

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

LEHRSTUHL UND PRÜFAMT FÜR VERKEHRSWEGEBAU
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein



Bericht Nr. 3714 vom 25. Mai 2018

FORSCHUNGSBERICHT

**Prüfung des Schienenbefestigungssystems W14 K-900 (60E2)
mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
gemäß DIN EN 13481-2:2012, Kat. C**

(TÜV Rheinland Schweiz GmbH, Worblaufen, Schweiz)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Lehrstuhl und Prüfamnt für Verkehrswegebau

München, 25.05.2018
Ko/TÜV Schweiz 2018-003

Forschungsbericht 3714

**Prüfung des Schienenbefestigungssystems W14 K-900 (60E2)
mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
gemäß DIN EN 13481-2:2012, Kat. C**

(TÜV Rheinland Schweiz GmbH, Worblaufen, Schweiz)

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Allgemeines.....	4
2.	Versuchsmaterial.....	4
3.	Versuchsbeschreibung und Ergebnisse	4
3.1	Bestimmung der Spannkraft vor dem Dauerschwingversuch gemäß DIN EN 13146-7:2012.....	5
3.2	Ermittlung des Durchschubwiderstandes in Längsrichtung vor dem Dauerschwingversuch gemäß DIN EN 13146-1:2012	6
3.3	Dauerschwingversuch nach DIN EN 13146-4:2012.....	7
3.4	Ermittlung des Durchschubwiderstandes in Längsrichtung nach dem Dauerschwingversuch gemäß DIN EN 13146-1:2012	8
3.5	Bestimmung der Spannkraft nach dem Dauerschwingversuch gemäß DIN EN 13146-7:2012	9
3.6	Zusammenfassung der Ergebnisse hinsichtlich des Dauerschwingversuchs.....	9
3.7	Ermittlung des Verdrehwiderstandes gemäß DIN EN 13146-2:2012	10
4.	Zusammenfassung.....	11
	Anlagenverzeichnis	14

1. Allgemeines

Im Auftrag der Fa. TÜV Rheinland Schweiz GmbH, Worblaufen, Schweiz, wurden Untersuchungen gemäß DIN EN 13481-2:2012 am Schienenbefestigungssystem W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT durchgeführt.

Die Durchführung der Prüfungen erfolgte am Prüfamnt für Verkehrswegebau der TU München, Baumbachstraße 7, 81245 München.

2. Versuchsmaterial

Dem Prüfamnt wurden vom Auftraggeber drei ganze Betonschwellen (Typ: B91, Hersteller: Vigier, Baujahr: 2018) mit jeweils zwei Stützpunkten und den dazugehörigen Schienenbefestigungen übersandt. Ein Stützpunkt besteht aus nachfolgenden Komponenten (siehe Anlage 1):

Anzahl	Komponente	Bezeichnung	Hersteller
2x	Spannklemme	Sk1 14	Vossloh
2x	Winkelführungsplatte	Wfp 14 K 900-12	Vossloh
1x	Schienenzwischenlage	Zw 900a ENIT	Vossloh
2x	Schwellenschraube mit Unterlegscheibe	Ss 0 + Uls 7	k.A.
2x	Kunststoffschraubdübel	Sdü 9	k.A.

3. Versuchsbeschreibung und Ergebnisse

Die Anforderungen an die Schienenbefestigung sind nach DIN EN 13481-2:2012 „Leistungsanforderungen für Schienenbefestigungen - Befestigungssysteme für Betonschwellen“ vorgegeben. Ebenfalls festgelegt sind Art und Reihenfolge der durchzuführenden Einzelversuche:

- **Dauerschwingversuch** an der halben Betonschwelle gemäß DIN EN 13146-4:2012 mit Bestimmung der Leistungskennwerte durch nachfolgende Teilversuche:
 - Bestimmung der Spannkraft nach DIN EN 13146-7:2012 vor dem Dauerschwingversuch
 - Ermittlung des Durchschubwiderstands nach DIN EN 13146-1:2012 vor dem Dauerschwingversuch
 - Ermittlung der vertikalen Steifigkeit des Systems vor dem Dauerschwingversuch nach DIN EN 13146-9:2011
 - Aufbringen der Dauerschwellbeanspruchung (mit 3,0 Mio. Lastwechseln)
Der Versuch wurde als Schrägbelastungsversuch gemäß Bild 3 der DIN EN 13146-4:2012 durchgeführt.
 - Ermittlung der vertikalen Steifigkeit des Systems nach dem Dauerschwingversuch nach DIN EN 13146-9:2011
 - Ermittlung des Durchschubwiderstands nach DIN EN 13146-1:2012 nach dem Dauerschwingversuch
 - Bestimmung der Spannkraft nach DIN EN 13146-7:2012 nach dem Dauerschwingversuch.

- **Ermittlung des Verdrehwiderstandes** an der Betonschwelle gemäß DIN EN 13146-2:2012

3.1 Bestimmung der Spannkraft vor dem Dauerschwingversuch gemäß DIN EN 13146-7:2012

Durch den Versuch wird die Spannkraft des Schienenbefestigungssystems in vertikaler Richtung ermittelt (Anlage 10.1). Die Versuchsdurchführung erfolgte am 28.03.2018 an einer halben Schwelle (Nr. 1) entsprechend dem Referenzverfahren nach Punkt 7 der DIN EN 13146-7:2012. Mittels vier Induktivwegaufnehmern (WA 20, Hottinger Baldwin Messtechnik) an den Eckpunkten des Schienenaufagers wurde die Höhenlage des Schienenfußes im verspannten Zustand erfasst und als „Ausgangssituation“, entsprechend einem Verschiebeweg von $d = 0$ mm, festgehalten. Zunächst erfolgte die Anhebung der Schiene bis die Zwischenlage entnommen werden konnte. Hierzu war es erforderlich die Zwischenlage so zu bearbeiten, dass sie von einer Seite herausgezogen werden konnte.

Anschließend wurde die Schiene wieder abgesenkt, wobei die Last P_0 (Verschiebeweg $d = 0$ mm) entsprechend DIN EN 13146-7:2012 festgehalten wurde. Da die Bestimmung der durchschnittlichen Spannkraft auf Basis dreier Werte erfolgt, wurde dieses Verfahren noch zweimal wiederholt. Die Last/Verformungsverläufe sind in Anlage 2 gegeben.

Im Mittel betrug die Spannkraft P_0 vor dem Dauerschwingversuch 16,8 kN.

3.2 Ermittlung des Durchschubwiderstandes in Längsrichtung vor dem Dauerschwingversuch gemäß DIN EN 13146-1:2012

Der Versuch wurde am montierten Stützpunkt nach den Vorgaben der DIN EN 13146-1:2012 durchgeführt. In die Schiene wurde eine Zugkraft mit einer Belastungsgeschwindigkeit von ca. 0,2 kN/s eingeleitet, bis die Schiene gegenüber der halben Schwelle zu rutschen begann (Anlage 10.1). Dabei wurden die auftretenden Verformungen (Induktivwegaufnehmer WA 50, Hersteller Hottinger Baldwin Messtechnik) und die wirkende Kraft (Kraftaufnehmer C6A, Hersteller Hottinger Baldwin Messtechnik) mit Hilfe des digitalen Messwerterfassungssystem QuantumX MX840B der Fa. Hottinger Baldwin Messtechnik registriert. Insgesamt wurde dieser Versuch viermal wiederholt, wobei die drei letzten Last-Verformungskurven ausgewertet wurden.

In der Tabelle 1 sind die Einzelwerte der ermittelten maximalen Längskräfte F aufgeführt. Die Anlagen 3.1 bis 3.3 zeigen die entsprechenden Last-Verformungskurven, die am 28.03.2018 aufgezeichnet wurden.

Tabelle 1: Ergebnisse der Durchschubversuche des Schienenbefestigungssystems W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT an Schwelle Nr. 1 vor dem Dauerschwingversuch

Versuch Nr.	Max. Längskraft F [kN]	Mittelwert, max. Längskraft F [kN]
2	11,1	11,3
3	11,0	
4	11,8	

Gemäß DIN EN 13481-2:2012, Pkt. 5.1 darf der Durchschubwiderstand in Längsrichtung nicht weniger als 7 kN betragen. Diese Vorgabe wurde entsprechend der maßgebenden Tabelle 1 eingehalten.

3.3 Dauerschwingversuch nach DIN EN 13146-4:2012

Der Dauerschwingversuch wurde als Schrägbelastungsversuch entsprechend Bild 3 der DIN EN 13146-4 im April 2018 an einer halben Schwelle (Nr. 1) durchgeführt.

Aus der ermittelten, dynamischen Steifigkeit des Stützpunktes (Kategorie C) sind nach Tabelle 3 der DIN EN 13481-2 die Prüflasten und -positionen festzulegen. Die dynamische Steifigkeit des Systems wurde für die Kategorie C entsprechend DIN EN 13146-9 mit 92,0 kN/mm kleiner als 200 kN/mm gemäß Tabelle 3 der DIN EN 13481-2 bestimmt. Daraus ergibt sich für den Dauerschwingversuch eine Oberlast von $P_v/\cos \alpha = 75$ kN je Stützpunkt, bei einem Lasteinleitungswinkel von $\alpha = 33^\circ$. Das für den Dauerversuch verwendete Schienenstück (Profil 60 E1) ist gemäß DIN EN 13481-2 um das erforderliche Maß $X = 15$ mm abgefräst. Die Unterlast bei der Versuchsdurchführung beträgt 5 kN bei einer Belastungsfrequenz von 5 Hz. Damit wird der Versuch für die Bezugswerte der Auswirkungen von Dauerbelastungen bei Vollbahnen mit einer maximalen Radsatzlast von 225 kN (Richtwert) bzw. 260 kN (max. Auslegungslast) und einem Mindest-Gleisbogenhalbmesser von $R = 150$ m nach Tabelle 1 der DIN EN 13481-2 durchgeführt.

