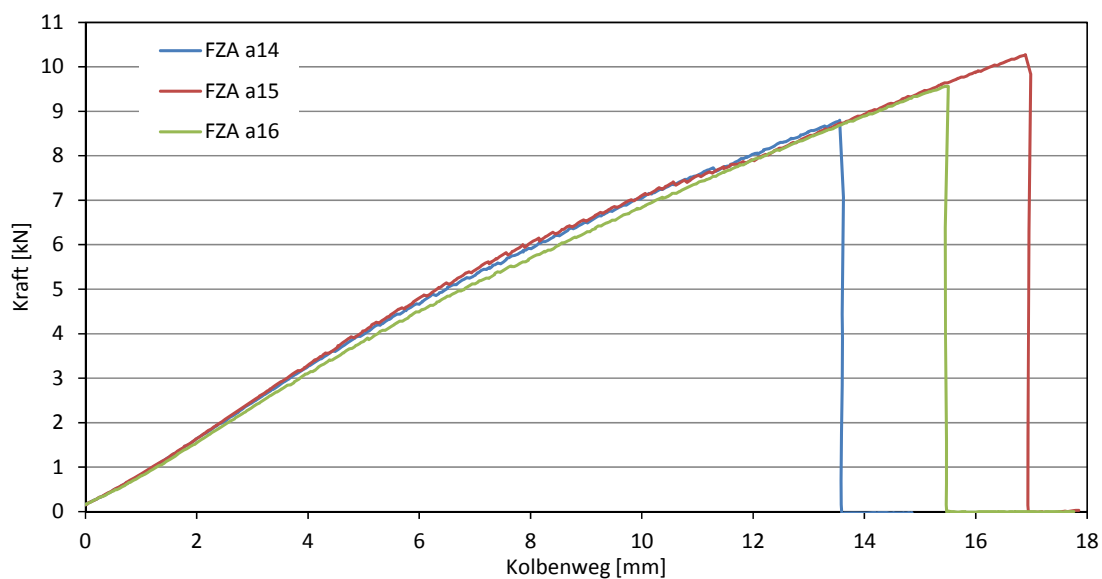
**Belastung Zug axial:**

Abb. 32: Zug axial, Elementtyp TWL-ALU-RL 200.

Elementtyp [-]	Prüfkörper [-]	Maximalkraft [kN]	Verformung [mm]
TWL-ALU-RL 200	b14	8.80	13.6
	b15	10.27	16.9
	b16	9.56	15.4
Mittelwerte	-	9.54	15.3
Stabw.	-	0.74	1.7

Tab. 11: Maximalkräfte und zugehörige Verformung (Kolbenweg) für Belastung Zug axial, Einzelwerte der Prüfkörper für TWL-ALU-RL 200.



Abb. 33: Beispielhaftes Bruchbild, Prüfkörper b14.

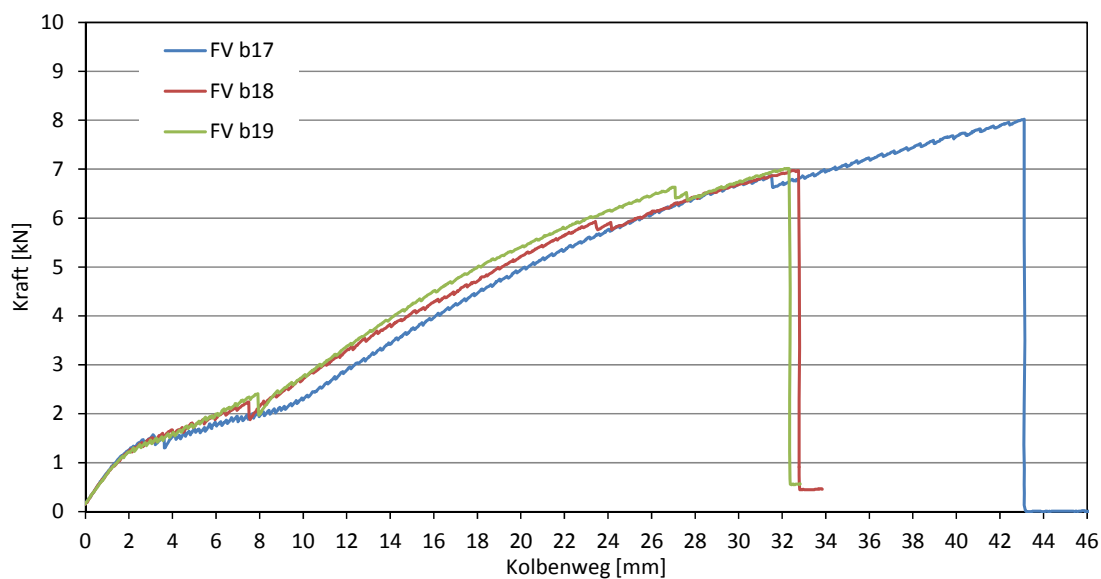
**Belastung Querkraft:**

Abb. 34: Querkraft, Elementtyp TWL-ALU-RL 200.

