



DIPLOMARBEIT

# **Kleben von Schneidkeramik-Sägezähnen auf ein Stahlsägeblatt**

## **Grundlagenuntersuchungen und Potential**

aus der Studienrichtung

**Wirtschaftsingenieurwesen- Maschinenbau, Produktionstechnik**

ausgeführt am

**Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik**

betreut von

Dipl.-Ing. Dr.techn. Rudolf Vallant (IWS, TU Graz)

Dipl.-Ing. Stefan Hampel (HAGE Sondermaschinenbau GmbH & CoKG)

durch

**Friedrich Moser**

Graz, im August 2013

## **Danksagung**

Mein Dank gilt dem Institutsvorstand Prof. Dr. Sommitsch für die Ermöglichung der Diplomarbeit am Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik. Vielen Dank auch an Dr. Vallant von der TU Graz und Dipl.-Ing. Hampel von der Firma HAGE, meinen beiden Betreuern, ohne Euch wäre diese Diplomarbeit nicht möglich gewesen. Recht herzlichen Dank an das Laborteam um Kurt Kerschbaumer für Eure Unterstützung, Euch ist es zu Verdanken, dass mir im Labor keine Türen verschlossen blieben. Ein besonderes Dankeschön gilt meinen guten Freunden und Studienkollegen in Graz, vor Allem Angi, Alina, Bettina, Christoph, Christoph, Gregor, Jelena, Josef, Julia, Markus, Natalie, Philipp und Stephan, Ihr habt mich durch ein Studium begleitet, habt euch immer für mich Zeit genommen und mir in der Zeit, in der ich nicht mehr in Graz war Unterschlupf geboten – ohne Euch hätte ich niemals dieses Studium bis zum Abschluss gebracht! Nicht zuletzt möchte ich meinen Eltern für die Begleitung durch mein Studium danken, Ihr habt sehr viel Geduld mit mir bewiesen.

Friedrich Moser

## **Kurzzusammenfassung**

In dieser Diplomarbeit wird versucht, Sägeblätter mit Keramiksägezähnen durch Kleben zu bestücken, damit sollen als Fernziel Schnittgeschwindigkeiten von bis zu 1000m/min erreicht werden. Hierfür wurde eine Klebstoffauswahl mit Hilfe genormter Zugversuche durchgeführt, für diese Versuche wurden Vorrichtungen zum Kleben und Prüfen konstruiert und gebaut. Zum Abschluss dieser Arbeit wurden mit Hilfe einer Klebevorrichtung komplette, mit Keramikzähnen bestückte, Sägeblätter hergestellt.

Bis zu einer optimierten und einsetzbaren Klebung für Keramikzähne auf Sägeblätter ist es hier sicherlich noch ein weiter Weg, hierfür soll diese Diplomarbeit eine Orientierungshilfe sein.

## **Abstract**

In this diploma thesis it is tried to fit a sawblade with saw teeth made of ceramics, for this reason the long-term objective is to reach cutting speeds up to 1000m/min. With the help of standardised tension tests there was done a choice of adhesives, for these tests gadgets had been designed and built. At the end of this work, there were made complete sawblades, fitted with saw teeth made of ceramics by using a new designed gadget for bonding saw teeth.

It will be a far way to find an optimised and useable bonding for saw teeth of ceramics on a sawblade, therefore this work should be an orientation guide.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

## **Statutory Declaration**

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, am 4.8.2013

Moser Friedrich

# Inhaltsverzeichnis

1	Ziel/Hintergrund.....	1
1.1	Kleben.....	1
1.1.1	Einteilung der Klebstoffe .....	1
1.1.2	Bindungskräfte beim Kleben .....	3
1.1.3	Bruchverhalten von Klebeverbindungen .....	7
1.1.4	Kleben von Metallen.....	11
1.1.5	Kleben von Keramik .....	11
1.1.6	Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen.....	11
1.2	Das Sägeblatt .....	14
1.2.1	Materialien des Sägeblattes.....	14
1.2.2	Konstruktion des Sägeblattes.....	16
1.3	Belastung des Sägezahnes und der Klebeverbindung.....	18
1.3.1	Schnittparameter .....	18
1.3.2	Fliehkraft $F_Z$ .....	18
1.3.3	Schnittkraft auf Zahn $F_{CZ}$ .....	19
1.3.4	Biegemoment am Sägezahn $M_Z$ .....	20
1.3.5	Druckspannung in der Klebefuge .....	20
1.3.6	Temperaturentwicklung in der Klebeschicht .....	20
2	Konstruktion von Vorrichtungen für Normfestigkeitsprüfungen von Klebstoffen	26
2.1	Normen für Normfestigkeitsprüfungen von Klebstoffen.....	26
2.1.1	EN 1465: Klebstoffe – Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen .....	26
2.1.2	EN 14869-2: Strukturklebstoffe – Bestimmung des Scherverhaltens struktureller Klebungen, Teil 2: Scherprüfung für dicke Fügeteile .....	28
2.1.3	EN 1464: Klebstoffe – Bestimmung des Schälwiderstandes von Klebungen – Rollenschälversuch .....	32
2.1.4	EN ISO 11339: Klebstoffe – T-Schälprüfung für geklebte Verbindungen aus flexiblen Fügeteilen .....	35

2.2	Konstruktion der Vorrichtungen für die Normfestigkeitsprüfungen .....	37
2.2.1	EN 1465: Klebstoffe – Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen.....	39
2.2.2	EN 14869-2: Strukturklebstoffe – Bestimmung des Scherverhaltens struktureller Klebungen, Teil 2: Scherprüfungen für dicke Füge­teile .....	42
2.2.3	EN 1464: Klebstoffe – Bestimmung des Schälwiderstandes von Klebungen – Rollenschälversuch .....	46
2.2.4	EN ISO 11339: Klebstoffe – T-Schälprüfung für geklebte Verbindungen aus flexiblen Füge­teilen.....	48
2.2.5	Vorrichtung zum Kleben der Proben für Dün­nblechscherversuche und Dickblechscherversuche.....	49
3	Beschreibung der ausgewählten Klebstoffe .....	52
3.1	HENKEL: HYSOL® EA 9394/C-2 .....	52
3.2	DELO: DELOMONOPOX® AD295 .....	54
3.3	HENKEL: HYSOL® 9497™ .....	55
3.4	3M: SCOTCH-WELD™ DP760 .....	57
3.5	THREE BOND: 2285D .....	59
3.6	POLYMERICS: PX-313/313T .....	60
3.7	POLYMERICS: PX-314 .....	61
3.8	DELO: DELOMONOPOX® 1197 .....	62
3.9	DELO: DELOMONOPOX® AD298 .....	63
3.10	Vergleich der Eigenschaften der ausgewählten Klebstoffe .....	64
4	Test und Ergebnisse der ausgewählten Klebstoffe .....	66
4.1	EN 1465: Klebstoffe – Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen.....	66
4.1.1	Verwendete Klebstoffe .....	66
4.1.2	Durchführung der Klebungen .....	67
4.1.3	Prüfen der geklebten Proben .....	69
4.1.4	Ergebnisse der geprüften Überlappungsklebungen .....	71
4.2	EN 14869-2: Strukturklebstoffe – Bestimmung des Scherverhaltens struktureller Klebungen, Teil 2: Scherprüfungen für dicke Füge­teile.....	75
4.2.1	Verwendete Klebstoffe .....	75

4.2.2	Durchführung der Klebungen .....	75
4.2.3	Prüfen der geklebten Proben .....	76
4.2.4	Ergebnisse der geprüften Klebeverbindungen .....	77
4.3	Interpretation der Ergebnisse .....	79
5	Applikationsversuche am Sägeblatt.....	82
5.1	Positionieren und Kleben einzelner Sägezähne.....	82
5.1.1	Konstruktion einer Vorrichtung zum Positionieren und Kleben einzelner Sägezähne .....	83
5.1.2	Praktische Versuche zum Kleben einzelner Sägezähne auf das Sägeblatt .....	86
5.2	Kleben aller Sägezähne auf ein Sägeblatt .....	89
5.2.1	Konstruktion einer Vorrichtung zum Positionieren und Kleben aller Sägezähne .....	89
5.2.2	Praktische Versuche zum Kleben aller Sägezähne auf das Sägeblatt	91
5.2.3	Visuelle Prüfung und Schlagprüfung der Klebungen der Sägezähne..	92
5.3	Nachrechnung der Belastung der Klebestelle .....	94
6	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	101
7	Ausblick.....	102
8	Abbildungsverzeichnis.....	104
9	Tabellenverzeichnis.....	109
10	Formelverzeichnis.....	111
11	Literaturverzeichnis.....	113

# 1 Ziel/Hintergrund

Ziel dieser Arbeit ist es, in Zusammenarbeit mit den Firmen HAGE als Sägenhersteller und KAMPMANN als Sägeblatthersteller ein Kreissägeblatt zu entwickeln, bei dem das Stammbblatt - nicht wie heutzutage üblich mit Hartmetall-Sägezähnen - sondern mit Schneidkeramik-Sägezähnen bestückt wird. Im Unterschied zu Hartmetall-Sägezähnen können Schneidkeramik-Sägezähne nicht durch konventionelles Lötten mit dem Kreissägeblatt verbunden werden.

Man müsste in diesem Fall die Keramikzähne durch Aktivlötten mit Titan-dotierten Loten bei Löttemperaturen von bis zu 1100°C unter Hochvakuum (besser als  $10^{-4}$  mbar) aufbringen.<sup>1</sup>

Im Rahmen dieser Diplomarbeit geht man hier den Weg des Klebens. Von Kreissägeblättern mit Schneidkeramik-Sägezähnen verspricht man sich höhere Schnittgeschwindigkeiten von bis zu 1000 m/min bei Vorschüben von bis zu 0,12mm/Zahn.

## 1.1 Kleben

Ein Klebstoff wird definiert als ein Stoff, mit dem Füge­teile verbunden werden können, Voraussetzung hierfür sind die Flächenhaftung (Adhäsion) und die innere Festigkeit des Klebstoffes (Kohäsion). Dieses Unterkapitel soll die wichtigsten Grundbegriffe erläutern und geht nur so weit ins Detail, wie es für einen Maschinenbauer, der Kleben will, notwendig ist. Für detailliertere Informationen wird an dieser Stelle auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen, insbesondere die Bücher von Gerd Habenicht „*Kleben – erfolgreich und Fehlerfrei*“<sup>2</sup> und „*Kleben – Grundlagen, Technologien, Anwendungen*“<sup>3</sup> werden hier empfohlen.

### 1.1.1 Einteilung der Klebstoffe<sup>4 5</sup>

Es gibt sehr viele verschiedene Möglichkeiten, wie ein Klebstoff konzipiert sein kann, somit kann es aufwändig sein, für eine Anwendung den optimalen Klebstoff zu finden. Eine Erleichterung hierfür soll folgende Einteilung nach den Eigenschaften bringen:

---

<sup>1</sup> Vgl.: Holzner, Wippel (1994), S. 27 - 32

<sup>2</sup> Habenicht (2012)

<sup>3</sup> Habenicht (2009)

<sup>4</sup> Vgl.: Habenicht (2012), S.7 - 11

<sup>5</sup> Vgl.: Sommitsch, Vallant (2013), S.3-9 – 3-14

- **Chemisch reagierende oder physikalisch anbindende Klebstoffe**  
Während bei chemisch reagierenden Klebstoffen erst an der eigentlichen Klebestelle eine chemische Reaktion eintritt, welche den Klebstoff aushärten lässt, enthalten physikalisch anbindende Klebstoffe bereits das fertige Polymer. Der für die Adhäsion notwendige flüssige Zustand wird durch physikalische Prozesse wie Schmelzen oder Lösen bzw. Dispergieren erzeugt. Der Klebstoff bindet ab, indem die Schmelze erstarrt oder das Lösungs- bzw. Dispersionsmittel entweicht.
- **Lösungsmittelhaltige und lösungsmittelfreie Klebstoffe**  
Wie oben erwähnt können Lösungsmittel bei physikalisch anbindenden Klebstoffen erforderlich sein, unter Lösungsmittelklebstoffen versteht man aber weitgehend nur solche Klebstoffe, die ein organisches, meist brennbares Lösungsmittel enthalten.
- **Klebstoffe auf natürlicher und künstlicher Basis**  
Bestehen die Verbindungen im Klebstoff aus Naturprodukten, so spricht man von natürlicher Basis, wurden die Verbindungen durch gezielte chemische Reaktionen hergestellt, spricht man von einer künstlichen Basis.
- **Klebstoffe auf organischer und anorganischer Basis**  
Klebstoffe auf organischer Basis haben Kohlenstoff als zentrales Element, Klebstoffe auf anorganischer Basis beinhalten Stoffe aus der unbelebten Natur (z.B.: Metalle, Mineralien).
- **Anwendungsbezogene Bezeichnungen**  
Weitere Bezeichnungen richten sich nach den speziellen Anwendungsgebieten des jeweiligen Klebstoffes, hier kann noch unterschieden werden zwischen
  - Verarbeitungstemperatur (Kaltleim, warmhärtender Klebstoff)
  - Verarbeitungsverfahren (Haftklebstoff, Schmelzklebstoff,...)
  - Verwendungszweck (Holzleim, Metallklebstoff,...)
  - Lieferform (Folie, Pulver,...)
  - Klebstoffgrundstoff (Epoxidharz, Polyurethanklebstoff,...)
  - ...

### 1.1.2 Bindungskräfte beim Kleben

Die Festigkeit einer Klebeverbindung wird oft weniger von der Festigkeit der verklebten Bauteile, sondern mehr von der Festigkeit des Klebstoffes an sich und der Verbindungseigenschaften zwischen Klebstoff und Füge­teil bestimmt.<sup>6</sup>

Im weiteren wird in diesem Unterkapitel nicht mehr auf die Festigkeit der Bauteile eingegangen, es werden hier die für den Klebstoff wichtigen Kriterien beschrieben.

Die Festigkeit des Klebstoffes an sich wird von den Bindungskräften im Molekül, bzw. von den Bindungskräften zwischen den Molekülen bestimmt, diese Kräfte werden auch Kohäsionskräfte genannt, sie sind beim Kleben kaum mehr beeinflussbar.<sup>6</sup>

Die Verbindungseigenschaften zwischen Klebstoff und Füge­teil werden von den Kräften zwischen sich berührenden Oberflächen verschiedener Materialien bestimmt. Diese in den Grenzflächen wirkenden Kräfte werden Adhäsionskräfte genannt.<sup>6</sup>

Es werden bei der Adhäsion noch 3 Mechanismen unterschieden:<sup>7</sup>

- **Physikalische Adhäsion**

Ausbildung intermolekularer Kräfte, z.B.: Wasserstoffbrücken zwischen Sauerstoff – und Wasserstoffatomen

- **Chemische Adhäsion**

Anteil des Zusammenhaltes, der durch Reaktionen von Klebstoff und Füge­teil entsteht

- **Mechanische Adhäsion**

Verhakung des Klebstoffes mit der Füge­teiloberfläche

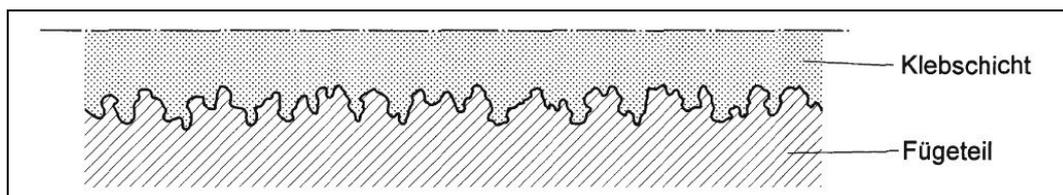


Abbildung 1: Verhakung des Klebstoffes mit der Füge­teiloberfläche<sup>8</sup>

Während in Abbildung 2 eine grundsätzliche Unterscheidung zwischen Adhäsionskräften und Kohäsionskräften dargestellt wird, zeigt Abbildung 3 auch noch die 3 Adhäsionsmechanismen.

<sup>6</sup> Vgl.: Fahrenwaldt, Schuler (2011), S.125

<sup>7</sup> Vgl.: Kalweit et al. (2012), S.533

<sup>8</sup> Habenicht (2012), S.55

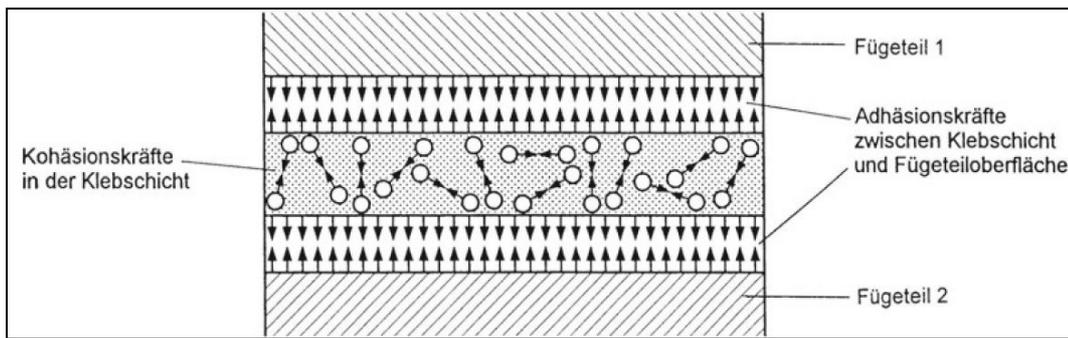


Abbildung 2: Adhäsionskräfte und Kohäsionskräfte in einer Klebung<sup>9</sup>

### Adhäsionsmechanismen

physikalische Adhäsion	chemische Adhäsion	mechanische Adhäsion
<p> <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #8eb9e2; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Werkstoff                   <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #c0392b; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Klebstoff                   <span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 2px solid #e91e63; margin-right: 5px;"></span> Oberfläche                   <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; margin-right: 5px;"></span> Klebstoffmoleküle             </p>		

#### Kleben und Dichten

Zusammenwirken von Bindekräften aus:

Adhäsion  
(an der Kontaktfläche)

Kohäsion  
(im Kleb- oder Dichtstoff)

Abbildung 3: Adhäsionsmechanismen im Klebstoff<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Habenicht (2012), S.60

<sup>10</sup> Kalweit et al. (2012), S.533

Während Kohäsionskräfte kaum mehr beeinflusst werden können, werden die Adhäsionskräfte noch wesentlich durch die Oberflächeneigenschaften beeinflusst. Im Folgenden wird noch auf die Benetzung und die Oberflächenvorbereitung eingegangen:

### Benetzung

Damit die Adhäsionskräfte wirksam werden können, müssen sich die Klebstoffmoleküle in der mehr oder weniger rauen Oberfläche des Fügebauteiles ausbreiten können. Hierfür ist die Fließfähigkeit des Klebstoffes notwendig, man nennt diese Eigenschaft Viskosität. Je kleiner die Viskosität eines Klebstoffes ist, desto besser kann der Klebstoff in die Rautiefe der Oberfläche des Fügebauteiles eindringen.<sup>11</sup> Abbildung 4 verdeutlicht diesen Einfluss auf das Benetzungsverhalten des Klebstoffes.

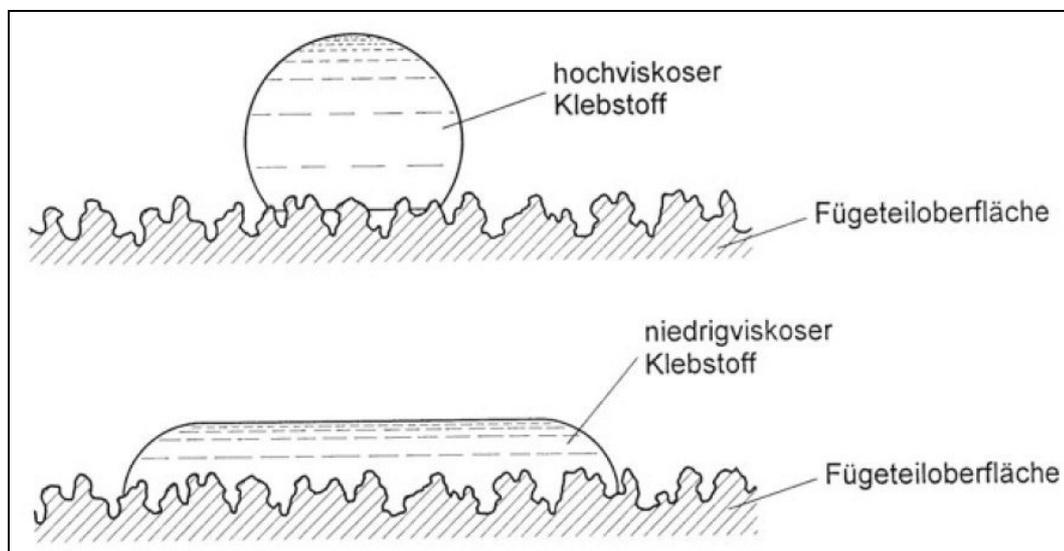


Abbildung 4: Benetzungsverhalten eines hoch- und niedrigviskosen Klebstoffes<sup>12</sup>

Die Viskosität alleine ist aber nicht ausschlaggebend für die Benetzungsfähigkeit eines Fügebauteiles, maßgebend beteiligt ist hier auch das Verhältnis der Oberflächenspannungen der am Klebevorgang beteiligten Materialien, sprich dem Fügebauteil und dem Klebstoff. Ein kleines Verhältnis der Oberflächenspannungen von Fügebauteil zu Klebstoff würde aufgrund der Bestrebung des Klebstoffes, seine Oberfläche zu minimieren zu einer Tropfenbildung, und somit zu einer schlechten Oberfläche führen, ein großes Verhältnis hingegen würde entgegengesetzt zu einer guten Benetzung führen.<sup>13</sup> Wie Tabelle 1, Seite 11 im Kapitel 1.1.4 Kleben von

<sup>11</sup> Vgl.: Habenicht (2012), S.57

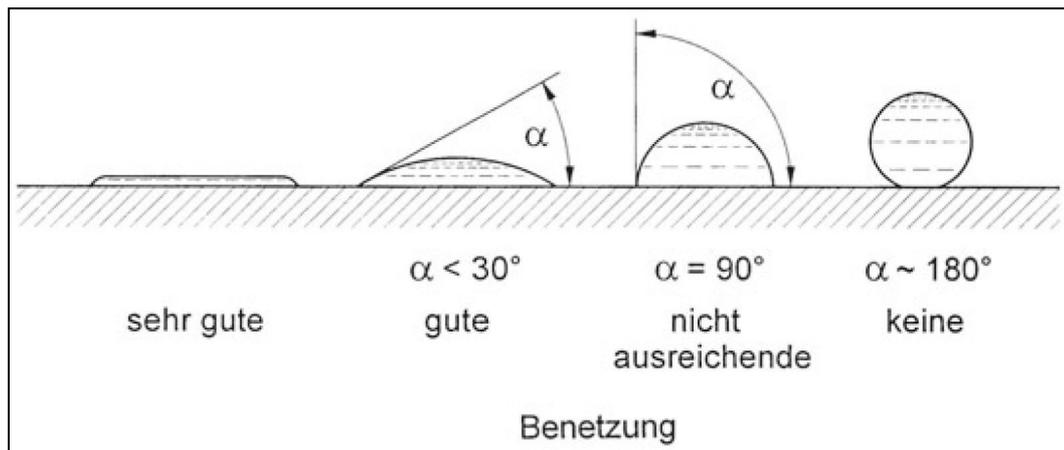
<sup>12</sup> Habenicht (2012), S.57

<sup>13</sup> Vgl.: Habenicht (2012), S.58 - 59

Metallen zeigt, haben Metalle eine hohe Oberflächenspannung, aus diesem Grund sind Metallklebungen bei guter Oberflächenvorbereitung prinzipiell gut durchführbar.

Je nach der möglichen Benetzung einer Oberfläche kann ein Flüssigkeitstropfen verschiedene Gestalten annehmen, diese entsprechen wiederum einem gewissen Benetzungswinkel  $\alpha$ : Je größer dieser Benetzungswinkel ist, desto schlechter ist die Benetzbarkeit einer Oberfläche. Bei einer guten Benetzung liegt der Benetzungswinkel bei  $\alpha < 30^\circ$ .<sup>14</sup>

In Abbildung 5 wird dies noch einmal grafisch dargestellt:



**Abbildung 5: Benetzungsarten von Flüssigkeiten auf Oberflächen<sup>15</sup>**

### Oberflächenvorbereitung

Jeder Klebstoffhersteller gibt in seinen Klebeanweisungen an, dass die zu klebende Oberfläche gesäubert und von Fett und Öl befreit sein muss, da es sonst zu einer Beeinträchtigung der Ausbildung der Adhäsionskräfte kommt. Des Weiteren wird insbesondere bei metallischen Fügeteilen ein Aufrauen der Oberfläche empfohlen, damit sich, wie schon erwähnt und in Abbildung 1 gezeigt, der Klebstoff mit der Oberfläche verhaken kann. Abbildung 6 stellt diese und noch weitere Oberflächenvorbereitungsverfahren dar:

<sup>14</sup> Vgl.: Habenicht (2012), S.57

<sup>15</sup> Vgl.: Habenicht (2012), S.58

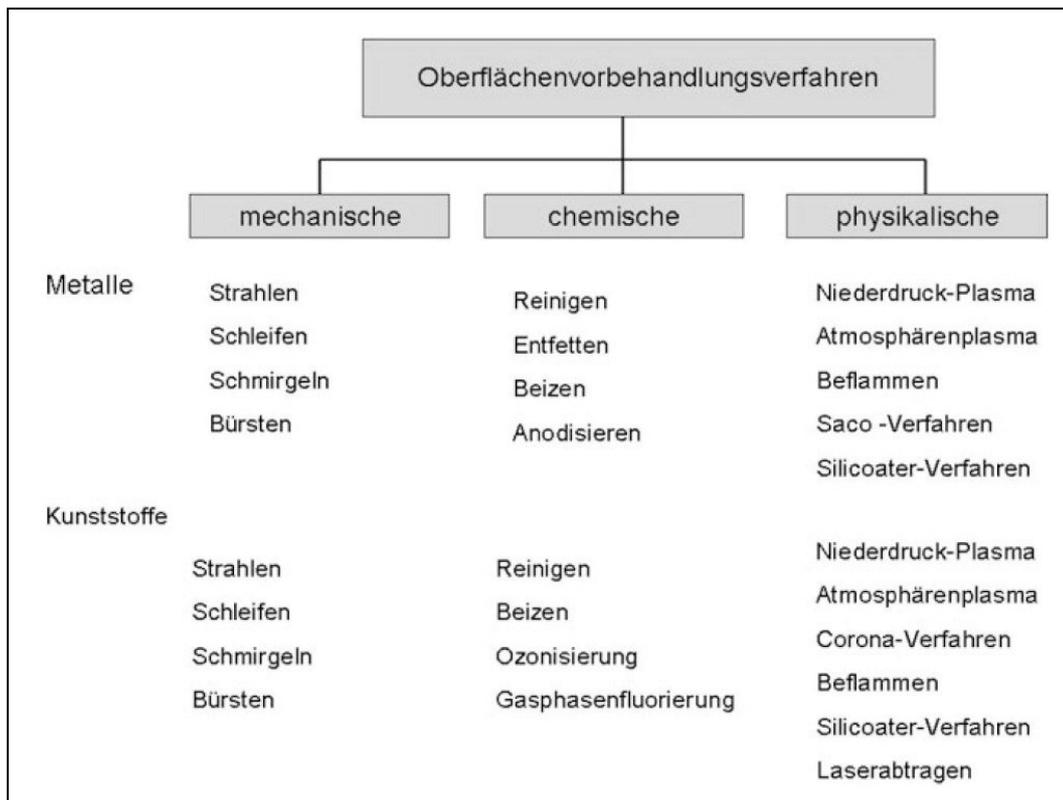


Abbildung 6: Verfahren zum Vorbereiten von zu klebenden Oberflächen<sup>16</sup>

### 1.1.3 Bruchverhalten von Klebeverbindungen<sup>17</sup>

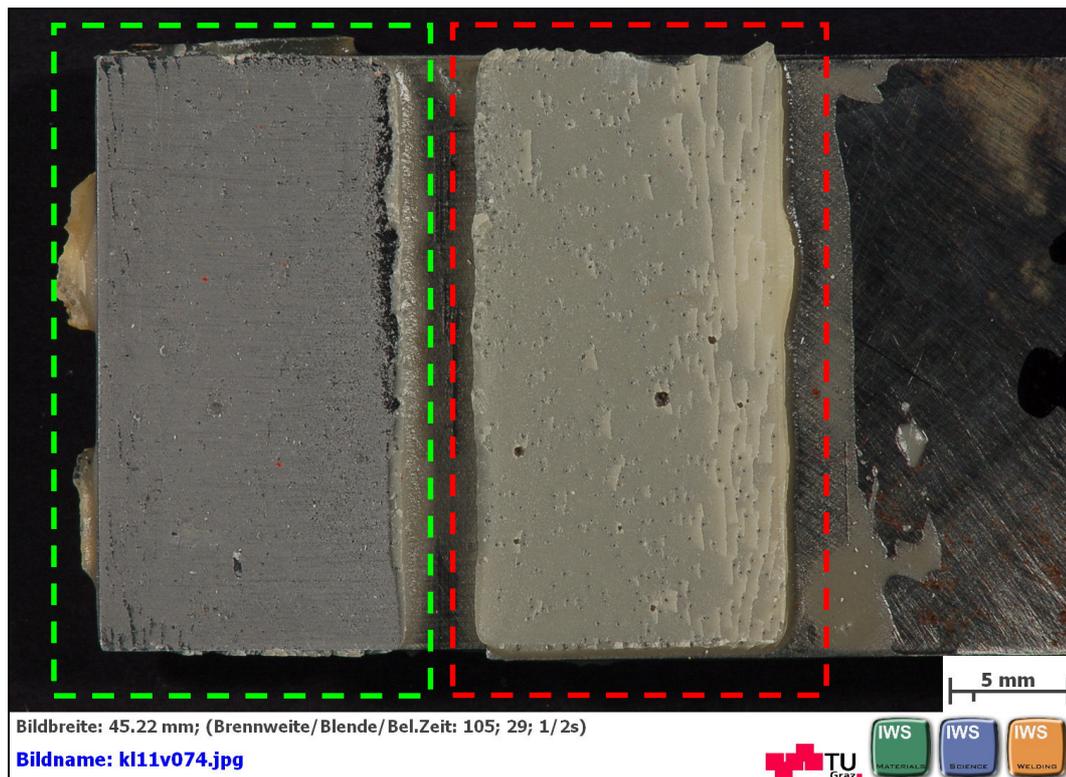
Besteht eine Klebung aus Klebschicht und Grenzschicht, so kann die Klebung auch in der Klebschicht oder an der Grenzschicht brechen.

Analog zu den Kräften in einer Klebschicht spricht man daher von einem Kohäsionsbruch, wenn die Klebung in der Klebschicht bricht (Abbildung 7), und von einem Adhäsionsbruch, wenn die Klebung in der Grenzschicht bricht (Abbildung 8).

Wenn die Klebung nicht eindeutig einem der beiden Brucharten zugeordnet werden kann, so wird der prozentuelle Anteil des Kohäsionsbruches geschätzt und angegeben, man spricht in diesem Falle von einem Mischbruch (Abbildung 9).

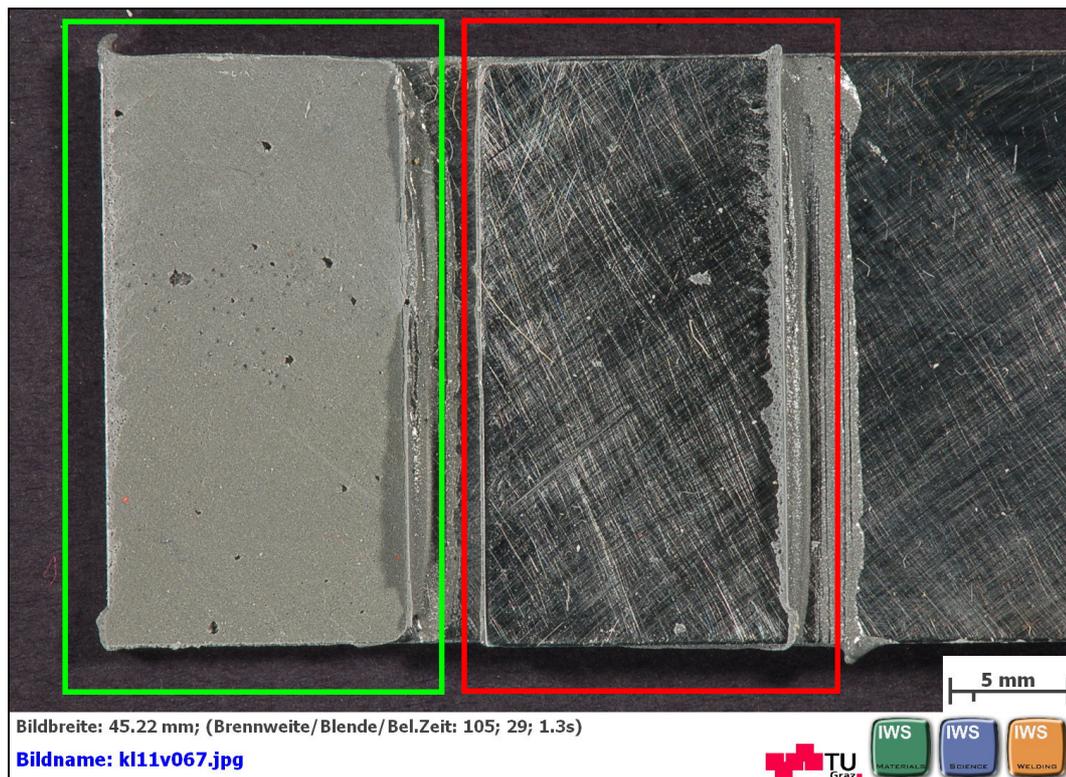
<sup>16</sup> Risse (2012), S. 266

<sup>17</sup> Vgl.: o.V.: EN ISO 10365 (1992), S. 3 - 5



**Abbildung 7: Kohäsionsbruch**

Abbildung 7 zeigt einen Kohäsionsbruch, die geschliffene Probe wurde mit einem Schleifvlies aufgeraut, mit Isopropanol gereinigt, und mit dem Klebstoff THREE BOND: 2285D bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik geklebt, es handelt sich um die geprüfte Probe 4 von 5 nach EN 1465, beschrieben in 4.1 EN 1465: Klebstoffe – Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen, Seite 66. Zur besseren Veranschaulichung wurden die Proben beim Dokumentieren übereinander gelegt, dass man beide Bruchflächen nebeneinander betrachten kann. Man kann erkennen, dass nach dem Bruch sowohl an der grün markierten Bruchfläche als auch an der rot markierten Bruchfläche noch Klebstoff vorhanden ist – die Probe ist somit im Klebschicht gebrochen.



**Abbildung 8: Adhäsionsbruch**

Abbildung 8 zeigt einen Adhäsionsbruch, die geschliffene Probe wurde mit einem Schleifvlies aufgeraut, mit Isopropanol gereinigt, und mit dem Klebstoff HENKEL: HYSOL<sup>®</sup> EA 9394/C-2 bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik geklebt, es handelt sich um die Probe 2 von 5 nach EN 1465, beschrieben in 4.1 EN 1465: Klebstoffe – Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen, Seite 66. Zur besseren Veranschaulichung wurden die Proben beim Dokumentieren übereinander gelegt, dass man beide Bruchflächen nebeneinander betrachten kann. Man kann erkennen, dass nach dem Bruch zwar an der grün markierten Bruchfläche noch Klebstoff vorhanden ist, jedoch an der rot markierten Fläche kein Klebstoff mehr vorhanden ist – die Probe ist somit in der Grenzschicht gebrochen.



**Abbildung 9: Mischbruch, zu ca. 60% Kohäsionsbruch**

Abbildung 9 zeigt einen Mischbruch, die geschliffene Probe wurde mit einem Schleifvlies aufgeraut, mit Isopropanol gereinigt, und mit dem Klebstoff DELO: DELOMONOPOX<sup>®</sup> AD295 bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik geklebt, es handelt sich um die Probe 3 von 5 nach EN 1465, beschrieben in 4.1 EN 1465: Klebstoffe – Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen, Seite 66. Zur besseren Veranschaulichung wurden die Proben beim Dokumentieren übereinander gelegt, dass man beide Bruchflächen nebeneinander betrachten kann. Man kann erkennen, dass nach dem Bruch zwar die grün markierte Bruchfläche fast vollständig mit Klebstoff bedeckt ist, die rot markierte Bruchfläche aber nur teilweise mit Klebstoff bedeckt ist. Die Anteile wurden zu 40% Adhäsionsbruch und zu 60% Kohäsionsbruch geschätzt.

Bricht eine Klebeverbindung wie in Abbildung 8 dargestellt als Adhäsionsbruch, so sind die Ursachen oft eine fehlerhafte Oberflächenvorbehandlung, bricht die Klebeverbindung jedoch wie in Abbildung 7 gezeigt als Kohäsionsbruch, so wurden wirklich die Grenzen des Klebstoffes erreicht – die optimale Klebung sollte einen Kohäsionsbruch aufweisen.

### 1.1.4 Kleben von Metallen

Metalle sind aufgrund ihrer hohen Oberflächenspannung und dem daraus resultierenden hohen Verhältnis der Oberflächenspannungen von Metall zu Klebstoff sehr gut benetzbar.<sup>18</sup>

**Tabelle 1: Oberflächenspannung von Metallen und Klebstoffen**<sup>18</sup>

Material	Oberflächenspannung [mN/m]
Metalle	1000 – 3000
Klebstoffe	30 – 50

Neben einer sauberen, öl- und fettfreien Oberfläche sollte die Oberfläche mithilfe eines Schleifvlies aufgeraut werden.

### 1.1.5 Kleben von Keramik<sup>19</sup>

Zwar haben Keramiken keine so große Oberflächenspannung wie Metalle, die wesentliche klebetechnische Eigenschaft hier ist ihre poröse Beschaffenheit, sie erlaubt es, dass bei Keramiken, nicht wie bei Metallen, keine besondere Oberflächenaufrauung mit einem Schleifvlies erforderlich ist. Auf eine öl- und fettfreie Oberfläche ist, wie bei jedem zu klebenden Werkstoff, jedenfalls zu achten.

### 1.1.6 Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen

Klebeverbindungen bringen viele Vor- und auch Nachteile, wie Tabelle 2 zeigt:

---

<sup>18</sup> Vgl.: Habenicht (2012), S.59

<sup>19</sup> Vgl.: Habenicht (2012), S.118

**Tabelle 2: Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen<sup>20</sup>**

Vorteile	Nachteile
Gleichmäßige Spannungsverteilung senkrecht zur Belastungsrichtung	Einfluss der Zeit auf den Verfahrensablauf
Keine thermische Gefügebeeinflussung	Oberflächenvorbehandlung der Fügeteile
Kein thermisch bedingter Bauteilverzug	Begrenzte thermische Formbeständigkeit
Verbindungsmöglichkeit für unterschiedliche Materialkombinationen	Sorgfältige Prozesskontrolle
Verbindungsmöglichkeit für sehr dünne Fügeteile	Alterungsabhängigkeit der Klebschicht und Grenzschicht
Gewichtersparnis, Leichtbau	Aufwendige Kontrollverfahren
Verbindungsmöglichkeit für sehr wärmeempfindliche Bauteile	Geringe Schälwiderstände
Verbindungsmöglichkeit für Metalle unterschiedlicher elektrochemischer Eigenschaften (isolierende Wirkung der Klebschicht)	Kompensation der niedrigen Klebschichtfestigkeiten über Fügeflächengröße
Festigkeitserhöhung in Verbindung mit Schrauben, Nieten, Punktschweißen (Eliminierung der Spaltkorrosion)	Begrenzte Reparaturmöglichkeiten
Hohe dynamische Festigkeit; hohe Schwingungsdämpfung	Aufwendige Festigkeitsberechnungen
Möglichkeit zur Automatisierung	Demontage von Klebungen

Von Bedeutung für diese Arbeit sind folgende Vorteile:

- **Keine thermische Gefügebeeinflussung**  
Wird selbst beim Weichlöten eine Temperatur von bis zu 390 °C erreicht, wodurch Haarrisse durch Temperaturspannungen entstehen können, so werden beim Kleben je nach Klebstoff nur Temperaturen von 130 °C bis 200 °C erreicht.
- **Kein thermisch bedingter Bauteilverzug**  
Wenn kein thermisch bedingter Verzug auftritt, kann es möglich sein, dass das Sägeblatt nach dem Kleben nicht mehr plangeschliffen werden muss.
- **Verbindungsmöglichkeit für unterschiedliche Materialkombinationen**  
Durch konventionelles Löten kann Keramik nicht mit Stahl verbunden werden, eine Abhilfe würde hier die Verwendung von Aktivloten bringen.

<sup>20</sup> Vgl.: Habenicht (2009), S.354

- **Hohe dynamische Festigkeit; hohe Schwingungsdämpfung**  
Die beim Schneiden auftretende Stoßbelastung des an sich spröden und stoßempfindlichen Keramikzahnes soll durch die Schwingungsdämpfung vermindert werden.
- **Möglichkeit zur Automatisierung**  
Nur durch Einsatz einer Dosiervorrichtung, und einer Vorrichtung zum Befestigen der Sägezähne kann ein Sägeblatt technisch sinnvoll und wirtschaftlich geklebt werden.

Aber auch folgende Nachteile:

- **Einfluss der Zeit auf den Verfahrensablauf**  
Im Unterschied zum Löten, muss bei Klebeverbindungen, um eine optimale Festigkeit erreichen zu können, die Verbindung je nach Klebstoff über einem Zeitraum von 40 Minuten bei manchen 1-Komponenten-Klebstoffen, wie beispielsweise beim Produkt von DELO, DELOMONOPOX<sup>®</sup> AD295 bis zu 7 Tagen bei manchen 2-Komponenten-Klebstoffen, wie das beim Produkt von HENKEL, HYSOL<sup>®</sup> 9497<sup>TM</sup> der Fall ist, aushärten. Um sicherzustellen, dass sich die Teile in diesem Zeitraum nicht verschieben können, müssen die Klebeteile andauernd fixiert werden. Tabelle 31 auf Seite 64 zeigt unter anderem diese Eigenschaften der für diese Arbeit benutzten Klebstoffe.
- **Oberflächenvorbereitung der Fügeteile**  
Damit der Klebstoff gut anbindet, muss die Oberfläche aufwendig gesäubert, aufgeraut und von Öl und Fett befreit sein.
- **Begrenzte thermische Formbeständigkeit**  
Sollte sich ein Sägezahn bei höherer Temperatur aufgrund der begrenzten Formbeständigkeit verschieben, so würde das unvermeidlich zum Bruch dieses Zahnes führen.
- **Kompensation der niedrigen Klebschichtfestigkeiten über Fügeflächen­größe**  
Die lt. 1.3.3, Seite 19 nicht unbeträchtlich großen Schnittkräfte, die auf einen Sägezahn wirken, müssen auch vom Klebstoff aufgenommen werden, der Sägezahn selbst ist jedoch relativ klein, somit ist auch die zu klebende Fläche klein, bzw. die übertragbaren Kräfte sind beschränkt, da die maximal erreichten Festigkeiten der Klebstoffe lt. Kapitel 4.2, Seite 75 bei 90MPa (DELO: DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197, bei Raumtemperatur) liegen.