Die statische, vertikale Steifigkeit des Systems zwischen 1 kN und 51,2 kN (DIN EN 13146-9:2011) wurde vor dem Dauerversuch zu 83,3 kN/mm bestimmt (Anlage 4).

In den Anlagen 5.1 – 5.2 sind die Verformungen des Schienenbefestigungssystems während des Dauerversuches dargestellt. Die Bewegungen der Schiene gegenüber der Betonschwelle sind der Tabelle 2 zu entnehmen. Hier sind keine Vorgaben in den Normen DIN EN 13481-2 und DIN EN 13146-4 definiert.

Tabelle 2: Verformungen unter statischer Belastung vor und nach dem Dauerschwellversuch

Statische Belastung								
Anzahl der Lastspiele	Horizontale Auslenkung am				Vertikale Einfederung der Schiene			
	Schienenfuss [mm]		Schienenkopf [mm]		Außenseite [mm]		Innenseite [mm]	
	elastisch	bleibend	elastisch	bleibend	elastisch	bleibend	elastisch	bleibend
10	0,75	-0,05	3,20	0,08	1,55	0,00	-1,15	0,00
3.000.000	0,75	0,25	3,05	0,85	1,40	0,30	-1,05	-0,20

Die Verformungsverläufe sind mit Ausnahme der Anpassungsprozesse innerhalb der ersten ca. 1.000.000 Lastwechsel über die Versuchsdauer gleichmäßig. Allgemein nehmen hier die elastischen Verformungen über die Versuchsdauer ab, während die plastischen, bleibenden Verformungen bei abnehmender Zuwachsrate anwachsen.

Die ermittelte, statische, vertikale Steifigkeit zwischen 1 kN und 51,2 kN (DIN EN 13146-9:2011) wurde mit 82,0 kN/mm bestimmt (Anlage 6). Dies bedeutet eine Änderung der Steifigkeit von 1 %. Die nach DIN EN 13481 7:2012 für die vertikale Steifigkeit nach dem Dauerschwingversuch maximal zulässige Änderung von ≤ 25 % ist somit eingehalten.

3.4 Ermittlung des Durchschubwiderstandes in Längsrichtung nach dem Dauerschwingversuch gemäß DIN EN 13146-1:2012

Der Versuch wurde analog zu Abschnitt 3.2 am 10.04.2018 durchgeführt. In Tabelle 3 sind die Einzelwerte der ermittelten maximalen Längskraft F für die Versuche aufgeführt.

Tabelle 3: Ergebnisse der Durchschubversuche des Schienenbefestigungssystems W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT nach dem Dauerschwingversuch

Versuch Nr.	Max. Längskraft F [kN]	Mittelwert, max. Längskraft F [kN]
2	10,9	10,9
3	10,9	
4	11,0	

Die Anlagen 7.1 bis 7.3 zeigen die entsprechenden Last-Verformungskurven. Gegenüber den Durchschubversuchen vor dem Dauerschwingversuch (siehe Tabelle 1) war eine Änderung von 3 % zu verzeichnen.

3.5 Bestimmung der Spannkraft nach dem Dauerschwingversuch gemäß DIN EN 13146-7:2012

Der Versuch wurde am 10.04.2018 entsprechend Abschnitt 3.1 durchgeführt. Hierbei ergab sich ein Mittelwert von $P_0 = 14,9$ kN und demzufolge eine Änderung von 12 % (siehe Anlage 8).

3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse hinsichtlich des Dauerschwingversuchs

Tabelle 4 zeigt eine Zusammenfassung der Versuchsergebnisse in Gegenüberstellung mit den Anforderungen gemäß DIN EN 13481-2:2012.

Tabelle 4: Zusammenfassung der Ergebnisse

	Vor dem Dauerschwingversuch	Nach dem Dauerschwingversuch	Gemessene Änderung	Zulässige Änderung, DIN EN 13481-2
Vertikale statische Steifigkeit, k_{SA} [kN/mm]	83,3	82,0	1 %	≤ 25 %
Spannkraft, P_0 [kN]	16,8	14,9	12 %	≤ 20 %
Mittelwert, max. Längskraft, F [kN]	11,3	10,9	3 %	≤ 20 %

Die Änderungen der vertikalen statischen Steifigkeit, der Spannkraft und des Durchschubwiderstandes infolge der Beanspruchungen durch den Dauerschwingversuch liegen im zulässigen Bereich nach DIN EN 13481-2:2012.

An der Zwischenlage wurden insbesondere an der Unterseite plastische Verformungen beobachtet. Die Schienenbefestigungskomponenten und die halbe Betonschwelle zeigten keine Schäden (Bilder siehe Anlage 10.3).

3.7 Ermittlung des Verdrehwiderstandes gemäß DIN EN 13146-2:2012

Zur Bestimmung des Verdrehwiderstandes wurde eine ganze Betonschwelle (Nr. 2) eingespannt und eine Querlast auf den Schienenfuß aufgebracht (Anlage 10.4), so dass die Schiene in eine Position gedrückt wird, in der der Schienenfuß die Winkelführungsplatten diagonal berührt. Nach Herstellung dieser Ausgangssituation wurde die Lasteinleitung auf die entgegengesetzte Seite der Schiene versetzt und die Kraft auf diese bis zu einer Schienenverdrehung von $1,5^\circ$ erhöht, wobei die Verdrehung der Schiene in Bezug auf die Schwelle aufgezeichnet wurde. Nach mindestens drei Minuten erfolgte die Wiederholung des Lastzyklus in Gegenrichtung (siehe Anlage 9).

Der Versuch wurde am 09.04.2018 durchgeführt. In Tabelle 5 sind die Lastmomente beider Belastungszyklen, welche eine Schienenverdrehung von jeweils 1° verursachten, dargestellt.

Tabelle 5: Ergebnisse der Verdrehversuche am Schienenbefestigungssystem W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT

Lastzyklus	Verdrehwinkel [°]	Verdrehmoment [kNm]
1. Prüfung	1,0	0,52
Gegenseitige Prüfung	-1,0	1,08

4. Zusammenfassung

Im Auftrag der Fa. TÜV Rheinland Schweiz GmbH, Worblaufen, Schweiz, wurden Untersuchungen gemäß DIN EN 13481 2:2012 am Schienenbefestigungssystem W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT durchgeführt.

Für die Untersuchungen am Schienenbefestigungssystem W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT wurden dem Prüfamt vom Auftraggeber drei ganze Betonschwellen B91 mit jeweils zwei Stützpunkten den dazugehörigen Schienenbefestigungen übersandt. Ein Stützpunkt besteht aus folgenden Komponenten:

Anzahl	Komponente	Bezeichnung	Hersteller
2x	Spannklemme	Skl 14	Vossloh
2x	Winkelführungsplatte	Wfp 14 K 900-12	Vossloh
1x	Schienenzwischenlage	Zw 900a ENIT	Vossloh
2x	Schwellenschraube mit Unterlegscheibe	Ss 0 + Uls 7	k.A.
2x	Kunststoffschraubdübel	Sdü 9	k.A.

Zur Bestimmung der Versuchsparameter des Dauerschwingversuchs (DIN EN 13146-4:2012) wurde zunächst die vertikale dynamische Steifigkeit des Systems nach DIN EN 13146-9:2011 ermittelt. Beim Dauerschwingversuch ergab sich nach 3 Mio. Lastwechseln eine elastische Schienenkopfauslenkung von 3,05 mm sowie eine bleibende von 0,85 mm. Die elastische Einsenkung unter dem Schienenfuß zur Gleisaußenseite betrug 1,40 mm, bei einer plastischen von 0,30 mm.

Die Bestimmung der Spannkraft gemäß DIN EN 13146-7:2012 wurde vor und nach dem Dauerschwingversuch durchgeführt. Dabei wurde eine Abnahme der Spannkraft von 16,8 kN auf 14,9 kN, entsprechend einer Änderung von 12 % festgestellt, welche somit innerhalb der nach DIN EN 13481-2:2012 zulässigen Leistungsschwankung von 20 % lag.

Der gemessene Durchschubwiderstand vor dem Dauerschwingversuch betrug 11,3 kN, welcher sich nach der Dauerbelastung um 3 % auf 10,9 kN reduzierte. Dementsprechend

wurden die in der DIN EN 13481-2:2012 vorgegebene Leistungstoleranz von 20 % und der geforderte Mindestwert von 7 kN eingehalten.

Vor und nach dem Dauerschwingversuch wurde die vertikale statische Steifigkeit des Systems zwischen 1 kN und 51,2 kN ermittelt. Vor dem Dauerversuch wurde ein Wert ermittelt von 83,3 kN/mm. Der Wert nach dem Dauerversuch betrug 82,0 kN/mm. Die Steifigkeitsänderung von 1 % liegt somit innerhalb der zulässigen Schwankung von 25 % nach DIN EN 13481-5.