Elementtyp [-]	Prüfkörper [-]	Maximalkraft [kN]	Verformung [mm]
TWL-ALU-RL 200	b17	8.02	43.1
	b18	6.97	32.5
	b19	7.01	32.1
Mittelwerte	-	7.33	35.9
Stabw.	-	0.60	6.3

Tab. 12: Maximalkräfte und zugehörige Verformung (Kolbenweg) für Belastung Querkraft, Einzelwerte der Prüfkörper für TWL-ALU-RL 200.

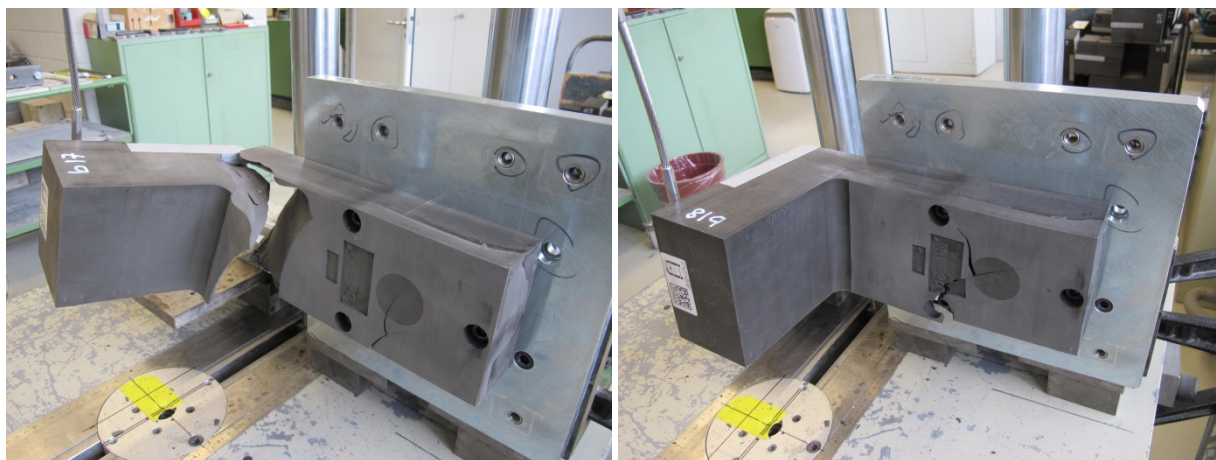


Abb. 35: Beispielhafte Bruchbilder, Prüfkörper b17 (links) und b18 (rechts).



#### 4.5 Zusammenfassung der Prüfergebnisse

In der Tabelle 13 sind die maximalen Kräfte und die zugehörige Verformung (Kolbenweg) als Mittelwerte einer Serie aus drei Prüfkörpern für sämtliche Tragwinkeltypen und Belastungsrichtungen zusammengefasst.

<b>Elementtyp</b> [-]	<b>Belastungsart</b> [-]	<b>Maximalkraft</b> [kN]	<b>Stabw. Kraft</b> [kN]	<b>Verformung</b> [mm]	<b>Stabw. Verformung</b> [mm]
TRA-WIK-ALU-RF 200	Zug lateral FZL	6.24	1.30	11.4	1.0
	Zug axial FZA	3.85	0.13	20.3	0.6
	Querkraft FV	2.90	0.02	18.9	1.1
TRA-WIK-ALU-RL 200	Zug lateral FZL	4.66	0.21	18.4	0.5
	Zug axial FZA	4.75	0.56	12.5	1.7
	Querkraft FV	3.98	0.10	21.6	0.5
TWL-ALU-RF 200	Zug lateral FZL	8.95	0.25	11.3	0.4
	Zug axial FZA	6.89	0.54	23.5	2.5
	Querkraft FV	6.40	0.68	31.5	6.3
TWL-ALU-RL 200	Zug lateral FZL	6.98	0.25	18.2	1.2
	Zug axial FZA	9.54	0.74	15.3	1.7
	Querkraft FV	7.33	0.60	35.9	6.3

Tab. 13: Maximalkräfte und zugehörige Verformung (Kolbenweg), Mittelwerte der Prüfserien.