## 1.2 Das Sägeblatt <sup>21</sup>

Stammblatt und Sägezahn wurden von der Firma KAMPMANN definiert und beige stellt. Der Aufbau des Sägeblattes wird in den folgenden Unterkapiteln beschrieben:

### 1.2.1 Materialien des Sägeblattes

Das Stammblatt besteht aus dem Werkzeugstahl 80CrV2 mit der Werkstoffnummer 1.2235, dieser Kaltarbeitsstahl ist lt. Aufschlüsselung eine Legierung bestehend aus 0,8%C, 0,5%Cr und Spuren von V, Die chemische Zusammensetzung gemäß Stahlschlüssel zeigt Tabelle 3:

**Tabelle 3: chemische Zusammensetzung 80CrV2 in Gewichtsprozent<sup>22</sup>**

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V
Min.	0,75	0,15	0,30			0,40			0,15
Max.	0,85	0,35	0,50	0,025	0,025	0,60	0,10	0,40	0,25

Für eine Berechnung des Temperaturverlaufes mit Hilfe der FEM Simulation, wie in Kapitel 1.3.6, Seite 20 im Klebespalt werden zusätzlich noch der Wärmeausdehnungskoeffizient und die Wärmeleitfähigkeit benötigt. Der Wärmeausdehnungskoeffizient kann mit  $14 \cdot 10^{-6} K^{-1}$  angenommen werden, die Wärmeleitfähigkeit ist abhängig von der Temperatur und wird in Tabelle 4 dargestellt:

**Tabelle 4: Wärmeleitfähigkeit für 80CrV2 in Abhängigkeit von der Temperatur**

Temperatur [°C]	20	350	750
Wärmeleitfähigkeit [W/m.K]	33,5	32	31

Für den Sägezahn wurde ein Werkstoff der Firma CERATIZIT gewählt.

CERATIZIT bietet folgende Werkstoffe auf  $Si_3N_4$  (Silizium Nitrid) Basis an:

- SNC1
- SNC20
- SNCB5

<sup>21</sup> Vgl.: Sadrawetz/Vallant (2011), S.9-11

<sup>22</sup> Vgl.: Wegst/Wegst (2013), S. 316

und wirbt mit folgenden Vorteilen: <sup>23</sup>

- Niedriges Gewicht
- Gute mechanische Eigenschaften, auch noch bis zu 1200 °C
- Hohe Zuverlässigkeit
- Hohe Thermoschockbeständigkeit
- Gute Korrosionsbeständigkeit
- Hohe Verschleißbeständigkeit
- Niedrige thermische Ausdehnung
- Niedrige Leitfähigkeit
- Gutes Reibverhalten.

Tabelle 5 zeigt die Eigenschaften der von CERATIZIT angebotenen Werkstoffe.

**Tabelle 5: Eigenschaften der Werkstoffe von CERATIZIT auf Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Basis <sup>24</sup>**

Eigenschaften	Einheit	SNC1	SNC20	SNCB5
Farbe		grau	schwarz	schwarz
Binder (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	%	9	11	12,5
Korngröße		ultrafein	ultrafein	ultrafein
Dichte (ISO3369)	g/cm <sup>3</sup>	3,25	3,25	3,25
Härte (ISO3878)	HV10	1550	1430	1500
Härte (ISO3738)	HRA	91,5	90,8	91,1
Biegebruchfestigkeit (ISO3327 – 3 Punkt)	MPa	1100	850	900
Druckfestigkeit	MPa	3000	3000	3000
E-Modul	Gpa	300	290	300
Zähigkeit (SEVNB)	MPa*m <sup>-1/2</sup>	6,5	6,0	6,0
Wärmeleitfähigkeit	W*m <sup>-1</sup> *K <sup>-1</sup>	30	30	30
Ausdehnungskoeffizient	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	3,3	3,5	3,4

Wie in Tabelle 5 ersichtlich, bietet der Werkstoff SNC1 die besten Werte bei Härte, Biegebruchfestigkeit, Zähigkeit und dem Ausdehnungskoeffizienten, SNC1 wurde als Werkstoff für die Sägezähne gewählt.

<sup>23</sup> Vgl.: o.V.: CERATIZIT (2006), S.2-3

<sup>24</sup> Vgl.: o.V.: CERATIZIT (2006), S.2-3



Die Berechnung der aus der Verbindung von dem Stamblatt mit dem Sägezahn ergebenden Klebefläche lt. Abbildung 11 wird original aus der Feasibility Studie übernommen:

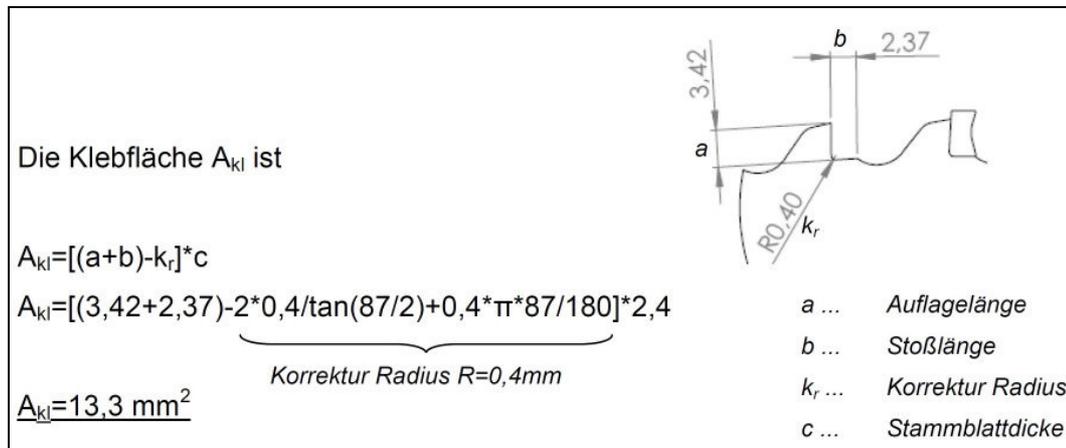


Abbildung 11: Berechnung der Klebefläche <sup>26</sup>

Für die Berechnung der Klebefläche wurden die in Abbildung 12 rot eingefärbten Flächen genommen – hier wurde also nicht die Fläche zwischen Klebstoff und Sägezahn gewählt, sondern die Fläche zwischen Klebstoff und Sägeblatt:

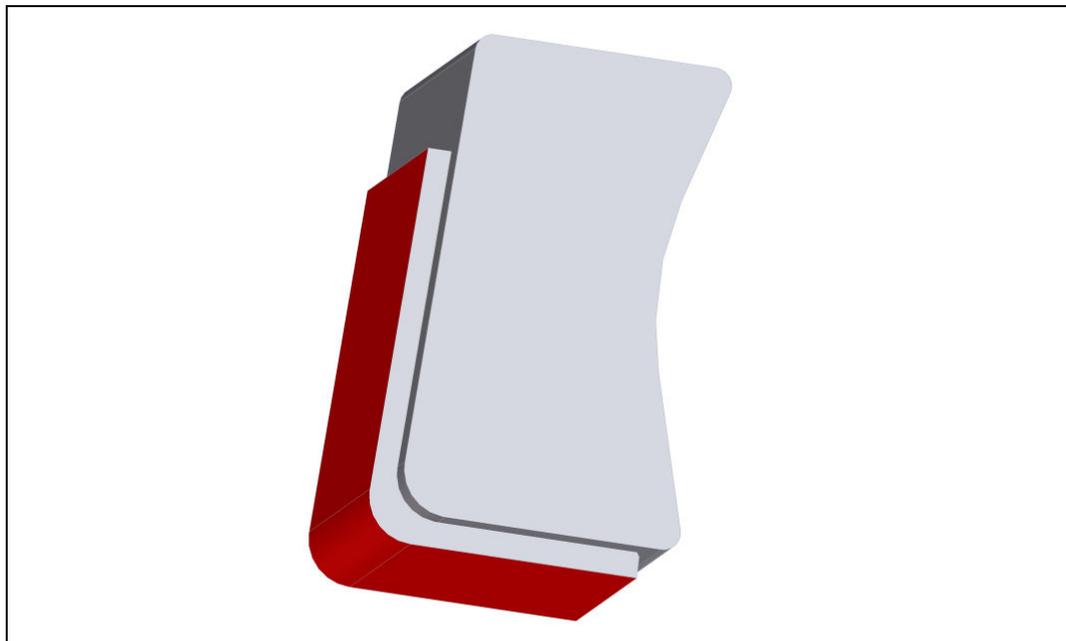


Abbildung 12: Anteil der Klebefläche am Sägezahn

<sup>26</sup> Sadrawetz/Vallant (2011), S.12

### 1.3 Belastung des Sägezahn und der Klebeverbindung

Der Sägezahn wird wie in Abbildung 13 dargestellt beim Schneiden durch die Zerspanungskraft  $F_{CZ}$  und durch die Fliehkraft  $F_Z$  belastet, diese Kräfte werden über die Klebefuge an das Stammblatt übertragen. Des Weiteren entstehen beim Zerspanen hohe Temperaturen, welche den Sägezahn, aber insbesondere auch die Klebeverbindung belasten.

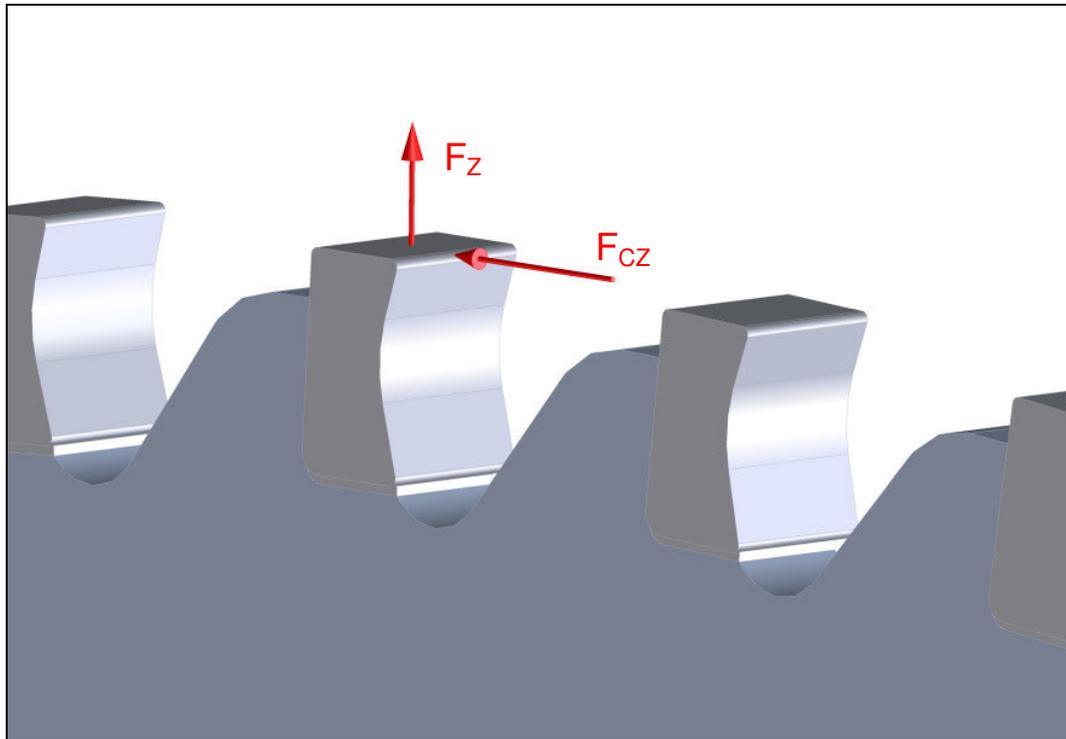


Abbildung 13: Am Sägezahn wirkende Kräfte

#### 1.3.1 Schnittparameter<sup>27</sup>

Zum Berechnen der auftretenden Kräfte müssen erst die Schnittparameter definiert werden: Für das Sägeblatt wurde ein Durchmesser von 350mm angenommen. Von Hage/Kampmann wurde eine Schnittgeschwindigkeit von 1000m/min und ein Vorschub pro Zahn von 0,12mm/Zahn, für das zu sägende Material wurde ein Rundmaterial mit 100mm Durchmesser und einer Festigkeit von 600N/mm<sup>2</sup> definiert.

#### 1.3.2 Fliehkraft $F_Z$ <sup>27</sup>

Die Fliehkraft kann allgemein mit der Formel:

$$F_Z = \frac{m_Z \cdot v_C^2}{r} \quad (1)$$

<sup>27</sup> Vgl.: Sadrawetz/Vallant (2011), S.12

$m_z=0,7 \cdot 10^{-3}$  kg ist die Masse eines Sägezahn,  $v_C=16,67$ m/s die Schnittgeschwindigkeit und  $r=0,175$ m ist der Radius des Sägeblattes. Setzt man diese Werte in ( 1 ) ein, so ergibt sich für die Fliehkraft ein Wert von

$$F_z = \frac{0,7 \cdot 10^{-3} \cdot 16,67^2}{0,175} = 1,1N$$

Vergleicht man diesen Wert mit dem Wert der Schnittkraft, so stellt man fest, dass die Fliehkraft verhältnismäßig gering ist, sie kann vernachlässigt werden.

### 1.3.3 Schnittkraft auf Zahn $F_{CZ}$ <sup>28</sup>

Die Schnittkraft lässt sich Grundsätzlich mit der Formel

$$F_{CZ} = A \cdot k_C \quad (2)$$

berechnen, hierbei ist A der Spanquerschnitt und  $k_C$  die spezifische Schnittkraft, der Spanquerschnitt setzt sich aus der Spanbreite  $b$  (=Zahnbreite) und dem Vorschub pro Zahn  $f_z$  zusammen:

$$A = b \cdot f_z \quad (3)$$

Die spezifische Schnittkraft wiederum ist ein Funktion der spezifischen Schnittkraft pro  $\text{mm}^2$   $k_{c1.1}$ , dem Vorschub pro Zahn  $f_z$ , einem Werkstoffabhängigen Neigungswert  $z$  sowie Korrekturfaktoren für Geschwindigkeit  $K_T$  und Verschleiß  $K_{ver}$ :

$$k_C = \frac{1\text{mm}}{f_z^z} \cdot k_{c1.1} \cdot K_T \cdot K_{ver} \quad (4)$$

Setzt man nun ( 3 ) in ( 4 ) ein, so ergibt sich die Formel für die Schnittkraft zu:

$$F_{CZ} = b \cdot f_z^{1-z} \cdot k_{c1.1} \cdot K_T \cdot K_{ver} \quad (5)$$

Folgende Werte wurden angenommen:

$f_z = 0,12$ mm/Zahn

$k_{c1.1} = 2070$ N/ $\text{mm}^2$  für 28 Cr 4<sup>29</sup>

$z = 0,16$

$K_{ver} = 1,3$

$K_T = 1,15$

Somit ergibt sich die Schnittkraft zu:

<sup>28</sup> Vgl.: Sadrawetz/Vallant (2011), S.13

<sup>29</sup> Vgl.: o.V. GARANT Zerspanungshandbuch (o.J.), S.8

$$F_{CZ} = 2,7 \cdot 0,12^{1-0,16} \cdot 2070 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = \underline{1408N}$$

### 1.3.4 Biegemoment am Sägezahn $M_z$ <sup>30</sup>

Lt. Abbildung 10 (c) ragt der Zahn mit einem Hebelarm  $l_k=0,8mm$  über das Sägeblatt hinaus, hieraus lässt sich mithilfe der Schnittkraft das Biegemoment berechnen:

$$M_z = F_{CZ} \cdot l_k \quad (6)$$

Setzt man in ( 6 ) die Werte für  $F_{CZ}$  und  $l_k$  ein, ergibt sich:

$$M_z = 1,13Nm$$

Die Annahme, dass der Zahn 0,8mm über das Sägeblatt herausragt ergibt sich lt. Abbildung 10 b) und c) aus der Differenz von Zahnhöhe und Einbettung des Sägezahn im Sägeblatt, tatsächlich müsste man hier auch noch einen Klebspalt von ca. 0,2mm berücksichtigen, somit wird  $l_k=1mm$  und dadurch

$$M_z = 1,41Nm$$

### 1.3.5 Druckspannung in der Klebefuge <sup>30</sup>

Dividiert man die Schnittkraft durch die Klebefläche, so erhält man einen Richtwert für die auftretenden Druckspannungen in der Klebefuge von  $106N/mm^2$ .

Die tatsächlich auftretenden Spannungen werden anders aussehen, da hier Situationen wie Einhaken, einseitiges Schneiden usw. nicht berücksichtigt wurden, bzw. nicht berücksichtigt werden konnten. Da die Schnittkraft nicht auf alle berücksichtigten Flächen normal wirkt, wird dieses Ergebnis fehlerhaft sein, auch werden aufgrund des außermittigen Kraftangriff Biegespannungen im Klebspalt auftreten, im Kapitel 5.3 Nachrechnung der Belastung der Klebestelle auf Seite 94 wird eine Berechnung, die dies berücksichtigt vorgestellt.

### 1.3.6 Temperaturentwicklung in der Klebeschicht <sup>31</sup>

Zur Ermittlung der Temperaturentwicklung in der Klebschicht wurden Simulationen mit den FE Programmen ABAQUS und SYSWELD durchgeführt.

Fa. Kampmann liegen folgende Informationen vor:

- Die Temperatur an der Schneidenspitze wurde mit  $95^\circ C$  gemessen
- Der beim Sägevorgang entstandenen Späne haben eine dunkelblaue Färbung, was auf eine Temperatur von ca.  $280 - 320^\circ C$  <sup>32</sup> hinweist.

<sup>30</sup> Vgl.: Sadrawetz/Vallant (2011), S.14

<sup>31</sup> Vgl.: Sadrawetz/Vallant (2011), S.14-20

Im Folgenden werden noch die Annahmen bzw. Vereinfachungen dargestellt, mithilfe derer die Simulationen durchgeführt werden konnten:

Quaderförmiger Körper, 50% der Zahnhöhe Zahnbreite und Zahndicke sind am Spanprozess beteiligt

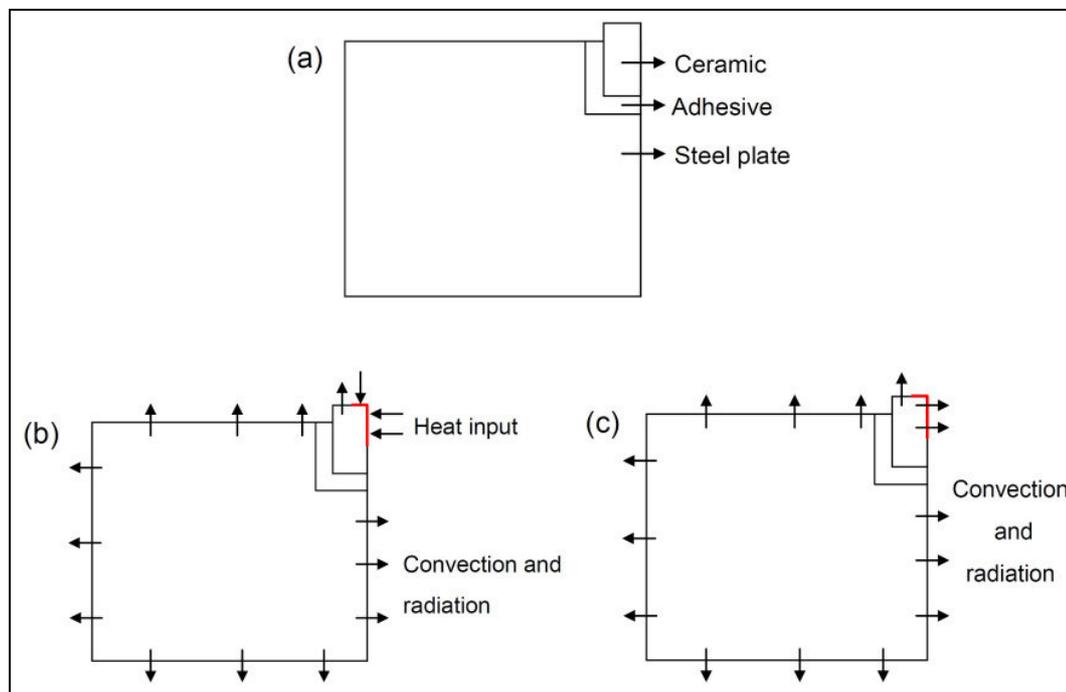
Die Eingriffszeit eines Sägezahnes beim Spanen beträgt 6ms.

Die Zeit in der der Zahn in der Luft abkühlen kann beträgt 60ms.

Konvektion durch turbulente Strömung mit einer Wärmeabführung von  $100\text{W/m}^2$ .

Bei den Simulationen wurde beim Schneidprozess (6ms) sowohl mit einem Wärmeeintrag beim Spanvorgang, als auch mit einer Wärmeabführung über Wärmeableitung ins Sägeblatt und bei der Zeit in der Luft (60ms) mit einer Abkühlung durch Strahlung und Konvektion gerechnet.

Abbildung 14 zeigt hierzu ein schematisches Modell:



**Abbildung 14: (a) Schematisches Modell – Sägezahn (Ceramic), Klebschicht (Adhesive), Sägeblatt (Steel plate); (b) Wärmeströme beim Spanen; (c) bei Bewegung in Luft<sup>33</sup>**

In Tabelle 6 werden noch die zur Simulation erforderlichen physikalischen Eigenschaften dargestellt:

<sup>32</sup> Vgl.: o.V. Informationen über Stahl für Metallographen

<http://www.metallograf.de/start.htm?begriffe/tab-farben.htm>, Zugriffsdatum: 10.4.2012

<sup>33</sup> Sadrawetz/Vallant (2011), S.15

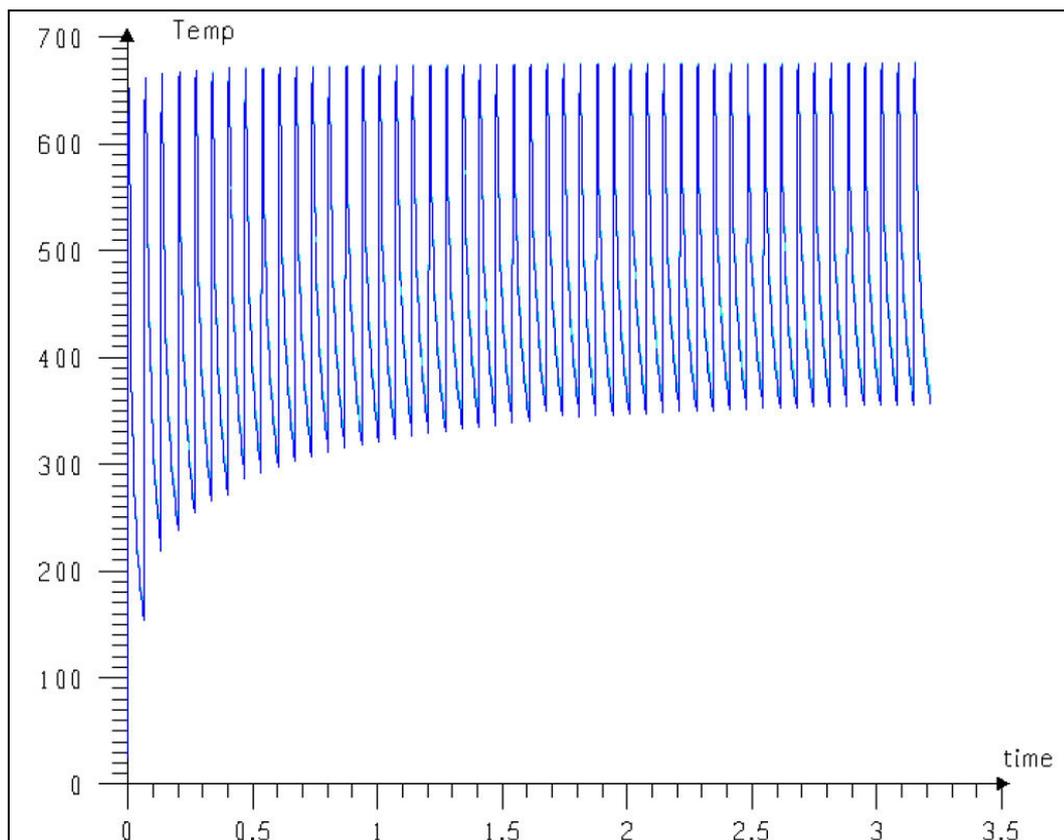
**Tabelle 6: Physikalische Eigenschaften der beteiligten Werkstoffe Stahl, Keramik und Klebstoff**

Material	Wärmeleitfähigkeit k (W/m*K)	Spez. Wärmekapazität C (J/Kg*K)	Dichte $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
Stahl	32	450	7800
Keramikzahn	10	800	3500
Klebstoff	1	870	2000

### 1.3.6.1 Ergebnisse der Simulation mit SYSWELD

Mit SYSWELD wurde ein 3D-Modell erstellt damit 48 aufeinanderfolgende Schneideingriffe eines Zahnes simuliert:

Demnach wird an der Oberfläche des Zahnes beim Eingriff eine Temperatur von ca. 670°C erreicht, welche bei der Abkühlung in der Luft wieder auf 350°C absinkt, hierbei erreicht der Zahn eine Temperatur >150°C (Maximalwert: 374°C) und die Klebefuge eine Temperatur von bis zu 150°C. Abbildung 15 - Abbildung 17 sollen diese Ergebnisse noch einmal verdeutlichen:



**Abbildung 15: Temperaturentwicklung auf der Oberfläche des Sägezahn nach 48 Schneideingriffen<sup>34</sup>**

<sup>34</sup> Sadrawetz/Vallant (2011), S.17

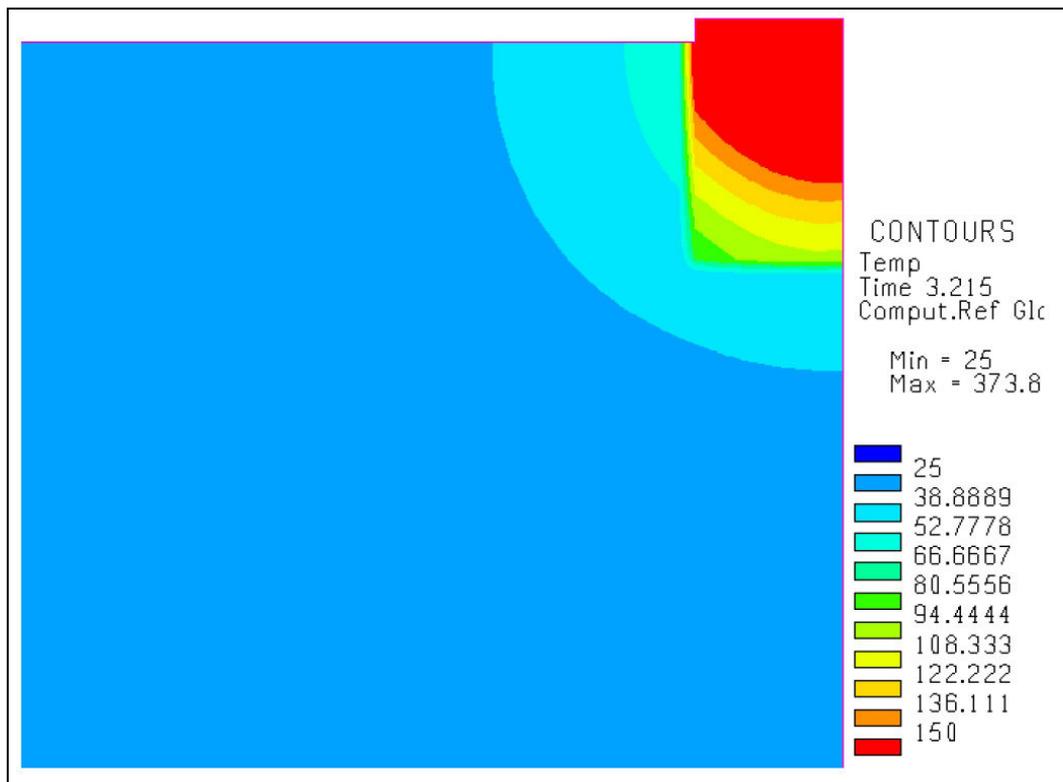


Abbildung 16: Temperaturverteilung am Sägezahn nach 48 Schneideingriffen <sup>35</sup>

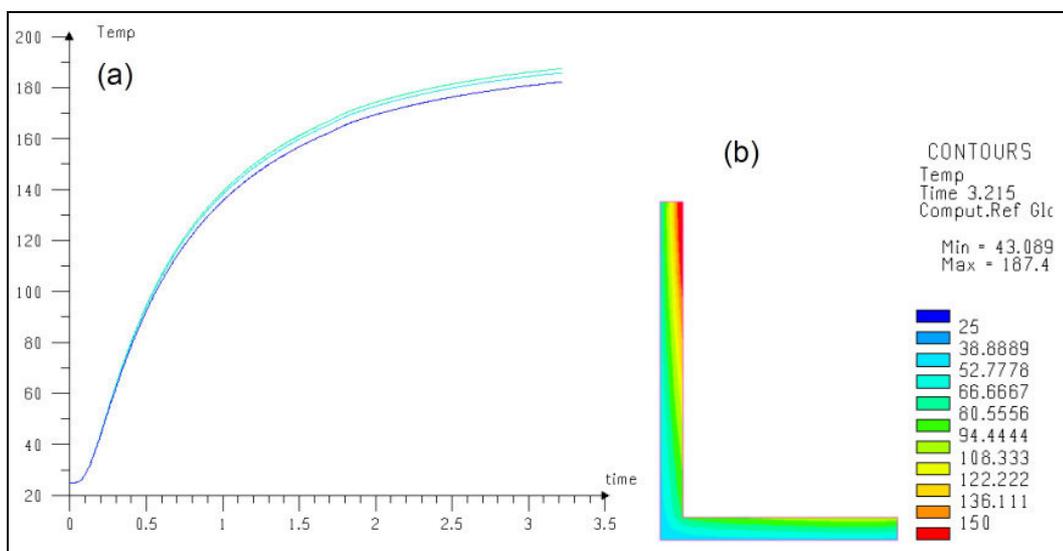


Abbildung 17: (a) Temperaturentwicklung in der Klebschicht  
(b) Temperaturverteilung nach 48 Schneideingriffen <sup>36</sup>

<sup>35</sup> Sadrawetz/Vallant (2011), S.17

<sup>36</sup> Sadrawetz/Vallant (2011), S.18

### 1.3.6.2 Ergebnisse der Simulation mit ABAQUS

Mit ABAQUS wurde ein 2D Modell erstellt (Abbildung 18), und damit 125 aufeinanderfolgende Schneideingriffe simuliert, hierbei wurde angenommen, dass die Oberflächentemperatur des Zahnes 700°C beträgt.

Die maximale Temperatur an der Zahnspitze beträgt hier 333°C, die Klebefuge erreicht eine Temperatur von ca. 100°C. Die Temperaturverläufe werden in Abbildung 19 und Abbildung 20 dargestellt:

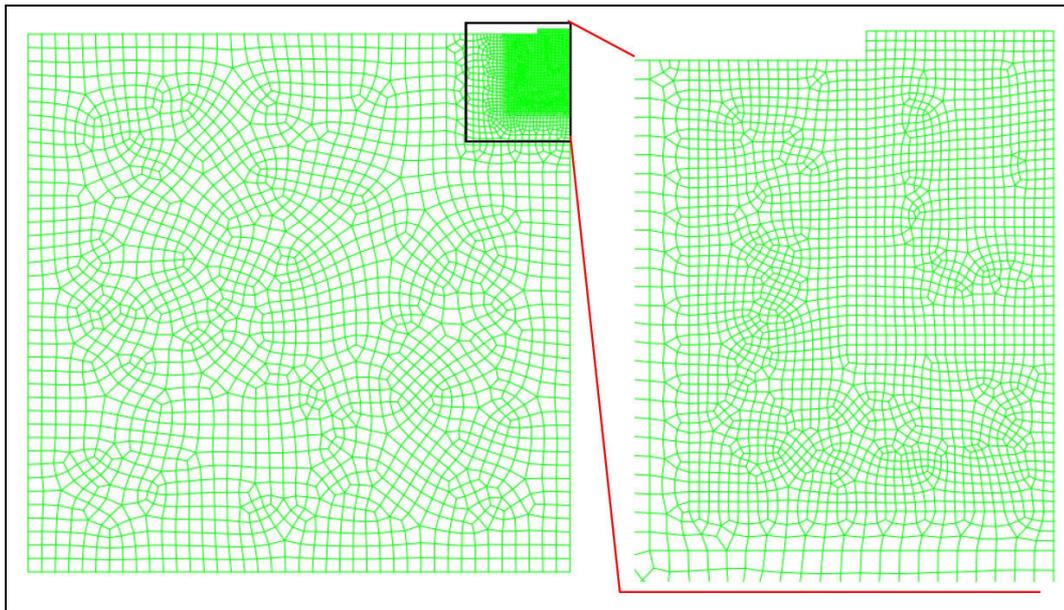


Abbildung 18: 2D-Modell ABAQUS – FEM Netz <sup>37</sup>

<sup>37</sup> Sadrawetz/Vallant (2011), S.18

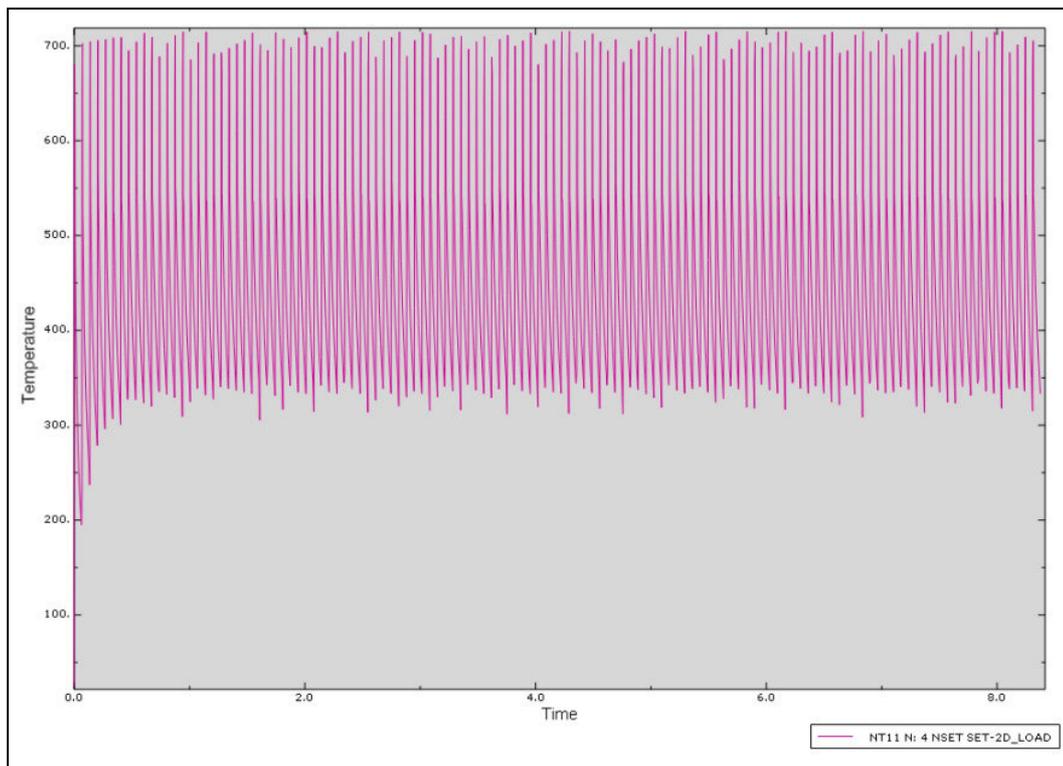


Abbildung 19: Temperaturzyklen an der Oberfläche eines Sägezahn, 125 Schneideingriffe <sup>38</sup>

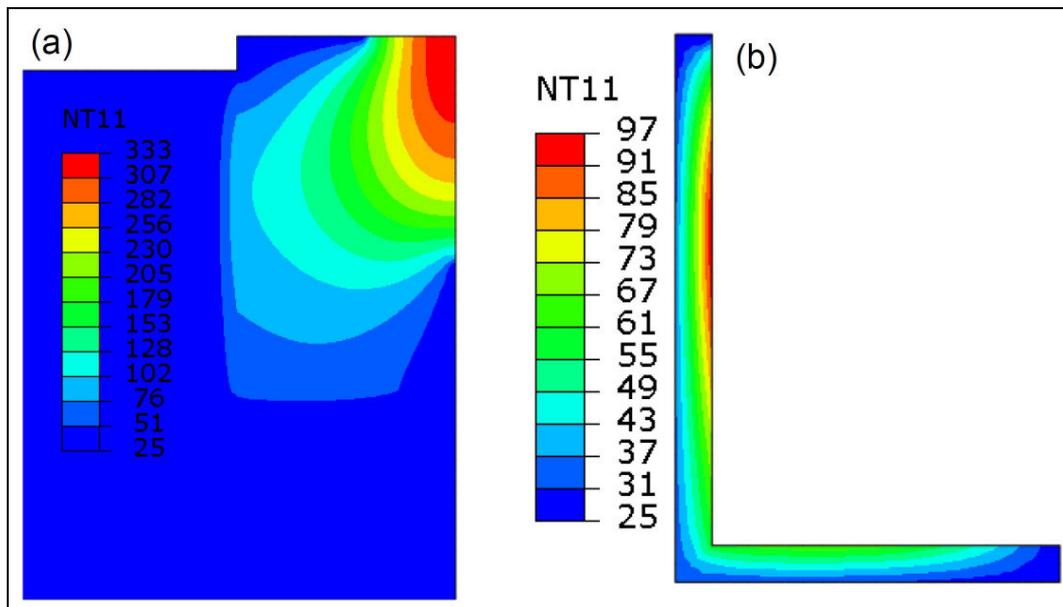


Abbildung 20: Temperaturverteilung nach 125 Schneideingriffen: (a) Zahn und Sägeblatt; (b) Klebschicht <sup>38</sup>

<sup>38</sup> Sadrawetz/Vallant (2011), S.19

## 2 Konstruktion von Vorrichtungen für Normfestigkeitsprüfungen von Klebstoffen

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein passender Klebstoff zum Kleben der Schneidkeramik-Sägezähne gesucht, um verschiedene Klebstoffe miteinander vergleichen zu können, werden hierfür genormte Versuche verwendet, mit denen man die Festigkeit von Klebeverbindungen prüfen kann.

### 2.1 Normen für Normfestigkeitsprüfungen von Klebstoffen

In den Normen sind Versuche vorgesehen, mit denen man den Scherwiderstand und den Schälwiderstand von Klebeverbindungen feststellen kann, genormte Versuche zur Ermittlung des Scherwiderstandes sind:

- EN 1465: Klebstoffe - Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebung,
- EN 14869-2: Strukturklebstoffe - Bestimmung des Scherverhaltens struktureller Klebungen Teil 2: Scherprüfung für dicke Fügeteile.

Genormte Versuche zur Ermittlung des Schälwiderstandes sind:

- EN 1464: Klebstoffe - Bestimmung des Schälwiderstandes von Klebungen – Rollenschälversuch,
- EN ISO 11339: Klebstoffe - T-Schälprüfung für geklebte Verbindungen aus flexiblen Fügeteilen.

Alle Versuche sind zerstörende Prüfungen, d.h. jede Probe kann nur 1x verwendet werden. Damit die Ergebnisse statistisch auswertbar sind, schreibt die jeweilige Norm vor, dass für jeden Versuch mindestens 5 Proben geprüft werden müssen. Zum Vergleichen der mit verschiedenen Klebstoffen geklebten Proben ist es wichtig, dass die Klebungen unter gleichen Voraussetzungen hergestellt werden.

#### 2.1.1 EN 1465: Klebstoffe – Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebung<sup>39</sup>

Diese Norm bietet eine Möglichkeit, die Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebung mit dünnen Fügeteilen zu bestimmen, die aus den Ergebnissen gewonnenen Erkenntnisse geben Aufschluss für die gesamte Klebung,

---

<sup>39</sup> Vgl.: o.V. : EN 1465 (2009), S.5-7

nicht nur für den Klebstoff. Sie beinhaltet unter Anderem eine Kurzbeschreibung, Anforderungen an die Prüfeinrichtungen und Angaben zu den zu prüfenden Proben, sowie der Durchführung der Versuche.

Es werden 2 starre Fügeteile mit den Abmessungen  $(100 \pm 0,25)$ mm x  $(25 \pm 0,25)$ mm x  $(1,6 \pm 0,1)$ mm überlappend so zusammengeklebt, sodass sich eine Klebefläche von  $(12,5 \pm 0,25)$ mm x  $(25 \pm 0,25)$ mm =  $(312,5^{+9,4375}_{-9,3125})$ mm<sup>2</sup> ergibt, siehe Abbildung 21.

Durch Aufbringen einer Prüfkraft, welche parallel zur Klebefläche und parallel zur Hauptachse der Probe liegt, wie in Abbildung 22 gezeigt, wird die Probe bis zu Bruch belastet. Als Ergebnis wird die maximale gemessene Kraft (=Bruchkraft) in Newton oder die aus der Division der maximalen gemessenen Kraft in Newton durch die Klebefläche in mm<sup>2</sup> errechneten Scherspannung (=Zugscherfestigkeit) in Megapascal angegeben.