Beim Verdrehversuch nach DIN EN 13146-2:2012 wurde bei der 1. Prüfung ein Verdrehmoment von 0,52 kNm und bei der gegenseitigen Prüfung von 1,08 kNm ermittelt.

München, 25. Mai 2018

Für die Durchführung und
Auswertung der Versuche

Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein

V. Kollmeier, M.Sc.

ANLAGENVERZEICHNIS

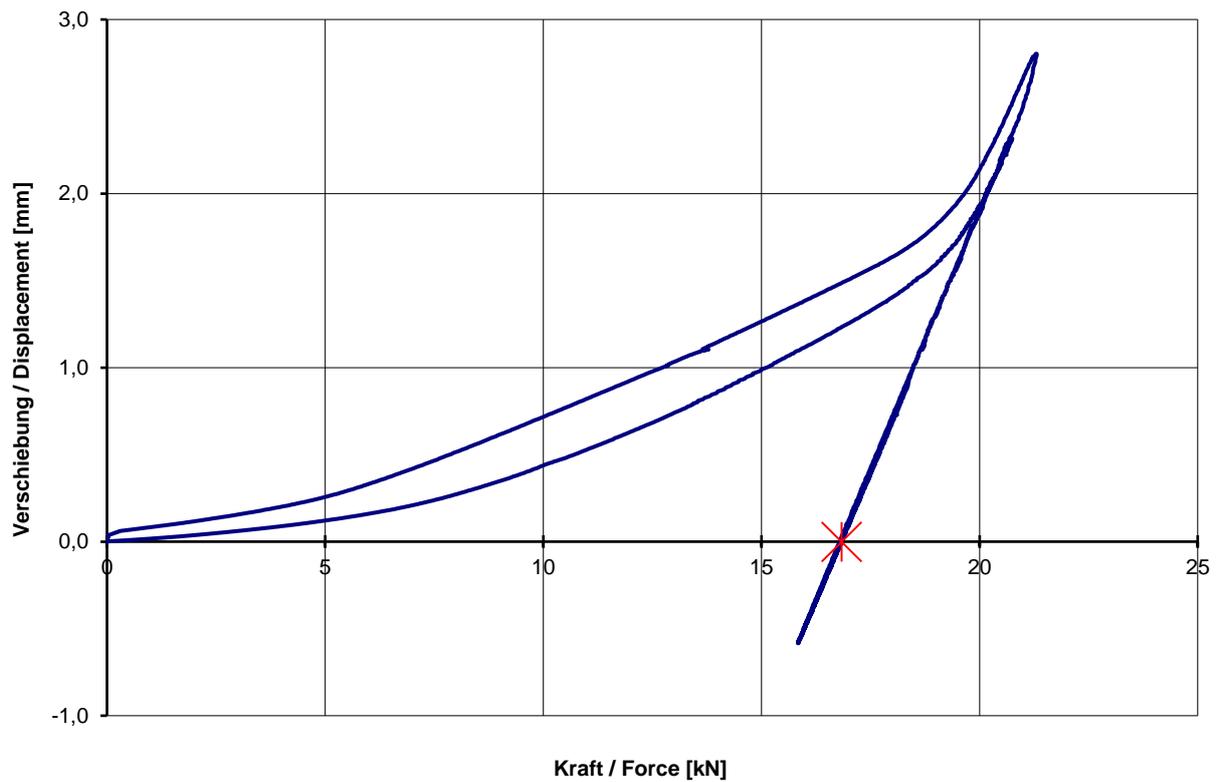
- 1: Systemzeichnung W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
- 2: Spannkraft
- 3.1 – 3.3: Durchschubkräfte vor dem Dauerversuch
- 4: Statische Federkennlinie vor dem Dauerversuch
- 5.1 – 5.2: Verformungen während des Dauerversuches
- 6: Statische Federkennlinie nach dem Dauerversuch
- 7.1 – 7.3: Durchschubkräfte nach dem Dauerversuch
- 8: Spannkraft
- 9: Verdrehwiderstand
- 10.1 – 10.4: Fotodokumentation

Bestimmung der Spannkraft gemäß DIN EN 13146-7:2012
Determination of clamping force according to EN 13146-7:2012

Schienenbefestigungssystem Rail fastening system	W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
---	---

Datum Versuchsdurchführung Date test performed	28.03.2018
---	------------

Versuchsdurchführung Test performed	vor before	dem Dauerversuch repeated loading
--	---------------	--------------------------------------



Auswertung / Evaluation

1. Zyklus 1. Cycle	16,84 kN
-----------------------	----------

2. Zyklus 2. Cycle	16,84 kN
-----------------------	----------

3. Zyklus 3. Cycle	16,84 kN
-----------------------	----------

Mittelwert P_0 = Mean P_0 =	16,84 kN
--	-----------------

Freigabe / Datum	Geltungsbereich	Formblatt
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein, 01.02.2017	Lehrstuhl und Prüfamt für Verkehrswegebau	FB 13146-7_2012

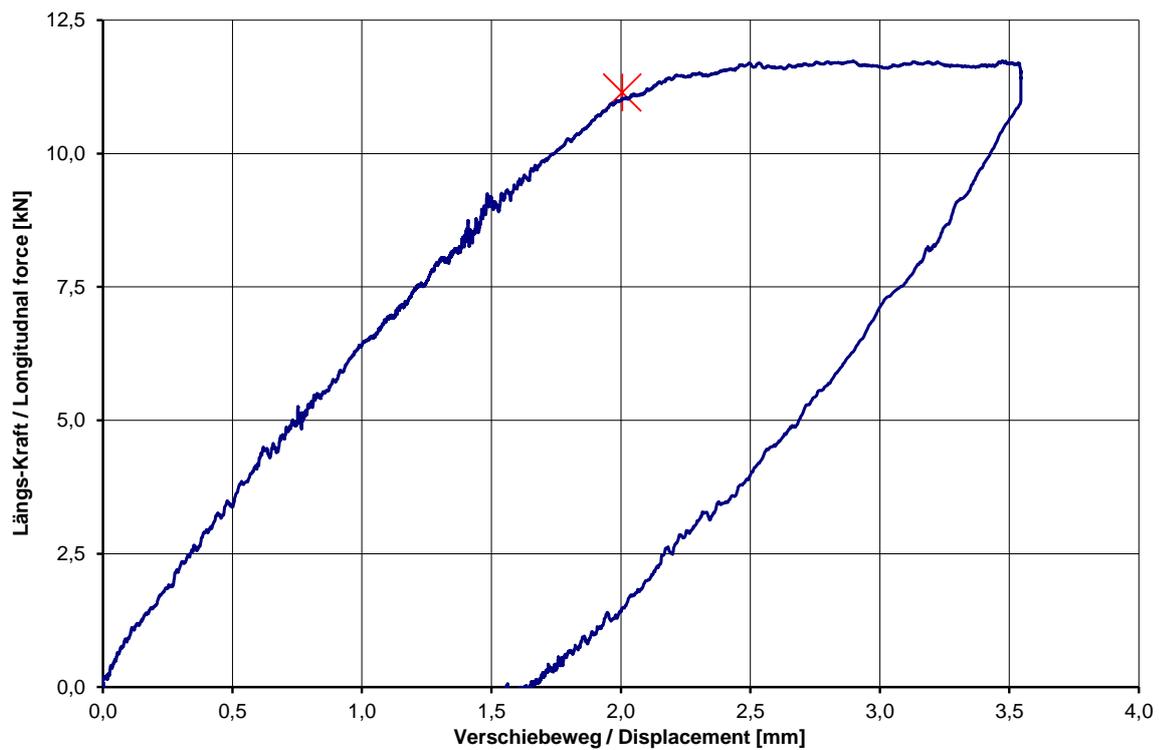
Ermittlung des Durchschubwiderstandes gemäß DIN EN 13146-1:2012
Determination of longitudinal rail restraint according to EN 13146-1:2012

Schienenbefestigungssystem Rail fastening system	W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
---	---

Datum Versuchsdurchführung Date test performed	28.03.2018
---	------------

Lastzyklus Loading cycle	2
-----------------------------	---

Versuchsdurchführung Test performed	vor before	dem Dauerversuch repeated loading
--	---------------	--------------------------------------



Auswertung / Evaluation

Lastzyklus Loading cycle	2
-----------------------------	---

D ₁ =	3,55 mm
------------------	---------

D ₂ =	1,54 mm
------------------	---------

D ₃ =	2,01 mm
------------------	---------

F =	11,2 kN
------------	----------------

Freigabe / Datum	Geltungsbereich	Formblatt
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein, 01.02.2017	Lehrstuhl und Prüfamt für Verkehrswegebau	FB 13146-1_2012