Bei den Proben schreibt die Norm noch folgende wichtige Punkte vor:

- Als Proben sollten Aluminiumlegierungen oder Werkstoffe mit gleichen oder höheren Elastizitätsmodulen verwendet werden.
- Die Proben können einzeln oder aus Tafeln (Abbildung 23), die nach dem Kleben zerschnitten werden, hergestellt werden.
- Die zu klebenden Oberflächen der Proben müssen lt. den Vorgaben des Klebstoffherstellers vorbereitet werden, der Klebstoff muss entsprechend der Empfehlungen des Klebstoffherstellers aufgetragen werden und aushärten.
- Zur einwandfreien Überlappung und für eine genaue Ausrichtung der Proben zueinander wird eine Klebevorrichtung empfohlen, auf eine korrekte Ausrichtung der Proben ist zu achten.
- Die Proben müssen in einem festgelegten Laborklima nach EN ISO 291 geprüft werden.

Bei der Durchführung des Versuches ist darauf zu achten, dass die auf die Prüfverbindung wirkende Belastung mit konstanter Geschwindigkeit so zunimmt, dass die durchschnittliche Verbindung nach  $(65 \pm 20)$ s zerstört wird.

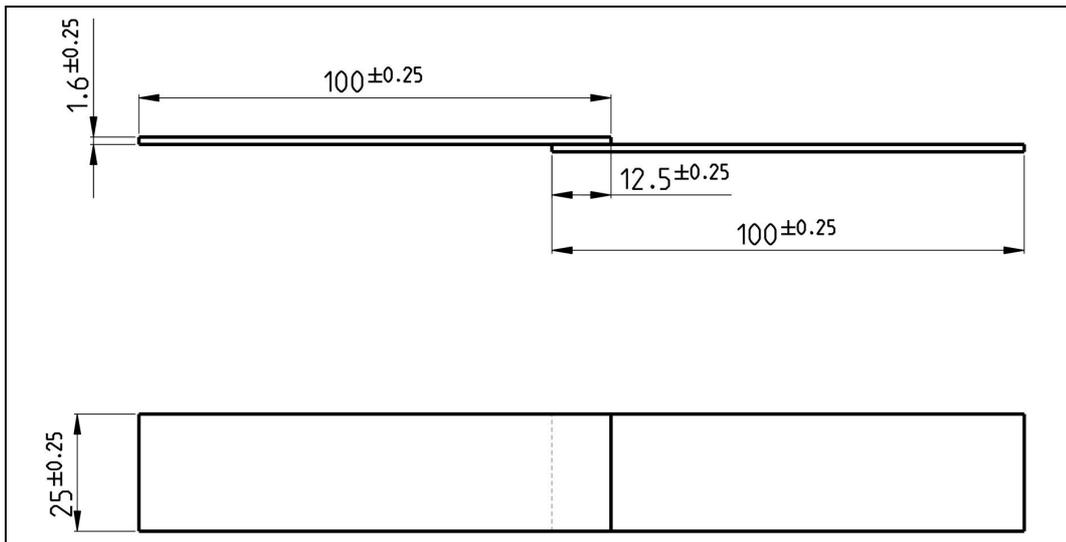


Abbildung 21: Überlappungsklebung zweier Fügeteile für Dünnschlechtscherversuche

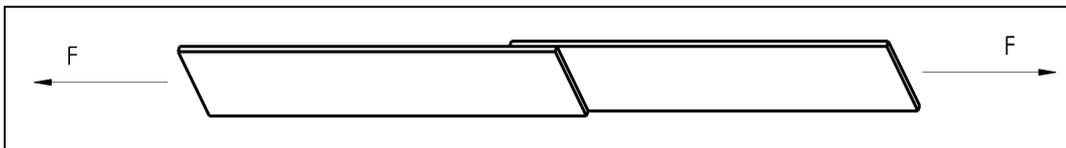


Abbildung 22: Belastung einer Probe für Dünnschlechtscherversuche

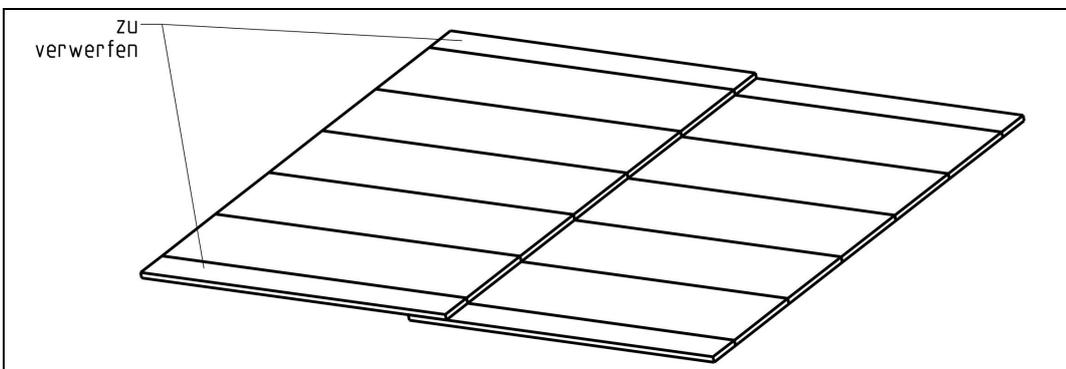


Abbildung 23: Fügeteile für Dünnschlechtscherversuche in Form einer geklebten Tafel

### 2.1.2 EN 14869-2: Strukturklebstoffe – Bestimmung des Scherverhaltens struktureller Klebungen, Teil 2: Scherprüfung für dicke Fügeteile <sup>40</sup>

Diese Norm bietet eine Möglichkeit, die Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen mit dicken Proben zu bestimmen, im Unterschied zu den Scherversuchen nach EN 1465 wird mit diesem Versuch wirklich nur der Klebstoff geprüft. Sie beinhaltet unter anderem eine Kurzbeschreibung, Anforderungen an die

<sup>40</sup> Vgl.: o.V.: EN 14869-2 (2004), S.4-12

Prüfeinrichtungen und Angaben zu den zu prüfenden Proben, sowie der Durchführung der Versuche.

Grundsätzlich können die Proben bei diesem Versuch auf 2 Arten hergestellt werden:

- Abbildung 24 zeigt Proben aus geklebten Fügeteilen,
- Abbildung 25 zeigt Proben aus maschinell bearbeiteten Fügeteilen.

Für die geklebten Fügeteile werden 2 Teile mit den Abmessungen  $(57,5 \pm 0,2)\text{mm} \times (25 \pm 0,5)\text{mm} \times (6 \pm 0,1)\text{mm}$  (Pos.1) und 2 Teile mit den Abmessungen  $(51 \pm 0,2)\text{mm} \times (25 \pm 0,5)\text{mm} \times (6 \pm 0,1)\text{mm}$  (Pos. 2) benötigt. Erst legt man Pos. 2 hinter Pos. 1 mit einem Spalt von 1,5mm auf, sodass die 2 Teile miteinander eine Länge von 110mm aufweisen, auf diese beiden Proben wird nun über die ganze Länge und über die Breite von 25mm der gewünschte Klebstoff aufgetragen, anschließend wird auf Pos. 1 die 2. Pos. 2 gelegt, und auf Pos. 2 die 2. Pos. 1 gelegt, somit ist immer zwischen Pos. 1 und Pos.2 Klebstoff. Des weiteren sollen die beiden Pos. 1 auf einer Länge von  $(5 \pm 0,1)\text{mm}$  überlappen, es ergibt sich eine überlappende und zu prüfende Klebefläche von  $(25 \pm 0,5)\text{mm} \times (5 \pm 0,1)\text{mm} = (125^{+5,05}_{-4,95})\text{mm}^2$ . Zur Aufnahme in die Zugprüfeinrichtung werden in die geklebten Fügeteile symmetrisch mit einem Abstand von 80mm zueinander 2 Löcher  $\varnothing 12\text{mm}$  gebohrt.

Bei den maschinell bearbeiteten Fügeteilen werden aus 2 Teilen mit den Abmessungen  $(57,5 \pm 0,2)\text{mm} \times (25 \pm 0,5) \times \sim 12\text{mm}$  je eine Lücke mit den Abmessungen  $25\text{mm} \times 6,5\text{mm} \times \sim 6\text{mm}$  herausgefräst. Diese werden dann wiederum so übereinander gelegt und geklebt, dass die Kurze Seite der langen Seite gegenüberliegt, es soll wiederum eine Klebefläche von  $(25 \pm 0,5)\text{mm} \times (5 \pm 0,1)\text{mm} = (125^{+5,05}_{-4,95})\text{mm}^2$  entstehen. Zur Aufnahme in die Zugprüfmaschine werden wieder wie bei den geklebten Fügeteilen 2 Löcher  $\varnothing 12\text{mm}$  gebohrt.

Durch Aufbringen einer Prüfkraft, wie in Abbildung 26 gezeigt, welche parallel zur Klebefläche und parallel zur Hauptachse der Probe liegt, wird die Probe bis zum Bruch belastet Die maximal aufgetretene Kraft ist die Bruchkraft, die Auftretende Scherspannung ergibt sich wiederum aus der Division der Bruchkraft mit der Klebefläche.

Unabhängig von der Ausführung der Proben wird empfohlen, Fügeteile aus Stahl zu verwenden, da Stahl einen sehr hohen Elastizitätsmodul besitzt. Die zu klebenden Oberflächen sind so zu behandeln, dass ein Kohäsionsbruch in der Klebschicht auftritt, die Proben können wieder einzeln geklebt, oder aus vorgefertigten Platten herausgeschnitten werden.

Für die Prüfeinrichtungen sind noch folgende Punkte zu beachten:

- Die Zugprüfmaschine muss so ausgestattet sein, dass die Bruchkraft der Proben in einem Bereich zwischen 10% und 80% des Kraftmessbereichs des Kraftaufnehmers liegt.
- Die Vorrichtung zum Aufbringen der Prüfkraft muss so ausgeführt sein, dass auftretenden Drehmomente vernachlässigbar klein sind.
- Der eingebaute Kraftaufnehmer muss die aufgebrachte Kraft bei einer Schubverformung von 0,01 auf 1% genau messen können.
- Es müssen 1 oder 2 Extensometer zum Messen der Scherverschiebung im mittleren Bereich der Klebung, jedoch maximal in einem Abstand von 2mm zur Klebung angebracht werden, die Scherverschiebung muss auf 1µm genau gemessen werden können.
- Ein Datenerfassungsgerät muss die Belastung und die relative Verschiebung der Probe während des gesamten Versuches aufzeichnen
- Die Fügeteile müssen mit einem Mikrometer mit einer Fehlergrenze unter 0,002mm vermessen werden.
- Die Dicke der Klebschicht muss mit einem optischen Mikroskop mit einer Fehlergrenze unter 0,002mm vermessen werden.
- Die Proben müssen in einem festgelegten Laborklima nach EN ISO 291 geprüft werden.

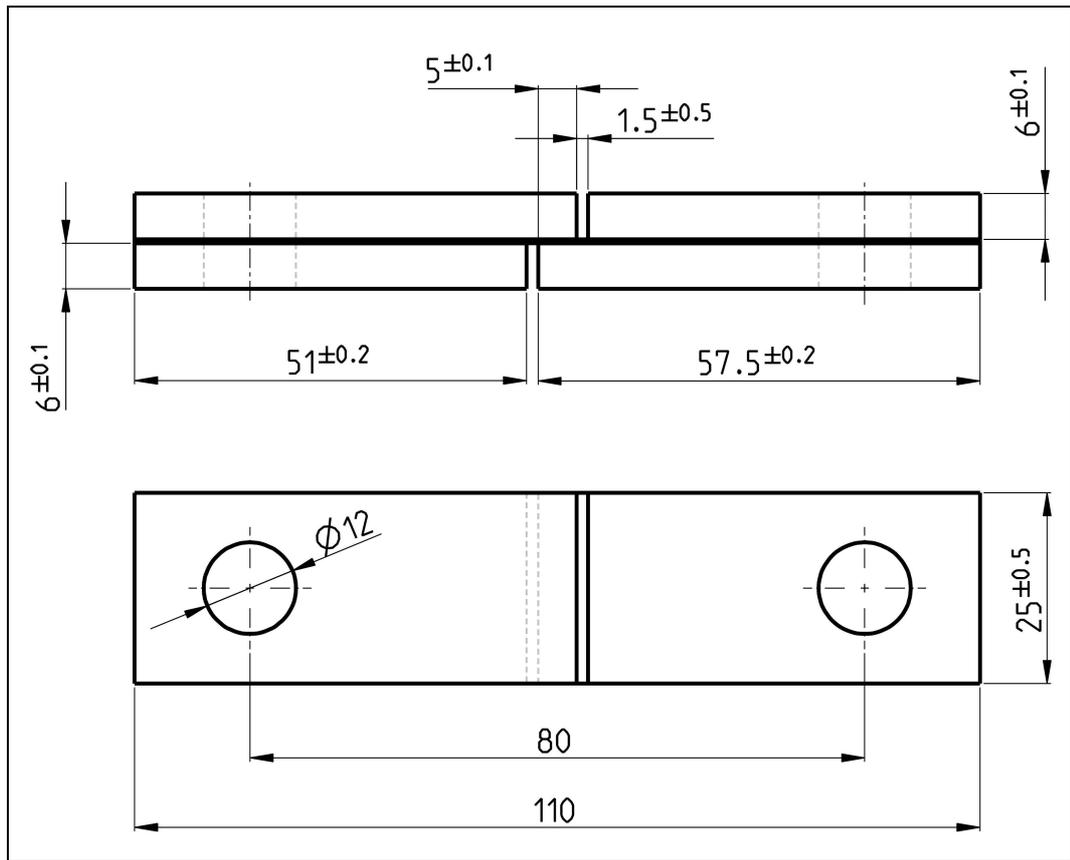


Abbildung 24: Herstellung der Proben aus geklebten Füge­teilen für Dickblechscherversuche

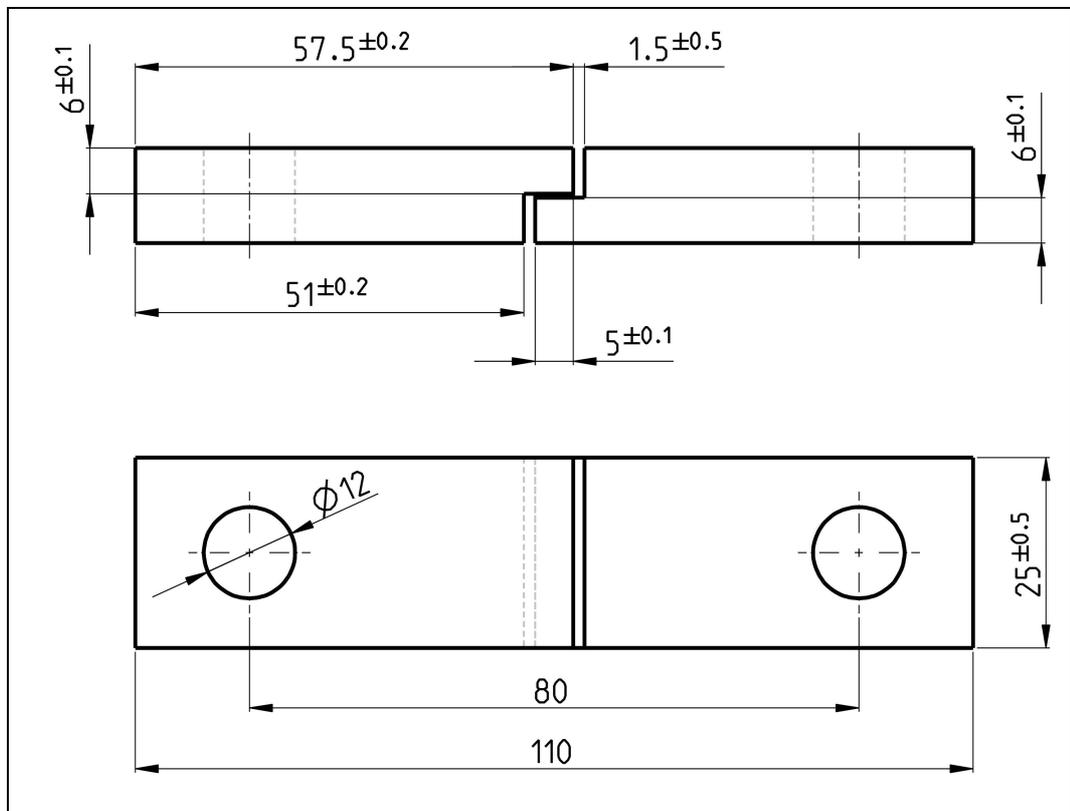


Abbildung 25: Herstellung der Proben aus maschinell bearbeiteten Füge­teilen für Dickblechscherversuche

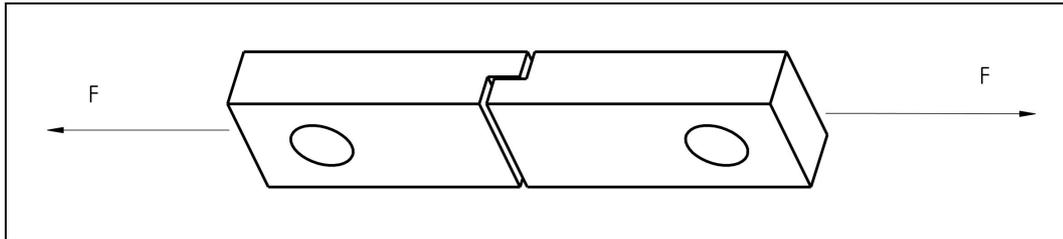


Abbildung 26: Belastung einer Probe für Dickblechscherversuche

### 2.1.3 EN 1464: Klebstoffe – Bestimmung des Schälwiderstandes von Klebungen – Rollenschälversuch <sup>41</sup>

Diese Norm bietet eine Möglichkeit, den Schälwiderstand von Klebungen zwischen einem starren Füge­teil und einem flexiblen Füge­teil zu bestimmen, hierzu wird ein flexibler Füge­teil, wie in Abbildung 27 verdeutlicht, mit den Abmessungen 250mm x 25mm x (0,5±0,02)mm auf einen starren Füge­teil mit den Abmessungen 300mm x 25mm x (2,5±0,1)mm auf einer Länge von 200mm geklebt, es ergibt sich dadurch eine Klebefläche von 200mm x 25mm = 5000mm<sup>2</sup>. Das ungeklebte Ende des flexiblen Füge­teils wird nun um 90° aufgebogen und umgelenkt und über ein Rolle Ø25mm vom starren Füge­teil mit einer Geschwindigkeit von (100±5)mm/min abgezogen, siehe Abbildung 28. Aus der aufgezeichneten Kurve Schälkraft über Schälweg wird über einen Weg von mindestens 115mm, wobei die ersten 25mm nicht ausgewertet werden, die Schälkraft je mm Breite der Probe, die erforderlich ist, um die Proben zu trennen, ermittelt. Die mittlere Kraft wird durch den arithmetischen Mittelwert bestimmt:

$$F = \frac{\int_0^L F \cdot dx}{L - 25} \quad (7)$$

Des weiteren sind die maximale und die minimale Kraft anzugeben.

Die Prüfmaschine muss eine konstante Geschwindigkeit, vorzugsweise (100±5)mm/min erreichen, des Weiteren muss die Prüfmaschine mit einer automatischen Aufzeichnungsvorrichtung, welche Kraft und Weg während des ganzen Versuchs aufzeichnen kann, ausgestattet sein. Beim Einspannkopf ist darauf zu achten, dass die Halterungen mit der Probe fluchten, damit der flexible Teil der Probe mit der Richtung des durch die Mittellinie der Einspannkopf­anordnung wirkenden Zuges übereinstimmt. Die Rollen, um die man den flexiblen Teil zieht müssen leichtgängig sein, und sollen regelmäßig gewartet werden.

<sup>41</sup> Vgl.: o.V.: EN 1464 (2010), S.4-9

An die Proben sind noch folgende Anforderungen gestellt:

- Die Proben können wieder einzeln hergestellt, oder aus vorgefertigten Platten herausgeschnitten werden.
- Die Fügeiteile und die Oberflächenvorbehandlung müssen mit der vorgesehenen Anwendung und dem vorgesehenen Verfahren übereinstimmen.
- Werden Proben aus geklebten Platten geschnitten, so dürfen diese an der Klebung nicht beschädigt werden, die Breite muss dann entweder 25mm (bevorzugt), oder jede andere Breite aufweisen, wenn diese vermerkt wird.
- Bevor die Probe in die Vorrichtung eingelegt wird, muss das freie Ende des flexiblen Fügeiteils senkrecht zum starren Fügeiteil aufgebogen werden.
- Die Proben müssen in einem festgelegten Laborklima nach EN ISO 291 geprüft werden.

Dieser Versuch kann sowohl als Trockenschälprüfung als auch als Nassschälprüfung durchgeführt werden, bei der Nassschälprüfung ist der Versuch nach dem Schälen von ungefähr 75mm der geklebten Länge anzuhalten, danach sind in die Spaltöffnung einige Tropfen netzmittelhaltiges Wasser zu geben, um dann unmittelbar den Versuch fortzusetzen.

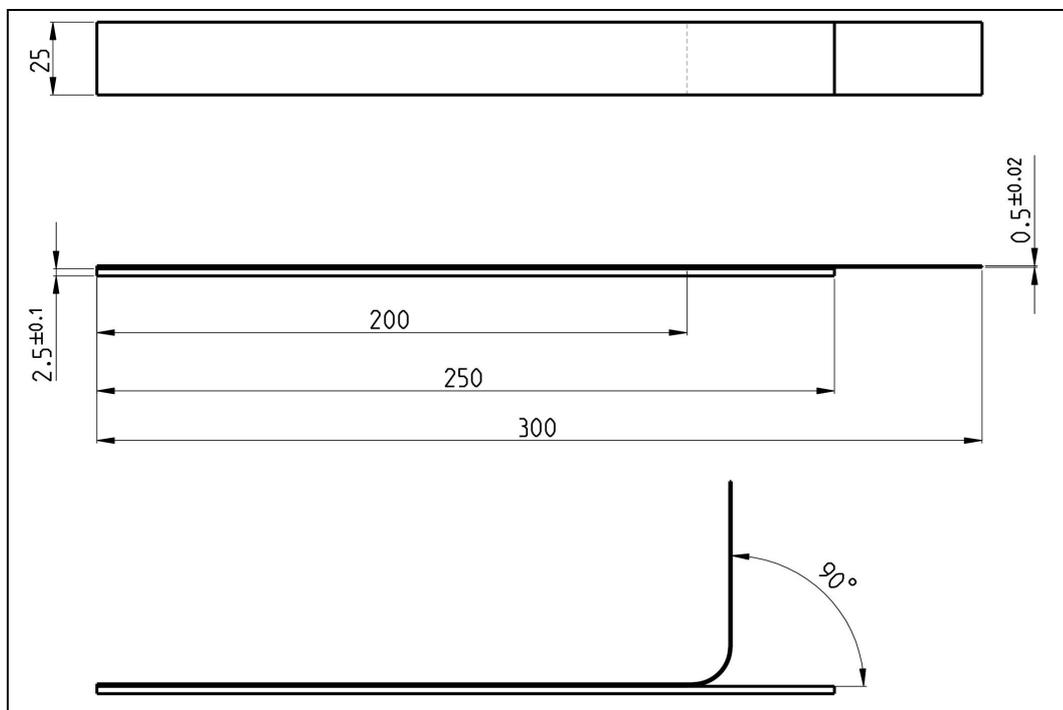


Abbildung 27: Vorbereitung der Proben für den Rollenschälversuch

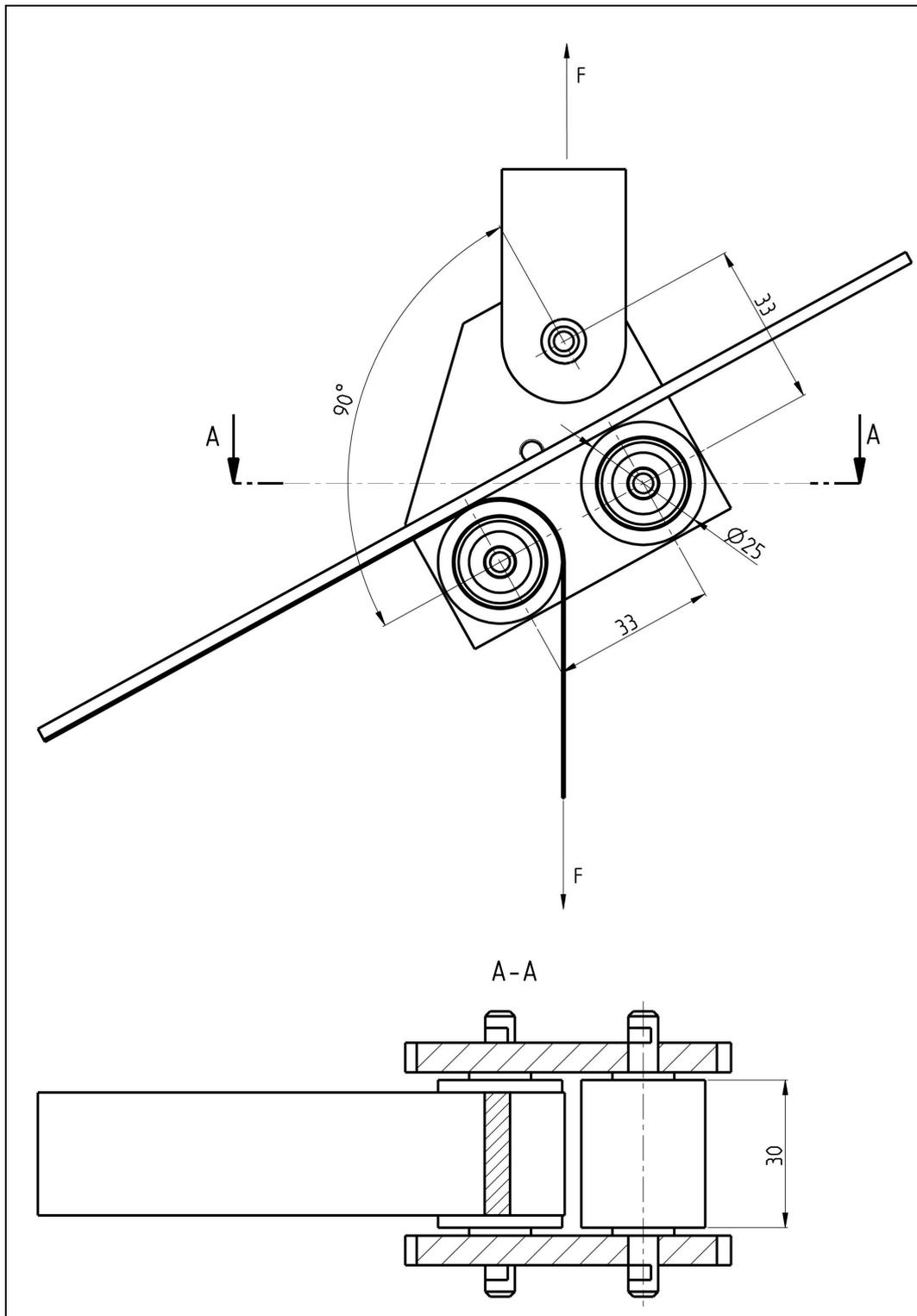


Abbildung 28: Durchführung des Rollenschälversuches

#### **2.1.4 EN ISO 11339: Klebstoffe – T-Schälprüfung für geklebte Verbindungen aus flexiblen Fügeteilen <sup>42</sup>**

Diese Norm bietet die Möglichkeit, den Schälwiderstand von Klebungen zwischen 2 flexiblen Fügeteilen zu bestimmen. Hierzu werden 2 Fügeteile lt. Abbildung 29 mit den Abmessungen ( $>200$ )mm x ( $25\pm 0,5$ )mm x ( $0,5\pm 0,02$ )mm für Stahl, ( $>200$ )mm x ( $25\pm 0,5$ )mm x ( $0,7\pm 0,02$ )mm für Aluminium und ( $>200$ )mm x ( $25\pm 0,5$ )mm x ( $0,5\pm 0,02$ )mm soweit nicht anders festgelegt, auf einer Länge von ( $>150$ )mm zusammengeklebt. Die ungeklebten Enden werden dann jeweils senkrecht aufgebogen, sodass ein „T“ entsteht. Die Probe wird an den beiden Schenkeln des „T“s in eine Vorrichtung eingespannt, und mit einer konstanten Geschwindigkeit von 100mm/min für Metalle bzw. 10mm/min für andere Werkstoffe, wie in Abbildung 30 gezeigt, auseinandergezogen. Aus der ausgegebenen Kurve Schälkraft über Schälweg wird nun die minimale, die maximale und die mittlere Schälkraft je 100mm Probenbreite ermittelt. Bei einer Prüfung müssen mindestens 150mm der geklebten Länge getrennt worden sein.

Die Prüfeinrichtung muss eine Geschwindigkeit von vorzugsweise 100mm/min erreichen können und dabei die eingeleitete Schälkraft über den Schälweg mit einer Genauigkeit von  $\pm 2\%$  messen können. Zur Dickenmessung sind Messmittel mit einer Fehlergrenze von  $\pm 0,01$ mm notwendig.

An die Proben sind noch folgende Anforderungen gestellt:

- Die Proben können entweder einzeln hergestellt, oder aus geklebten Verbunden herausgeschnitten werden, die einzelnen Probenkörper aus flexiblen Fügeteilen müssen geeignet vorbehandelt und geklebt sein.
- Die Oberflächenvorbehandlung muss nach den Anforderungen des Klebstoffherstellers so erfolgt sein, dass eine optimale Festigkeit in der Klebung erhalten wird.
- Die Dicke der flexiblen Fügeteile muss angegeben werden.
- Werden die Proben aus geklebten Verbunden hergestellt, so ist ein Verfahren beim Trennen zu wählen, welches die Klebung nicht schädigt.
- Ist die Breite der Probe nicht 25mm, so muss dies vermerkt werden.
- Die Proben müssen in einem festgelegten Laborklima nach ISO 291 geprüft werden.

---

<sup>42</sup> Vgl.: o.V.: EN ISO 11339 (2010), S.5-7

Zum Zeitpunkt es Erscheinens dieser Norm konnten noch keine Angaben zur Präzision dieses Prüfverfahrens gemacht werden, da Daten aus mehreren Laboratorien nicht verfügbar waren.

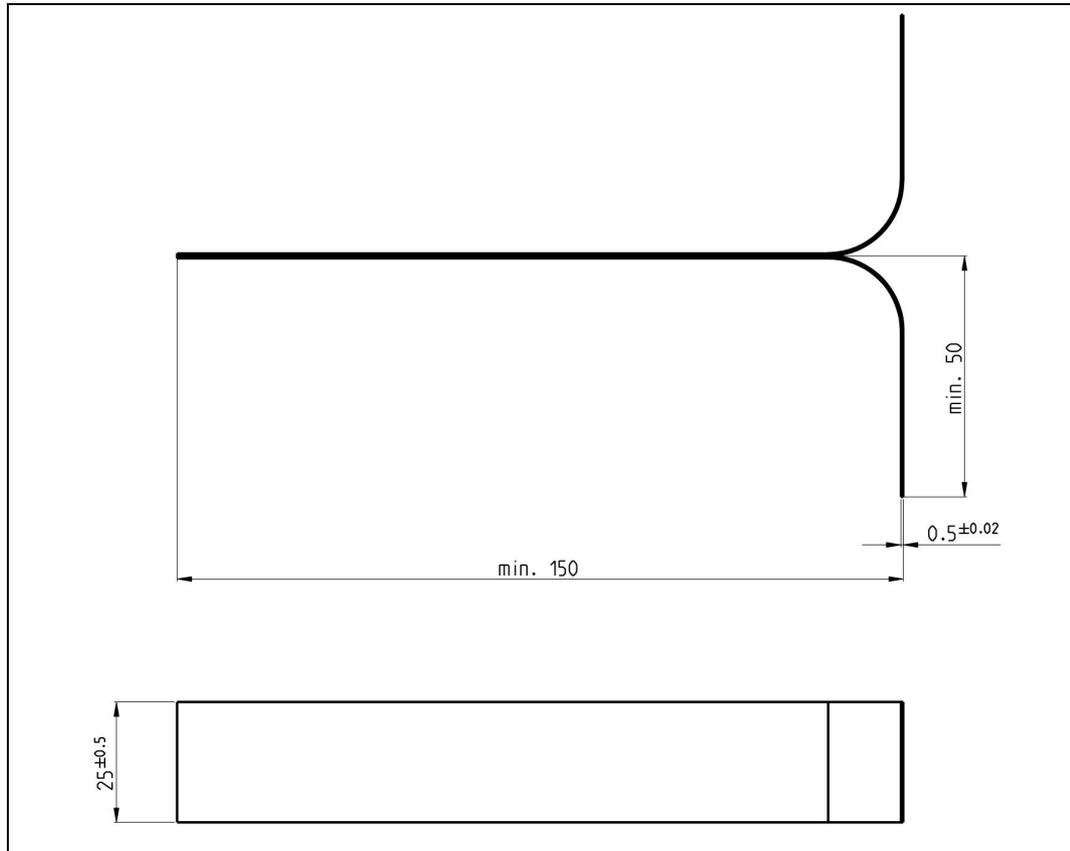


Abbildung 29: Klebung der Fügeteile für die T-Schälprüfung

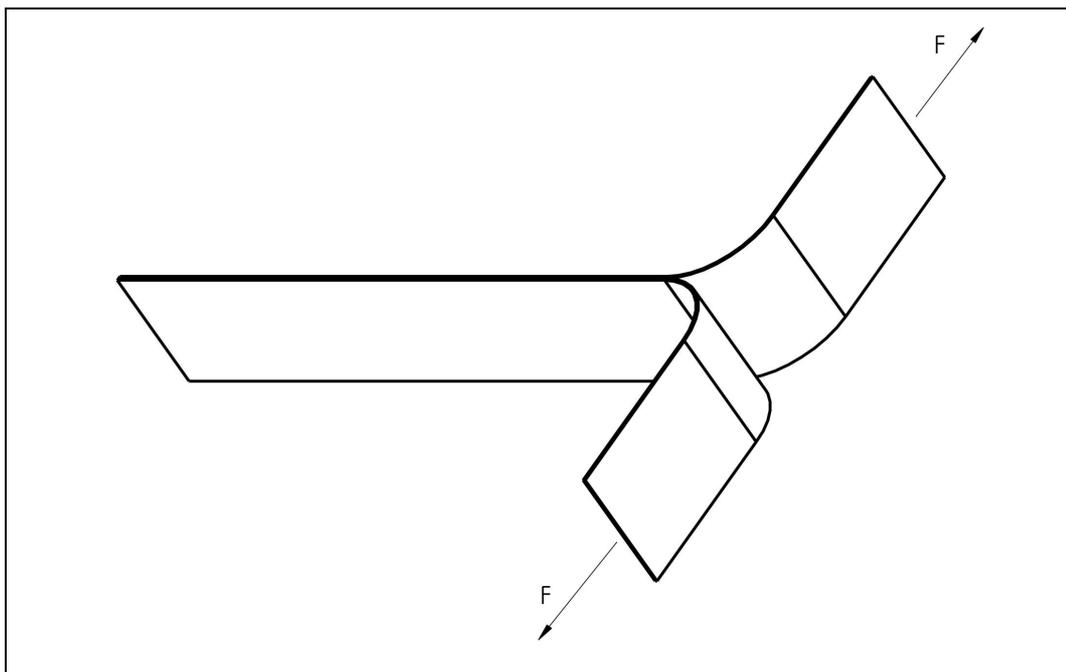


Abbildung 30: Belastung der Proben für die T-Schälprüfung

## 2.2 Konstruktion der Vorrichtungen für die Normfestigkeitsprüfungen

Zur Durchführung der in Kapitel 2.1 vorgestellten Normfestigkeitsprüfungen müssen Vorrichtungen hergestellt werden, mit denen man die einzelnen Proben in die vorhandenen Zugprüfmaschinen einspannen kann. Im Zuge dieser Diplomarbeit wurden diese Vorrichtungen entworfen, Fertigungszeichnungen erstellt, und anschließend von der Firma HAGE gefertigt. Bei den Vorrichtungen wurde darauf geachtet, dass sie so einfach wie möglich sind, damit sowohl die Kosten im Rahmen bleiben, als auch die Vorrichtungen einfach zu bedienen sind.

Für die Normprüfungen sollen 2 verschiedene Zugprüfmaschinen zur Verwendung kommen:

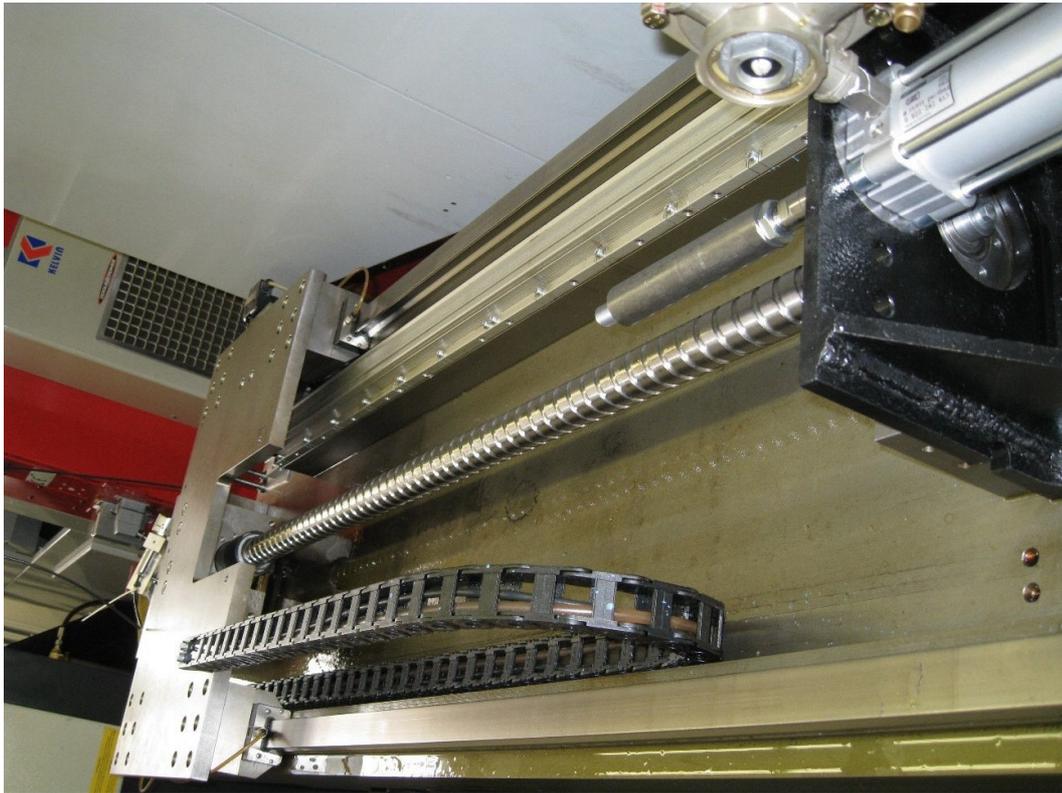
- Abbildung 31 zeigt die Zugprüfmaschine Zwick/Roell ZMART.PRO, max. 100KN Prüflast, max. 75mm/min Prüfgeschwindigkeit, mit einschwenkbaren Ofen für Warmzugversuche (Abbildung 32).
- Abbildung 33 zeigt eine Zugprüfmaschine Eigenbau am Institut für Fertigungstechnik, min. 500N Prüflast, min. 100mm/min erreichbare Prüfgeschwindigkeit. Über eine maximal mögliche Prüflast gibt es hier keine Informationen, 500N können aber problemlos erreicht werden, und mehr ist nicht notwendig.



Abbildung 31: Zugprüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz



Abbildung 32: Einschwenkbarer Ofen für Temperaturversuche



**Abbildung 33: Zugprüfmaschine Eigenbau am IFT TU Graz**

Für die Scherversuche nach EN 1465 und EN 14869-2 werden Zugkräfte von bis zu 12KN bei relativ kleinen Prüfgeschwindigkeiten im Bereich von einigen mm/min erwartet (eine genaue Angabe der maximal erforderlichen Prüfgeschwindigkeit kann nicht gemacht werden, da beim Versuch nach EN 1465 keine Prüfgeschwindigkeit, sondern eine Prüfzeit, in der die Probe brechen muss, angegeben ist). Hier soll die Prüfmaschine Zwick/Roell (Abbildung 31) zum Einsatz kommen, bei den Schälversuchen nach EN 1646 und EN ISO 11339 werden sehr geringe Prüfkräfte im Bereich von einigen 100N erwartet, jedoch verlangen die Normen hier Prüfgeschwindigkeiten von 100mm/min, weshalb hier eine andere Prüfmaschine verwendet werden muss. Eine hierfür geeignete Maschine wurde am Institut für Fertigungstechnik gefunden (Abbildung 33).

Bei den Fertigungszeichnungen wurde ein Nummernsystem eingeführt, welches sowohl eine Unterscheidung zwischen Fertigungsteilen und Norm/Zukaufteilen, als auch eine Unterscheidung zwischen Fertigungszeichnungen und Zusammenstellungszeichnungen erlaubt.

- Fertigungsteile/Zeichnungen besitzen eine dreistellige Zeichnungs- bzw. Teilenummer, die mit 0 oder einer geraden Zahl beginnt (da hier weniger als 100 Zeichnungen erstellt wurden beginnen alle Fertigungsteilzeichnungen mit 0)

- Norm/Zukaufteile besitzen eine dreistellige Teilenummer, die mit einer ungeraden Zahl beginnen (in diesem Fall beginnen alle Normteile mit der Zahl 1)
- Zusammenstellungszeichnungen besitzen eine zweistellige Zeichnungsnummer

Beispielsweise würde die Nummer 001 auf einen Fertigungsteil mit Zeichnung deuten, die Nummer 101 auf einen Norm- oder Zukaufteil, und die Nummer 01 auf eine Zusammenstellungszeichnung. Alle Zeichnungen und die dazu gehörigen Stücklisten können im Anhang A gefunden werden.

### 2.2.1 EN 1465: Klebstoffe – Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen

Bei einer maximalen Klebefläche von  $322\text{mm}^2$  und einer maximalen Zugscherfestigkeit von bis zu  $35\text{N/mm}^2$  lt. Klebstoffherstellerangaben muss hier eine Prüfkraft von ca.  $12\text{kN}$  aufgebracht werden können. Da in den Proben keine Aufnahmebohrungen vorgesehen sind, muss diese Prüfkraft mittels Reibung übertragen werden. Bei der Vorrichtung für diesen Versuch wird „Klemmbacke Dünublech 1“ (Pos. 001) mit „Klemmbacke Dünublech 2“ über ein Nut/Feder – System verbunden, somit kann wie in Abbildung 34 gezeigt das Klemmblech die Hälfte der erforderlichen Reibkraft aufnehmen, die erforderliche Anpresskraft halbiert sich dadurch.

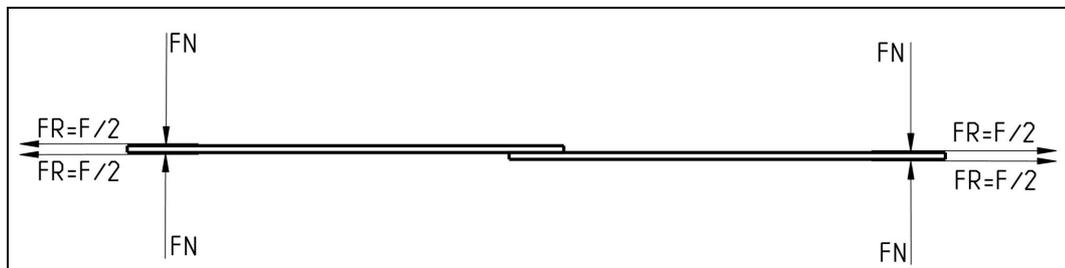


Abbildung 34: Aufteilung der Reibkräfte, wenn beidseitig eine Reibkraft aufgenommen wird

Klemmbacke und Klemmblech werden mit 4 Stk. Zylinderschrauben mit ISK (Innensechskant), DIN 912 – M8x30 – 10.9 verschraubt. Bei einer zulässigen Vorspannkraft von  $24200\text{N}$ <sup>43</sup> und einem Reibwert zwischen Probe und Klemmbacke, trocken, von  $0,15$ <sup>44</sup> ergibt sich hier eine zulässige Reibkraft von:

<sup>43</sup> Vgl.: Künne (2007), S.315

<sup>44</sup> Vgl.: Matek et al. (1994), S.1

$$F_R = F_N \cdot \mu = 4 \cdot 24200 \cdot 0,15 = 14520N \quad (8)$$

Die zulässige Prüfkraft ist lt. voriger Erklärung doppelt so hoch, wie die einzelne Reibkraft, diese entspricht somit max. ca. 29KN.

Für die Konstruktion der Vorrichtungsteile musste vorher eine geeignete Aufnahmemöglichkeit an der Zugprüfmaschine gefunden und vermessen werden, Abbildung 35 zeigt die gewählte Aufnahme für die Vorrichtung. Damit auch Versuche bei höheren Temperaturen vorgenommen werden können, war es notwendig, die Vorrichtung so zu gestalten, dass die Vorrichtung in den integrierten Ofen passt, somit darf kein Teil der Vorrichtung im Durchmesser >80mm sein.

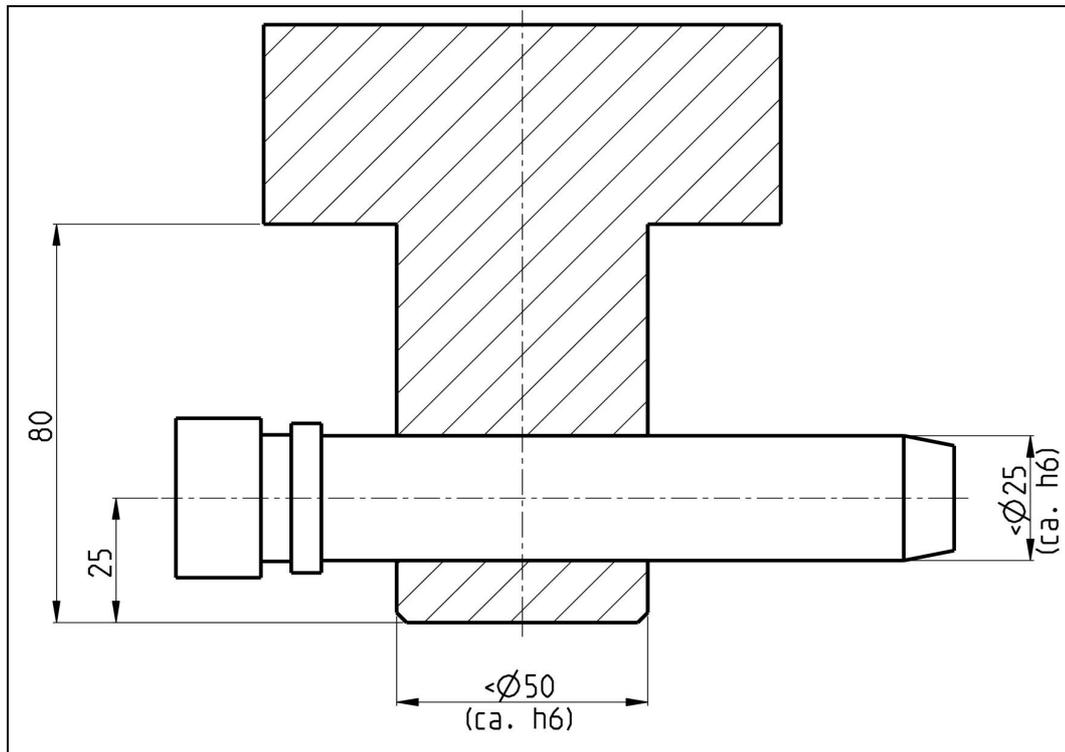
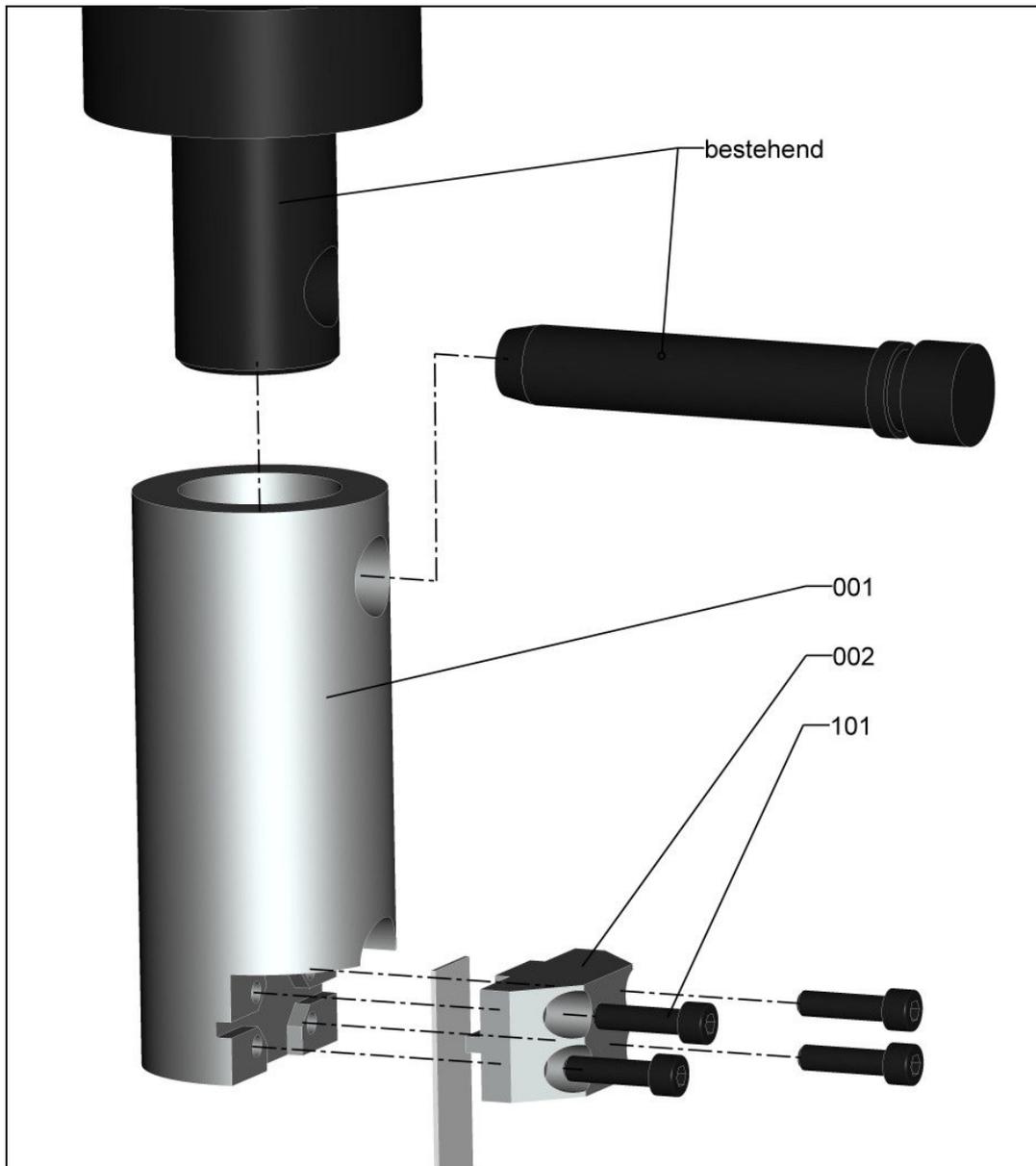


Abbildung 35: Aufnahme an der Prüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz für die Vorrichtung für den Dünnscherversuch

Abbildung 36 zeigt den Einbau der Vorrichtung in die Prüfmaschine:



**Abbildung 36: Einbau der Vorrichtung für Dünnschermversuche in die Prüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz**

Abbildung 37 zeigt die komplette Vorrichtung eingebaut in der Prüfmaschine:



**Abbildung 37: komplette Vorrichtung eingebaut in der Prüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz**

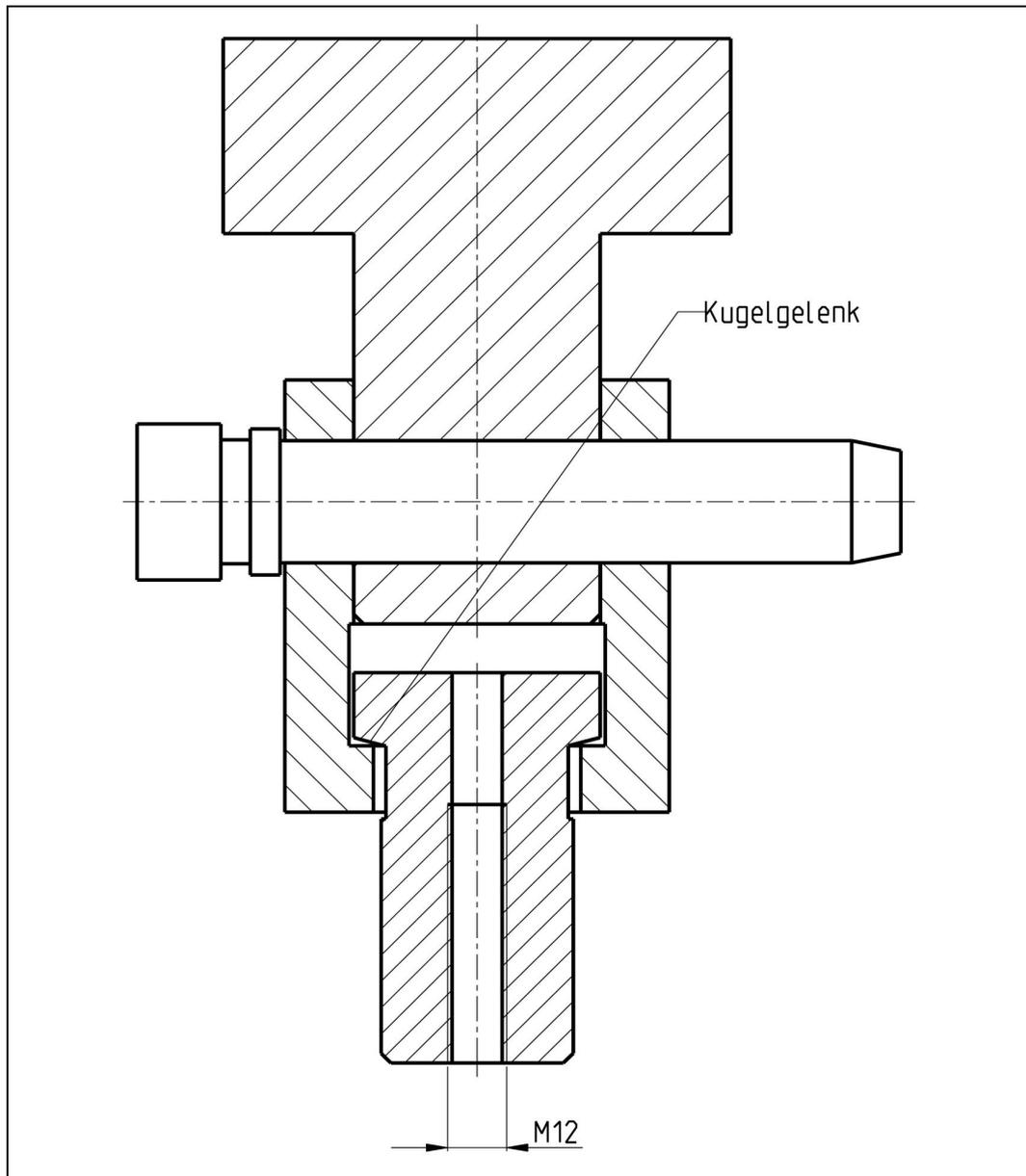
Die in Abbildung 36 dargestellten Positionsnummern werden nun noch in Tabelle 7 dargestellt, und können somit im Anhang wieder gefunden werden.

**Tabelle 7: Stückliste für die Vorrichtung für den Dünnscherversuch**

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Abm.	Werkstoff	Norm/Lief.	Gewicht
001	2	Klemmbacke Dünnscherm 1	Ø78x180	C 35		5
002	2	Klemmbacke Dünnscherm 2	70x35x32	St 37-2		0,4
101	8	Zylinderschraube mit ISK	M8x30	10.9	DIN 912	

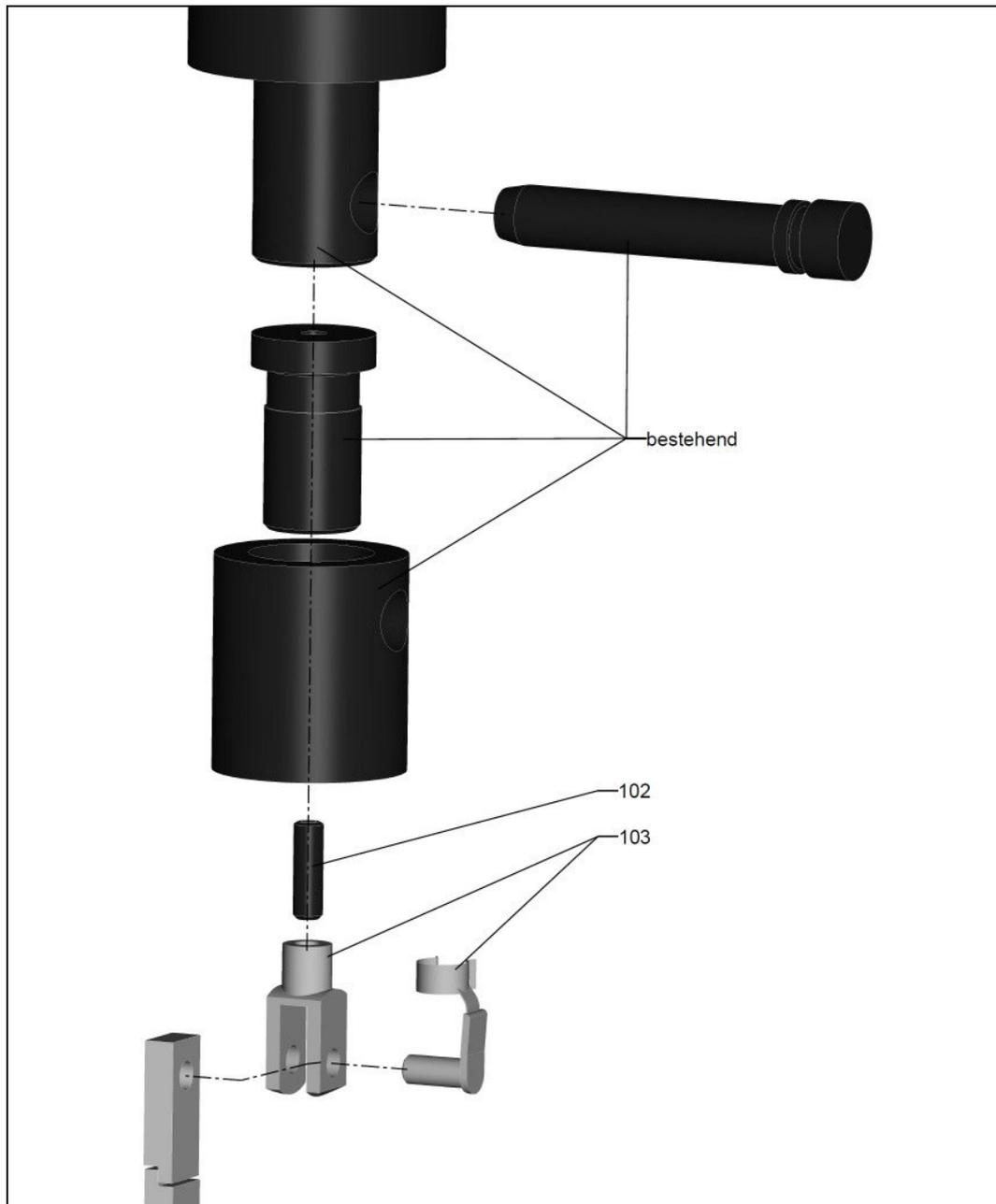
### **2.2.2 EN 14869-2: Strukturklebstoffe – Bestimmung des Scherverhaltens struktureller Klebungen, Teil 2: Scherprüfungen für dicke Fügebauteile**

Durch die vorhandenen Aufnahmebohrungen in den Fügebauteilen ist die Vorrichtung für diesen Versuch sehr einfach, die Anbindung an die Prüfmaschine erfolgt wie in Abbildung 38 dargestellt:

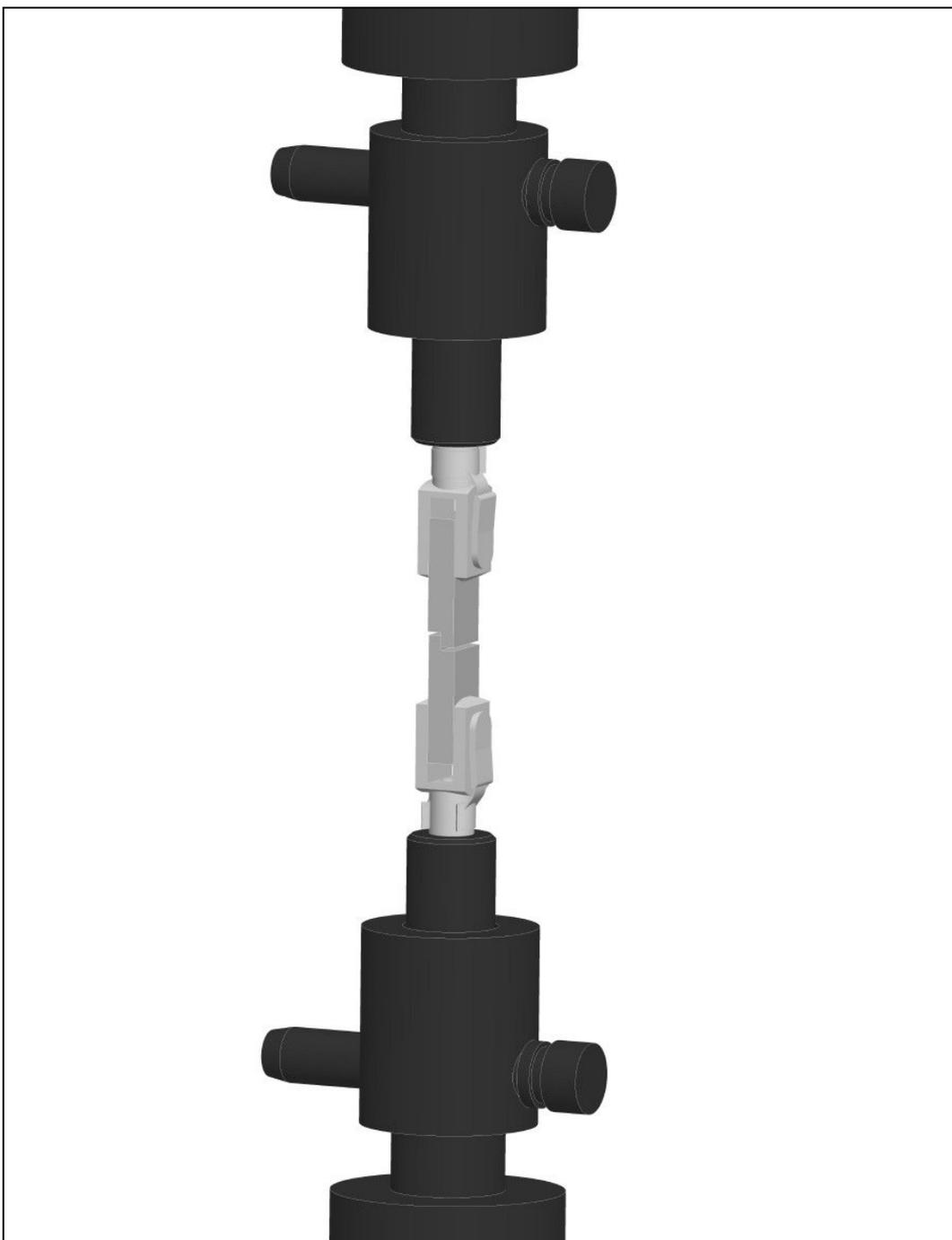


**Abbildung 38: Anbindung für den Dickblechscherversuch an die Prüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz**

Mit dieser Aufnahme wird ein fertiger Gabelkopf mit einem M12 Innengewinde durch einen Gewindestift mit der Prüfmaschine verbunden, der Einbau wird in Abbildung 39 und die Zusammenstellung in Abbildung 40 dargestellt, in Tabelle 8 werden die verwendeten Teile tabellarisch dargestellt.



**Abbildung 39: Einbau der Vorrichtung für die Dickblechscherversuche in die Prüfmaschine  
Zwick/Roell am IWS TU Graz**



**Abbildung 40: komplette Vorrichtung für Dickblebscherversuche eingebaut in die Prüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz**

**Tabelle 8: Stückliste für die Vorrichtung für den Dickblebscherversuch**

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Abmessung / Best.Nr.	Wst.	Norm/Lief.	Gew.
102	2	Gewindestift mit ISK	M12x40	St.	913	
103	2	Gabelgelenk Ø12	GN721-12-24-M12-B	Al./St.	GANTER GRIFF	

### 2.2.3 EN 1464: Klebstoffe – Bestimmung des Schälwiderstandes von Klebungen – Rollenschälversuch

Der Rollenschälversuch kann aufgrund der hohen erforderlichen Prüfgeschwindigkeit nicht auf der Prüfmaschine Zwick/Roell durchgeführt werden, für die sich am Institut für Fertigungstechnik befindende Prüfmaschine wurden wieder die Anschlussmöglichkeiten für Vorrichtungen gesucht und gefunden:

Auf der einen Seite ist ein M16 – Innengewinde vorgesehen, auf der anderen Seite ist ursprünglich ein genormter Pneumatikzylinder mit der Bezeichnung 0822242413 angebracht. Dies ist die Bezeichnung eines Pneumatikzylinders in Zugankerbauart des Herstellers Bosch/Rexroth mit 50mm Kolbendurchmesser und 800mm Hub. Die Anschlussmaße des Pneumatikzylinders entsprechen dann den Anschlussmaßen der Prüfvorrichtung. Abbildung 41 zeigt die Prüfvorrichtung, wie gewohnt in einer Explosionsansicht, hierbei wird durch Pos. 006 der Anschluss an das M16 – Innengewinde, und durch Pos. 005 der Anschluss, der den Pneumatikzylinder ersetzt, gewährleistet.

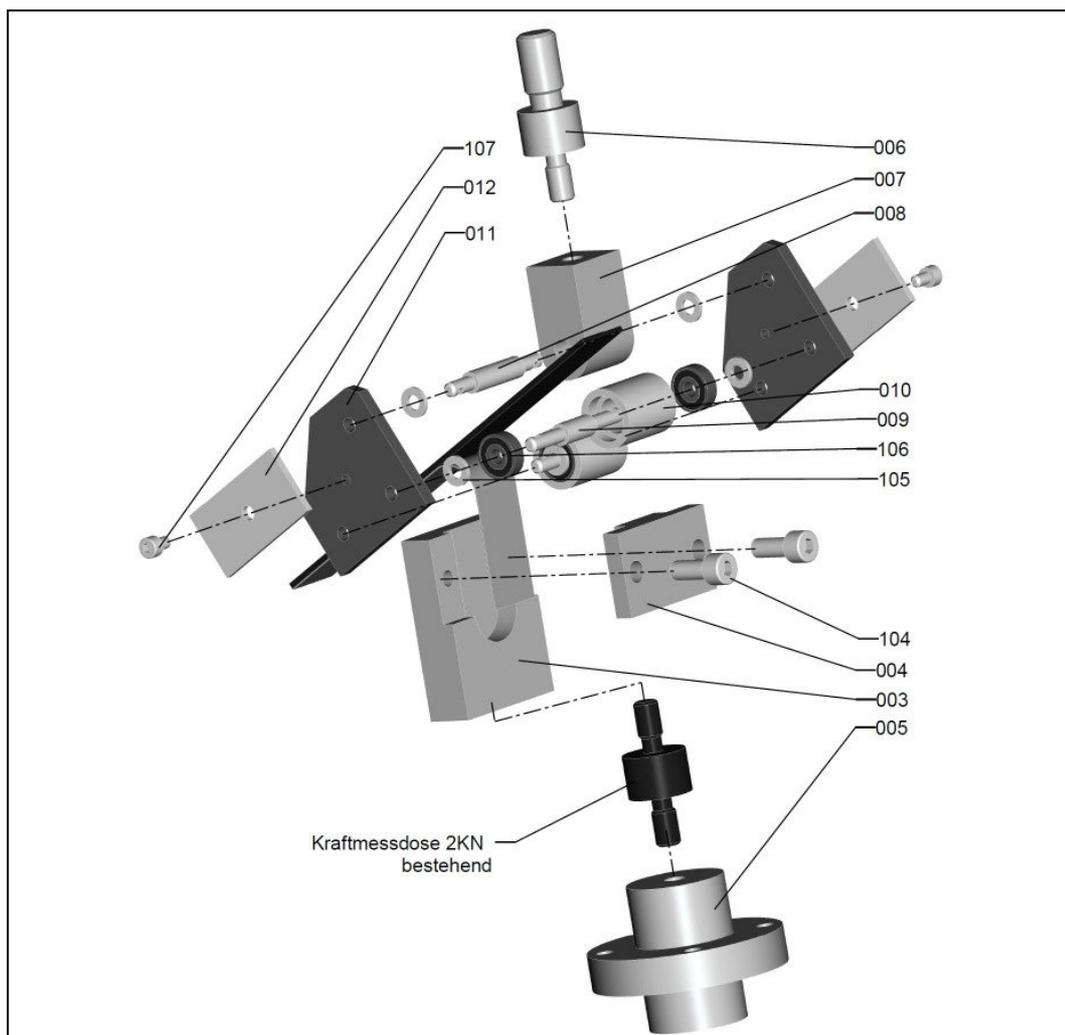
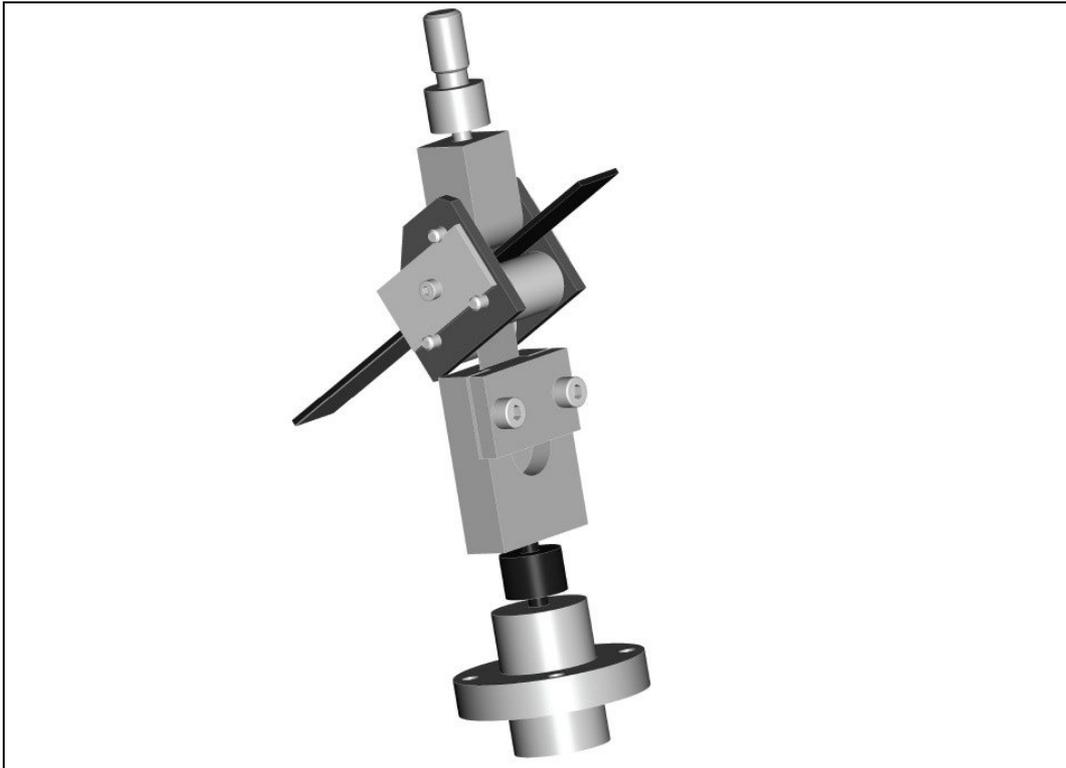


Abbildung 41: Zusammenbau der Vorrichtung für den Rollenschälversuch für die Prüfmaschine Eigenbau am IFT TU Graz

In Abbildung 42 findet man die komplette Vorrichtung, in Tabelle 9 die Stückliste:



**Abbildung 42: Vorrichtung für den Rollenschälversuch fertig zusammengebaut für die Prüfmaschine Eigenbau am IFT TU Graz**

**Tabelle 9: Stückliste für die Vorrichtung für den Rollenschälversuch**

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Abm.	Werkstoff	Norm/Lief.	Gewicht
003	1	Klemmbacke Schälversuch 1	75x55x20	St 37-2		0,6
004	1	Klemmbacke Schälversuch 2	55x35x14	St 37-2		0,1
005	1	Aufnehmer 2KN Messdose	Ø80x60	C 35		1
006	1	Zwischenstück	Ø25x70	St 37.2		0,1
007	1	Zugstück	47,5x30x25	St 37-2		0,2
008	1	Achse 1	Ø9x58	C 35		0,1
009	2	Achse	Ø9x58	C 35		0,1
010	2	Rolle	Ø25x30	C 35		0,1
011	2	Lasche	59x59x6	St 37-2		0,1
012	2	Achshalter	55x30x3	St 37-2		0,1
104	2	Zylinderschraube mit ISK	M8x20	10.9	DIN 912	
105	6	Scheibe	Ø6	St.	DIN 125	
106	4	Rillenkugellager Ø6	626-2RSR		FAG	
107	2	Zylinderschraube mit ISK	M5x8	8.8	DIN 912	

## 2.2.4 EN ISO 11339: Klebstoffe – T-Schälprüfung für geklebte Verbindungen aus flexiblen Fügeteilen

Wie die Vorrichtung für den Rollenschälversuch wird auch diese Vorrichtung an der Prüfmaschine am Institut für Fertigungstechnik eingebaut, die Anschlussmöglichkeiten bleiben die selben. Konstruktiv wurde berücksichtigt, dass hier teilweise die selben Vorrichtungsteile wieder verwendet werden können, wie sie schon bei der Vorrichtung für den Rollenschälversuch eingesetzt wurden, so können die Positionen 003 – 006 und 104 wieder verwendet werden, wie auch in Abbildung 43, Abbildung 44 und Tabelle 10 verdeutlicht wird.

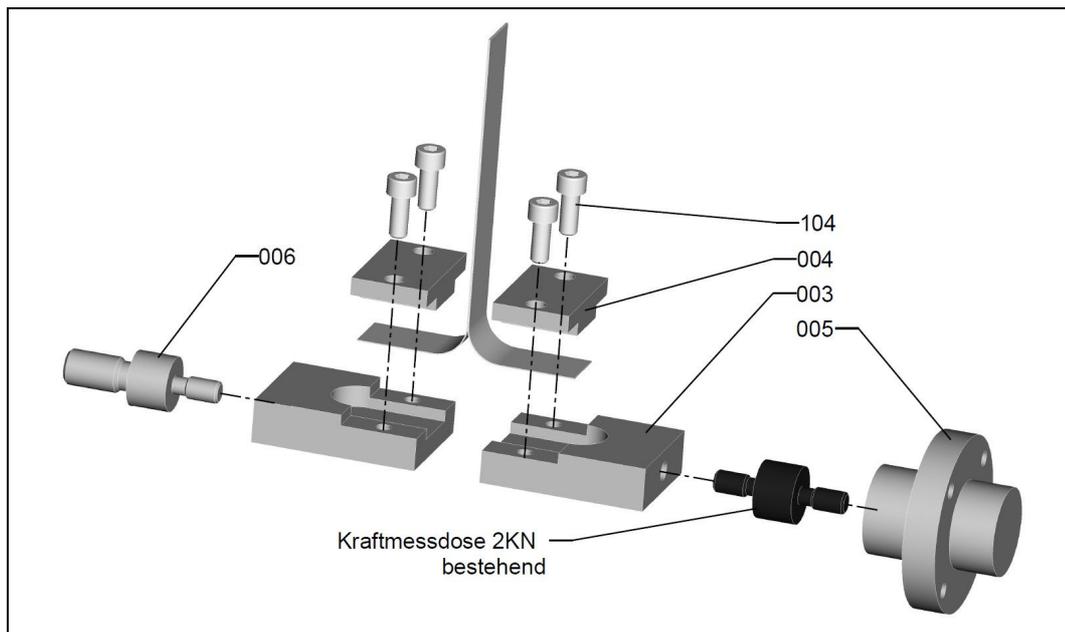


Abbildung 43: Zusammenbau der Vorrichtung für den T-Schälversuch für die Prüfmaschine Eigenbau am IFT TU Graz

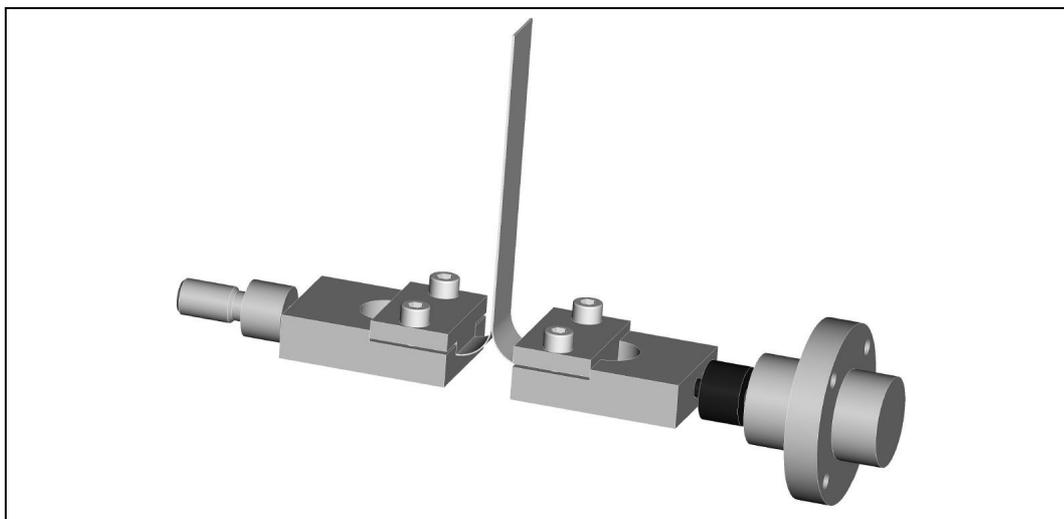


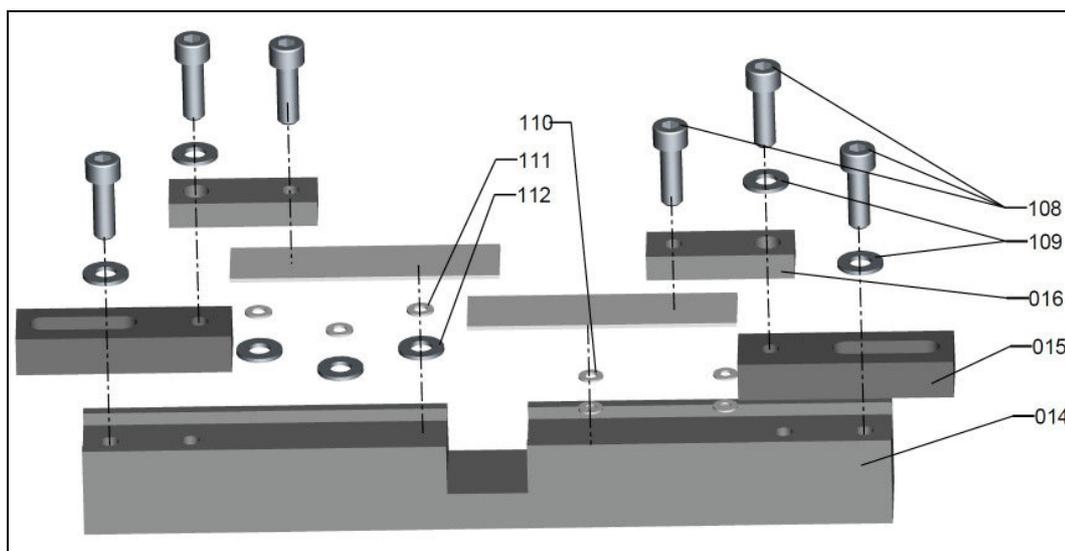
Abbildung 44: Vorrichtung für den T-Schälversuch fertig zusammengebaut für die Prüfmaschine Eigenbau am IFT TU Graz

**Tabelle 10: Stückliste für die Vorrichtung für den T-Schälversuch**

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Abm.	Werkstoff	Norm/Lief.	Gewicht
003	1	Klemmbacke Schälversuch 1	75x55x20	St 37-2		0,6
004	1	Klemmbacke Schälversuch 2	55x35x14	St 37-2		0,1
005	1	Aufnehmer 2KN Messdose	Ø80x60	C 35		1
006	1	Zwischenstück	Ø25x70	St 37.2		0,1
104	2	Zylinderschraube mit ISK	M8x20	10.9	DIN 912	

### 2.2.5 Vorrichtung zum Kleben der Proben für Dünnblechscherversuche und Dickblechscherversuche

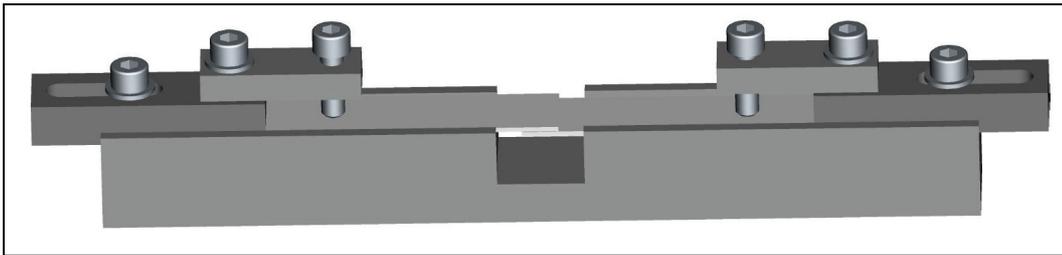
Damit die Füge­teile für die beiden Scher­versuche ordentlich geklebt werden können, be­darf es einer Vor­richtung, mit der man die Teile genau Aus­richten und Span­nen kann. Die Vor­richtung wurde so kon­zipiert, dass sie mit wenigen Hand­griffen von Dünn­blech­klebungen auf Dick­blech­klebungen um­gerüstet werden kann, hierzu müs­sen nur 2x die Pos. 015 ver­schoben werden, und neu ver­schraubt werden. Die Vor­richtung be­steht im Wesent­lichen aus einer Au­flage mit einem seit­lichen Anschlag, damit die Proben fluchten und einem Längs­anschlag, damit die Ge­samtlänge, und somit auch die Länge der Kleb­fläche genau ein­gestellt werden kann. Da das Aushärten eines Kleb­stoffes ent­weder bei Raum­temperatur mehrere Tage dauert, oder bei kür­zerer Zeit nur bei et­was höheren Tem­peraturen erfol­gen kann, wurden hier 10 Ein­zel­vor­richtungen für je eine Probe her­gestellt, somit können immer z.B. 5 Proben im Ofen sein, und 5 Proben für die näch­ste Klebung vor­bereitet werden. Die durch­ge­führten Ver­suche werden im Ka­pitel 4 Test und Er­gebnisse der aus­ge­wähl­ten Kleb­stoffe, Seite 66 näher be­schrieben.