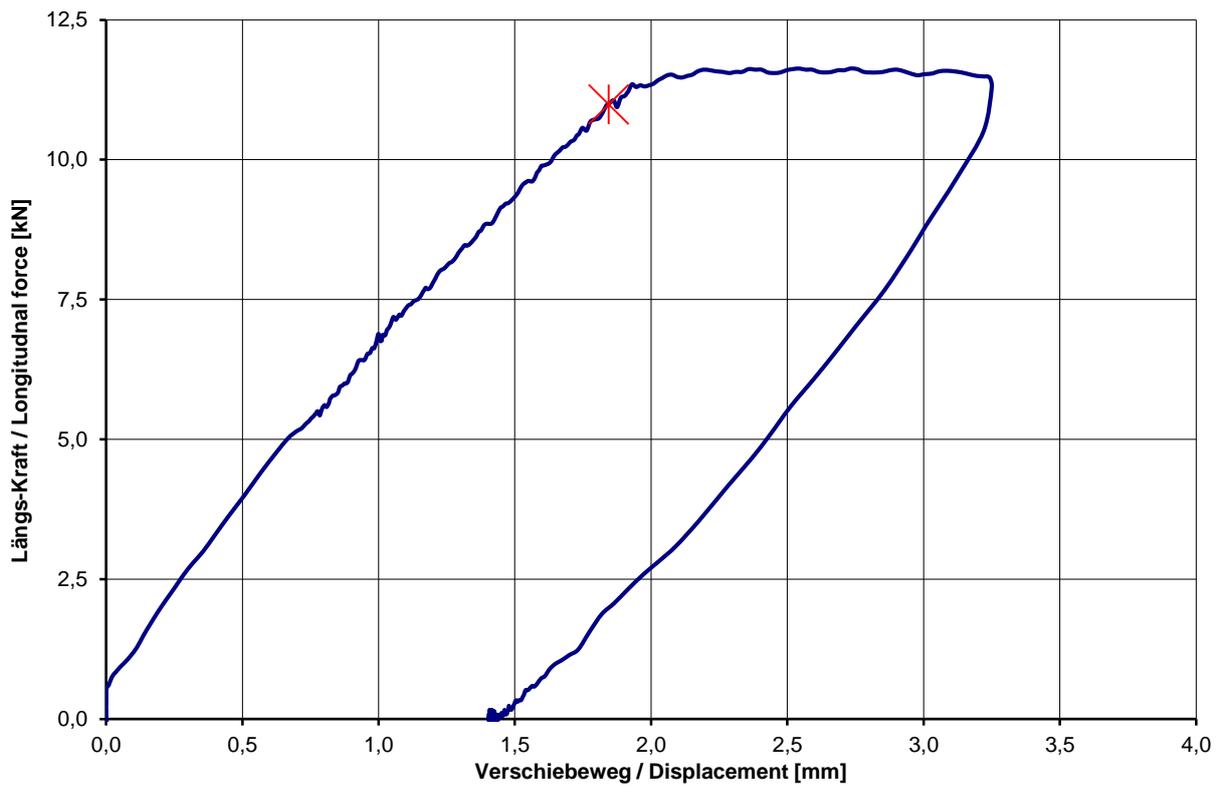
Ermittlung des Durchschubwiderstandes gemäß DIN EN 13146-1:2012
Determination of longitudinal rail restraint according to EN 13146-1:2012

Schienenbefestigungssystem Rail fastening system	W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
---	---

Datum Versuchsdurchführung Date test performed	28.03.2018
---	------------

Lastzyklus Loading cycle	3
-----------------------------	---

Versuchsdurchführung Test performed	vor before	dem Dauerversuch repeated loading
--	---------------	--------------------------------------



Auswertung / Evaluation

Lastzyklus Loading cycle	3
-----------------------------	---

$D_1 =$	3,25 mm
---------	---------

$D_2 =$	1,41 mm
---------	---------

$D_3 =$	1,84 mm
---------	---------

F =	11,0 kN
------------	----------------

Freigabe / Datum	Geltungsbereich	Formblatt
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein, 01.02.2017	Lehrstuhl und Prüfamnt für Verkehrswegebau	FB 13146-1_2012

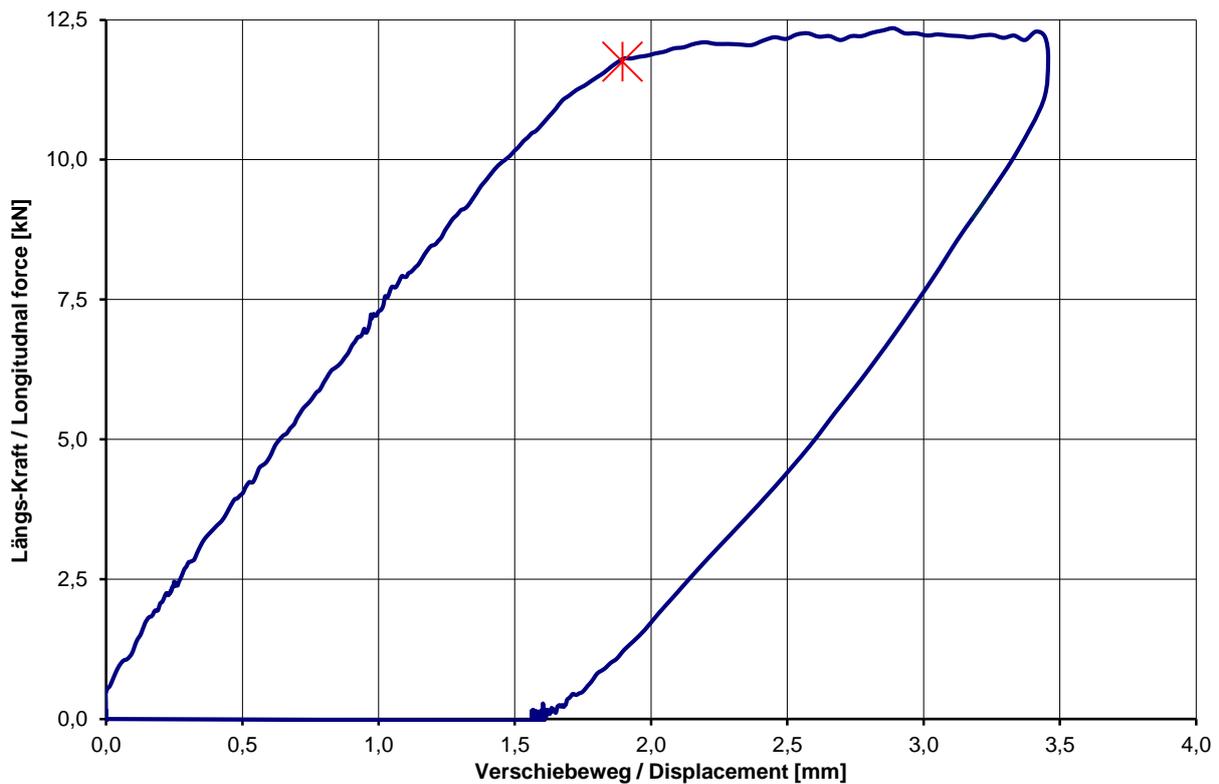
Ermittlung des Durchschubwiderstandes gemäß DIN EN 13146-1:2012
Determination of longitudinal rail restraint according to EN 13146-1:2012

Schienenbefestigungssystem Rail fastening system	W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
---	---

Datum Versuchsdurchführung Date test performed	28.03.2018
---	------------

Lastzyklus Loading cycle	4
-----------------------------	---

Versuchsdurchführung Test performed	vor before	dem Dauerversuch repeated loading
--	---------------	--------------------------------------



Auswertung / Evaluation

Lastzyklus Loading cycle	4
-----------------------------	---

$D_1 =$	3,46 mm
---------	---------

$D_2 =$	1,56 mm
---------	---------

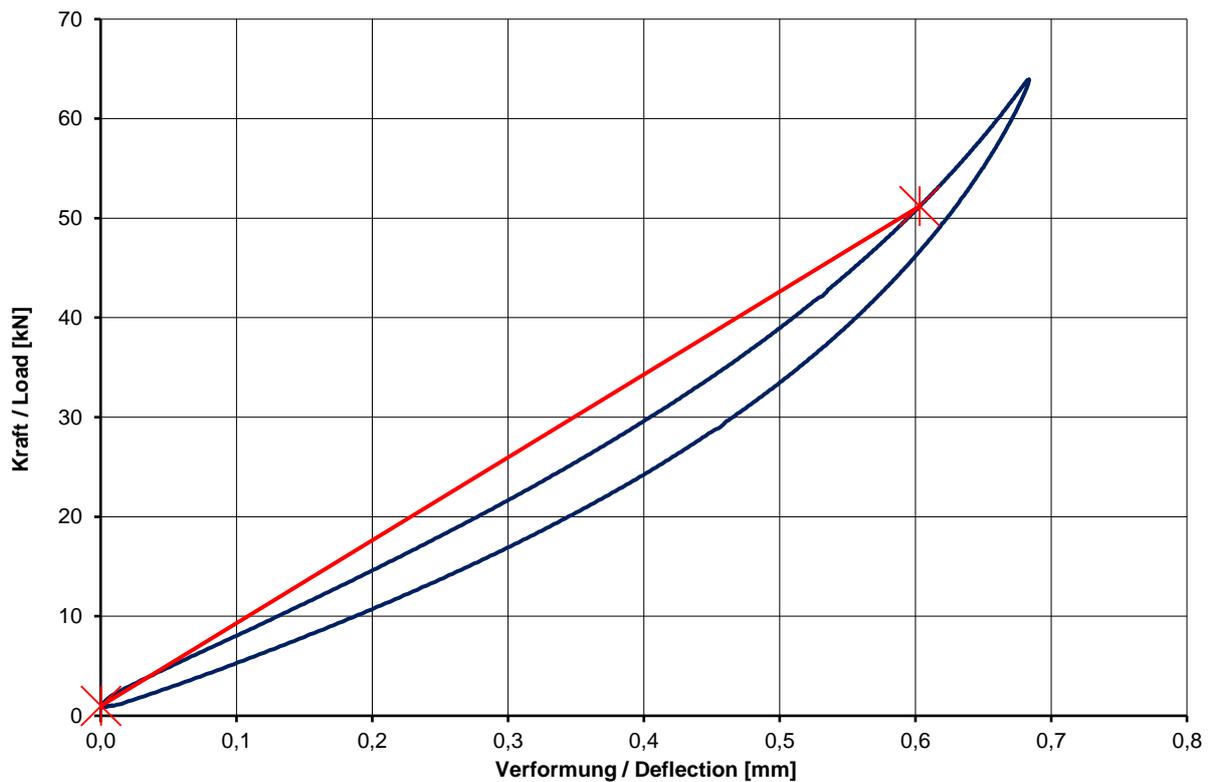
$D_3 =$	1,90 mm
---------	---------

$F =$	11,8 kN
-------	----------------

Freigabe / Datum	Geltungsbereich	Formblatt
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein, 01.02.2017	Lehrstuhl und Prüfamnt für Verkehrswegebau	FB 13146-1_2012