**Abbildung 45: Zusammenbau der Vorrichtungen für Dünnblechklebungen**

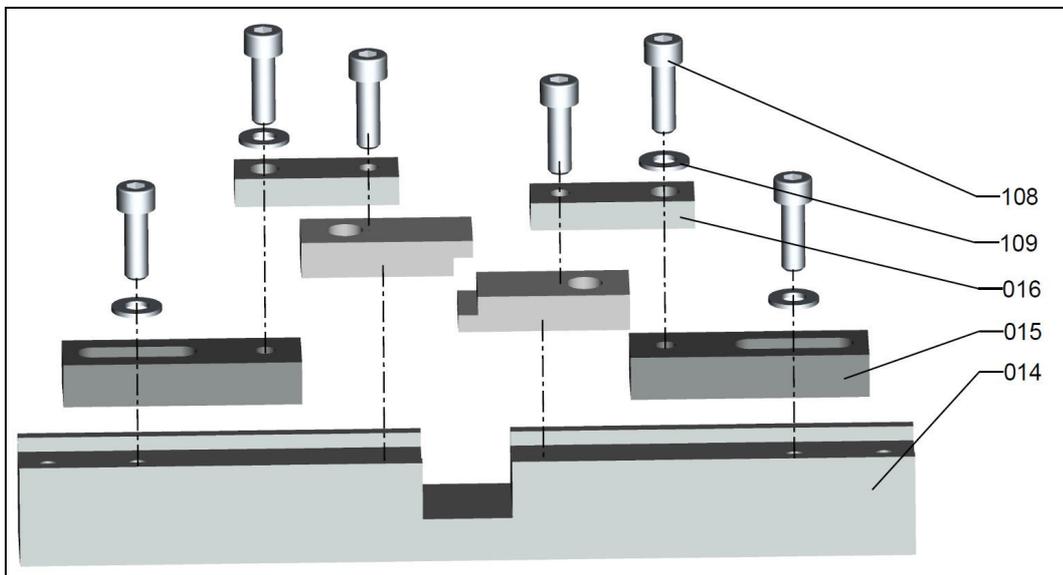
Zwischen Abbildung 45 und Abbildung 47 sieht man den Unterschied im Zusammenbau der Vorrichtungen für Dünublechklebungen und Dickblechklebungen:

Bei den Dünublechklebungen ist noch zu beachten, dass, damit hier eine Überlappung und zusätzlich noch ein Klebespalt zustande kommen können, ein Blech um 1,6mm+Klebespalt höher liegen muss, als das andere. Hier wurde das durch Scheiben nach DIN 125 gemacht: links wurde eine Scheibe DIN 125 – A8 (Stärke 1,6mm) und eine Scheibe DIN 125 – A5 (Stärke 1,0mm) übereinander gelegt, rechts nur eine Scheibe DIN 125 – A4 (Stärke 0,8mm), somit stellt sich ein Klebespalt von 0,2mm ein.

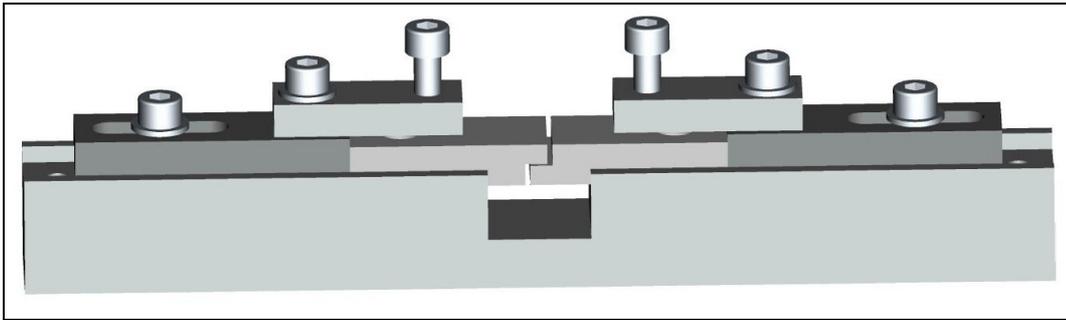


**Abbildung 46: Klebevorrichtung für Dünubleche fertig zusammengebaut**

Für die Klebungen für die Dickbleche müssen, wie in Abbildung 47 und Abbildung 48 gezeigt, keine Scheiben beigelegt werden, der Klebespalt wird hier über die Tiefe der Einfräsung der Stufe festgelegt, hier ist auf eine entsprechende Fertigungsgenauigkeit zu achten!



**Abbildung 47: Zusammenbau der Vorrichtung für Dickblechklebungen**



**Abbildung 48: Vorrichtung für Dickblechklebungen fertig zusammgebaut**

Mit der Stückliste Tabelle 11 für die Vorrichtung zum Kleben der Dünobleche und der Dickbleche endet dieses Kapitel.

**Tabelle 11: Stückliste für die Klebevorrichtungen für Dünoblech- und Dickblechscherversuche**

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Abm.	Werkstoff	Norm/Lief.	Gewicht
014	10	Rahmen Klebevorrichtung	300x35x35	St 37-2		2,4
015	20	Distanzstück	80x25x15	St 37-2		0,2
016	20	Klemmleiste	5x20x10	St 37-2		0,1
108	60	Zylinderschraube mit ISK	M8x25	8.8	DIN 912	
109	40	Scheibe	Ø8	St	DIN 125	
110	40	Scheibe	Ø4	St	DIN 125	
111	30	Scheibe	Ø8	St	DIN 125	
112	30	Scheibe	Ø5	St	DIN 125	

### 3 Beschreibung der ausgewählten Klebstoffe

Für die Klebeversuche wurden die in der Feasibility Studie Sadrawetz/Vallant: „Kleben von Keramikzähnen“ ausgewählten Klebstoffe geprüft, es wurden folgende Klebstoffe vorgeschlagen:

- HENKEL: HYSOL<sup>®</sup> EA 9394/C-2
- DELO: DELOMONOPOX<sup>®</sup> AD295
- HENKEL: HYSOL<sup>®</sup> 9497<sup>™</sup>
- 3M: SCOTCH-WELD<sup>™</sup> DP760
- THREE BOND: 2285D
- POLYMERICS: PX-313/PX-313T
- POLYMERICS: PX-314

Des Weiteren wurden von der Firma DELO noch 2 Klebstoffe zur Verwendung vorgeschlagen:

- DELO: DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197
- DELO: DELOMONOPOX<sup>®</sup> AD298

#### 3.1 HENKEL: HYSOL<sup>®</sup> EA 9394/C-2 <sup>45</sup>

Hierbei handelt es sich um einen organischen, warmhärtenden, für hohe Betriebstemperaturen geeigneten 2-Komponenten-Strukturklebstoff auf Epoxidharzbasis in Pastenform. Die Aushärtung soll 1 Stunde lang bei mindestens 93°C erfolgen.

Dieser Klebstoff wird in 2 Dosen – Komponente A und Komponente B bereitgestellt, vor dem Gebrauch müssen diese beiden Teile im Massenverhältnis A:B = 100:20 bei Raumtemperatur vermischt werden, eine Mischung mittels Volumenverhältnis wird ausdrücklich nicht empfohlen. Aus Sicherheitsgründen sollen nicht mehr als 450 Gramm Klebstoff auf einmal vermischt werden, da sich aufgrund einer starken Temperaturerhöhung die beiden Stoffe wieder unkontrolliert entmischen können, dabei können giftige Dämpfe entstehen.

Über die Eigenschaften der ungemischten Komponenten sind folgende Daten bekannt:

---

<sup>45</sup> Vgl.: o.V.: HYSOL<sup>®</sup> EA 9394/C-2 Datenblatt englisch (o.J.), S.1-3

**Tabelle 12: Eigenschaften der ungemischten Komponenten von HYSOL® EA 9394/C-2**

	Komponente A	Komponente B
Farbe	Grau	Magentarot
Viskosität bei 77°F	5700 – 7200 Poise	1 Poise
Brookfield, HBT	Spdl 7 @ 20 rpm	Spdl 6 @ 20 rpm
Viskosität bei 25°C	570 – 720 Pa.s	0,1 Pa.s
Brookfield, HBT	Spdl 7 @ 2,1 rad/s	Spdl 6 @ 10,47 rad/s
Dichte	1,45 g/ml	1 g/ml
Lagerdauer bei <40°F / 4°C	1 Jahr	1 Jahr
Lagerdauer bei <77°F / 25°C	1 Jahr	1 Jahr

Folgende Zugscherfestigkeitswerte für die Klebungen mit Aluminiumfügeteilen werden in Tabelle 13 angegeben, die Daten basieren auf einen Versuch, der vermutlich ähnlich dem Versuch nach EN 1465 ist.

**Tabelle 13: Zugscherfestigkeit bei verschiedenen Temperaturen von HYSOL® EA 9394/C-2**

Temperatur [°F/°C]	Zugscherfestigkeit	Zugscherfestigkeit
-67/-55	3500 psi	24,1 MPa
77/25	5000 psi	34,5 MPa
180/82	4000 psi	27,6 MPa
250/121	3200 psi	22,0 MPa
300/149	3000 psi	20,7 MPa
350/177	2500 psi	17,2 MPa
400/204	1700 psi	11,7 MPa
450/232	1200 psi	8,3 MPa
500/260	800 psi	5,5 MPa

### **Wichtige Sicherheitshinweise für die Anwendung dieses Klebstoffes** <sup>46 47</sup>

Die folgenden Abbildungen zeigen für die beiden Komponenten den Originalabschnitt „EMERGENCY OVERVIEW“, in dem unter Anderem die Gefahren der Einzelnen Klebstoffe nach HMIS und dargestellt werden:

<sup>46</sup> Vgl.: Mau: HYSOL® EA 9394/C-2 Sicherheitsdatenblatt Komponente A, englisch (2012), S.1-5

<sup>47</sup> Vgl.: Mau: HYSOL® EA 9394/C-2 Sicherheitsdatenblatt Komponente B, englisch (2011), S.1-5

EMERGENCY OVERVIEW			
Physical state:	Solid, Paste	HMIS:	HEALTH: *2
Color:	Gray		FLAMMABILITY: 1
Odor:	Slight		PHYSICAL HAZARD: 1
			Personal Protection: See MSDS Section 8
WARNING:	MAY CAUSE EYE, SKIN AND RESPIRATORY TRACT IRRITATION. MAY CAUSE ALLERGIC SKIN REACTION.		

Abbildung 49: EMERGENCY OVERVIEW HYSOL® EA 9394/C-2 Komponente A <sup>48</sup>

EMERGENCY OVERVIEW			
Physical state:	Liquid	HMIS:	HEALTH: *3
Color:	Purple		FLAMMABILITY: 1
Odor:	Ammonia		PHYSICAL HAZARD: 1
			Personal Protection: See MSDS Section 8
DANGER-CORROSIVE!:	MAY CAUSE EYE AND SKIN BURNS. MAY BE HARMFUL IF SWALLOWED, ABSORBED THROUGH SKIN OR INHALED. CAUSES RESPIRATORY TRACT IRRITATION. MAY CAUSE ALLERGIC SKIN AND RESPIRATORY REACTION.		

Abbildung 50: EMERGENCY OVERVIEW HYSOL® EA 9394/C-2 Komponente B <sup>49</sup>

Diese beiden Ausschnitte aus den Sicherheitsdatenblättern zeigen, dass insbesondere bei der Komponente B erhöhte Vorsicht geboten ist, so bedeutet lt. HMIS die Zahl 3 „serious hazard“ – ernste Gefahr. <sup>50</sup>

Die Verarbeitung soll unter speziellen Sicherheitsbedingungen erfolgen, die Absaugung von Dämpfen ist notwendig, des Weiteren werden spezielle Kleidung, Brillen und Handschuhe benötigt. Bei diesem Klebstoff wird auch speziell auf das Einsatzgebiet in der Flugzeugindustrie im nordamerikanischen Raum verwiesen. Aufgrund des sicherheitstechnisch schwierigen Umganges mit diesem Klebstoff konnten diese Klebeversuche nur bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik durch Mitarbeiter von Magna Steyr Fahrzeugtechnik unter entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen (Atemschutz) durchgeführt werden.

### 3.2 DELO: DELOMONOPOX® AD295 <sup>51</sup>

Hierbei handelt es sich um einen organischen, warmhärtenden, mit mineralischen Füllstoffen vermischten Einkomponenten-Konstruktionsklebstoff auf Epoxidharzbasis. Die Aushärtung soll bei Temperaturen von 130 °C – 180 °C erfolgen, beispielhaft wird hier eine Aushärtezeit von 40 Minuten bei 150 °C im Umluftofen angegeben. Auf diese Aushärtungsbedingungen beziehen sich auch die Festigkeitswerte dieses Klebstoffes.

<sup>48</sup> Mau.: HYSOL® EA 9394/C-2 Sicherheitsdatenblatt Komponente A, englisch (2012.), S.1

<sup>49</sup> Mau: HYSOL® EA 9394/C-2 Sicherheitsdatenblatt Komponente B, englisch (2011), S.1

<sup>50</sup> Vgl.: o.V.: HMIS System (o.D.), <http://www.paint.org/programs/hmis.html>, Zugriffsdatum 15.4.2012

<sup>51</sup> Vgl.: o.V.: DELOMONOPOX® AD295 Datenblatt (2011), S. 1-3

Die Eigenschaften des Klebstoffes sind in Tabelle 14 dargestellt:

**Tabelle 14: Allgemeine Eigenschaften von DELOMONOPOX® AD295**

Farbe	hell-beige
Füllstoff	Mineralien
Dichte	1,6 g/cm <sup>3</sup>
Viskosität	230 Pa.s
Verarbeitungszeit bei max. 25 °C	4 Wochen
Verarbeitungszeit bei 36 °C	4 Tage
Reißdehnung	1,4 %
E-Modul	5500 MPa
Shore Härte D	84
Zersetzungstemperatur	300 °C
Glasübergangstemperatur	134 °C
Lagerstabilität ungeöffnet bei 25 °C	4 Wochen
Lagerstabilität ungeöffnet bei 4 – 8 °C	6 Monate

**Tabelle 15: Festigkeitswerte von DELOMONOPOX® AD295 bei verschiedenen Temperaturen**

	Raumtemperatur	100 °C	150 °C	200 °C
Zugscherfestigkeit Al/Al, EN 1465	30 MPa	26 MPa	9 MPa	3 MPa
Rollenschälwiderstand St/St	10 N/mm	-	-	-
Zugfestigkeit	50 MPa	-	-	-

Zur Verarbeitung dieses Klebstoffes sind standardmäßige Sicherheitsvorkehrungen wie Schutzbrille und Schutzhandschuhe ausreichend, eine Absaugung ist nicht erforderlich.

### 3.3 HENKEL: HYSOL® 9497<sup>TM</sup> 52

Hierbei handelt es sich um einen organischen, bei Raumtemperatur aushärtenden, 2 Komponenten-Klebstoff auf Epoxidharzbasis. Für die Aushärtung stehen folgende Optionen zur Verfügung:

- 7 Tage bei 22 °C
- 24 Stunden bei 22 °C gefolgt von 30 Minuten bei 80 °C
- 24 Stunden bei 22 °C gefolgt von 15 Minuten bei 120 °C

<sup>52</sup> Vgl.: o.V.: HYSOL® 9497<sup>TM</sup> Datenblatt (2008), S.1-3

Die beiden Komponenten sollen in einem Volumenverhältnis Harz:Härter = 2:1 oder in einem Gewichtsverhältnis Harz:Härter = 100:50 vermischt werden.

Die Eigenschaften der ungemischten Komponenten sind in Tabelle 16 angegeben:

**Tabelle 16: Eigenschaften der ungemischten Komponenten von HYSOL® 9497™**

	Harz	Härter
Farbe	weiß <sup>LMS</sup>	grau <sup>LMS</sup>
Spez. Dichte	2,05 – 2,13 <sup>LMS</sup>	2,02 – 2,1 <sup>LMS</sup>
Casson Viskosität, Kegel-Platte Rhenometer, 25 °C, Schergeschwindigkeit 0 – 40 s <sup>-1</sup>	5 – 16 Pa.s <sup>LMS</sup>	8 – 24 Pa.s <sup>LMS</sup>
Optimale Lagerung	8 – 21 °C	8 – 21 °C

LMS - Loctite Material-Specification: Genaue Werte sind für die jeweiligen Chargen erhältlich.

Dieser Klebstoff soll als Universalklebstoff dienen, im Datenblatt findet man zahlreiche Festigkeitswerte verschiedener Materialien, Festigkeitswerte für Keramik sind leider nicht angegeben, Tabelle 17 stellt diese dar:

**Tabelle 17: Festigkeitseigenschaften im ausgehärteten Zustand von HYSOL® 9497™**

Material	Zugscherfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Zugscherfestigkeit [psi]
Baustahl (sandgestrahlt)	20	2900
Edelstahl	9	1300
Aluminium	7	1000
Aluminium (geschmirgelt)	15	2170
Messing	5	750
Kupfer	5	750
Zinkdichromat	5	750
ABS	6	900
Polycarbonat	4	700
Polymethylmethacrylat	1	150
Glasfaserverstärkte Epoxidmatrix	8	1200
Hartholz (Teak)	12	1700
Weichholz (Kiefer)	8	1200

Insbesondere bei der Verwendung in verschiedenen Temperaturbereichen ist die Wahl des richtigen Aushärtvorganges von Bedeutung, Abbildung 51 zeigt den Einfluss der Aushärtvorgänge auf die Endfestigkeit:

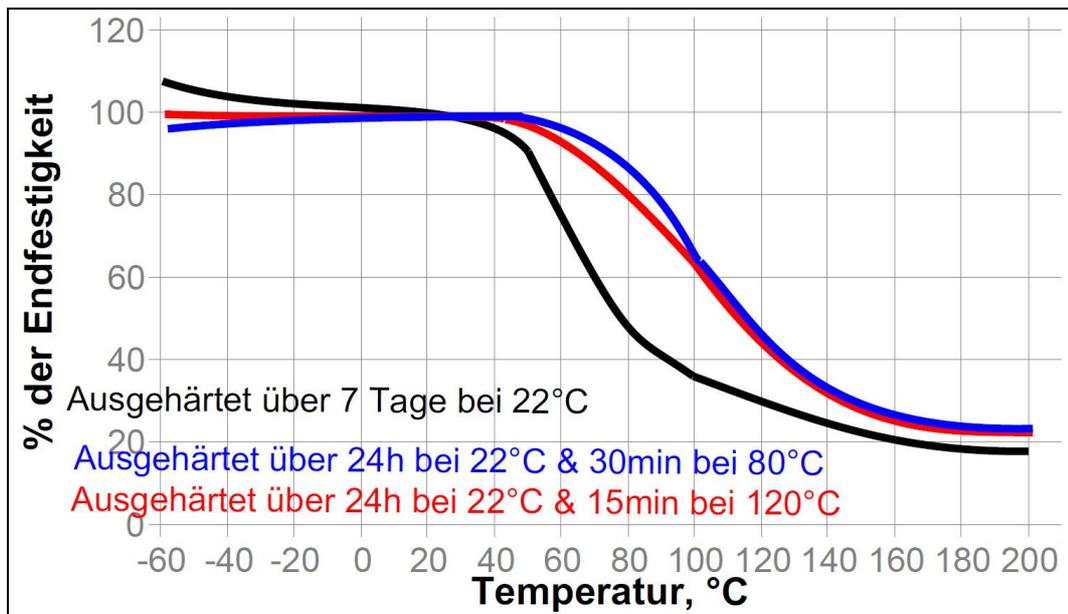


Abbildung 51: Auswirkung der verschiedenen Aushärtevorgänge auf die Endfestigkeit für HYSOL<sup>®</sup> 9497<sup>TM</sup> 53

Zur Verarbeitung dieses Klebstoffes sind standardmäßige Sicherheitsvorkehrungen wie Schutzbrille und Schutzhandschuhe ausreichend, eine Absaugung ist nicht erforderlich.

### 3.4 3M: SCOTCH-WELD<sup>TM</sup> DP760 54

Hierbei handelt es sich um einen organischen, bei Raumtemperatur härtenden, für hohe Betriebstemperaturen geeigneten 2 Komponenten-Konstruktionsklebstoff auf Epoxidharzbasis in Pastenform. Für die Aushärtung stehen folgende Optionen zur Verfügung:

- 7 Tage bei 23°C
- 1 Tag bei 23°C + 1 Stunde bei 80°C
- 2 Stunden bei 65°C

Die beiden Komponenten sollen in einem Volumenverhältnis Basis:Härter = 2:1 oder in einem Gewichtsverhältnis Basis:Härter = 100:32 vermischt werden.

Die Eigenschaften der ungemischten Komponenten werden in Tabelle 18 beschrieben:

<sup>53</sup> o.V.: HYSOL<sup>®</sup> 9497<sup>TM</sup> Datenblatt (2008), S.2

<sup>54</sup> Vgl.: o.V.: SCOTCH-WELD<sup>TM</sup> DP760 Datenblatt (2009), S. 1-5

**Tabelle 18: Eigenschaften der ungemischten Komponenten von SCOTCH-WELD™ DP760**

	Basis	Härter
Basis	mod. Epoxidharz	mod. Epoxidharz
Farbe	weiß	weiß
Konsistenz	pastös	pastös
Viskosität bei Raumtemperatur	300 Pa.s	80 Pa.s
Festkörper	100%	100%
Spez. Gewicht	1,26 g/cm <sup>3</sup>	0,82 g/cm <sup>3</sup>

Die Festigkeiten sind wieder von der Wahl des Aushärteverfahrens abhängig und in den folgenden Tabellen dargestellt:

**Tabelle 19: Rollenschälfestigkeit nach DIN 53289 von SCOTCH-WELD™ DP760 bei verschiedenen Aushärteverfahren**

Prüftemperatur	7 Tage bei 23 °C	2 Stunden bei 65 °C	24 Stunden bei 23 °C +1 Stunde bei 80 °C
23 °C	184 N/25mm	159 N/25mm	154 N/25mm

**Tabelle 20: Zugscherfestigkeiten nach DIN 53283 von SCOTCH-WELD™ DP760 bei verschiedenen Aushärteverfahren**

Prüftemperatur	7 Tage bei 23 °C	2 Stunden bei 65 °C	24 Stunden bei 23 °C +1 Stunde bei 80 °C
-55 °C	19,4 MPa	21,9 MPa	17,4 MPa
23 °C	28,2 MPa	30,4 MPa	29,1 MPa
80 °C	24,1 MPa	25,9 MPa	24,2 MPa
120 °C	16,2 MPa	15,4 MPa	16,1 MPa
150 °C	10,4 MPa	10,3 MPa	11,3 MPa
175 °C	7,6 MPa	7,5 MPa	7,3 MPa
205 °C	4,9 MPa	5,3 MPa	5,2 MPa
230 °C	2,9 MPa	3,5 MPa	3,0 MPa

Zur Verarbeitung dieses Klebstoffes sind standardmäßige Sicherheitsvorkehrungen wie Schutzbrille und Schutzhandschuhe ausreichend, eine Absaugung ist nicht erforderlich.

### 3.5 THREE BOND: 2285D <sup>55</sup>

Hierbei handelt es sich um einen organischen, wärmehärtenden, Einkomponenten-Klebstoff auf Epoxidharzbasis. Für die Aushärtung stehen folgende Optionen zur Verfügung:

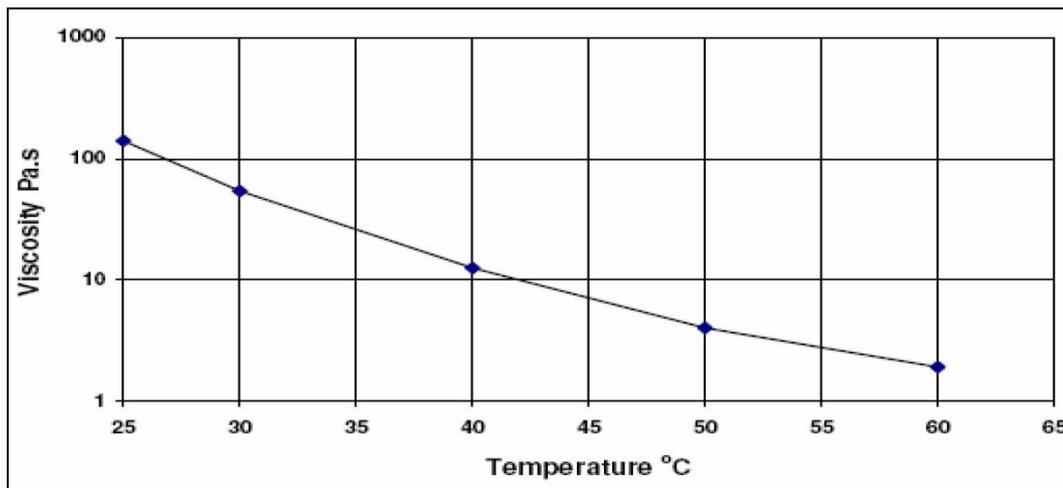
- 60 Minuten bei 120 °C
- 30 Minuten bei 150 °C

Die Eigenschaften werden in Tabelle 21 zusammengefasst:

**Tabelle 21: Allgemeine Eigenschaften von 2285D**

Farbe	weiß
Konsistenz	pastös, milchig
Dichte	1,56 g/cm <sup>3</sup>
Viskosität bei 25 °C	140 Pa.s
Lagerfähigkeit bei 5 °C	7 Monate
Shore Härte D	94
Glasübergangstemperatur	180 °C
Lagerstabilität ungeöffnet bei 25 °C	4 Wochen
Lagerstabilität ungeöffnet bei 4 – 8 °C	6 Monate

Wie in Abbildung 52 dargestellt, sinkt hier die Viskosität sehr stark mit steigender Temperatur:



**Abbildung 52: Viskosität in Abhängigkeit der Temperatur von 2285D <sup>56</sup>**

<sup>55</sup> Vgl.: o.V.: 2285D Datenblatt (o.D.), S. 1-3

<sup>56</sup> o.V.: 2285D Datenblatt (o.D.), S. 2

Die Schälfestigkeit aus einem T-Schälversuch wird mit 628 N/m angegeben, weitere Festigkeitswerte in Abhängigkeit zur Temperatur können aus Tabelle 22 entnommen werden, die hierbei angegebenen Werte beziehen sich jedoch auf 60 Minuten Aushärten bei 150 °C, Festigkeitswerte für die oben angegebenen Aushärteverfahren sind nicht vorhanden.

**Tabelle 22: Scherfestigkeit und Shore Härte in Abhängigkeit von der Temperatur von 2285D**

Temperatur	Scherfestigkeit St/St	Shore Härte D
-20	-	95
Raumtemperatur	20,6 MPa	94
80	20,6 MPa	-
120	19,82 MPa	92
150	-	88
160	20,01 MPa	-
175	-	84
180	19,23 MPa	83
185	-	78
195	-	73
200	3,92 MPa	-

Zur Verarbeitung dieses Klebstoffes sind standardmäßige Sicherheitsvorkehrungen wie Schutzbrille und Schutzhandschuhe ausreichend, eine Absaugung ist nicht erforderlich.

### **3.6 POLYMERICS: PX-313/313T<sup>57</sup>**

Hierbei handelt es sich um einen organischen, heißhärtenden, hochtemperaturbeständigen Einkomponenten-Klebstoff auf Bismaleimidbasis. Der Klebstoff PX-313 ist hochviskos und kann erst durch Erwärmen auf 60 – 80 °C verflüssigt und damit verarbeitet werden, die Variante PX-313-T ist thixotrop modifiziert, verbleibt während der Klebung also an Ort und Stelle und fließt auch während der Härtung nicht weg. Die Aushärtung sollte für eine Dauer von 2 Stunden bei 150°C erfolgen, anschließend wird eine Nachhärtung für eine Dauer von 2 Stunden bei 200 °C empfohlen.

Die Eigenschaften werden in Tabelle 23 und Tabelle 24 zusammengestellt:

<sup>57</sup> Vgl.: o.V.: PX313/PX313T Datenblatt (2010), S. 1-3

**Tabelle 23: Eigenschaften von PX-313/PX-313T**

Farbe	Gelb-orange Paste
Konsistenz (23 °C)	hochviskos
Dichte	ca. 1,18 g/cm <sup>3</sup>
Lagerfähigkeit (2 - 35 °C)	6 Monate

**Tabelle 24: Zugscherfestigkeit von PX-313/PX-313T in Anlehnung an den Dünnblechscherversuch nach EN 1465**

Substrat	Vorbehandlung	23 °C	130 °C	160 °C	220 °C
Edelstahl 1.4301	Ätzen Oxalsäure/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> O	18,1 N/mm <sup>2</sup>	-	10,4 N/mm <sup>2</sup>	9,2 N/mm <sup>2</sup>
Stahl C45	Pyrolisierung	14,1 N/mm <sup>2</sup>	-	-	-
Stahl C45	Phosphatieren	4,6 N/mm <sup>2</sup>	-	-	-
PPS-Gewebeverstärkt	O <sub>2</sub> -Plasma	6,2 N/mm <sup>2</sup>	3,9 N/mm <sup>2</sup>	2,9 N/mm <sup>2</sup>	-

Zur Verarbeitung dieses Klebstoffes sind standardmäßige Sicherheitsvorkehrungen wie Schutzbrille und Schutzhandschuhe ausreichend, eine Absaugung ist nicht erforderlich.

### 3.7 POLYMERICS: PX-314<sup>58</sup>

Hierbei handelt es sich um einen organischen, heißhärtenden, hochtemperaturbeständigen Einkomponenten-Klebstofffilm auf Bismaleimidbasis. Dieser Klebstofffilm ist bei Raumtemperatur nicht klebrig, kann aber durch Erwärmen auf 120 °C leicht klebrig gemacht werden. Die Aushärtung sollte für eine Dauer von 2 Stunden bei 150 °C erfolgen, anschließend wird eine Nachhärtung für eine Dauer von 2 Stunden bei 200 °C empfohlen.

Die Eigenschaften werden in Tabelle 25 und Tabelle 26 dargestellt:

**Tabelle 25: Eigenschaften von PX-314**

Farbe	gelb-grünlicher Film
Filmdicke	ca. 90 µm
Viskosität (23 °C)	flexibler Feststofffilm auf Polyesterträger
Lagerfähigkeit (5 - 30 °C)	6 Monate

<sup>58</sup> Vgl.: o.V.: PX314 Datenblatt (2008), S. 1-2

**Tabelle 26: Zugscherfestigkeit PX-314 in Anlehnung an den Dünnscherversuch nach EN 1465**

Substrat	Vorbehandlung	23 °C	160 °C	220 °C
Aluminium AlCuMg1	Beizen nach DIN + Primer H1	11,6 N/mm <sup>2</sup>	13,4 N/mm <sup>2</sup>	19 N/mm <sup>2</sup>
Edelstahl 1.4301	Ätzen (Oxalsäure/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> O)	11,3 N/mm <sup>2</sup>	8,8 N/mm <sup>2</sup>	9,5 N/mm <sup>2</sup>
Edelstahl 1.4301	Ätzen (Oxalsäure/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> O) 130 µm Filmdicke	7,8 N/mm <sup>2</sup>	7,5 N/mm <sup>2</sup>	5,5 N/mm <sup>2</sup>
Stahl C45	Phosphatiert	3,8 N/mm <sup>2</sup>	-	-
Stahl C45	Pyrolysiert	11,4 N/mm <sup>2</sup>	-	-

Zur Verarbeitung dieses Klebstoffes sind standardmäßige Sicherheitsvorkehrungen wie Schutzbrille und Schutzhandschuhe ausreichend, eine Absaugung ist nicht erforderlich.

### 3.8 DELO: DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197<sup>59</sup>

Hierbei handelt es sich um einen organischen, warmhärtenden, mit Füllstoffen aus Aluminium vermischten Einkomponenten-Konstruktionsklebstoff auf Epoxidharzbasis. Die Aushärtung soll bei Temperaturen von 130 °C – 180 °C erfolgen, beispielhaft wird hier eine Aushärtezeit von 40 Minuten bei 150 °C im Umluftofen angegeben. Auf diese Aushärtungsbedingungen beziehen sich auch die Festigkeitswerte dieses Klebstoffes.

Die Eigenschaften werden in Tabelle 27 und Tabelle 28 dargestellt:

**Tabelle 27: Allgemeine Eigenschaften von DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197**

Farbe	silbergrau
Füllstoff	Aluminium
Dichte	1,6 g/cm <sup>3</sup>
Viskosität	pastös
Verarbeitungszeit bei max. 25 °C	6 Wochen
Reißdehnung	1,4 %
E-Modul	3300 MPa
Shore Härte D	67
Zersetzungstemperatur	280 °C
Glasübergangstemperatur	140 °C
Lagerstabilität ungeöffnet bei 0 – 8 °C	6 Monate

<sup>59</sup> Vgl.: o.V.: DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197 Datenblatt (2011), S. 1-4

**Tabelle 28: Festigkeitswerte von DELOMONOPOX® 1197 bei verschiedenen Temperaturen**

	-30 °C	RT	50 °C	80 °C	100 °C	150 °C	200 °C
Zugscherfestigkeit Al/Al, EN 1465	24 MPa	26 MPa	33 MPa	19 MPa	22 MPa	5 MPa	2 MPa
Zugscherfestigkeit Al/Al, 6mm Fügeteildicke		55 MPa					
Rollenschälwiderstand		12 N/mm					
Zugfestigkeit		40 MPa					

Zur Verarbeitung dieses Klebstoffes sind standardmäßige Sicherheitsvorkehrungen wie Schutzbrille und Schutzhandschuhe ausreichend, eine Absaugung ist nicht erforderlich.

### 3.9 DELO: DELOMONOPOX® AD298 <sup>60</sup>

Hierbei handelt es sich um einen organischen, warmhärtenden, mit mineralischen Füllstoffen vermischten Einkomponenten-Konstruktionsklebstoff auf Epoxidharzbasis. Die Aushärtung soll bei Temperaturen von 130 °C – 180 °C erfolgen, beispielhaft wird hier eine Aushärtezeit von 40 Minuten bei 150 °C im Umluftofen angegeben. Auf diese Aushärtungsbedingungen beziehen sich auch die Festigkeitswerte dieses Klebstoffes.

Die Eigenschaften werden in Tabelle 29 dargestellt:

**Tabelle 29: Allgemeine Eigenschaften von DELOMONOPOX® AD298**

Farbe	hell-beige
Füllstoff	Mineralien
Partikelgröße	125 µm
Viskosität	pastös
Reißdehnung	1,4 %
E-Modul	5500 MPa
Shore Härte D	84
Lagerstabilität bei 25 °C	4 Wochen
Lagerstabilität ungeöffnet bei 0 – 10 °C	6 Monate

<sup>60</sup> Vgl.: o.V.: DELOMONOPOX® AD298 Datenblatt (2011), S. 1-3

Im Gegensatz zu den anderen Klebstoffen werden bei diesem Klebstoff keine Festigkeitswerte bei anderen Temperaturen als der Raumtemperatur angegeben, die Festigkeitswerte bei Raumtemperatur sind in folgender Tabelle angegeben:

**Tabelle 30: Festigkeitswerte von DELOMONOPOX® AD298 bei Raumtemperatur**

Zugscherfestigkeit Al/Al, EN 1465	30 MPa
Zugfestigkeit	50 MPa

Zur Verarbeitung dieses Klebstoffes sind standardmäßige Sicherheitsvorkehrungen wie Schutzbrille und Schutzhandschuhe ausreichend, eine Absaugung ist nicht erforderlich.

### 3.10 Vergleich der Eigenschaften der ausgewählten Klebstoffe

Die einzelnen Klebstoffe können auf Grund der unterschiedlichen Randbedingungen der Hersteller bei den Prüfungen nur begrenzt miteinander verglichen werden:

**Tabelle 31: Allgemeine Eigenschaften zum Vergleich der einzelnen Klebstoffe**

Hersteller	Produktbezeichnung		Basis	Aushärtung bei
HENKEL	HYSOL® EA 9394/C-2	2K	Epoxidharz	1 Stunde bei 93°C
DELO	DELOMONOPOX® AD295	1K	Epoxidharz	40 Minuten bei 150°C
HENKEL	HYSOL® 9497™	2K	Epoxidharz	7 Tage bei 22°C, oder <b>24 Stunden bei 22°C + 30 Minuten bei 80°C, oder</b> 24 Stunden bei 22°C + 15 Minuten bei 120°C
3M	SCOTCH-WELD™ DP760	2K	Epoxidharz	7 Tage bei 23°C, oder 1 Tag bei 23°C + 1 Stunde bei 80°C, oder <b>2 Stunden bei 65°C</b>
THREE BOND	2285D	1K	Epoxidharz	60 Minuten bei 120°C, oder 30 Minuten bei 150°C
POLYMERICS	PX-313/PX-313T	1K	Bismaleimid	2 Stunden bei 150°C + 2 Stunden bei 200°C
POLYMERICS	PX-314	1K	Bismaleimid	2 Stunden bei 150°C + 2 Stunden bei 200°C
DELO	DELOMONOPOX® 1197	1K	Epoxidharz	40 Minuten bei 150°C
DELO	DELOMONOPOX® AD298	1K	Epoxidharz	40 Minuten bei 150°C

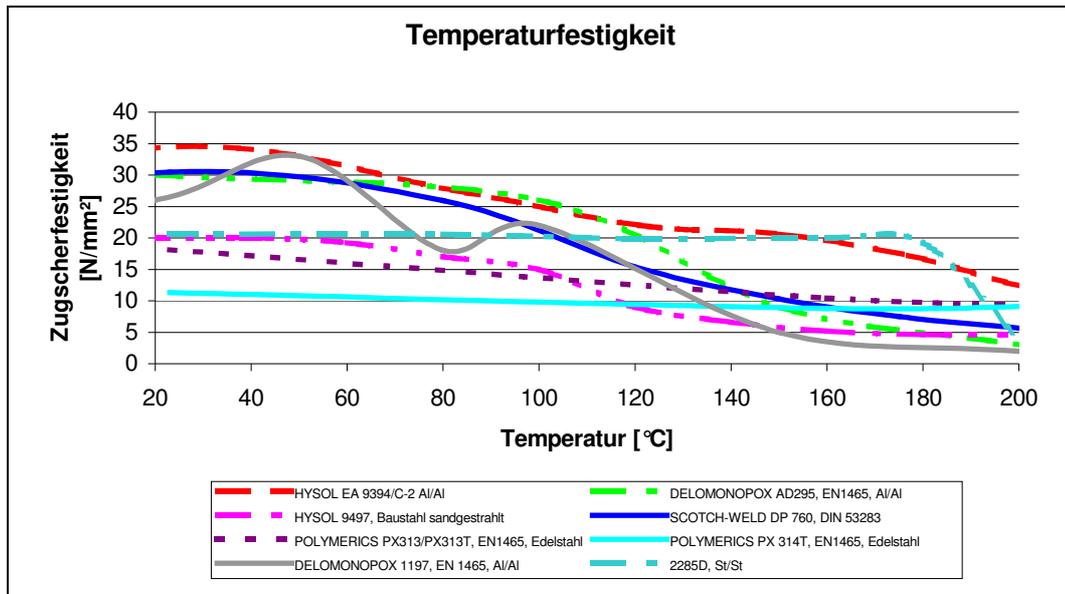


Abbildung 53: Gegenüberstellung der Temperaturfestigkeiten der verschiedenen Klebstoffe

## **4 Test und Ergebnisse der ausgewählten Klebstoffe**

In den folgenden Unterkapiteln werden die verschiedenen Klebevorgänge und Klebstoffprüfungen an den lt. Kapitel 3 ausgewählten Klebstoffen beschrieben und die Ergebnisse diskutiert.

Die beiden genormten Schälversuche EN 1464 – „Bestimmung des Schälwiderstandes von Klebungen - Rollenschälversuch“ und EN ISO 11339 – „T-Schälprüfung für geklebte Verbindungen aus flexiblen Füge­teilen“ konnten nicht durchgeführt werden, da die zu klebenden Proben in den lt. Norm geforderten Abmessungen und Toleranzen nicht beschafft werden konnten, somit konnten nur die beiden Scherversuche EN 1465 „Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen“ und EN 14869-2 „Bestimmung des Scherverhaltens struktureller Klebungen: Teil 2 Scherprüfung für dicke Füge­teile“ durchgeführt werden.

### **4.1 EN 1465: Klebstoffe – Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen**

Die ersten Klebungen wurden bei der Firma Magna Steyr Fahrzeugtechnik in Graz/Liebenau unter Leitung von Herrn Wolfgang Kubin durchgeführt, da am IWS der TU Graz bis zu diesem Zeitpunkt keinerlei Erfahrungen mit Kleben bestanden. Weitere Klebungen wurden dann am IWS durchgeführt.

#### **4.1.1 Verwendete Klebstoffe**

Folgende Klebstoffe wurden bei Magna/Steyr verklebt

- HENKEL: HYSOL<sup>®</sup> 9497<sup>™</sup>
- 3M: SCOTCH-WELD<sup>™</sup> DP760
- DELO: DELOMONOPOX<sup>®</sup> AD295
- HENKEL: HYSOL<sup>®</sup> EA 9394/C-2
- THREE BOND: 2285D

Der 2K-Klebstoff HENKEL: HYSOL<sup>®</sup> EA 9394/C-2 ist in gemischter Form ätzend ätzend, die 2 Einzelkomponenten (Basis und Härter) jedoch sind noch kritischer, da diese hochgiftig sind, daher mussten hier besondere Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden bzw. durfte diese Klebung nur von Personen mit entsprechenden

Befugnissen durchgeführt werden, aus diesem Grund wurde dieser Klebstoff bei den später folgenden Klebungen am IWS der TU Graz nicht mehr verwendet.

Des Weiteren konnten an der TU Graz nicht mehr Klebungen mit allen Klebstoffen durchgeführt werden, da auf der einen Seite die Klebstoffe THREE BOND: 2285D und HENKEL: HYSOL<sup>®</sup> 9497<sup>TM</sup> nicht verfügbar waren und auf der anderen Seite die Anzahl der zu klebenden Fügeteile überschaubar gehalten werden musste. Somit konzentrierte man sich anhand der Ergebnisse der ersten Klebungen auf das Produkt von DELO: DELOMONOPX<sup>®</sup> AD295 und in weiterer Folge ein von DELO empfohlenes Produkt, DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197. Des weiteren war erst nach den Klebungen bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik der Klebstoff POLYMERICS PX 314 verfügbar, auch dieser Klebstoff wurde geprüft.