Ermittlung der vertikalen Systemsteifigkeit gemäß DIN EN 13146-9:2011
Determination of the vertical stiffness of the system according to EN 13146-9:2011

Schienenbefestigungssystem Rail fastening system		W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT	
Datum Versuchsdurchführung Date test performed		28.03.2018	Lastzyklus Loading cycle
Versuchsdurchführung Test performed		vor dem Dauerversuch before repeated loading	Gleiskategorie Track category
			C



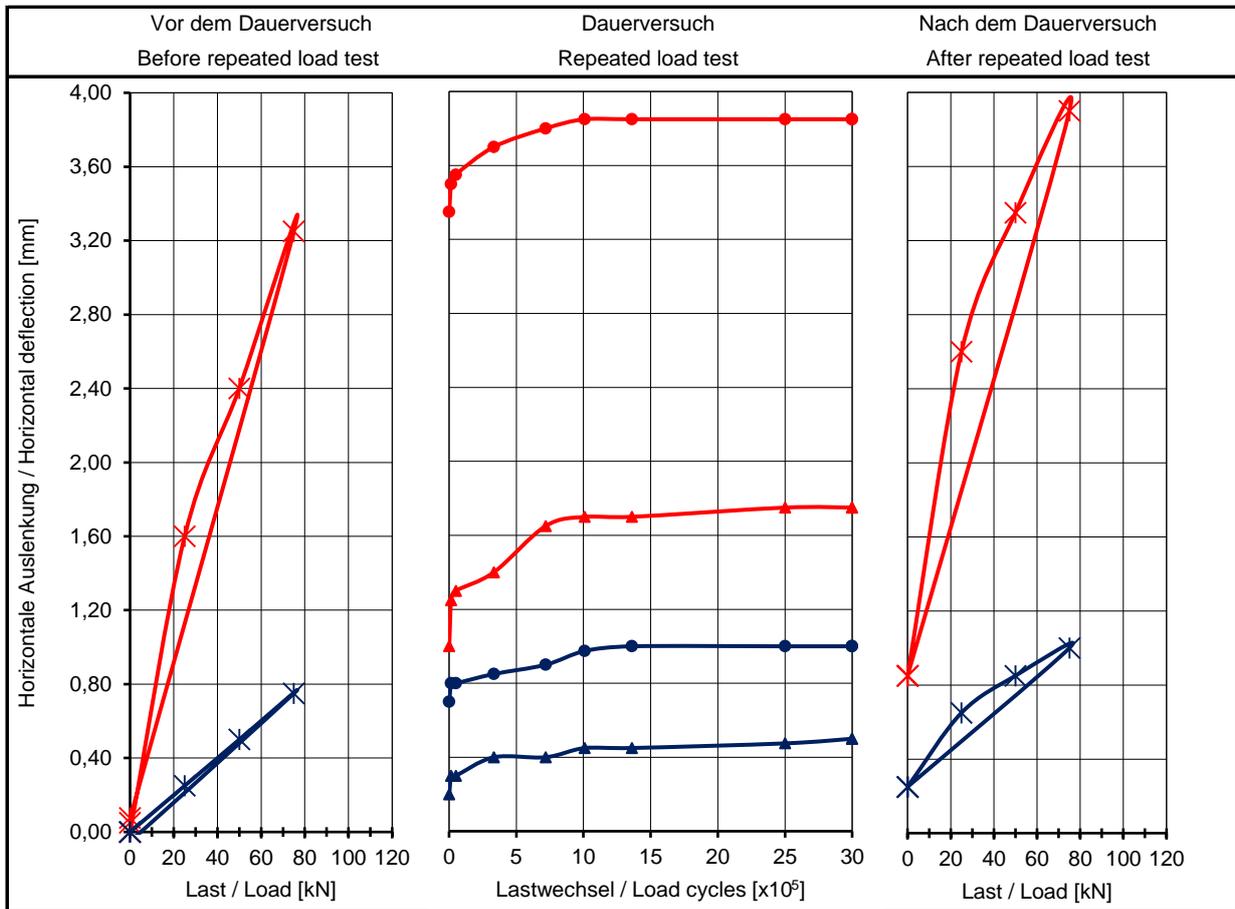
Auswertung / Evaluation			
Auswertung zwischen Evaluation between		Verformungen Deflections	
$F_{SA1} =$	1,0 kN	$d_{SA1} =$	0,00 mm
$F_{SA2} =$	51,2 kN	$d_{SA2} =$	0,60 mm
$k_{SA} =$		83,3 kN/mm	

Freigabe / Datum	Geltungsbereich	Formblatt
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein, 01.02.2017	Lehrstuhl und Prüfamnt für Verkehrswegebau	FB 13146-9_2011

Dauerschwingversuch gemäß DIN EN 13146-4:2012
Repeated load test according to EN 13146-4:2012

Schienenbefestigungssystem Rail fastening system	W14 K-900 (60E2) mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
---	--

Datum Versuchsdurchführung Date test performed	Mrz 18
---	--------



Bleibende Verformung nach der Entlastung / Plastic deformation after unloading

Schienenkopf Rail head	0,05 mm
Schienenfuss Rail foot	0,00 mm

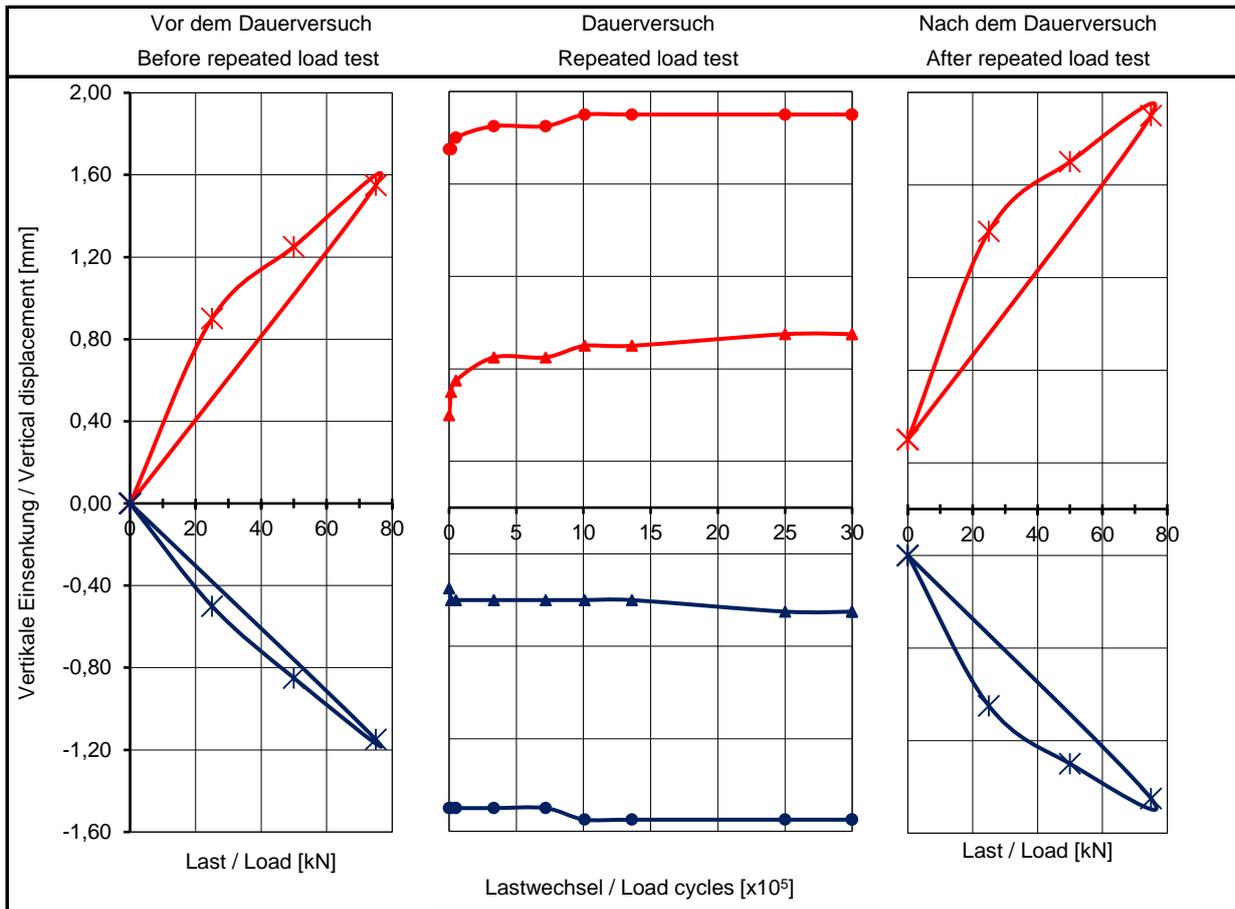
Schienenkopf Rail head	0,85 mm
Schienenfuss Rail foot	0,25 mm

- Schienenkopf / Rail head
- Schienenfuss / Rail foot
- / ▲ Oberlast / Upper load P_U
- / ▲ Unterlast / Lower load P_U

Dauerschwingversuch gemäß DIN EN 13146-4:2012
Repeated load test according to EN 13146-4:2012

Schienenbefestigungssystem Rail fastening system	W14 K-900 (60E2) mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
---	--

Datum Versuchsdurchführung Date test performed	Mrz 18
---	--------



Bleibende Verformung am Schienenfuss nach der Entlastung / Plastic deformation at rail foot after unloading

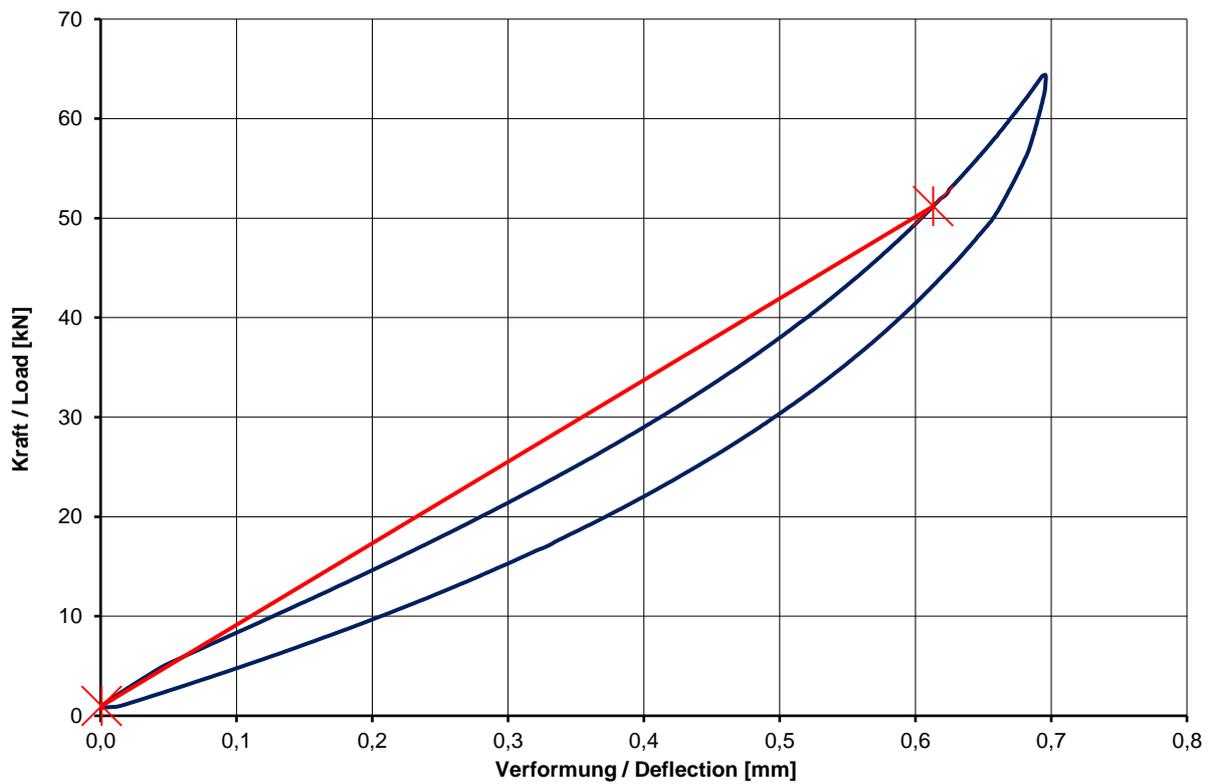
Aussen Fieldside	0,00 mm
Innen Inside	0,00 mm

Aussen Fieldside	0,30 mm
Innen Inside	-0,20 mm

—●— Aussen / Fieldside ● / ● Oberlast / Upper load P_O
—▲— Innen / Inside ▲ / ▲ Unterlast / Lower load P_U

Ermittlung der vertikalen Systemsteifigkeit gemäß DIN EN 13146-9:2011
Determination of the vertical stiffness of the system according to EN 13146-9:2011

Schienenbefestigungssystem Rail fastening system		W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT	
Datum Versuchsdurchführung Date test performed		10.04.2018	Lastzyklus Loading cycle
Versuchsdurchführung Test performed		nach after	dem Dauerversuch repeated loading
		Gleiskategorie Track category	C



Auswertung / Evaluation			
Auswertung zwischen Evaluation between		Verformungen Deflections	
$F_{SA1} =$	1,0 kN	$d_{SA1} =$	0,00 mm
$F_{SA2} =$	51,2 kN	$d_{SA2} =$	0,61 mm
$k_{SA} =$		82,0 kN/mm	

Freigabe / Datum	Geltungsbereich	Formblatt
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein, 01.02.2017	Lehrstuhl und Prüfamnt für Verkehrswegebau	FB 13146-9_2011

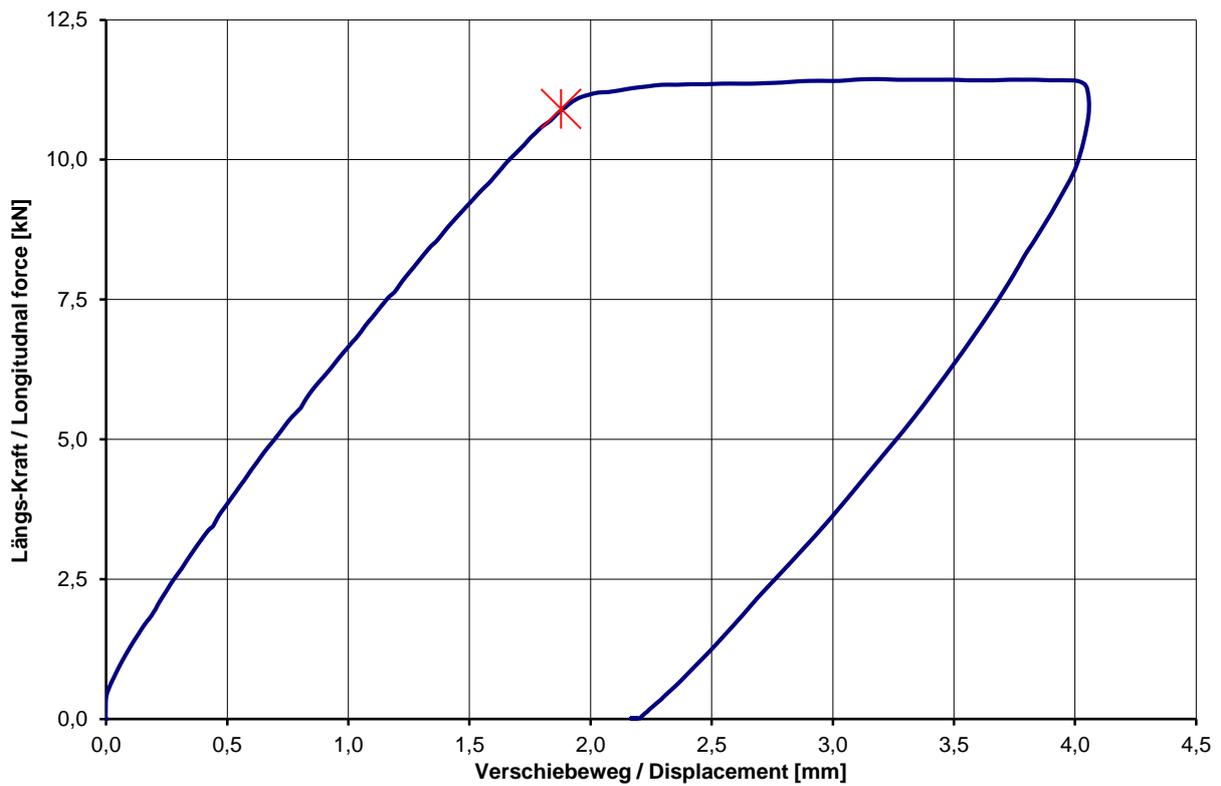
Ermittlung des Durchschubwiderstandes gemäß DIN EN 13146-1:2012
Determination of longitudinal rail restraint according to EN 13146-1:2012

Schienenbefestigungssystem Rail fastening system	W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
---	---

Datum Versuchsdurchführung Date test performed	10.04.2018
---	------------

Lastzyklus Loading cycle	2
-----------------------------	---

Versuchsdurchführung Test performed	nach after	dem Dauerversuch repeated loading
--	---------------	--------------------------------------



Auswertung / Evaluation

Lastzyklus Loading cycle	2
-----------------------------	---

$D_1 =$	4,06 mm
---------	---------

$D_2 =$	2,18 mm
---------	---------

$D_3 =$	1,88 mm
---------	---------

F =	10,9 kN
------------	----------------

Freigabe / Datum	Geltungsbereich	Formblatt
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein, 01.02.2017	Lehrstuhl und Prüfamnt für Verkehrswegebau	FB 13146-1_2012