#### 4.1.2 Durchführung der Klebungen

Nach gründlichem Reinigen und Aufräuen der zu klebenden Oberflächen (Oberflächenvorbehandlung) wurden die Fügeteile – im vorliegenden Fall Stahlbleche mit 1,6mm Dicke - in eine Klebevorrichtung gegeben, wo sie dann miteinander verklebt wurden. Die Vorgehensweise zum Kleben wird folgend beschrieben und unter Abbildung 54 gezeigt:

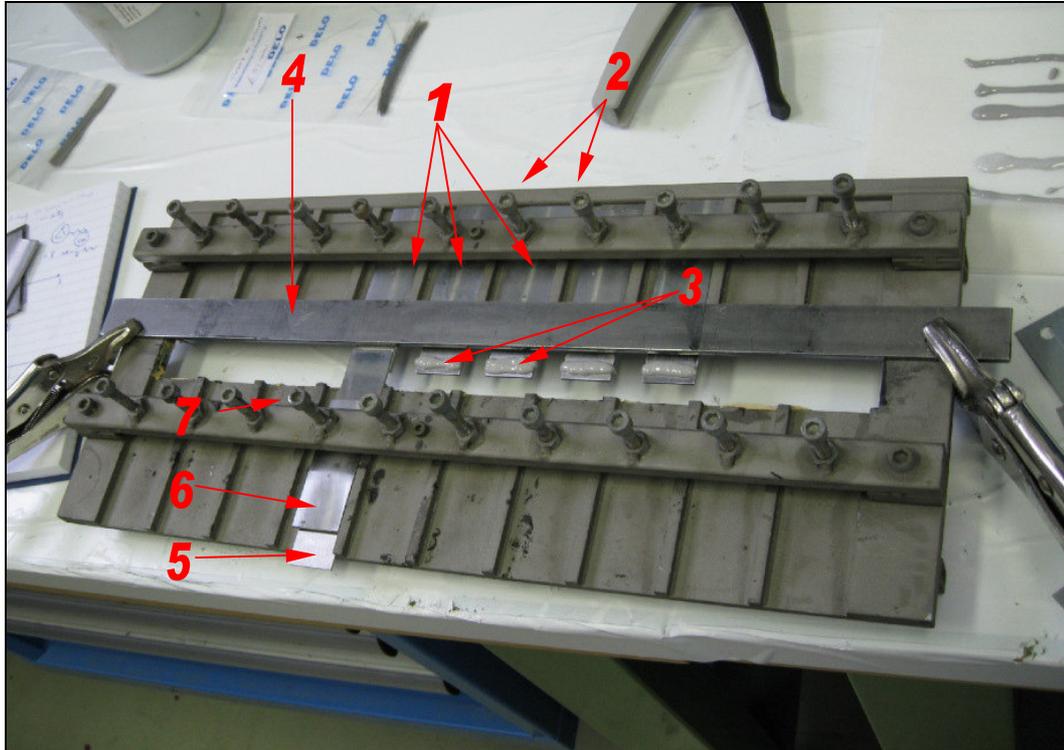


Abbildung 54: Verwendete Klebevorrichtung bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik / Graz

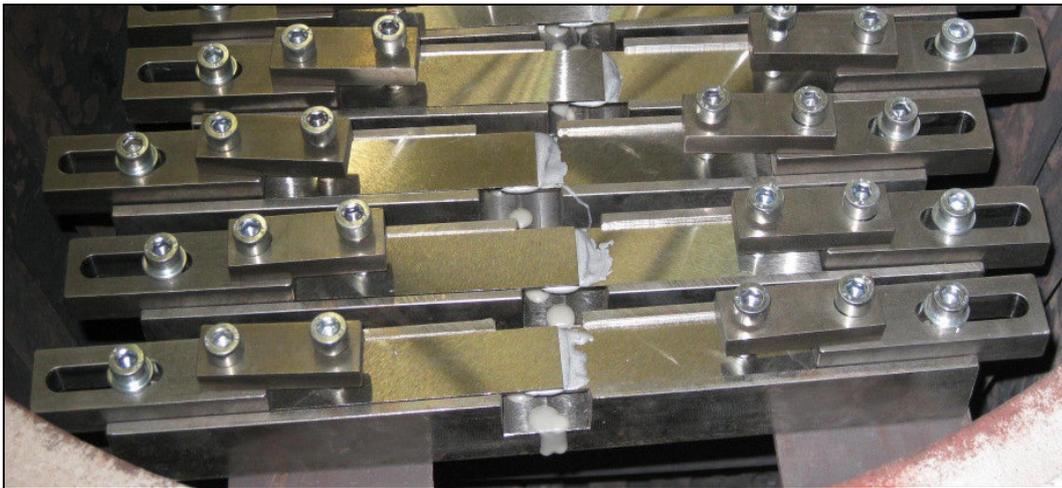
- 1 Die unteren Fügeile werden in die Vorrichtung eingeschoben, bis sie an den Anschlägen seitlich und hinten anstehen.
- 2 Die unteren Fügeile werden mit den Stellschrauben fixiert.
- 3 Klebstoff wird aufgetragen, damit ein definierter Klebespalt von 0,3mm erzielt werden kann, werden dem Klebstoff an der Klebefläche Glaskugeln Ø0,3mm beigemischt.
- 4 Flachstahl zur Positionierung der 2. Fügeile.
- 5 Zur Überbrückung der für die Überlappung notwendigen Höhendifferenz wird ein Blech mit 1,6mm Stärke beigelegt.
- 6 Die 2. Fügeile werden eingeschoben.
- 7 Mit den Stellschrauben werden die 2. Fügeile fixiert.

Mit dieser Vorrichtung können so in Einem 10 Zugscherproben geklebt werden. Da hier aber jeweils 5 Proben mit je 5 verschiedenen Klebstoffen, welche alle unter verschiedenen Bedingungen aushärten, geklebt wurden, mussten die Proben mit Klammern fixiert und zum Aushärten aus der Vorrichtung genommen werden. Hierbei ist besonders zu beachten, dass die Bügel, in denen die Stellschrauben (2) und (7) eingeschraubt sind, nicht abnehmbar sind. Die Proben müssen also unter den Bügeln herausgezogen werden, dabei kann es passieren, dass sich die Fügeile einer Probe gegeneinander etwas verschieben, wie in Abbildung 55 verdeutlicht wird:



Abbildung 55: nicht optimal erfolgte Klebung mit HYSOL® 9497™, Probe 3 von 5, geklebt bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik

Für wissenschaftliche Zwecke, wobei oft unterschiedliche Klebstoffe und Aushärtebedingungen untersucht werden, scheint diese Vorrichtung daher nicht optimal zu sein. Daher wurden 10 einzelne Vorrichtungen zum Kleben von Dünn- und Dickblechproben, wie in 2.2.5 Vorrichtung zum Kleben der Proben für Dünnblechscherversuche und Dickblechscherversuche beschrieben konstruiert und gebaut.



**Abbildung 56: Angefertigte Vorrichtung für Überlappungsklebung für Dünnblechscherversuche**

Abbildung 56 zeigt diese Vorrichtung, die Idee dahinter ist auch, dass man für jede Klebung eine Vorrichtung hat, die jeweilige Probe bleibt bis sie ausgehärtet ist in der Vorrichtung, somit können Verschiebungen der Klebungen, wie in Abbildung 56 dargestellt vermieden werden.

Wie schon erwähnt, konnte an der TU Graz mit dieser Vorrichtung nur mehr eine begrenzte Anzahl von Proben mit den vielversprechendsten Klebstoffen hergestellt werden, aber es wurde mit verschiedenen Vorbereitungen der zu klebenden Teile experimentiert, so wurden „normale“ Proben angefertigt, bei denen der Klebspalt über Scheiben eingestellt wurde, wie in Kapitel 2.2.5 beschrieben, es wurde in eine Reihe von Klebungen zur Einhaltung des Klebspaltes Glaskugeln in den Klebstofffilm gegeben, ohne den Klebstoffspalt zu berücksichtigen (Es wurden nur die 1,6mm der Probenstärke berücksichtigt) und es wurden Proben mit den Glaskugeln im Klebstofffilm unter Berücksichtigung des Klebstoffspaltes erstellt.

#### **4.1.3 Prüfen der geklebten Proben**

Die geklebten Proben werden lt. Abbildung 57 in die Vorrichtung zum Prüfen von Überlappungsklebung nach EN 1465 eingelegt, und wie schon in Abbildung 36, Seite 41 beschrieben über die Klemmbacke Dünnblech 2, Pos. 002 mit den

Schrauben Pos. 101 befestigt. Damit die maximal zu erwartende Prüfkraft über Reibung übertragen werden kann, sollten die Schrauben jeweils mit einem Drehmoment von mindestens 25Nm diagonal angezogen werden. Danach wird die Probe mit ca. 50 – 100N vorgespannt, indem man den Unterteil der Zugprüfmaschine manuell verfährt, Abbildung 58 zeigt eine in die Zugprüfmaschine eingespannte Probe vor Versuchsbeginn.



**Abbildung 57: Einlegen der Dünnschleib-Zugscherprobe in die Vorrichtung der Zugprüfmaschine Zwick/Roell**



**Abbildung 58: Probe vorbereitet zur Prüfung**

Nun wird die Probe durch Verfahren des unteren Teiles der Zugprüfmaschine auseinandergezogen, bis sie reißt. Ist die Probe gerissen, erkennt die Zugprüfmaschine einen abrupten Abfall der Prüfkraft und stoppt, der Prüfvorgang ist somit beendet. Über einem PC werden dabei der zurückgelegte Weg der Prüfmaschine und die dabei gemessene Kraft aufgenommen. Die ermittelten Werte können als Textdatei ausgegeben werden, um dann in weiterer Folge z.B. in einem Tabellenkalkulationsprogramm weiterverarbeitet werden zu können. Ein typischer Kraft-Weg-Verlauf für eine Reihe von 5 Proben wird in Abbildung 59 dargestellt.

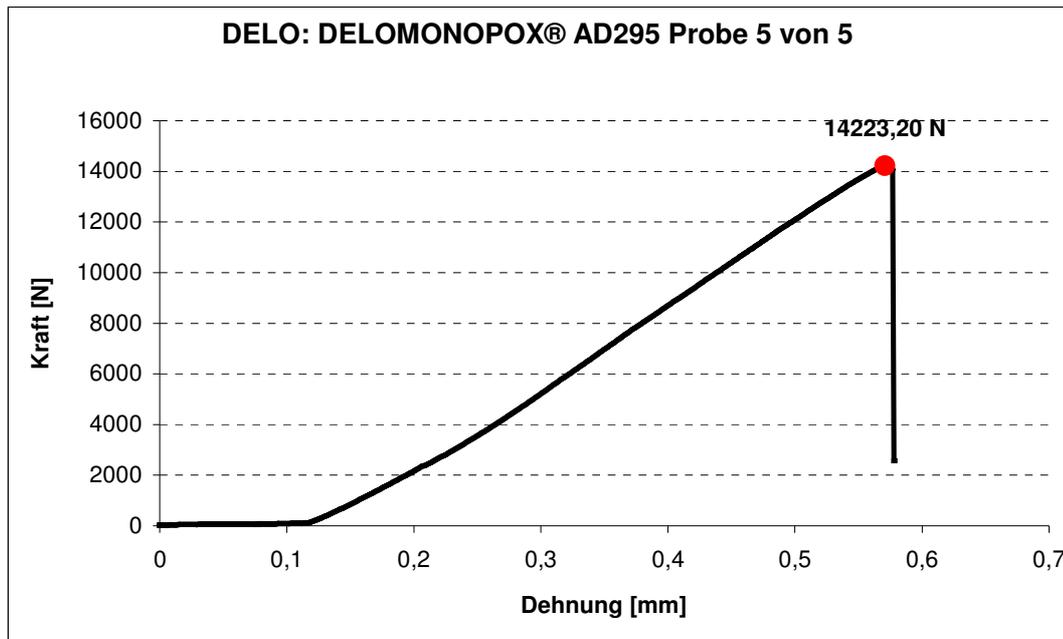


Abbildung 59: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 5 von 5

#### 4.1.4 Ergebnisse der geprüften Überlappungsklebungen

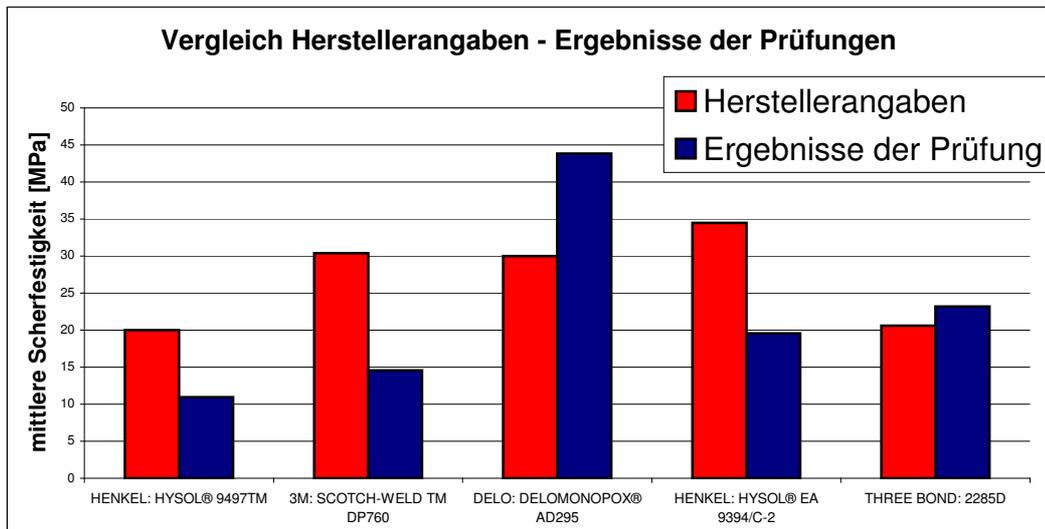
Die wichtigsten Ergebnisse aus der Prüfung der Proben sind natürlich die Scherfestigkeitswerte der einzelnen Klebeverbindungen, in den folgenden Tabellen werden die erreichten maximalen Scherkräfte und errechneten Scherspannungen sowie der Mittelwert der Scherspannung und der Variationskoeffizient dargestellt.

##### 4.1.4.1 Bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik geklebte Proben:

Die Ergebnisse zeigen, dass DELOMONOPOX® AD295 die mit Abstand höchste erreichte Bruchspannung aufweist, die übrigen Klebstoffe bleiben deutlich hinter den in den Datenblättern angegebenen Werten. Die Ergebnisse der Zugscherversuche werden in Tabelle 32 dargestellt. Abbildung 60 zeigt deutlich die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Prüfungen an der TU Graz und den Herstellerangaben.

**Tabelle 32: Ergebnisse der Prüfung mit Dünnschicht-Zugscherproben, geklebt bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik, geprüft mit der Zugprüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz**

Klebstoff	#	Ermittelte Bruchkraft [N]	Ermittelte Bruchspannung [MPa]	Mittelwert Bruchspannung [MPa]	Variations-Koeffizient [%]
HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>TM</sup>	1	3585	11,5	11,0	16,5
	2	3743	12,0		
	3	2439	7,8		
	4	3824	12,2		
	5	3515	11,3		
3M: SCOTCH-WELD <sup>TM</sup> DP760	1	4360	14,0	14,6	25,4
	2	3224	10,3		
	3	6421	20,6		
	4	4386	14,0		
	5	4388	14,0		
DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295	1	13492	43,2	43,9	2,6
	2	13564	43,4		
	3	13346	42,7		
	4	13893	44,5		
	5	14223	45,4		
HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2	1	7694	24,6	19,6	22,9
	2	6404	20,5		
	3	5661	18,1		
	4	6822	21,8		
	5	3979	12,7		
THREE BOND: 2285D	1	7519	24,1	23,2	3,0
	2	7262	23,2		
	3	7322	23,4		
	4	6913	22,1		
	5	7218	23,1		



**Abbildung 60: Vergleich Herstellerangaben – Ergebnisse der Prüfungen mit der Zugprüfmaschine ZWICK/ROELL am IWS TU Graz**

#### 4.1.4.2 Am IWS TU Graz geklebte Proben:

Betrachtet man nun die Werte lt. Tabelle 33, so stellt man zum Einen fest, dass die Festigkeitswerte nicht jene von Magna Steyr Fahrzeugtechnik erreichen, zum Anderen scheinen Glaskugeln im Klebstoff die Festigkeit herabzusetzen. Der zusätzlich von DELO empfohlene Klebstoff DELOMONOPOX® 1197 weist besonders gute Festigkeitswerte auf, welche wie beim anderen Klebstoff von DELO, DELOMONOPOX® AD295 deutlich über den Herstellerangaben liegen. Die Klebeverbindung mit POLYMERICS PX314 ist teilweise beim Herausnehmen aus der Klebevorrichtung und teilweise beim Einlegen in die Prüfvorrichtung gebrochen, ohne dass der Klebstoff geprüft werden konnte, dieser Klebstoff wurde bei dieser Prüfung somit nicht berücksichtigt.

**Tabelle 33: Ergebnisse der Prüfung mit Dünnblech-Zugscherproben, geklebt am IWS TU Graz, geprüft mit der Zugprüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz**

Klebstoff	#	Ermittelte Bruchkraft [N]	Ermittelte Bruchspannung [MPa]	Mittelwert Bruchspannung [MPa]	Variations-Koeffizient [%]
DELO: DELOMONOPOX® AD295	1	10126	32,4	35,1	6,1
	2	10936	35,0		
	3	12003	38,4		
	4	10901	34,9		
	5	10858	34,8		
DELO: DELOMONOPOX® 1197	1	16844	53,9	53,1	6,0
	2	15911	50,9		
	3	17674	56,6		
	4	15246	48,8		
	5	17263	55,2		
DELO: DELOMONOPOX® AD295 Glaskugeln im Klebstofffilm Klebstoffspalt nicht berücksichtigt	1	11330	36,3	31,6	13,3
	2	10984	35,2		
	3	9468	30,3		
	4	9427	30,2		
	5	8110	26,0		
DELO: DELOMONOPOX® 1197 Glaskugeln im Klebstofffilm Klebstoffspalt nicht berücksichtigt	1	15309	49,0	48,0	3,7
	2	14786	47,3		
	3	15067	48,2		
	4	15648	50,1		
	5	14190	45,4		
DELO: DELOMONOPOX® AD295 Glaskugeln im Klebstofffilm Klebstoffspalt berücksichtigt	1	10425	33,4	33,0	4,5
	2	10327	33,1		
	3	9777	31,3		
	4	9969	31,9		
	5	10986	35,2		
DELO: DELOMONOPOX® 1197 Glaskugeln im Klebstofffilm Klebstoffspalt berücksichtigt	1	14433	46,2	47,3	6,3
	2	14913	47,7		
	3	15619	50,0		
	4	15601	49,9		
	5	13385	42,8		

## **4.2 EN 14869-2: Strukturklebstoffe – Bestimmung des Scherverhaltens struktureller Klebungen, Teil 2: Scherprüfungen für dicke Füge­teile**

Für diesen genormten Versuch wurden ausschließlich Proben verwendet, die am IWS der TU Graz geklebt und geprüft wurden, im Gegensatz zu den ursprünglich geschliffenen Proben für die genormten Dün­nblechversuche nach EN 1465 wird bei diesem Versuch die zu klebende Fläche aus dem Vollen herausgefräst.

### **4.2.1 Verwendete Klebstoffe**

Für diesen Versuch standen noch folgende Klebstoffe zur Verfügung:

- 3M: SCOTCH-WELD™ DP760
- DELO: DELOMONOPOX® AD295
- DELO: DELOMONOPOX® 1197
- POLYMERICS: PX 314

Die weiteren Klebstoffe (HENKEL: HYSOL® 9497™ und THREE BOND: 2285D) waren schon abgelaufen und die Partnerunternehmen (Fa. HAGE und Fa. KAMPMANN) konnten keine weiteren Klebstoffe bereitstellen. HENKEL: HYSOL® EA 9394/C-2 konnte aus Sicherheitsgründen nicht verarbeitet und geprüft werden.

### **4.2.2 Durchführung der Klebungen**

Ein zusätzliches Aufrauen der Oberfläche per Hand, wie es beim Versuch nach EN 1465 vorgenommen wurde, konnte hier aufgrund der Geometrie der eingefrästen Stufe nur sehr schwierig durchgeführt werden. Daher musste mit größeren Streuungen der Festigkeitswerte gerechnet werden.

Zum Kleben der Proben kann die selbe Vorrichtung wie für die Dün­nblechproben nach EN 1465 verwendet werden, einzig das Distanzstück, Pos. 015 muss an die richtige Stelle positioniert werden, siehe Abbildung 47, Abbildung 48 und Abbildung 61.



**Abbildung 61: Angefertigte Vorrichtung für Überlappungsklebungen für Dickblechscherversuche**

#### **4.2.3 Prüfen der geklebten Proben**

Das Einlegen der Proben in die Vorrichtung zum Prüfen dicker Fügeteile, wird in Abbildung 62 dargestellt, man benötigt hierfür kein Werkzeug



**Abbildung 62: Einlegen der Dickblech-Zugscherproben in die Vorrichtung der Zugprüfmaschine ZWICK/ROELL am IWS TU Graz**

Der restliche Prüfungsvorgang ist wie beim Prüfen nach EN 1465 und wird hier nicht mehr näher beschrieben, siehe Kapitel 4.1.3, Seite 69.

#### 4.2.4 Ergebnisse der geprüften Klebeverbindungen

Die Zugscherversuche haben gezeigt, dass die beiden Produkte von DELO, DELOMONOPOX<sup>®</sup> AD295 und DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197 wieder die mit Abstand höchsten Zugscherfestigkeiten haben, die restlichen Produkte haben wieder enttäuscht. Die Ergebnisse werden in Tabelle 34 dargestellt:

**Tabelle 34: Ergebnisse der Prüfung mit Dickblech-Zugscherproben, geklebt am IWS TU Graz, geprüft mit der Zugprüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz**

Klebstoff	#	Ermittelte Bruchkraft [N]	Ermittelte Bruchspannung [MPa]	Mittelwert Bruchspannung [MPa]	Variations-Koeffizient [%]
3M: SCOTCH-WELD™ DP760	1	201	1,3	5,5	74,3
	2	1488	9,9		
	3	1477	9,9		
	4	476	3,2		
	5	-	-		
DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295	1	7809	52,1	65,6	22,3
	2	9695	64,6		
	3	9230	61,5		
	4	8909	59,4		
	5	13557	90,4		
DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197	1	13630	90,9	82,0	9,9
	2	12160	81,1		
	3	13262	88,4		
	4	11927	79,5		
	5	10536	70,2		
POLYMERICS: PX 314	1	1324	8,8	16,3	86,4
	2	475	3,2		
	3	960	6,4		
	4	4476	29,8		
	5	4952	33,0		

Es fällt auf, dass die Festigkeitswerte der beiden DELO Produkte DELOMONOPOX<sup>®</sup> AD295 und DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197 noch einmal deutlich über den Werten der Versuche nach EN 1465 liegen, man könnte hier meinen, es liege an der Oberflächenrauigkeit, denn diese ist bei gefrästen Teilen größer, als bei geschliffenen Teilen, deswegen wurden mit den Produkten von DELO noch

Versuche mit Proben, deren Oberfläche verschiedene Rautiefen Ra1,6µm, Ra3,2µm und Ra6,3µm aufweist, durchgeführt, die Ergebnisse werden in Tabelle 35 zusammengestellt:

**Tabelle 35: Ergebnisse der Prüfung mit Dickblech-Zugscherproben, Klebefläche mit verschiedenen Rautiefen, geklebt am IWS TU Graz, geprüft mit der Zugprüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz**

Klebstoff	#	Ermittelte Bruchkraft [N]	Ermittelte Bruchspannung [MPa]	Mittelwert Bruchspannung [MPa]	Variations-Koeffizient [%]
DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Ra 1,6µm	1	9671	64,5	44,7	25,6
	2	6103	40,7		
	3	8179	41,2		
	4	6295	42,0		
	5	5245	34,97		
DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Ra 1,6µm	1	7700	51,3	56,2	25,0
	2	11828	78,9		
	3	8955	59,7		
	4	6518	43,5		
	5	7128	47,5		
DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Ra 3,2µm	1	6939	46,3	54,2	9,2
	2	8277	55,2		
	3	8068	53,8		
	4	8980	59,9		
	5	8388	55,9		
DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Ra 3,2µm	1	10012	66,8	57,0	15,9
	2	9168	61,1		
	3	8650	57,7		
	4	8530	56,9		
	5	6351	42,3		
DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Ra 6,3µm	1	5686	37,9	41,0	7,8
	2	6360	42,4		
	3	6877	45,9		
	4	5887	39,3		
	5	5926	39,5		
DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Ra 6,3µm	1	9714	64,8	55,7	20,6
	2	5706	38,0		
	3	7556	50,4		
	4	9742	65,0		
	5	9021	60,1		

Ein positiver Einfluss der Oberflächenrauigkeit konnte mit diesem Versuch nicht nachgewiesen werden – eine glatte, mit Schleifvlies aufgeraute Oberfläche scheint hier die besten Ergebnisse zu bringen.

### 4.3 Interpretation der Ergebnisse

Die Klebstoffe DELOMONOPOX<sup>®</sup> AD295 und DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197 schneiden bei den Zugscherprüfungen von Überlappungsklebungen mit Dünublech sowie Dickblech am besten ab. Es zeigt sich, dass die Festigkeiten bei den Versuchen mit Dickblechproben höher sind, als bei den Versuchen mit Dünublechproben.

Die ursprüngliche Überlegung, dass eine rauere Oberfläche ein besseres Anhaften des Klebstoffes an der Probe bewirkt, konnte nicht nachgewiesen werden – ganz im Gegenteil: Betrachtet man die Streuung der Werte, bzw. den Variationskoeffizienten der beiden Versuche, so stellt man fest, dass die Festigkeitswerte beim Versuch nach EN 1465 relativ konstant sind, aber beim Versuch nach EN 14869-2 größere Schwankungen auftreten. Über alle Proben konstante Festigkeitswerte lassen darauf schließen, dass bei der Vorbereitung der Proben für die Klebung nicht mehr viel optimiert werden kann, eine große Streuung lässt auf zumindest teilweise nicht optimale Vorbereitung der Proben schließen, dies wurde schon am Anfang von Kapitel 4.2 bemerkt bzw. befürchtet. Diese Werte werden für die beiden Produkte von DELO in folgender Tabelle noch einmal miteinander verglichen:

**Tabelle 36: Zugscherfestigkeiten der Klebungen bei Dün- und Dickblechproben, geprüft mit der Zugprüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz**

Klebstoff	Prüfnorm	Maximale Zug-scherfestigkeit [MPa]	Minimale Zug-scherfestigkeit [MPa]	Mittlere Zug-scherfestigkeit [MPa]	Variations-Koeffizient [%]
DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295	EN 1465	38,4	32,4	35,1	6,1
	EN 14869-2	90,4	52,1	65,6	22,3
DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197	EN 1465	56,6	48,8	53,1	6,0
	EN 14869-2	90,9	70,2	82,0	9,9

Um diese Werte ordnungsgemäß miteinander vergleichen zu können, wurden hier die Ergebnisse aus den Klebungen die bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik durchgeführt wurden nicht berücksichtigt, sondern nur die Festigkeitswerte der am IWS TU Graz geklebten und geprüften Proben herangezogen. Tabelle 36 zeigt deutlich auf, dass die Ergebnisse der nach EN 14869-2 geklebten und geprüften Proben sehr stark von Probe zu Probe variieren, es konnten teilweise Festigkeitswerte über 90MPa erreicht werden, besser vorbereitete Proben könnten somit auch tatsächlich noch höhere Festigkeiten aufweisen!

Diese Erkenntnis kann die Frage, warum die Ergebnisse des Versuch nach EN 14869-2 bessere Festigkeitswerte zeigen nicht beantworten, sondern lässt das Ganze noch unklarer erscheinen, somit liegt die Vermutung nahe, dass diese Ergebnisse stark vom Versuchsaufbau abhängig sind, man muss sich also den Versuchsaufbau des jeweiligen Versuchs genauer ansehen, insbesondere die geklebte Fläche und die Querschnittsfläche der zu klebenden Probe:

- EN 1465:

Die geklebte Fläche ist mit  $312,5\text{mm}^2$  verhältnismäßig groß zur Querschnittsfläche der Probe ( $40\text{mm}^2$ ), bringt man nun eine Prüflast von bis zu  $17000\text{N}$  auf, so wirkt diese Kraft in der Querschnittsfläche der Probe als Zugspannung, diese beträgt dann bis zu  $425\text{N/mm}^2$ , diese Zugspannung kann je nach Werkstoff zu plastischen Verformungen führen, und somit zu erheblichen Dehnungen, die wiederum auf den Klebstoff übertragen werden und dort zu Zugspannungen führen, welche dann natürlich die mögliche Scherfestigkeit herabsetzen können. Diese Eigenschaften dieses Versuches könnten auch der Grund sein, warum ausgerechnet die Herstellerangaben der Produkte von DELO geringere Festigkeitswerte ergeben, als dies bei den Versuchen an der TU Graz der Fall war: Die Belastungstests bei DELO werden mit Aluminiumproben durchgeführt – die Norm verlangt als Probenwerkstoffe, dessen E-Modul dem von Aluminium oder höher entspricht – an der TU Graz wurden Stahlproben verwendet. Da Aluminium einen deutlich niedrigeren E-Modul besitzt, ergeben sich bei gleicher Beanspruchung größere Dehnungen, und damit auch größere Zugspannungen im Klebstoff.

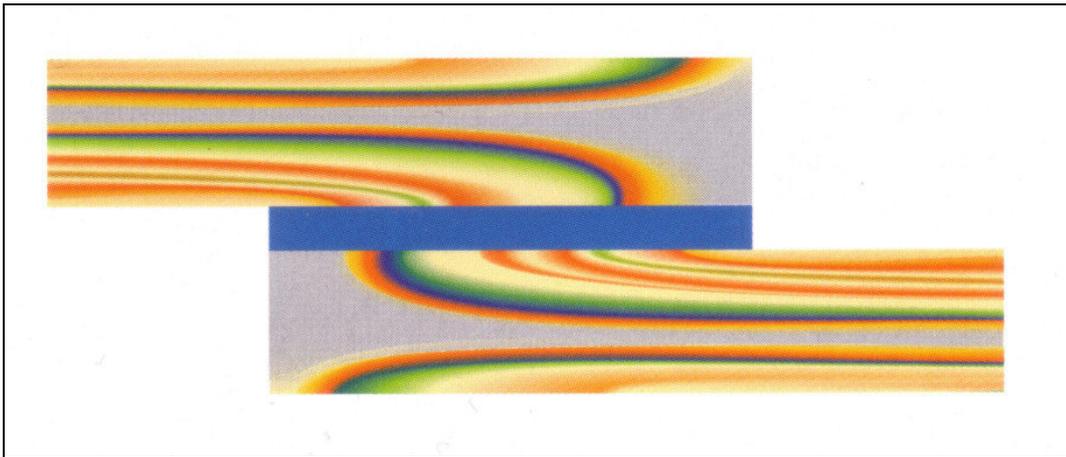
- EN 14869-2:

Das Verhältnis der geklebten Fläche ( $125\text{mm}^2$ ) zur Querschnittsfläche der Probe ( $150\text{mm}^2$ ) ist bei diesem Versuch deutlich ausgeglichener, eine kleinere geklebte Fläche lässt zusätzlich kleinere Prüfkraft vermuten, somit wirkt im Querschnitt der Probe eine geringere Kraft auf eine wesentlich größere Querschnittsfläche, was wesentlich geringere Zugspannungen in der Probe und somit auch wesentlich geringere Zugspannungen im Klebstoff bewirkt.

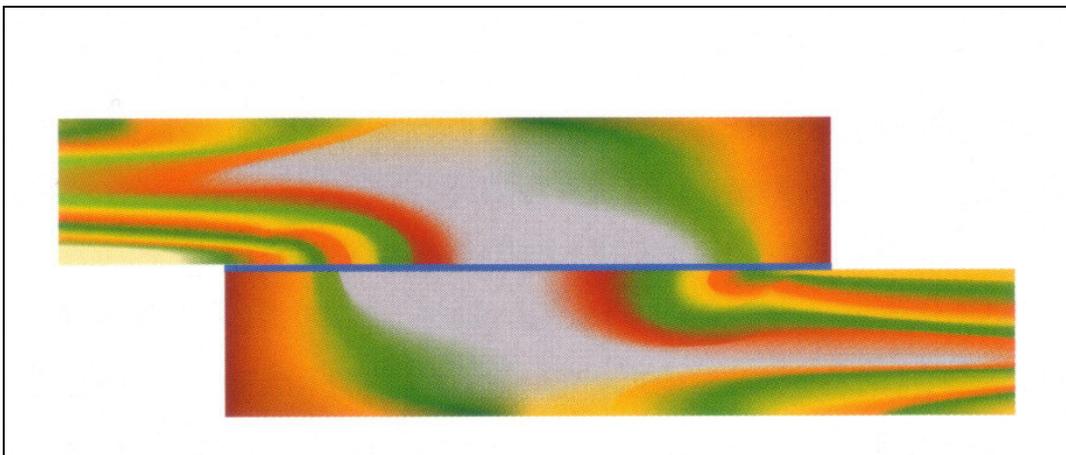
Der Versuch nach EN 1465 scheint also wegen der geringen Querschnittsfläche der Proben insbesondere für höher feste Klebstoffe nicht geeignet zu sein, der Versuch nach EN 14869-2 hingegen scheint durch die Schwierigkeiten bei der Vorbereitung der zu klebenden Fläche nicht optimal zu sein. Anhand dieser Erkenntnisse kann gesagt werden, dass diese beiden Versuche nicht immer aussagekräftige Ergebnisse hinsichtlich der Festigkeit der Klebstoffe bringen können.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen auch die Autoren Hose et al in ihrem Buch *BOND it – Nachschlagewerk zur Klebetechnik*, darin beschreiben sie unter anderem, auf Seite 54 die konstruktive Gestaltung von Klebeverbindungen: Ziel soll eine

gleichförmige Spannungsverteilung sein, wie dies in Abbildung 63 dargestellt wird, nur so kann das komplette Potential eines Klebstoffes ausgenutzt werden. Harte, hochfeste Klebstoffe können die im Bauteil auftretenden Spannungen weniger gut gleichmäßig aufnehmen, die Folge ist, wie in Abbildung 64 dargestellt, eine ungleichmäßige Spannungsverteilung im Klebspalt, es kann Bereiche geben, die gar keine Spannungen aufnehmen, eine Vergrößerung der Klebefläche würde hier zu keiner größeren möglichen Kraft führen, somit würde die mögliche Scherspannung sinken <sup>61</sup> – dies fällt auch auf, wenn man die Versuche nach EN 1465 und 14869-2 miteinander vergleicht.



**Abbildung 63: kleine Klebefläche, verhältnismäßig dicke Fügeteile - gleichmäßige Einleitung der Spannung über die gesamte Verbindungsfläche <sup>62</sup>**



**Abbildung 64: große Klebefläche, verhältnismäßig dünne Fügeteile - Spannungsspitzen am Überlappungsende, keine Spannungen in der Mitte <sup>63</sup>**

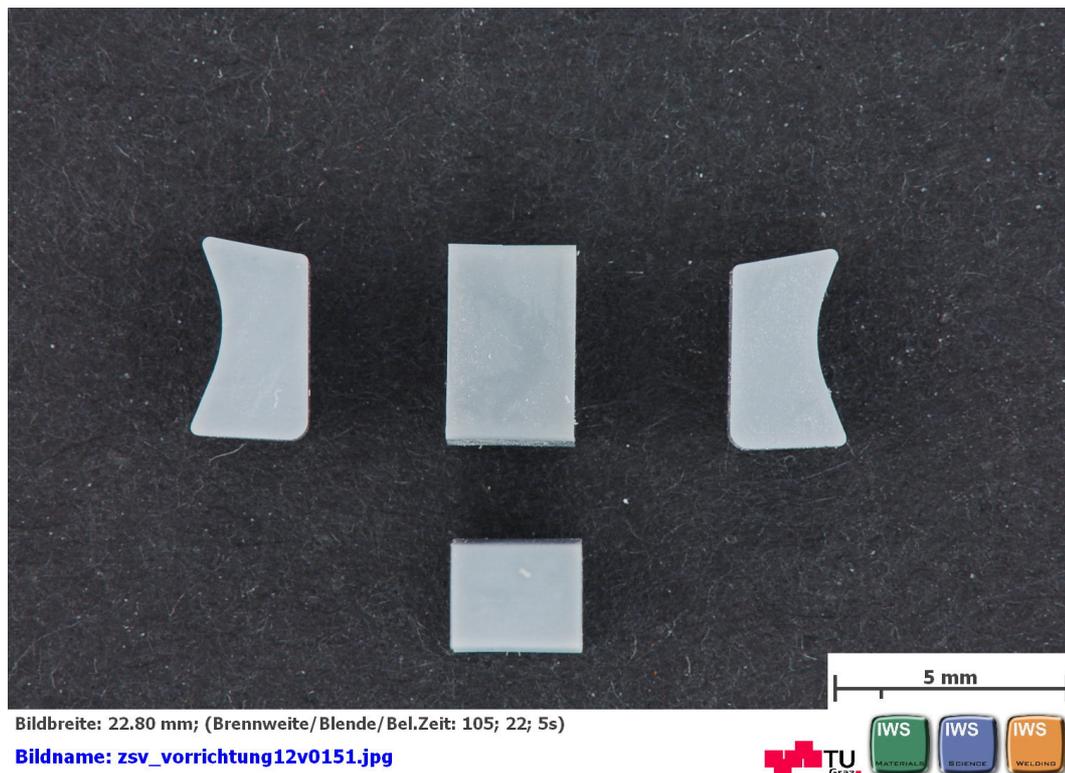
<sup>61</sup> Hose et al. (2007)

<sup>62</sup> Hose et al. (2007), S.54

<sup>63</sup> Hose et al. (2007), S.54

## 5 Applikationsversuche am Sägeblatt

Um die Applizierbarkeit der relativ kleinen Sägezähne (ca. 4,2mm x 3,0mm x 2,3mm) - Abbildung 65 – auf dem vorliegenden Sägeblatt zu überprüfen und Möglichkeiten hinsichtlich Automatisierung abzuschätzen, wurden händische Klebungen durchgeführt.

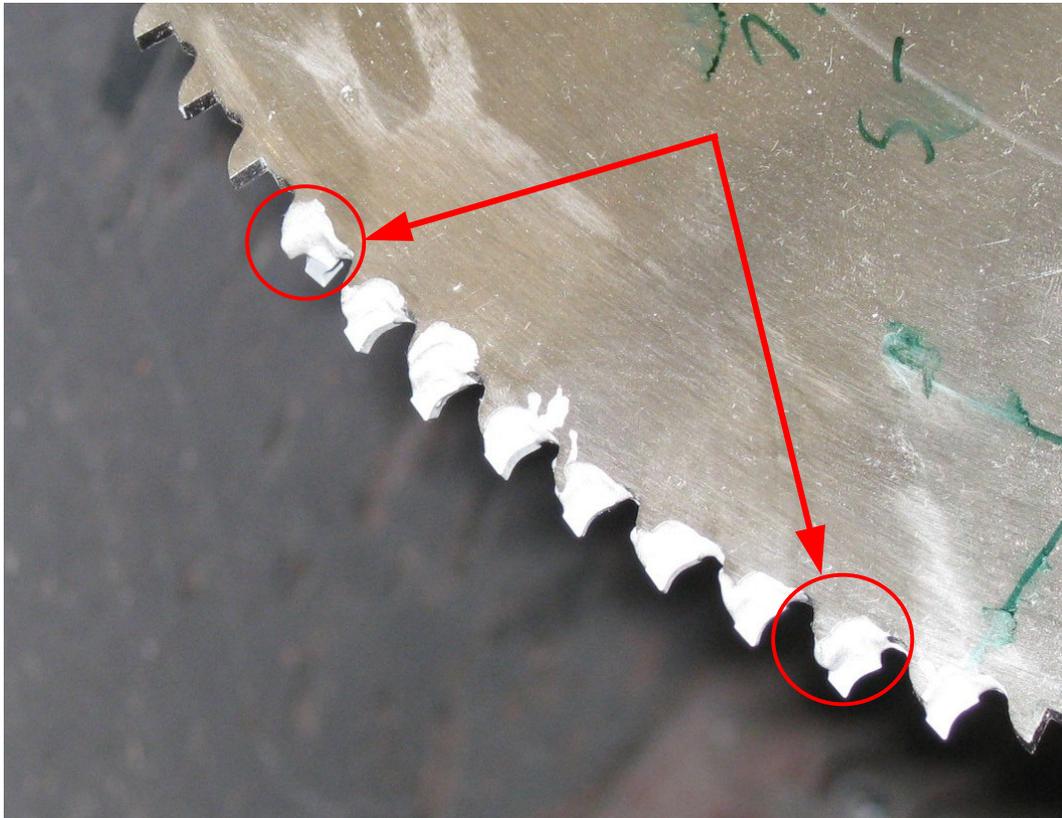


**Abbildung 65:  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Sägezahn in verschiedenen Ansichten, vgl. Tabelle 5, Seite 15 und Abbildung 10, Seite 16**

### 5.1 Positionieren und Kleben einzelner Sägezähne

Natürlich gelten beim Kleben der Sägezähne die selben Anforderungen an Oberflächenbeschaffenheit und Sauberkeit der Oberflächen, wie bei den genormten Versuchen, so können die einzelnen Sägezähne nach dem Reinigen mit Isopropanol und Vorbereiten nur mehr mit Hilfe einer Pinzette manipuliert werden, da ein Sägezahn nur 0,3mm breiter ist, als das Sägeblatt (Stammbblatt), ist eine Positioniergenauigkeit im Bereich von 0,05mm erforderlich. Anders als bei Sägeblättern mit gelöteten Sägezähnen muss bei Sägeblättern mit geklebten Zähnen erst der Klebstoff aushärten, bevor das Sägeblatt einsatzfähig ist. Diese Aushärtezeit beträgt je nach Klebstoff und Aushärtetemperatur, wie in Tabelle 31, Seite 64 mindestens 30 Minuten, in denen sich der Sägezahn am Sägeblatt nach Möglichkeit nicht bewegen soll. Wie bei den Klebeversuchen beobachtet werden konnte, wird

der Klebstoff, bevor er unter der Aushärtetemperatur fest wird, noch einmal dünnflüssiger, dies hat zur Folge, dass aufgrund der Schwerkraft die Sägezähne vom Sägeblatt fallen können, oder sich zumindest verschieben. Wie Abbildung 66 zeigt kann so kein zufriedenstellendes Ergebnis einer Klebung erzielt werden. Damit man die Zähne ordentlich positionieren, und während des Aushärtens auch halten kann, bedarf es einer weiteren Vorrichtung.



**Abbildung 66: händische Applikationsversuche der Keramikzähne auf dem Sägeblatt - Abrutschen der Sägezähne während des Aushärtens**

### **5.1.1 Konstruktion einer Vorrichtung zum Positionieren und Kleben einzelner Sägezähne**

Die Vorrichtung sollte so einfach wie möglich zu bedienen und flexibel einsetzbar, sowie kostengünstig sein. Die Vorrichtung wurde so gestaltet, dass jeder zu klebende Sägezahn mithilfe von 2 Stellschrauben genau justiert werden kann. Abbildung 67 zeigt den Entwurf für diese Vorrichtung, Abbildung 68 und Abbildung 69 zeigen die Konstruktion bzw. den Zusammenbau der Vorrichtung.

Das Sägeblatt kann in der Vorrichtung mit Hilfe von 8 Gewindestiften DIN914 - M5x25 eingestellt werden, Tabelle 37 zeigt die dazugehörige Stückliste.

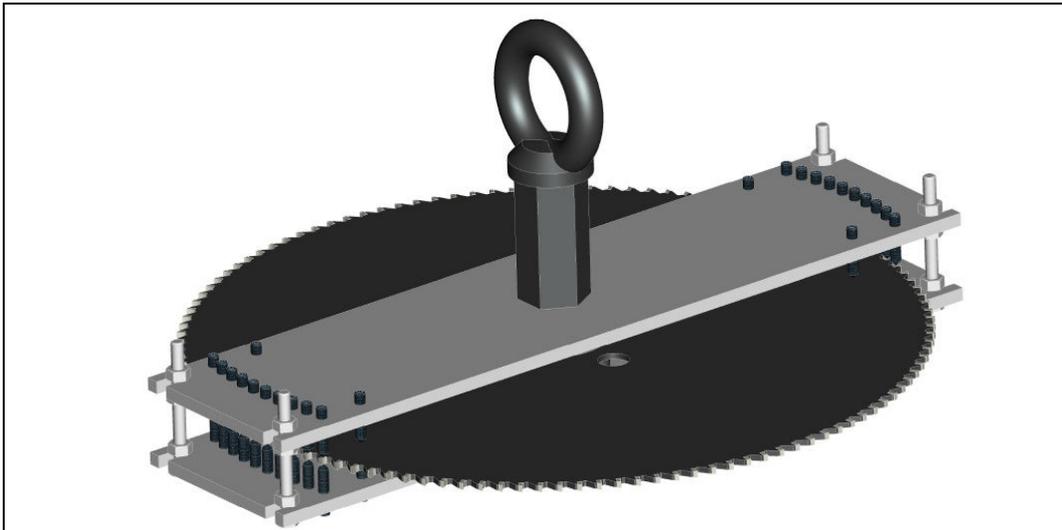


Abbildung 67: Vorrichtung zum Kleben einzelner Sägezähne auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen

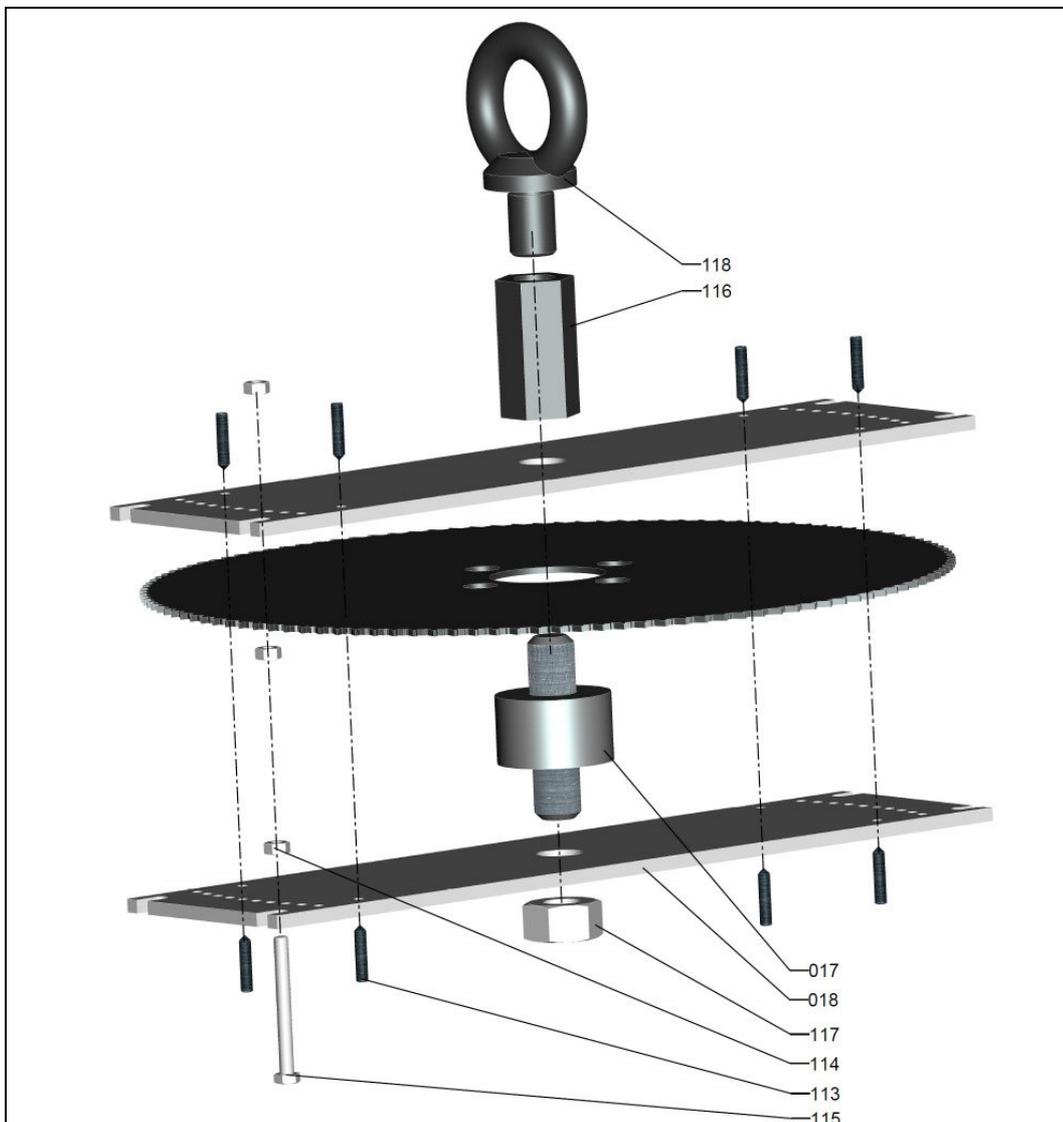


Abbildung 68: Zusammenbau der Vorrichtung für das Kleben einzelner Sägezähne auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen

**Tabelle 37: Stückliste zu Abbildung 68 für die Vorrichtung zum Kleben einzelner Sägezähne auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen**

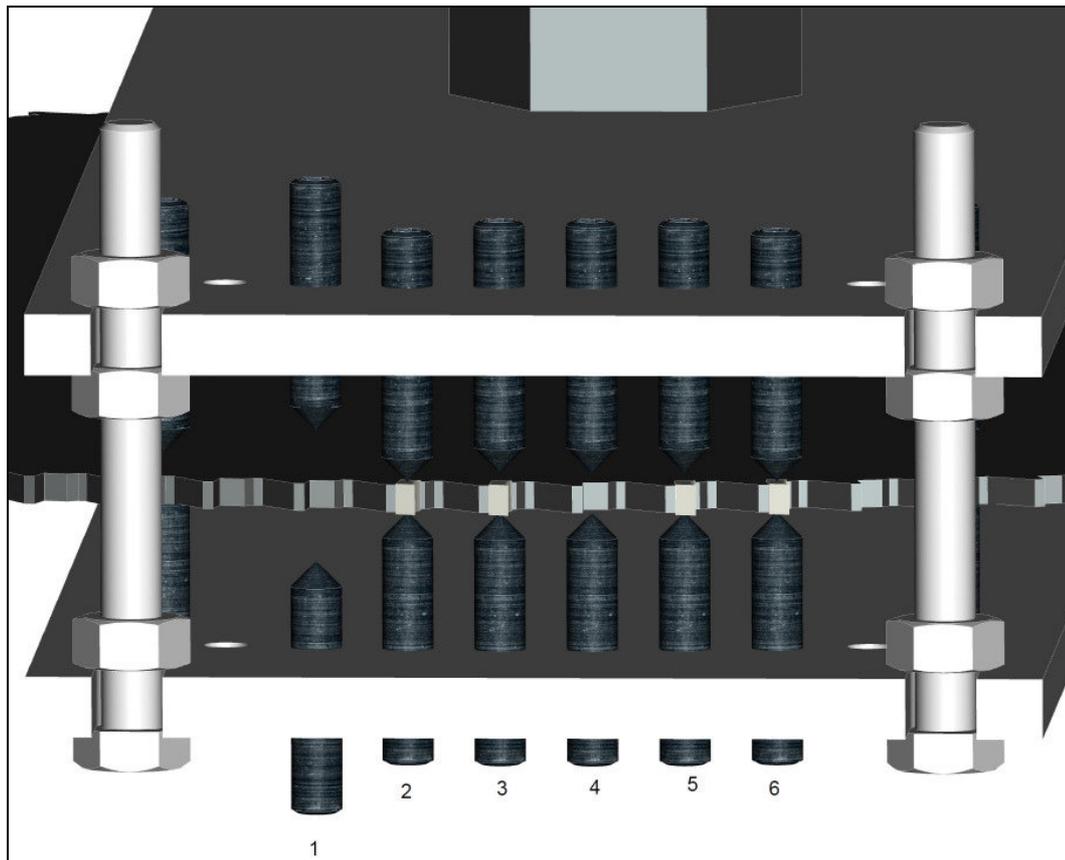
Pos.	Anz.	Bezeichnung	Abm.	Werkstoff	Norm/Lief.	Gewicht
017	1	Zentrierbolzen	Ø50x80	St 37-2		0,6
018	2	Klemmblech	400x100x6	St 37-2		1,8
113	48	Gewindestift mit ISK	M5x25	St.	DIN 914	
114	12	SK Mutter	M6	8	DIN 934	
115	4	SK Schraube, Gew. bis Kopf	M6x60	8.8	DIN 933	
116	1	Verlängerungsmutter 3D hoch	M20	St.	UN 1933	
117	1	SK Mutter	M20	8	DIN 933	
118	1	Ringschraube	M20	C15	DIN 580	

Zum Einrichten und Kleben eines Sägezahns wie in Abbildung 69 dargestellt wird wie folgt vorgegangen:

1. Die Gewindestifte DIN 914 – M5x25 werden ungefähr auf die Position eingestellt.
2. Ein Zahn ohne Klebstoff wird in die Vorrichtung gegeben, die Gewindestifte werden oben und unten so weit zugestellt, bis der Zahn in der Mitte ist, und durch die Gewindestifte in seiner Position gehalten wird.
3. Sobald der Zahn genau positioniert ist, dreht man den oberen Gewindestift wieder ca. ½ Umdrehung nach links, sodass der Zahn wieder locker ist, der untere Gewindestift muss an seiner Position bleiben.
4. Der Sägezahn wird jetzt wieder rausgenommen und es wird Klebstoff an dem Sägezahn aufgetragen.
5. Der Sägezahn mit Klebstoff wird wieder in die Vorrichtung gegeben.
6. Der obere Gewindestift wird wieder nach rechts gedreht, bis der Zahn hält.

Dieses umständliche Verfahren ist hier notwendig, da, wenn der Klebstoff auf dem Zahn schon aufgetragen wurde, der Zahn in der Vorrichtung aufgrund des vorstehenden Klebstoffes nicht mehr genau eingerichtet werden kann.

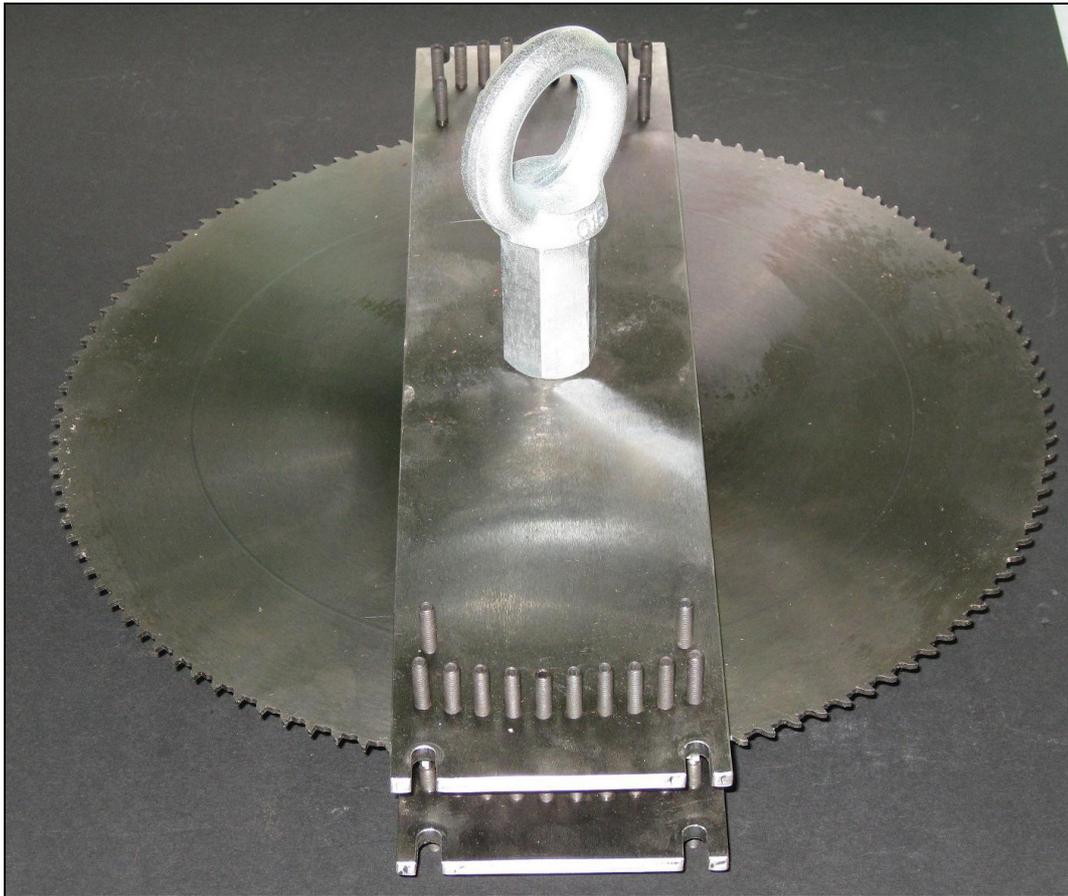
Mit dieser Vorrichtung können so bis zu 2x 10 Sägezähne auf ein Sägeblatt in einem Klebe – und Aushärtvorgang geklebt werden.



**Abbildung 69: Einrichten und Kleben eines Sägezahns in 6 Schritten auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen**

### 5.1.2 Praktische Versuche zum Kleben einzelner Sägezähne auf das Sägeblatt

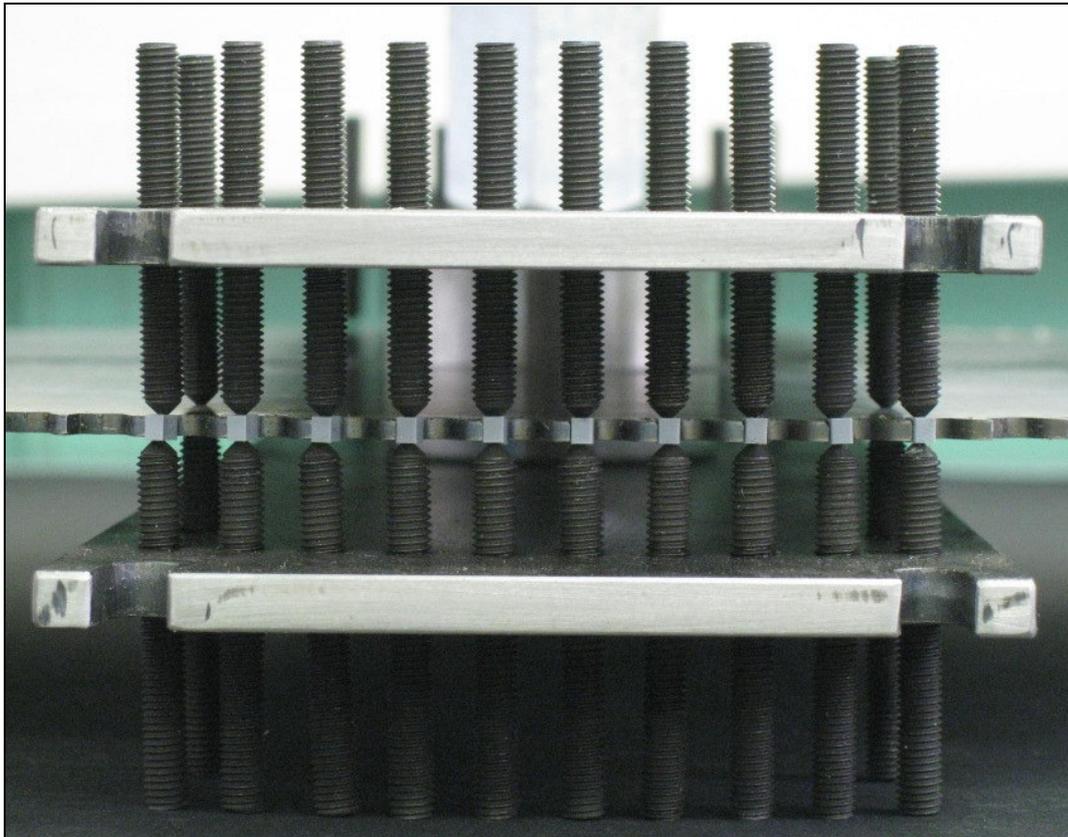
Da nur 8 Sägeblätter zur Verfügung gestanden sind, wurden nur jene Klebstoffe getestet, die in den Zugscherversuchen hohe Festigkeiten aufgewiesen haben, das sind die beiden Klebstoffe DELOMONOPX<sup>®</sup> AD295 und DELOMONOPX<sup>®</sup> 1197. Abbildung 70 zeigt die Vorrichtung, wie sie von der Firma HAGE nach den Konstruktionszeichnungen gefertigt und geliefert wurde.



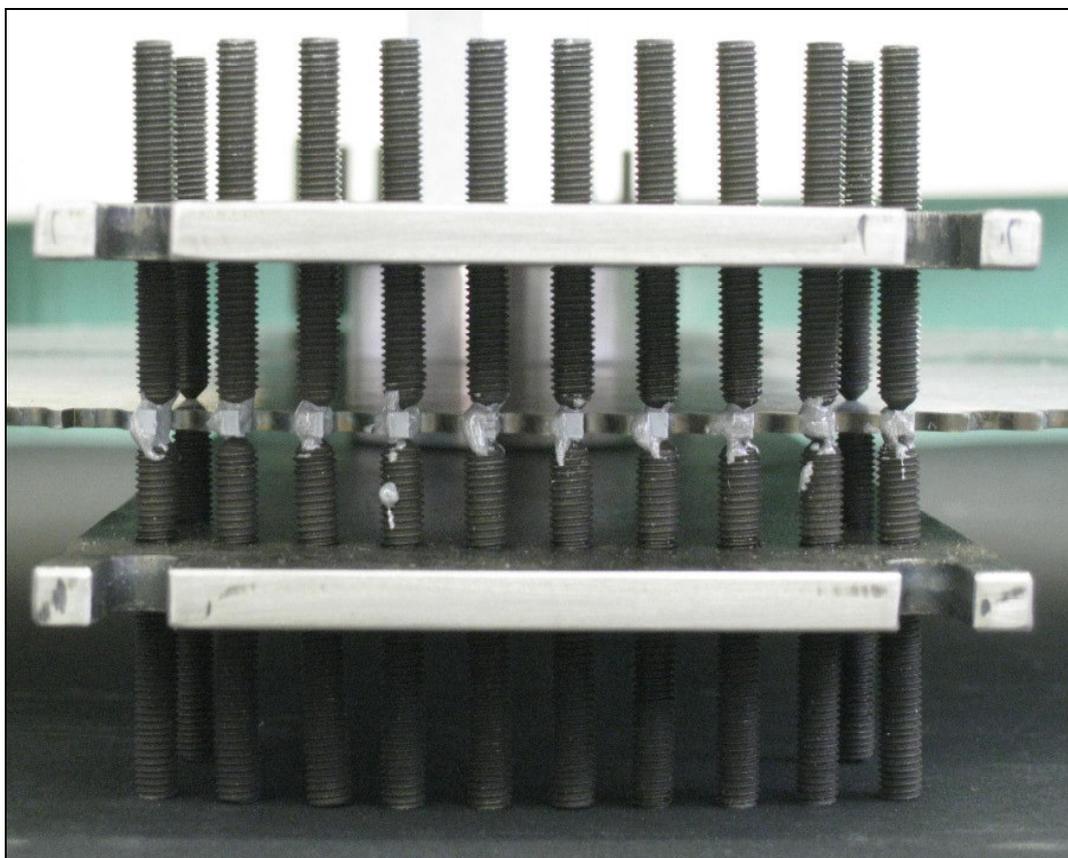
**Abbildung 70: Vorrichtung mit Sägeblatt, Durchmesser 350mm und 120 Zähne, gefertigt von Fa. Hage**

Zum Einlegen eines neuen Sägeblatts muss nur die Ringschraube oben herausgedreht werden, und der obere Teil der Vorrichtung entnommen werden.

Abbildung 71 zeigt die Sägezähne ohne Klebstoff in der Vorrichtung, man kann hier schon gut sehen, dass die Gewindestifte teilweise leicht schief sind, dies kann dazu führen, dass nicht alle Gewindestifte auf den Sägezahn auftreffen. Bei entsprechender Einrichtung von Sägeblatt zu Vorrichtung und Sägezahn ist es aber hier noch möglich gewesen, alle Sägezähne zu fixieren.



**Abbildung 71: Zähne zum Justieren ohne Klebstoff in die Vorrichtung eingelegt**



**Abbildung 72: Sägezähne mit Klebstoff in der Vorrichtung nach dem Justieren**

Abbildung 72 zeigt nun noch die Zähne mit dem aufgetragenen Klebstoff - in diesem Fall DELOMONOPOX<sup>®</sup> AD295 - in der Vorrichtung, hier kann man auch sehen, warum ein Einrichten der Gewindestifte ohne Klebstoff erfolgen soll, eine genaue Einrichtung ist hier kaum mehr möglich.

Es ist schwierig, den Klebstoff händisch gleichmäßig zu verteilen, was zur Folge hat, dass die Gewindestifte auch an den Sägezähnen festkleben. Damit man die Vorrichtung wieder zerlegen kann, muss man aber die Gewindestifte von den Sägezähnen trennen. Durch „Lösen“ der Gewindestifte reißt der Klebstofffilm zwischen Sägezahn und Gewindestift bei relativ geringen Kräften ab, sodass die eigentliche Klebestelle nicht beschädigt wird. Würde man einfach versuchen, die Vorrichtung auseinander zu ziehen, könnte es passieren, dass ein Zahn ausbricht.

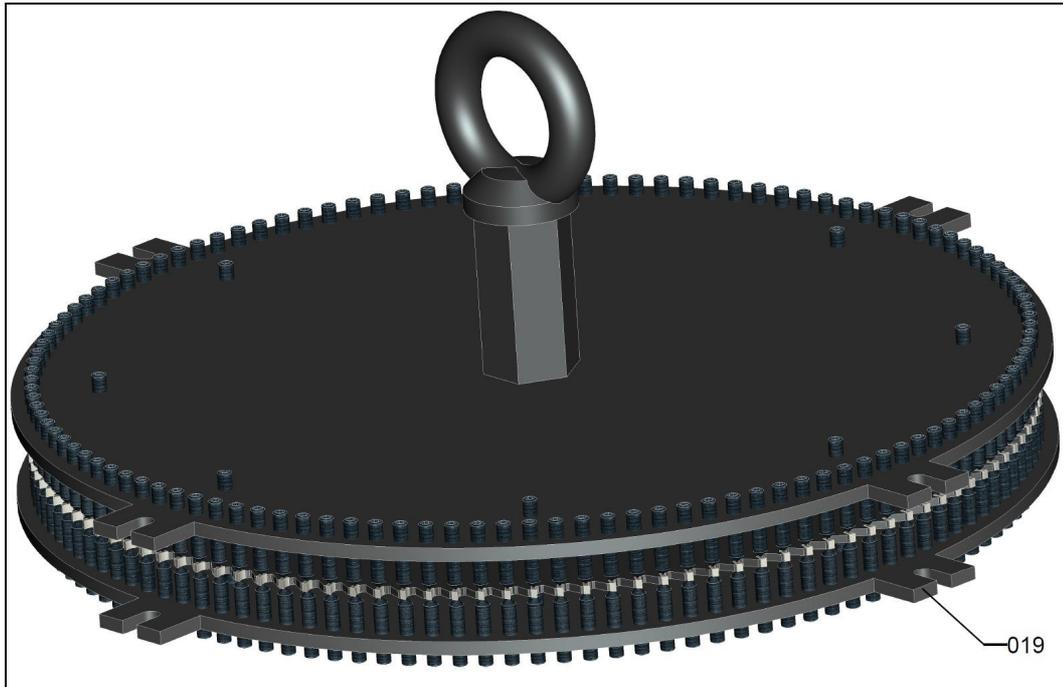
Nach dem Aushärten des Klebstoffes wurden die Zähne mit einer Zange auf Biegung belastet, wobei nicht die Klebeverbindung, sondern der Sägezahn gebrochen ist.

## **5.2 Kleben aller Sägezähne auf ein Sägeblatt**

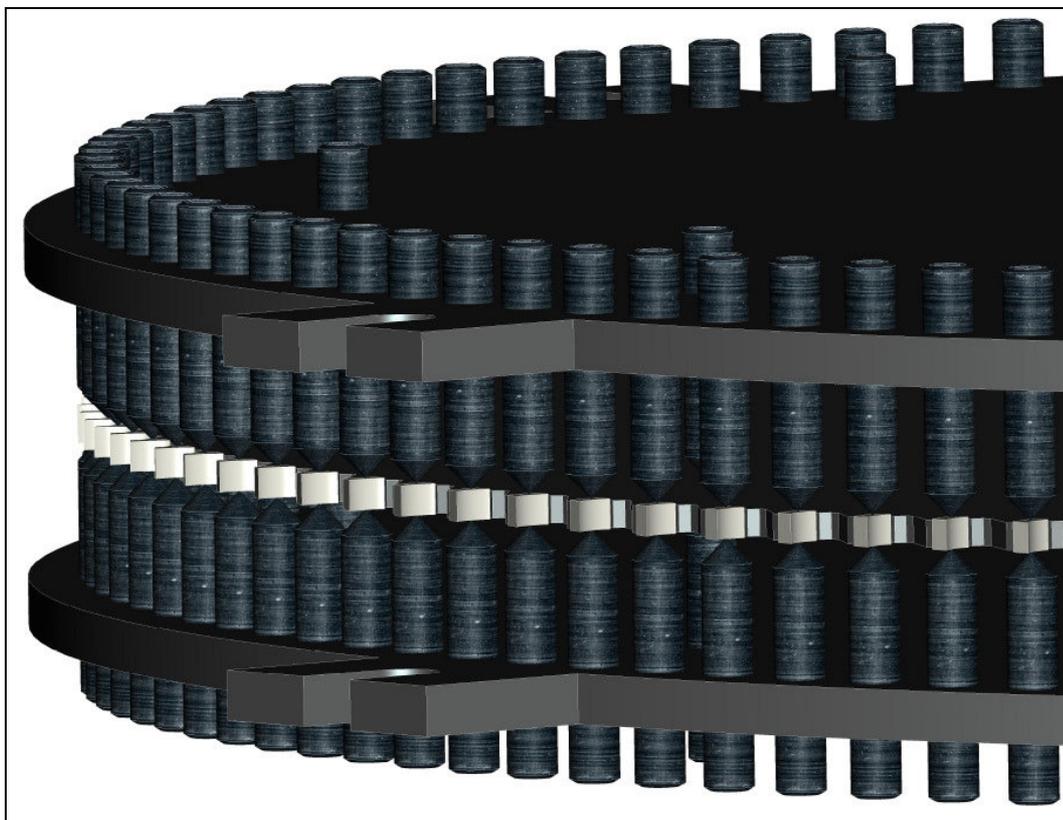
Aufgrund der positiven Ergebnisse aus den Klebeversuchen einzelner Sägezähne war es für die Firmenpartner von Interesse, ein komplettes Sägeblatt zu kleben und einer ersten Sägeprüfung zu unterziehen. Dies wäre auch mit der vorhandenen Vorrichtung möglich, jedoch müsste hier ein Sägeblatt unter Ausnutzung der maximal möglichen Klebungen pro Vorrichtung mindestens 6x zum Aushärten in den Ofen – die Auswirkungen dieser mehrmaligen Wärmezufuhr auf die Sägezähne mit bereits ausgehärteten Klebstoffen sind nicht absehbar, somit wurde auf Basis der vorhandenen Vorrichtung eine Vorrichtung zum Kleben eines kompletten Sägeblattes entwickelt, konstruiert und gebaut.

### **5.2.1 Konstruktion einer Vorrichtung zum Positionieren und Kleben aller Sägezähne**

Zum Bestücken der Sägezähne per Hand hat sich die Lösung mit den Gewindestiften als gut erwiesen, dieser Weg wird also auch bei der Herstellung einer Vorrichtung für die Bestückung eines kompletten Sägeblattes fortgesetzt, der einzige Unterschied ist, dass das Klemmblech - Pos. 018 durch ein neues Klemmblech – Pos. 019 ersetzt wird, vgl. Abbildung 68 und Abbildung 73. Dieses Klemmblech kann problemlos aus einem Laserschnittteil hergestellt werden, die Kosten für beide Pos. 019 ohne Gewinde aber mit den Kernlöchern für die Gewinde betragen unter 10€. Abbildung 73 zeigt die Vorrichtung im zusammengebauten Zustand, Abbildung 74 noch ein Detail und Tabelle 38 die dazugehörige Stückliste.



**Abbildung 73: Vorrichtung zum Kleben aller Sägezähne auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen**



**Abbildung 74: Detail der Vorrichtung zu Kleben von Sägezähnen auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen**

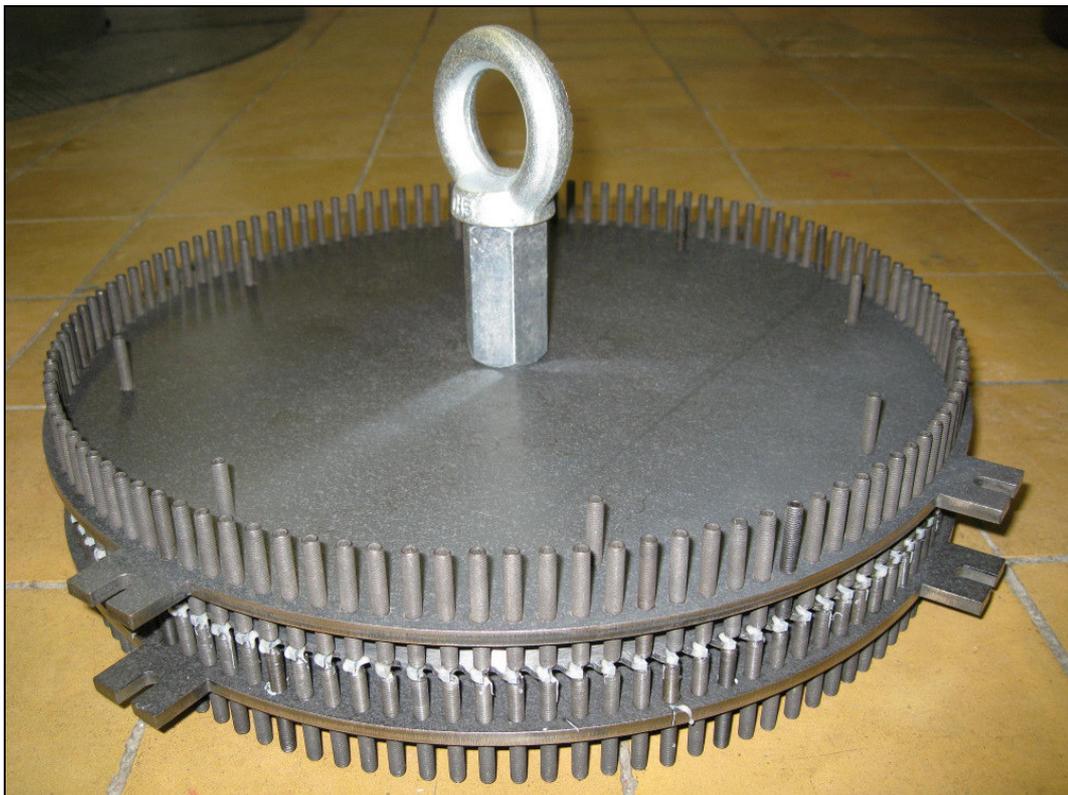
**Tabelle 38: Stückliste für die Vorrichtung für das Kleben aller Sägezähne auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen (vgl. Tabelle 37)**

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Abm.	Werkstoff	Norm/Lief.	Gewicht
017	1	Zentrierbolzen	Ø50x80	St 37-2		0,6
019	2	Klemmblech komplett	400x400x5	St 37-2		1,8
113	272	Gewindestift mit ISK	M5x25	St.	DIN 914	
116	1	Verlängerungsmutter 3D hoch	M20	St.	UN 1933	
117	1	SK Mutter	M20	8	DIN 933	
118	1	Ringschraube	M20	C15	DIN 580	

Das Einrichten der Sägezähne funktioniert wie bei der Vorrichtung für einzelne Zähne, nur dass hier 120 Zähne eingerichtet und geklebt werden müssen.

### 5.2.2 Praktische Versuche zum Kleben aller Sägezähne auf das Sägeblatt

Einrichten und Kleben nimmt pro Sägezahn ca. 3 Minuten bei hoher Konzentration in Anspruch, somit vergehen ca. 6 Stunden, bis ein Sägeblatt fertig geklebt ist, hierbei ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass nicht alle Sägezähne perfekt verklebt sind, siehe Abbildung 75 und Abbildung 76:



**Abbildung 75: Sägeblatt Durchmesser 350mm mit 120 Schneidkeramik-Sägezähnen bestückt, geklebt mit DELOMONOPOX<sup>®</sup> AD295**

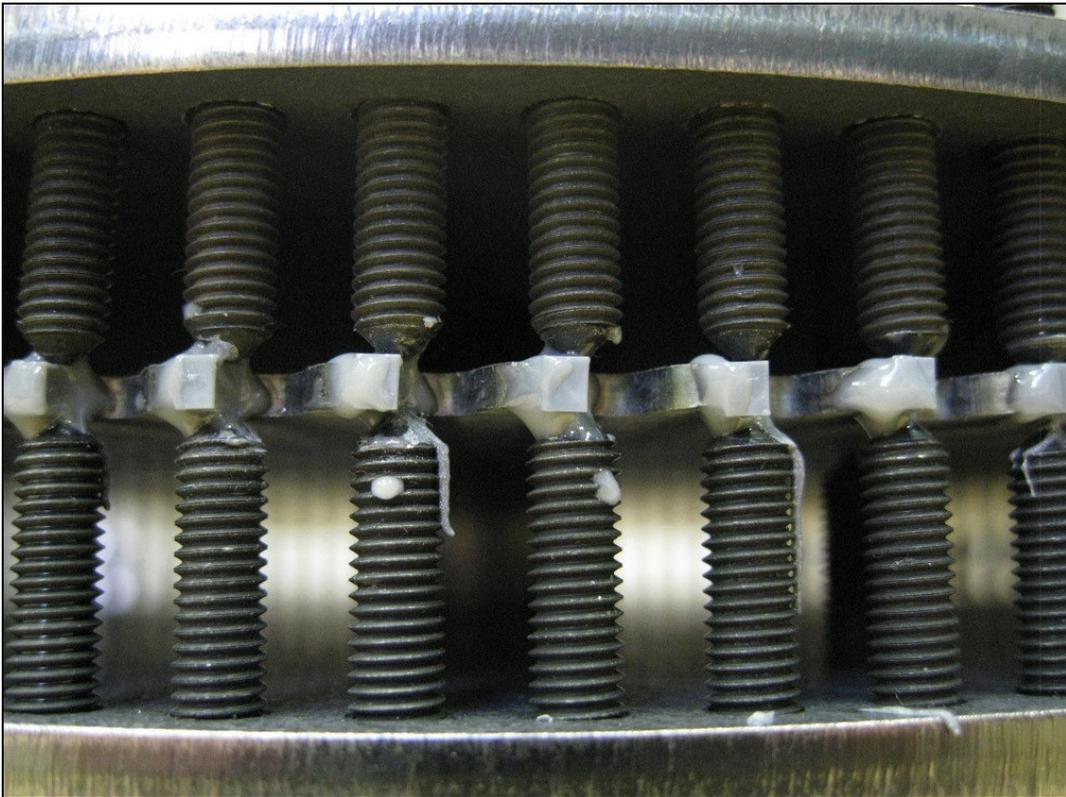


Abbildung 76: Details der Klebung: teilweise ungenaue Positionierung und abfließender Klebstoff, geklebt mit DELOMONOPOX<sup>®</sup> AD295

### 5.2.3 Visuelle Prüfung und Schlagprüfung der Klebungen der Sägezähne

Nach dem Aushärten des Klebstoffes wurde das Sägeblatt aus der Vorrichtung genommen und überprüft, wie die Sägezähne in den Klebeflächen sitzen – vgl. Abbildung 10, Seite 16 – kleine Verschiebungen und Verdrehungen (Kippungen) sind hier aufgetreten. Weiters treten große Klebstoffwulste auf, da keine Dosiervorrichtung verwendet werden konnte, eine Dosiervorrichtung kann erst bei einer industriellen Fertigung eingesetzt werden, siehe Abbildung 77 und Abbildung 78:



Abbildung 77: Oberseite eines mit Keramikzähnen bestückten Sägeblattes, geklebt mit DELOMONOPX<sup>®</sup> 1197

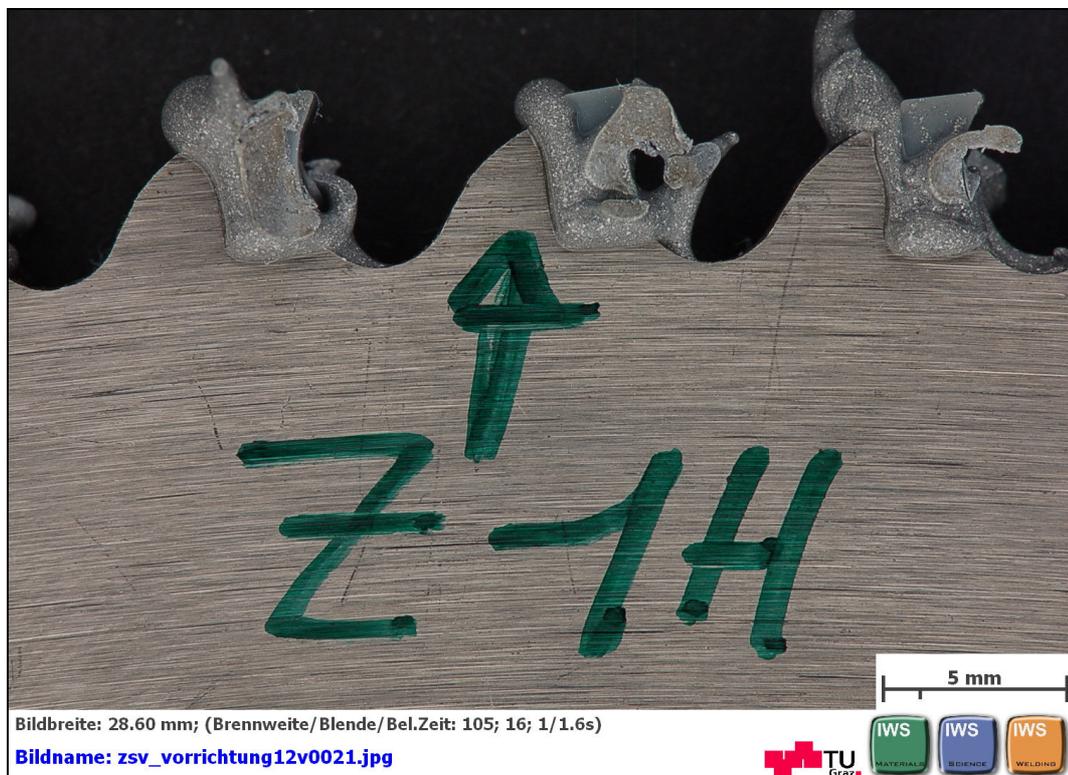


Abbildung 78: Unterseite des gleiche Sägezahn wie in Abbildung 77

Für den Einsatz des Sägeblattes müssen natürlich die Klebstoffwülste beseitigt werden.

Die Schlagprüfung an den geklebten Sägezähnen wurde beim Partnerunternehmen Fa. KAMPMANN durchgeführt. Hierzu wurde das Sägeblatt zuerst sandgestrahlt, um die Klebstoffwülste zu entfernen, danach visuell geprüft und anschließend der Schlagprüfung mittels Kunststoffhammer unterzogen. Dieser Prüfung liegen weder Messergebnisse, noch Sollwerte vor, sie hängt auch stark von der Tagesverfassung des Prüfers ab, es kann nicht sichergestellt werden, dass überhaupt alle Zähne geprüft werden, eine gleichmäßige Prüfung aller Zähne kann auch nicht durchgeführt werden.<sup>64</sup>



Abbildung 79: Festigkeitsprüfung eines Sägeblattes mittels Kunststoffhammer<sup>65</sup>

Da die Sägezähne der Schlagbelastung nicht standgehalten haben, stieg darauf Fa. KAMPMANN aus diesem Projekt aus.

### 5.3 Nachrechnung der Belastung der Klebestelle

Die in 1.3.5, Seite 20 vorgestellte Berechnung der Druckspannung in der Klebefuge scheint fehlerhaft zu sein, so wird eine Druckspannung berechnet, indem man die zu

---

<sup>64</sup> Vgl.: Alder (2012), Benachrichtigung per E-Mail

<sup>65</sup> Alder (2012), Benachrichtigung per E-Mail

erwartende Schnittkraft durch die Summe aller geklebten Flächen dividiert, es wurden dabei auch Flächen mit einbezogen, auf denen die Kraft nicht normal wirkt, sondern parallel, was Schubspannungen bewirkt, des Weiteren wird der Zahn in der Klebefläche um seine „neutrale Faser“ kippen, oberhalb entstehen Druckspannungen, unterhalb Zugspannungen.

Zur Nachrechnung werden einige geometrische Vereinfachungen getroffen, siehe Abbildung 80:

- Zwischen den 2 geklebten Flächen besteht ein rechter Winkel.
- Der Zahnradius in der Klebefuge (0,40mm) wird vernachlässigt.