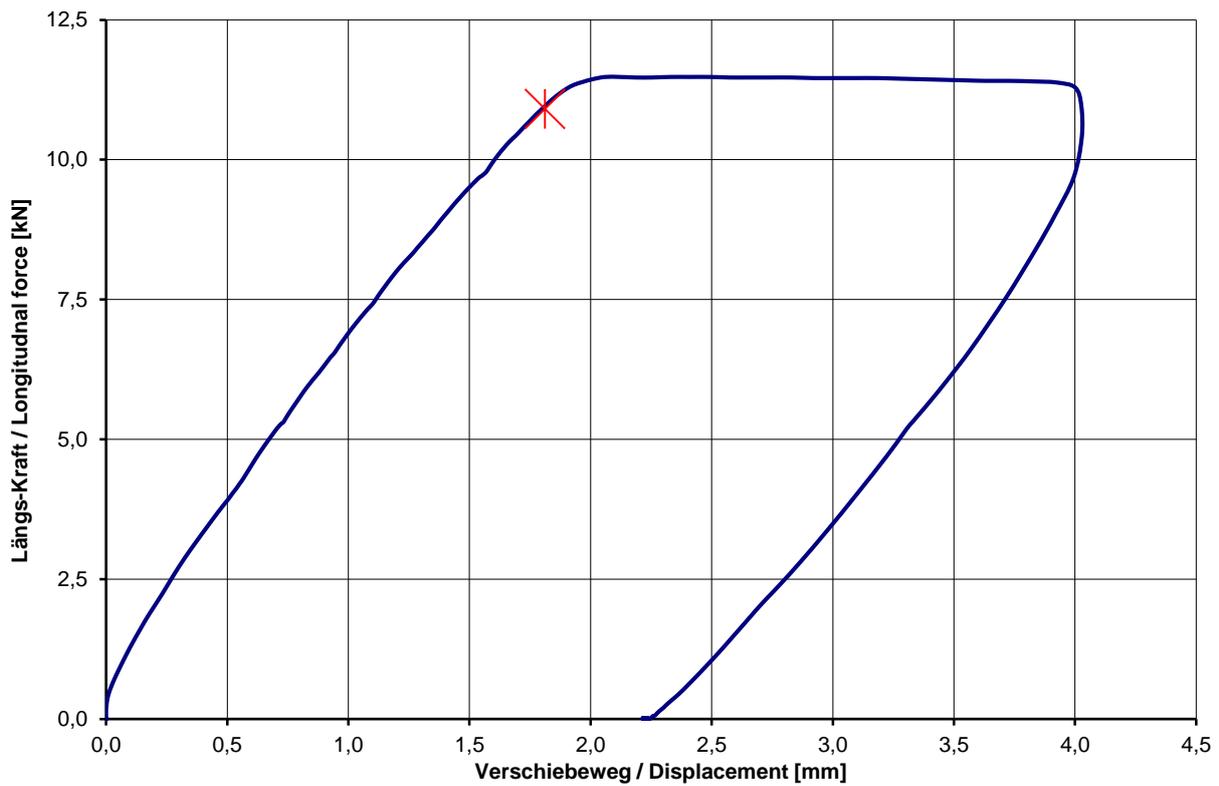
Ermittlung des Durchschubwiderstandes gemäß DIN EN 13146-1:2012
Determination of longitudinal rail restraint according to EN 13146-1:2012

Schienenbefestigungssystem Rail fastening system	W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
---	---

Datum Versuchsdurchführung Date test performed	10.04.2018
---	------------

Lastzyklus Loading cycle	3
-----------------------------	---

Versuchsdurchführung Test performed	nach after	dem Dauerversuch repeated loading
--	---------------	--------------------------------------



Auswertung / Evaluation

Lastzyklus Loading cycle	3
-----------------------------	---

$D_1 =$	4,03 mm
---------	---------

$D_2 =$	2,22 mm
---------	---------

$D_3 =$	1,81 mm
---------	---------

F =	10,9 kN
------------	----------------

Freigabe / Datum	Geltungsbereich	Formblatt
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein, 01.02.2017	Lehrstuhl und Prüfamnt für Verkehrswegebau	FB 13146-1_2012

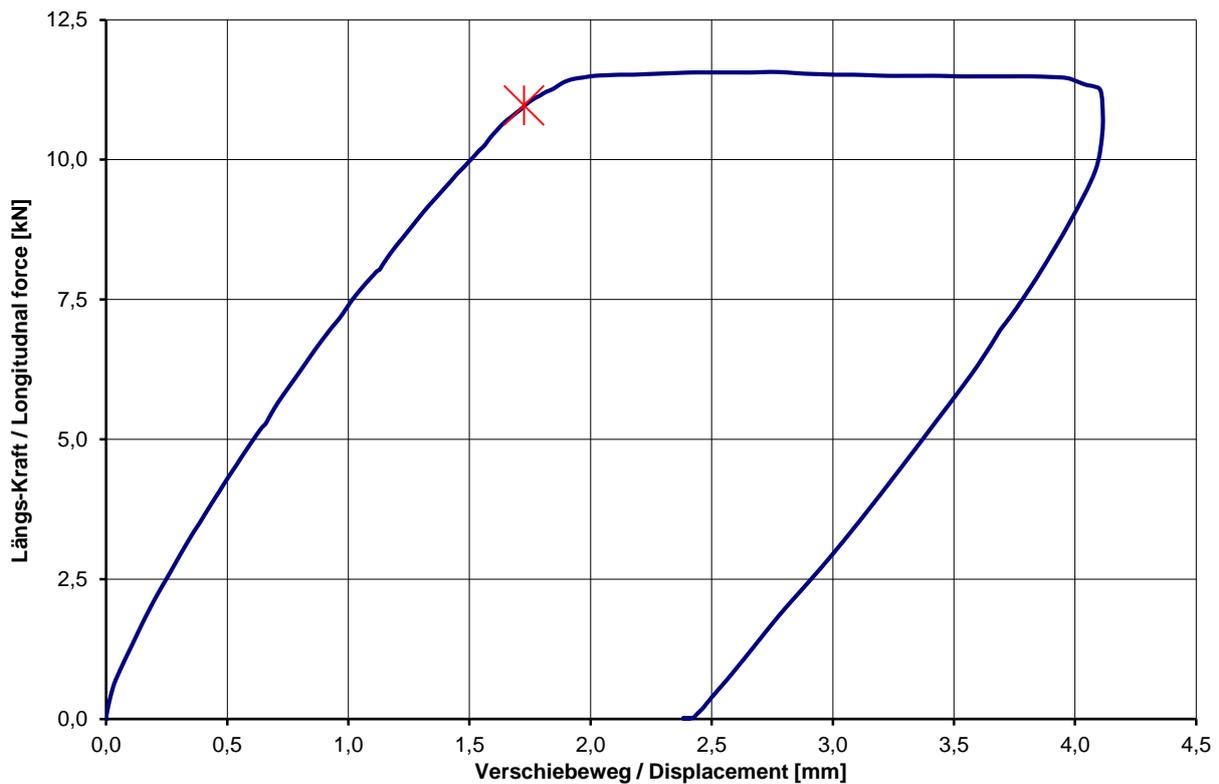
Ermittlung des Durchschubwiderstandes gemäß DIN EN 13146-1:2012
Determination of longitudinal rail restraint according to EN 13146-1:2012

Schienenbefestigungssystem Rail fastening system	W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
---	---

Datum Versuchsdurchführung Date test performed	10.04.2018
---	------------

Lastzyklus Loading cycle	4
-----------------------------	---

Versuchsdurchführung Test performed	nach after	dem Dauerversuch repeated loading
--	---------------	--------------------------------------



Auswertung / Evaluation

Lastzyklus Loading cycle	4
-----------------------------	---

$D_1 =$	4,11 mm
---------	---------

$D_2 =$	2,39 mm
---------	---------

$D_3 =$	1,73 mm
---------	---------

F =	11,0 kN
------------	----------------

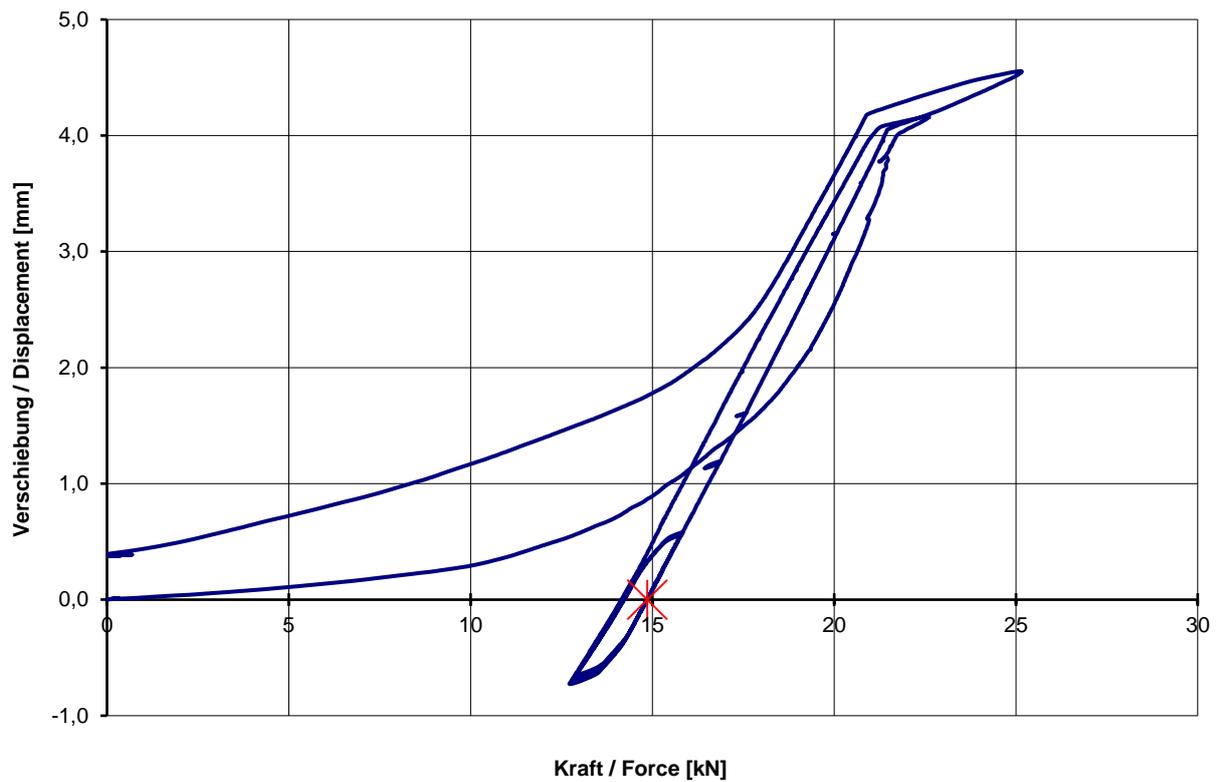
Freigabe / Datum	Geltungsbereich	Formblatt
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein, 01.02.2017	Lehrstuhl und Prüfamt für Verkehrswegebau	FB 13146-1_2012

Bestimmung der Spannkraft gemäß DIN EN 13146-7:2012
Determination of clamping force according to EN 13146-7:2012

Schienenbefestigungssystem Rail fastening system	W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
---	---

Datum Versuchsdurchführung Date test performed	10.04.2018
---	------------

Versuchsdurchführung Test performed	nach after	dem Dauerversuch repeated loading
--	---------------	--------------------------------------



Auswertung / Evaluation

1. Zyklus 1. Cycle	14,86 kN
-----------------------	----------

2. Zyklus 2. Cycle	14,86 kN
-----------------------	----------

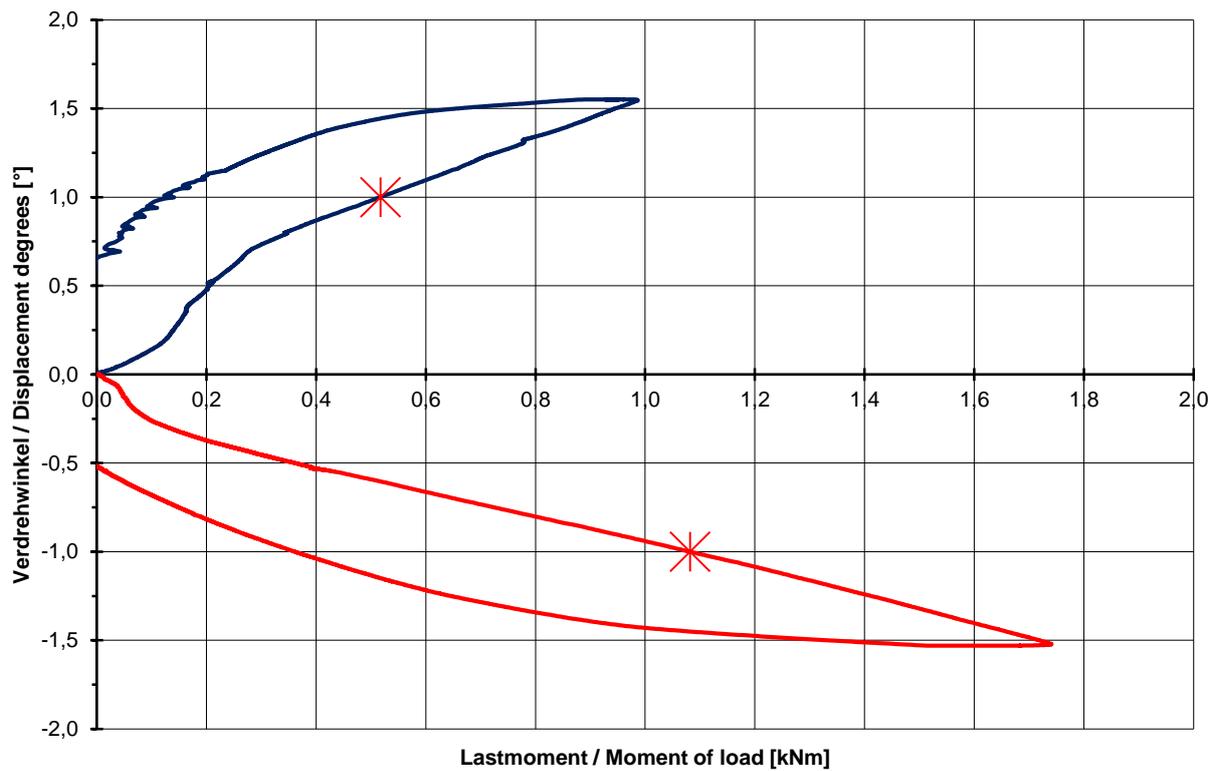
3. Zyklus 3. Cycle	14,86 kN
-----------------------	----------

Mittelwert P_0 = Mean P_0 =	14,86 kN
--	-----------------

Ermittlung des Verdrehwiderstandes gemäß DIN EN 13146-2:2012
Determination of the torsional resistance according to EN 13146-2:2012

Schienenbefestigungssystem Rail fastening system	W14 K-900 mit Zwischenlage Zw 900a ENIT
---	---

Datum Versuchsdurchführung Date test performed	09.04.2018
---	------------



Auswertung / Evaluation	
-------------------------	--

1. Prüfung	0,52 kNm
1. Test	

Gegenseitige Prüfung	1,08 kNm
Return test	



Abbildung A.1: Ermittlung der Spannkraft



Abbildung A.2: Bestimmung des Durchschubwiderstandes



Abbildung A.3: Bestimmung der vertikalen Stützpunktsteifigkeit



Abbildung A.4: Dauerschwingversuch, $\alpha = 33^\circ$, $P_V/\cos \alpha = 75 \text{ kN}$, $X = 15 \text{ mm}$



Abbildung A.5: Schienenbefestigungskomponenten (demontiert) nach dem Dauerversuch

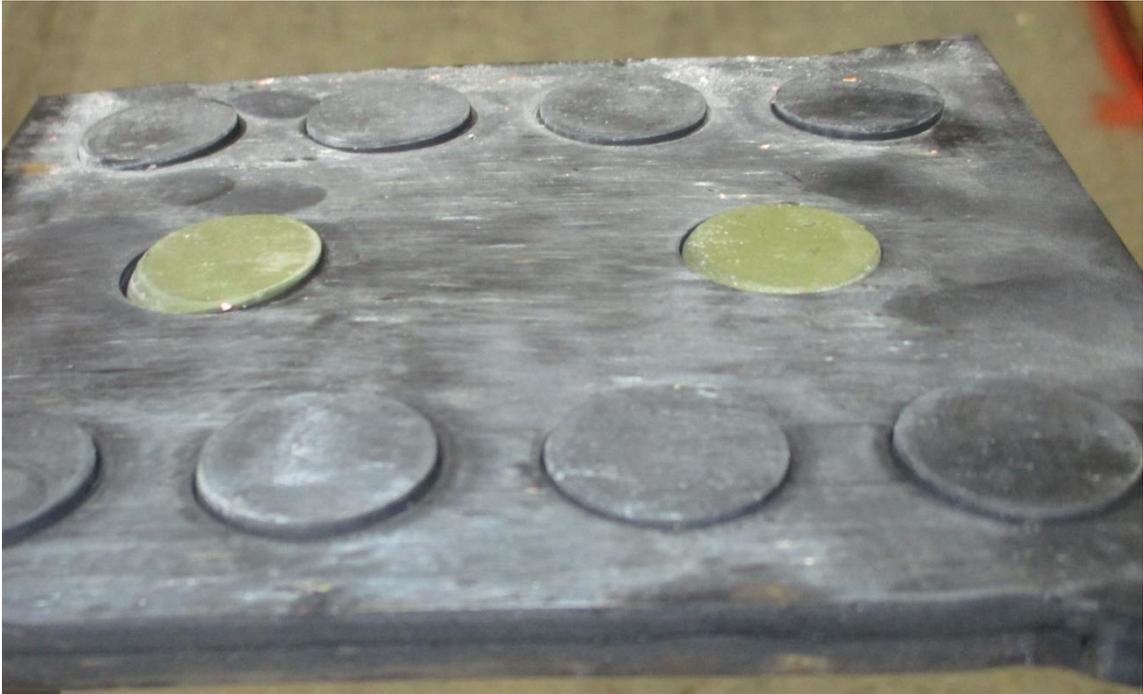


Abbildung A.6: Verformungen an der Unterseite der Zwischenlage 900a ENIT



Abbildung A.7: Bestimmung des Verdrehwiderstandes