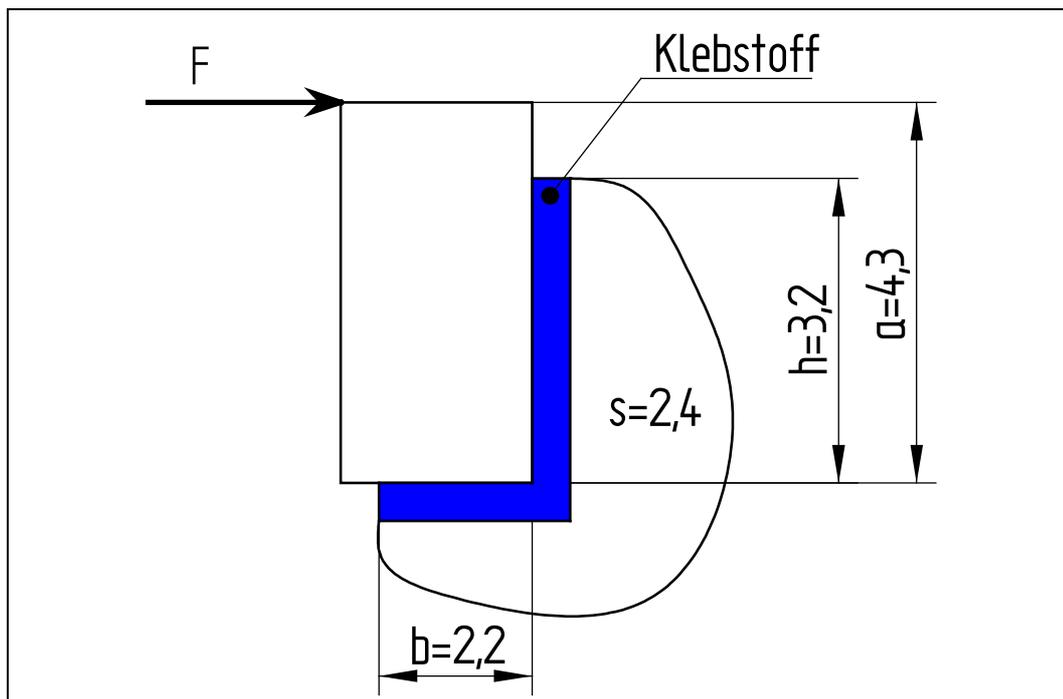


Abbildung 80: geometrische Vereinfachung der Klebeverbindung vgl. Abbildung 10, Seite 16

Folgende weitere Vereinfachungen wurden getroffen:

- Es wird ein proportionaler Zusammenhang zwischen Dehnung und Spannung des Klebstoffes angenommen
- Die auftretenden Dehnungen werden als klein angenommen (linearer Zusammenhang zwischen der Verdrehung des Sägezahnes und der Dehnung im Klebstoff)
- Sägezahn und Sägeblatt werden als starr angenommen, die Verformung findet nur im Klebstoff statt

Nach diesen Vereinfachungen können nun die Kräfte und die zu erwartenden Normalspannungen wie in Abbildung 81 dargestellt eingezeichnet werden.

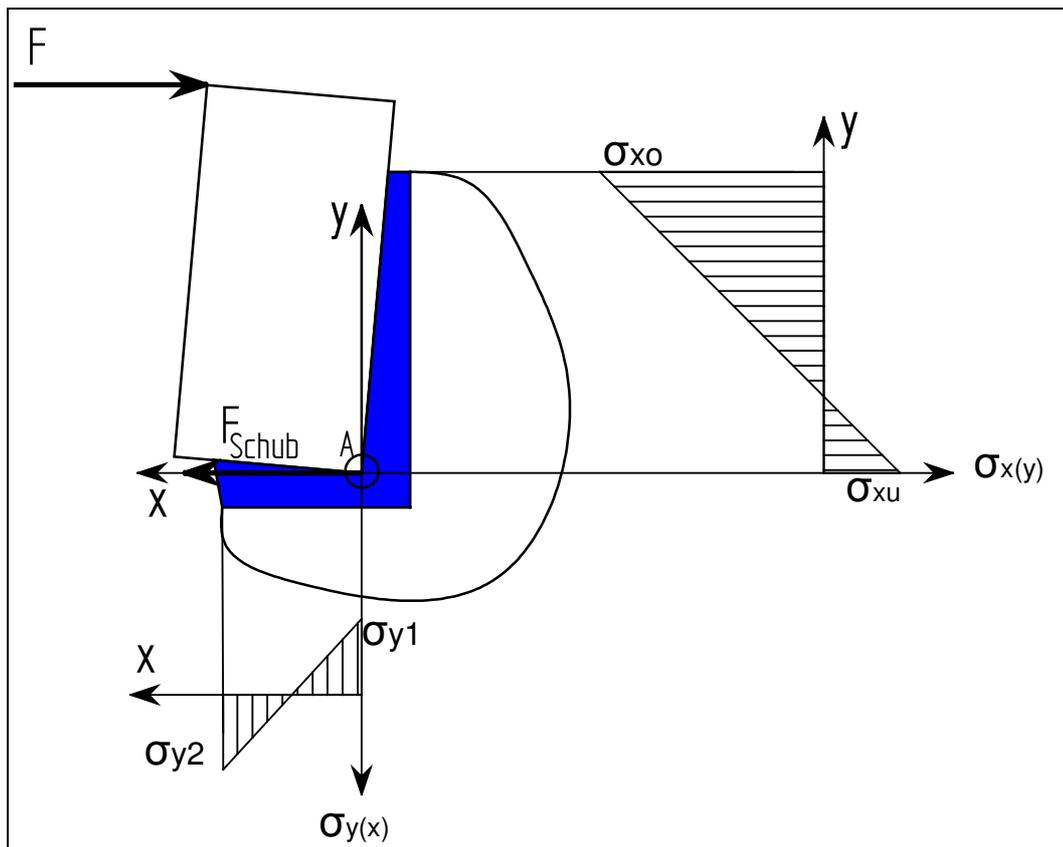


Abbildung 81: Kräfte und zu erwartende Spannungsverläufe im vereinfachten Modell

Zur Ermittlung der Schubkraft  $F_{\text{Schub}}$  wird beispielhaft für den Klebstoff DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197 vorgegangen:

Betrachtet man das Kraft-Weg-Diagramm, in diesem Fall Abbildung 82, so bemerkt man, dass der Kraft-Weg-Verlauf beinahe linear ist, die Steigung  $k$  dieser Gerade entspricht der „Federkonstante auf Schub“, in diesem Fall für DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197.

Man kann ablesen:

$$F_1 = 1327,69 \text{ N}; s_1 = 0,101 \text{ mm}$$

$$F_2 = 15564,9 \text{ N}; s_2 = 0,604 \text{ mm}$$

Somit wird:

$$\Delta F = 14237,21 \text{ N und } \Delta s = 0,503 \text{ mm}$$

Die in Abbildung 82 ablesbaren Verformungen sind die Verformung des Klebstoffes **und** die Verformung der Probe. Bei 15564,9N Prüfkraft dehnt sich die Probe um 0,185%, dies entspricht bei einer Probenlänge von 187,5mm einer Dehnung von 0,347mm. Bei 1327,69N entspricht die Dehnung 0,0158% bzw. 0,0296mm. Somit hat sich die Probe um  $\Delta s_{\text{Probe}} = 0,317 \text{ mm}$  gedehnt, also hat sich der Klebstoff nur um

$\Delta s_{\text{Klebstoff}} = 0,186\text{mm}$  verformt. Mit diesem Wert kann nun die Federkonstante auf Schub berechnet werden.

$$C_{\text{Schub}} = \frac{\Delta F}{\Delta s_{\text{Klebstoff}}} = \frac{14237,21\text{N}}{0,186\text{mm}} = 76694,3\text{N/mm} \quad (9)$$

Dieser Wert entspricht der Kraft, die benötigt wird, um den Klebstoff mit einer geklebten Fläche von  $312,5\text{mm}^2$  in einer Dünnschleife um  $1\text{mm}$  zu verformen. Für den Sägezahn ist hier die relevante Fläche die Zahnunterseite am Klebstoff mit den Abmessungen  $2,2\text{mm} \times 2,4\text{mm} = 5,28\text{mm}^2$ . Somit reduziert sich die Federkonstante auf Schub zu:

$$C_{\text{Schub,Zahn}} = 1295,8\text{N/mm}$$

Bei einer Anfangskraft von  $0\text{N}$  wird umgeformt:

$$\Delta s_{\text{Klebstoff, Schub}} = \frac{\Delta F}{C_{\text{Schub}}} = \frac{F_{\text{Schub}}}{1295,8\text{N/mm}} \quad (10)$$

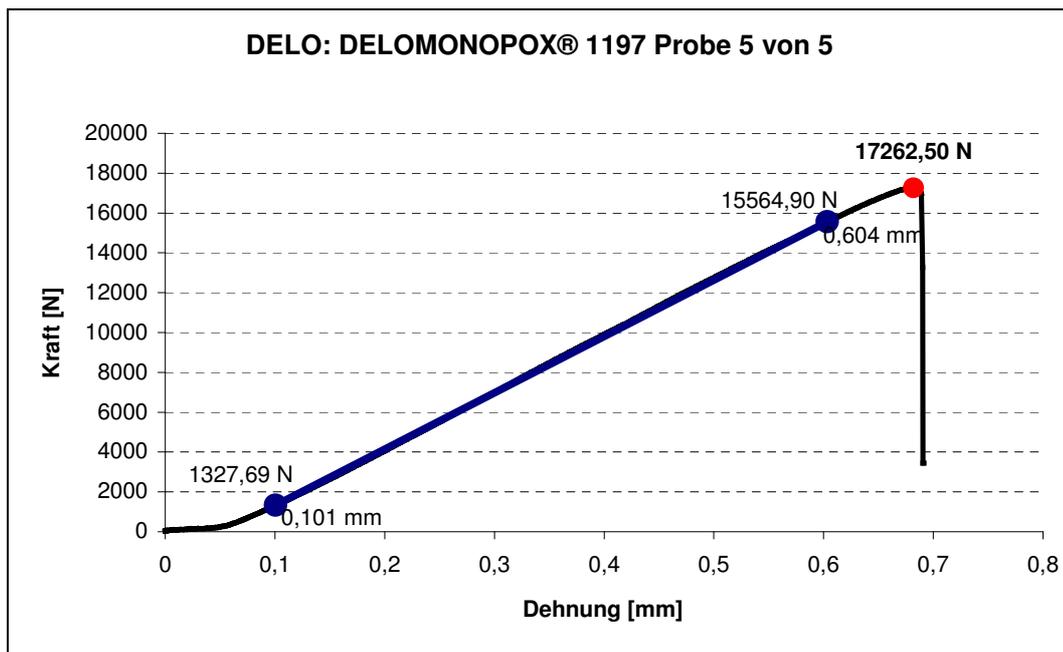


Abbildung 82: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 5 von 5

Für Zugbeanspruchung wird für DELOMONOPOX® 1197 ein E-Modul von  $3300\text{N/mm}^2$  angegeben (vgl. Tabelle 27, Seite 62). Allgemein gilt:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{\sigma}{E} \quad (11)$$

In diesem Fall ist  $l_0$  der Klebespalt mit 0,2mm angenommen, somit wird die Dehnung in Zugrichtung zu:

$$\Delta l_{\text{Zug}} = l_0 \cdot \frac{\sigma}{E} = 0,2\text{mm} \cdot \frac{\sigma}{3300\text{N/mm}^2} = \frac{\sigma}{16500} \frac{\text{mm}^3}{\text{N}} \quad (12)$$

Wie in Abbildung 81 dargestellt sind die Verformung, die für die Schubkraft maßgeblich ist, und die Verformung, die für  $\sigma_{xu}$  maßgeblich ist, gleich groß.

$$\Delta s_{\text{Klebstoff, Schub}} = \Delta l_{\text{Zug}}$$

$$\frac{F_{\text{Schub}}}{1295,8\text{N/mm}} = \frac{\sigma_{xu}}{16500} \frac{\text{mm}^3}{\text{N}} \quad (13)$$

Mit ( 13 ) kann nun der gesuchte Zusammenhang zwischen  $F_{\text{Schub}}$  und  $\sigma_{xu}$  ermittelt werden:

$$F_{\text{Schub}} = 0,0785\text{mm}^2 \cdot \sigma_{xu} \quad (14)$$

0,0785mm<sup>2</sup> wird hier weiterführend als Korrekturfaktor k bezeichnet.

Da bei den Spannungsverläufen lt. Abbildung 81 ein linearer Zusammenhang angenommen wurde, kann mit Hilfe der Geradengleichung  $y=kx+d$  die Funktion des Spannungsverlaufes ermittelt werden, für  $\sigma_x(y)$  gilt:

$$\sigma_x(y) = \sigma_{xu} + \frac{\sigma_{xo} - \sigma_{xu}}{h} \cdot y \quad (15)$$

Da sonst keine vertikalen Kräfte vorhanden sind, gilt für  $\sigma_y(x)$ :

$$\sigma_{y1} = -\sigma_{y2} = \sigma_y \quad (16)$$

Der Zahn verdreht sich auf beiden Flächen gleich, somit muss sein Spannungsgradient und die Steigung der Geraden bei beiden Spannungsverläufen gleich sein:

$$\frac{2 \cdot \sigma_y}{b} = \frac{\sigma_{xu} - \sigma_{xo}}{h} \rightarrow \sigma_y = \frac{\sigma_{xu} - \sigma_{xo}}{2} \cdot \frac{b}{h} \quad (17)$$

Somit ergibt sich die Geradengleichung für den Spannungsverlauf  $\sigma_y(x)$  wie folgt:

$$\sigma_y(x) = \sigma_y - \sigma_y \cdot \frac{2 \cdot x}{b} \quad (18)$$

Setzt man ( 17 ) in ( 18 ) ein, so kann man  $\sigma_y(x)$  durch  $\sigma_{xo}$  und  $\sigma_{xu}$  ersetzen:

$$\sigma_y(x) = \frac{\sigma_{xu} - \sigma_{xo}}{2 \cdot h} \cdot (b - 2 \cdot x) \quad (19)$$

Gleichgewichtsbedingungen:

$$\sum F_x = 0 = F - F_{Schub} + \int_0^h \sigma_x(y) \cdot dA_1 \quad (20)$$

$$\sum M_A = 0 = F \cdot a + \int_0^h \sigma_x(y) \cdot y \cdot dA_1 + \int_0^b \sigma_y(x) \cdot x \cdot dA_2 \quad (21)$$

mit

$$dA_1 = s \cdot dy \quad (22)$$

und

$$dA_2 = s \cdot dx \quad (23)$$

werden:

$$\int_0^h \sigma_x(y) \cdot dA_1 = \frac{s \cdot h}{2} \cdot (\sigma_{xo} + \sigma_{xu}) \quad (24)$$

$$\int_0^h \sigma_x(y) \cdot y \cdot dA_1 = \frac{s \cdot h^2}{6} \cdot (2 \cdot \sigma_{xo} + \sigma_{xu}) \quad (25)$$

$$\int_0^b \sigma_y(x) \cdot x \cdot dA_2 = \frac{s \cdot b^3}{12 \cdot h} \cdot (\sigma_{xo} - \sigma_{xu}) \quad (26)$$

Somit können diese beiden Gleichgewichtsbedingungen durch F,  $\sigma_{xu}$  und  $\sigma_{xo}$  dargestellt werden:

$$\sum F_x = 0 = F - k \cdot \sigma_{xu} + \frac{s \cdot h}{2} \cdot (\sigma_{xo} + \sigma_{xu}) \quad (27)$$

$$\sum M = 0 = F \cdot a + \frac{s \cdot h^2}{6} \cdot (2 \cdot \sigma_{xo} + \sigma_{xu}) + \frac{s \cdot b^3}{12 \cdot h} \cdot (\sigma_{xo} - \sigma_{xu}) \quad (28)$$

( 27 ) umgeformt auf  $\sigma_{xo}$  ergibt:

$$\sigma_{xo} = \frac{2 \cdot k \cdot \sigma_{xu}}{s \cdot h} - \frac{2 \cdot F}{s \cdot h} - \sigma_{xu} \quad (29)$$

( 29 ) eingesetzt in ( 28 ) und umgeformt auf  $\sigma_{xu}$  ergibt eine Formel ohne Unbekannte:

$$\sigma_{xu} = F \cdot \frac{4 \cdot h^3 + b^3 - 6 \cdot a \cdot h^2}{b^3 \cdot k + 4 \cdot h^3 \cdot k - s \cdot h^4 - s \cdot b^3 \cdot h} \quad (30)$$

Damit man nun  $\sigma_{xo}$  erhält, setzt man ( 30 ) in ( 29 ) ein und erhält:

$$\sigma_{xo} = F \cdot \frac{b^3 \cdot s + 6 \cdot a \cdot h^2 \cdot s - 12 \cdot a \cdot h \cdot k - 2 \cdot h^3 \cdot s}{b^3 \cdot k \cdot s + 4 \cdot h^3 \cdot k \cdot s - s^2 \cdot h^4 - s^2 \cdot b^3 \cdot h} \quad (31)$$

$\sigma_y$  ergibt sich schließlich durch einsetzen von ( 30 ) und ( 31 ) in ( 17 ) zu:

$$\sigma_y = F \cdot \frac{3 \cdot b \cdot h^2 \cdot s + 3 \cdot a \cdot b \cdot k - 6 \cdot a \cdot b \cdot h \cdot s}{b^3 \cdot k \cdot s + 4 \cdot h^3 \cdot k \cdot s - s^2 \cdot h^4 - s^2 \cdot b^3 \cdot h} \quad (32)$$

In die Formeln ( 30 ), ( 31 ) und ( 32 ) können nun die geometrischen Werte lt. Abbildung 80 und die Kraft lt. Kapitel 1.3.3 Schnittkraft auf Zahn  $F_{CZ}$  , Seite 19 eingesetzt werden:

$$a=4,3\text{mm}$$

$$b=2,2\text{mm}$$

$$h=3,2\text{mm}$$

$$s=2,4\text{mm}$$

$$k=0,0785$$

$$F=1408\text{N}$$

Somit erhält man die Zahlenwerte der betragsmäßig maximalen Normalspannungen:

$$\sigma_{xu} = \underline{535,0\text{N} / \text{mm}^2}$$

$$\sigma_{xo} = \underline{-890,7\text{N} / \text{mm}^2}$$

$$\sigma_y = \underline{490,1\text{N} / \text{mm}^2}$$

Die berechneten Spannungswerte weichen stark von den in 1.3.5, Seite 20 angeführten 106 MPa ab, da dort wie erwähnt fehlerhafte Annahmen getroffen wurden.

Diese hohen Spannungswerte würden wohl zu keinem proportionalen Spannungs-Dehnungs-Verhältnis führen, somit wären die Spannungsverläufe nicht linear, dies würde die maximalen Spannungen zwar wieder etwas herabsetzen, jedoch wären auch dann die auftretenden Spannungen noch deutlich zu hoch, um von der Klebschicht aufgenommen werden zu können!

## 6 Zusammenfassung der Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wurden Klebstoffe hoher Festigkeit, die in einer vorhergehenden Feasibility Studie ausgewählt wurden, auf ihre Zugscherfestigkeit geprüft, um eine nähere Auswahl für das Kleben von Keramikzähnen auf Sägeblättern vornehmen zu können. Hierbei ist laut einer vorliegenden FEM Simulation durch den Sägeprozess (Schnittgeschwindigkeit 1000m/min und Vorschub 0,12mm/Zahn) eine Temperatur im Bereich von 150°C in der Klebeschicht zu erwarten. Zur Festigkeitsprüfung wurden die dafür notwendigen Vorrichtungen konstruiert und gefertigt und sodann die Klebeversuche an Stahl sowie die genormten Zugscherprüfungen an Dünn- und Dickblechproben durchgeführt. Hierbei wurde die höchste Zugscherfestigkeit mit ca. 53 bzw. 82MPa für den warmushärtenden Klebstoff DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197 ermittelt.

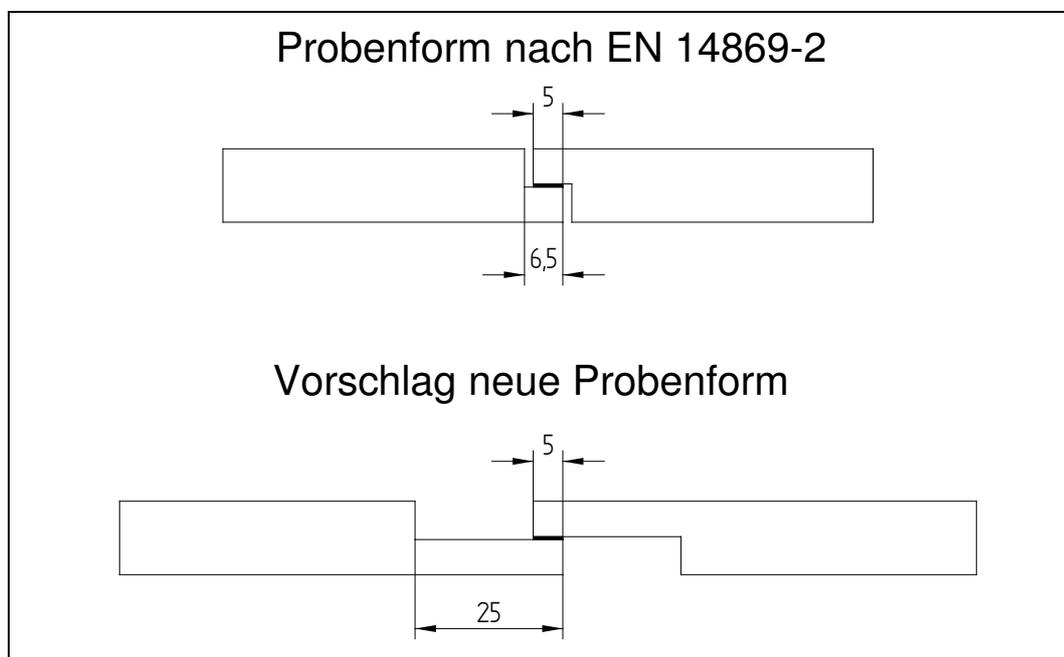
Mit Hilfe einer Positioniervorrichtung wurde dann versucht einige Sägezähne auf dem Sägeblatt händisch zu kleben. Die Ergebnisse waren hier positiv, da bei praktischen Bruchversuchen der geklebten Sägezähne (seitliche Biegung) dieselben gebrochen sind und nicht die Klebung.

Schließlich wurde eine Positioniervorrichtung für das vollständige Bestücken eines Sägeblattes mit 120 Keramikzähnen durch Kleben konstruiert und gebaut. Die Klebungen erfolgten wiederum händisch mit nicht vermeidbaren geometrischen Unregelmäßigkeiten hinsichtlich der Lage der Keramikzähne und Auftreten relativ großer Klebewülste. Nach dem anschließend durchgeführten Sandstrahlen erfolgte eine praktische Schlagprüfung einzelner Keramikzähne. Hierbei konnte kein positives Ergebnis erreicht werden, da alle geprüften Zähne unter der Schlagbelastung in der Klebung spröde gebrochen sind.

Prinzipiell konnte also gezeigt werden, dass eine klebetechnische Lösung für das Kleben von Keramikzähnen auf einem Sägeblatt machbar ist, jedoch sind hierzu noch eine Reihe von Optimierungen erforderlich: Positionierung der Keramikzähne, Dosierung und Schlagzähigkeit des Klebstoffes. Auch bestehen noch Möglichkeiten den Sitz der Zähne auf dem Sägeblatt klebetechnisch zu optimieren, wofür weitere FEM Berechnungen für die Vorhersage der auftretenden Spannungen und Temperaturen beim Sägen herangezogen werden sollten. Sollten die mechanischen und die Temperaturbelastungen unter den vorgegebenen Sägeparametern für organische Klebstoffe zu hoch sein, sollte auch der eventuelle Einsatz eines keramischen Klebstoffes geprüft werden.

## 7 Ausblick

Um die wahre Zugscherfestigkeit von so hochfesten Klebstoffen zu ermitteln, bedarf es geeigneter Methoden, um diese zu Prüfen, so solle einem relativ kleinem Klebstoffquerschnitt für geringe Prüfkkräfte ein relativ großer Probenquerschnitt für geringe Zugspannungen in der Probe gegenüber stehen. Diese Kriterien würde der Versuch nach 14869-2 zwar noch erfüllen, jedoch stellt sich bei diesem Versuch die Vorbereitung der Oberfläche als sehr schwierig heraus. Um die Oberfläche besser vorbereiten zu können, wird empfohlen, wie in Abbildung 83 dargestellt, die Ausfräsung breiter auszuführen, somit kann die Oberfläche maschinell geschliffen werden und ein manuelles Aufrauen der Oberfläche ist auch möglich – man muss nicht bis in die Ecke kommen.



**Abbildung 83: Gegenüberstellung Probenform nach EN 14869-2 und Vorschlag neue Probenform**

Der Rest der Probengeometrie kann wie beim Versuch nach EN 14869-2 sein, die Aufnahme mit den beiden Bohrungen  $\varnothing 12$  hat sich als sehr einfach zu handhaben erwiesen, zum Ausbauen/Einbauen einer Probe ist kein Werkzeug notwendig. Die Prüfvorrichtung besteht nur aus Normteilen, und ist sehr kostengünstig.

Beim Kleben eines Keramikzahnes auf ein Stahlsägeblatt könnte man entweder versuchen, den Zahn deutlich größer auszuführen dies würde die entstehenden Spannungen stark reduzieren, oder man könnte versuchen, die Krafteinleitung der Schnittkraft nicht über den Klebstoff ins Sägeblatt einzuleiten, hierzu müsste der Sägezahn am Sägeblatt aufliegen, der Klebstoff hätte nur die Funktion, den Zahn in

seiner Lage zu fixieren. Diese Varianten könnten zwar die Probleme mit den zu hohen Spannungen im Klebstoff lösen, die hohe Temperatur im Klebstoff ist jedoch ein Problem, das man so nicht lösen kann. Die erreichten Temperaturen im Klebstoff basieren auf Simulationen, ihre Korrektheit ist nicht nachgewiesen – man müsste tatsächlich ein Sägeblatt so bauen, dass die Spannungen im Klebstoff nicht zu hoch werden, und einen Schnittversuch starten, und beobachten, wie sich die Temperaturen tatsächlich entwickeln.

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verhakung des Klebstoffes mit der Fügeiloberfläche .....	3
Abbildung 2: Adhäsionskräfte und Kohäsionskräfte in einer Klebung .....	4
Abbildung 3: Adhäsionsmechanismen im Klebstoff .....	4
Abbildung 4: Benetzungsverhalten eines hoch- und niedrigviskosen Klebstoffes .....	5
Abbildung 5: Benetzungsarten von Flüssigkeiten auf Oberflächen .....	6
Abbildung 6: Verfahren zum Vorbereiten von zu klebenden Oberflächen .....	7
Abbildung 7: Kohäsionsbruch .....	8
Abbildung 8: Adhäsionsbruch .....	9
Abbildung 9: Mischbruch, zu ca. 60% Kohäsionsbruch .....	10
Abbildung 10: Entwurf 3.8.2010 Fa. Kampmann: (a) Stammblatt, (b) Detail Stammblatt mit Zahn, (c) Zahn .....	16
Abbildung 11: Berechnung der Klebefläche .....	17
Abbildung 12: Anteil der Klebefläche am Sägezahn .....	17
Abbildung 13: Am Sägezahn wirkende Kräfte .....	18
Abbildung 14: (a) Schematisches Modell – Sägezahn (Ceramic), Klebschicht (Adhesive), Sägeblatt (Steel plate); (b) Wärmeströme beim Spanen; (c) bei Bewegung in Luft .....	21
Abbildung 15: Temperaturentwicklung auf der Oberfläche des Sägezahnes nach 48 Schneideingriffen .....	22
Abbildung 16: Temperaturverteilung am Sägezahn nach 48 Schneideingriffen .....	23
Abbildung 17: (a) Temperaturentwicklung in der Klebschicht (b) Temperaturverteilung nach 48 Schneideingriffen .....	23
Abbildung 18: 2D-Modell ABAQUS – FEM Netz .....	24
Abbildung 19: Temperaturzyklen an der Oberfläche eines Sägezahnes, 125 Schneideingriffe .....	25
Abbildung 20: Temperaturverteilung nach 125 Schneideingriffen: (a) Zahn und Sägeblatt; (b) Klebschicht .....	25
Abbildung 21: Überlappungsklebung zweier Fügeileile für Dünnscherversuche .....	28
Abbildung 22: Belastung einer Probe für Dünnscherversuche .....	28

---

Abbildung 23: Fügeteile für Dünnblechscherversuche in Form einer geklebten Tafel .....	28
Abbildung 24: Herstellung der Proben aus geklebten Fügeteilen für Dickblechscherversuche .....	31
Abbildung 25: Herstellung der Proben aus maschinell bearbeiteten Fügeteilen für Dickblechscherversuche .....	31
Abbildung 26: Belastung einer Probe für Dickblechscherversuche .....	32
Abbildung 27: Vorbereitung der Proben für den Rollenschälversuch .....	33
Abbildung 28: Durchführung des Rollenschälversuches .....	34
Abbildung 29: Klebung der Fügeteile für die T-Schälprüfung .....	36
Abbildung 30: Belastung der Proben für die T-Schälprüfung .....	36
Abbildung 31: Zugprüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz .....	37
Abbildung 32: Einschwenkbarer Ofen für Temperaturversuche .....	37
Abbildung 33: Zugprüfmaschine Eigenbau am IFT TU Graz .....	38
Abbildung 34: Aufteilung der Reibkräfte, wenn beidseitig eine Reibkraft aufgenommen wird.....	39
Abbildung 35: Aufnahme an der Prüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz für die Vorrichtung für den Dünnblechscherversuch .....	40
Abbildung 36: Einbau der Vorrichtung für Dünnblechscherversuche in die Prüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz.....	41
Abbildung 37: komplette Vorrichtung eingebaut in der Prüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz.....	42
Abbildung 38: Anbindung für den Dickblechscherversuch an die Prüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz.....	43
Abbildung 39: Einbau der Vorrichtung für die Dickblechscherversuche in die Prüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz.....	44
Abbildung 40: komplette Vorrichtung für Dickblechscherversuche eingebaut in die Prüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz.....	45
Abbildung 41: Zusammenbau der Vorrichtung für den Rollenschälversuch für die Prüfmaschine Eigenbau am IFT TU Graz .....	46
Abbildung 42: Vorrichtung für den Rollenschälversuch fertig zusammengebaut für die Prüfmaschine Eigenbau am IFT TU Graz .....	47

---

Abbildung 43: Zusammenbau der Vorrichtung für den T-Schälversuch für die Prüfmaschine Eigenbau am IFT TU Graz .....	48
Abbildung 44: Vorrichtung für den T-Schälversuch fertig zusammengebaut für die Prüfmaschine Eigenbau am IFT TU Graz .....	48
Abbildung 45: Zusammenbau der Vorrichtungen für Dünoblechklebungen .....	49
Abbildung 46: Klebevorrichtung für Dünobleche fertig zusammengebaut .....	50
Abbildung 47: Zusammenbau der Vorrichtung für Dickblechklebungen .....	50
Abbildung 48: Vorrichtung für Dickblechklebungen fertig zusammengebaut.....	51
Abbildung 49: EMERGENCY OVERVIEW HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 Komponente A ..	54
Abbildung 50: EMERGENCY OVERVIEW HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 Komponente B ..	54
Abbildung 51: Auswirkung der verschiedenen Aushärtevorgänge auf die Endfestigkeit für HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>TM</sup> .....	57
Abbildung 52: Viskosität in Abhängigkeit der Temperatur von 2285D .....	59
Abbildung 53: Gegenüberstellung der Temperaturfestigkeiten der verschiedenen Klebstoffe .....	65
Abbildung 54: Verwendete Klebevorrichtung bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik / Graz .....	67
Abbildung 55: nicht optimal erfolgte Klebung mit HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>TM</sup> , Probe 3 von 5, geklebt bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik .....	68
Abbildung 56: Angefertigte Vorrichtung für Überlappungsklebungen für Dünoblechscherversuche.....	69
Abbildung 57: Einlegen der Dünoblech-Zugscherprobe in die Vorrichtung der Zugprüfmaschine Zwick/Roell .....	70
Abbildung 58: Probe vorbereitet zur Prüfung.....	70
Abbildung 59: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Probe 5 von 5.....	71
Abbildung 60: Vergleich Herstellerangaben – Ergebnisse der Prüfungen mit der Zugprüfmaschine ZWICK/ROELL am IWS TU Graz .....	73
Abbildung 61: Angefertigte Vorrichtung für Überlappungsklebungen für Dickblechscherversuche .....	76
Abbildung 62: Einlegen der Dickblech-Zugscherproben in die Vorrichtung der Zugprüfmaschine ZWICK/ROELL am IWS TU Graz .....	76

---

Abbildung 63: kleine Klebefläche, verhältnismäßig dicke Füge­teile - gleichmäßige Einleitung der Spannung über die gesamte Verbindungsfläche .....	81
Abbildung 64: große Klebefläche, verhältnismäßig dünne Füge­teile - Spannungsspitzen am Überlappungsende, keine Spannungen in der Mitte .....	81
Abbildung 65: Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> Sägezahn in verschiedenen Ansichten, vgl. Tabelle 5, Seite 15 und Abbildung 10, Seite 16 .....	82
Abbildung 66: händische Applikationsversuche der Keramikzähne auf dem Sägeblatt - Abrutschen der Sägezähne während des Aushärtens .....	83
Abbildung 67: Vorrichtung zum Kleben einzelner Sägezähne auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen .....	84
Abbildung 68: Zusammenbau der Vorrichtung für das Kleben einzelner Sägezähne auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen .....	84
Abbildung 69: Einrichten und Kleben eines Sägezahns in 6 Schritten auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen .....	86
Abbildung 70: Vorrichtung mit Sägeblatt, Durchmesser 350mm und 120 Zähne, gefertigt von Fa. Hage.....	87
Abbildung 71: Zähne zum Justieren ohne Klebstoff in die Vorrichtung eingelegt.....	88
Abbildung 72: Sägezähne mit Klebstoff in der Vorrichtung nach dem Justieren .....	88
Abbildung 73: Vorrichtung zum Kleben aller Sägezähne auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen.....	90
Abbildung 74: Detail der Vorrichtung zu Kleben von Sägezähnen auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen .....	90
Abbildung 75: Sägeblatt Durchmesser 350mm mit 120 Schneidkeramik-Sägezähnen bestückt, geklebt mit DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 .....	91
Abbildung 76: Details der Klebung: teilweise ungenaue Positionierung und abfließender Klebstoff, geklebt mit DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295.....	92
Abbildung 77: Oberseite eines mit Keramikzähnen bestücken Sägeblattes, geklebt mit DELOMONOPX <sup>®</sup> 1197.....	93
Abbildung 78: Unterseite des gleiche Säg­zahnes wie in Abbildung 77 .....	93
Abbildung 79: Festigkeitsprüfung eines Sägeblattes mittels Kunststoffhammer .....	94
Abbildung 80: geometrische Vereinfachung der Klebeverbindung vgl. Abbildung 10, Seite 16.....	95
Abbildung 81: Kräfte und zu erwartende Spannungsverläufe im vereinfachten Modell .....	96

---

Abbildung 82: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO:  
DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197 Probe 5 von 5.....97

Abbildung 83: Gegenüberstellung Probenform nach EN 14869-2 und Vorschlag neue  
Probenform ..... 102

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Oberflächenspannung von Metallen und Klebstoffen .....	11
Tabelle 2: Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen .....	12
Tabelle 3: chemische Zusammensetzung 80CrV2 in Gewichtsprozent.....	14
Tabelle 4: Wärmeleitfähigkeit für 80CrV2 in Abhängigkeit von der Temperatur .....	14
Tabelle 5: Eigenschaften der Werkstoffe von CERATIZIT auf Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> Basis .....	15
Tabelle 6: Physikalische Eigenschaften der beteiligten Werkstoffe Stahl, Keramik und Klebstoff .....	22
Tabelle 7: Stückliste für die Vorrichtung für den Dünnblechscherversuch.....	42
Tabelle 8: Stückliste für die Vorrichtung für den Dickblechscherversuch .....	45
Tabelle 9: Stückliste für die Vorrichtung für den Rollenschälversuch .....	47
Tabelle 10: Stückliste für die Vorrichtung für den T-Schälversuch .....	49
Tabelle 11: Stückliste für die Klebevorrichtungen für Dünnblech- und Dickblechscherversuche .....	51
Tabelle 12: Eigenschaften der ungemischten Komponenten von HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 .....	53
Tabelle 13: Zugscherfestigkeit bei verschiedenen Temperaturen von HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 .....	53
Tabelle 14: Allgemeine Eigenschaften von DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 .....	55
Tabelle 15: Festigkeitswerte von DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 bei verschiedenen Temperaturen.....	55
Tabelle 16: Eigenschaften der ungemischten Komponenten von HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>™</sup> ..	56
Tabelle 17: Festigkeitseigenschaften im ausgehärteten Zustand von HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>™</sup> .....	56
Tabelle 18: Eigenschaften der ungemischten Komponenten von SCOTCH-WELD <sup>™</sup> DP760 .....	58
Tabelle 19: Rollenschälfestigkeit nach DIN 53289 von SCOTCH-WELD <sup>™</sup> DP760 bei verschiedenen Aushärteverfahren .....	58
Tabelle 20: Zugscherfestigkeiten nach DIN 53283 von SCOTCH-WELD <sup>™</sup> DP760 bei verschiedenen Aushärteverfahren .....	58
Tabelle 21: Allgemeine Eigenschaften von 2285D .....	59

Tabelle 22: Scherfestigkeit und Shore Härte in Abhängigkeit von der Temperatur von 2285D.....	60
Tabelle 23: Eigenschaften von PX-313/PX-313T .....	61
Tabelle 24: Zugscherfestigkeit von PX-313/PX-313T in Anlehnung an den Dünoblechscher Versuch nach EN 1465 .....	61
Tabelle 25: Eigenschaften von PX-314 .....	61
Tabelle 26: Zugscherfestigkeit PX-314 in Anlehnung an den Dünoblechscher Versuch nach EN 1465 .....	62
Tabelle 27: Allgemeine Eigenschaften von DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 .....	62
Tabelle 28: Festigkeitswerte von DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 bei verschiedenen Temperaturen.....	63
Tabelle 29: Allgemeine Eigenschaften von DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD298 .....	63
Tabelle 30: Festigkeitswerte von DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD298 bei Raumtemperatur .....	64
Tabelle 31: Allgemeine Eigenschaften zum Vergleich der einzelnen Klebstoffe .....	64
Tabelle 32: Ergebnisse der Prüfung mit Dünoblech-Zugscherproben, geklebt bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik, geprüft mit der Zugprüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz.....	72
Tabelle 33: Ergebnisse der Prüfung mit Dünoblech-Zugscherproben, geklebt am IWS TU Graz, geprüft mit der Zugprüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz.....	74
Tabelle 34: Ergebnisse der Prüfung mit Dickblech-Zugscherproben, geklebt am IWS TU Graz, geprüft mit der Zugprüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz.....	77
Tabelle 35: Ergebnisse der Prüfung mit Dickblech-Zugscherproben, Klebefläche mit verschiedenen Rautiefen, geklebt am IWS TU Graz, geprüft mit der Zugprüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz .....	78
Tabelle 36: Zugscherfestigkeiten der Klebungen bei Dün- und Dickblechproben, geprüft mit der Zugprüfmaschine Zwick/Roell am IWS TU Graz .....	79
Tabelle 37: Stückliste zu Abbildung 68 für die Vorrichtung zum Kleben einzelner Sägezähne auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen .	85
Tabelle 38: Stückliste für die Vorrichtung für das Kleben aller Sägezähne auf ein Sägeblatt mit 350mm Durchmesser und 120 Sägezähnen (vgl. Tabelle 37).....	91

## 10 Formelverzeichnis

( 1 ):	Berechnung der Fliehkraft.....	18
( 2 ):	Schnittkraft.....	19
( 3 ):	Spanquerschnitt.....	19
( 4 ):	spezifische Schnittkraft.....	19
( 5 ):	Schnittkraft.....	19
( 6 ):	Biegemoment am Sägezahn.....	20
( 7 ):	Bestimmung der erreichten Kraft mithilfe des arithmetischen Mittelwertes.....	32
( 8 ):	Reibkraft.....	40
( 9 ):	Federkonstante auf Schub für eine Dünnschleife.....	97
( 10 ):	Berechnung der Dehnung auf Schub des Klebstoffes.....	97
( 11 ):	Hookesches Gesetz.....	97
( 12 ):	Berechnung der Dehnung auf Zug des Klebstoffes.....	98
( 13 ):	Gleichsetzen der Dehnung für Schub und Zug.....	98
( 14 ):	Berechnung der Schubkraft aus der Normalspannung.....	98
( 15 ):	Normalspannungsverlauf von $\sigma_x(y)$ .....	98
( 16 ):	Ersetzen von $\sigma_{y1}$ und $\sigma_{y2}$ durch $\sigma_y$ .....	98
( 17 ):	Ersetzen von $\sigma_y$ durch $\sigma_{xu}$ und $\sigma_{xo}$ .....	98
( 18 ):	Normalspannungsverlauf von $\sigma_y(x)$ .....	98
( 19 ):	Normalspannungsverlauf von $\sigma_y(x)$ ausgedrückt durch $\sigma_{xu}$ und $\sigma_{xo}$ .....	99
( 20 ):	Kräftegleichgewicht.....	99
( 21 ):	Momentengleichgewicht.....	99
( 22 ):	Berechnung von $dA_1$ .....	99
( 23 ):	Berechnung von $dA_2$ .....	99
( 24 ):	erstes Integral aufgelöst.....	99
( 25 ):	zweites Integral aufgelöst.....	99
( 26 ):	drittes Integral aufgelöst.....	99
( 27 ):	Kräftegleichgewicht neu.....	99
( 28 ):	Momentengleichgewicht neu.....	99

---

( 29 ): Umwandeln des Kräftegleichgewichtes auf $\sigma_x$ .....	99
( 30 ): Ergebnis für $\sigma_x$ .....	100
( 31 ): Ergebnis für $\sigma_x$ .....	100
( 32 ): Ergebnis für $\sigma_y$ .....	100

# 11 Literaturverzeichnis

- ALDER, J.: Hammerprüfung gelöteter Hartmetallzähne, E-Mail von [alder@kampmann-gmbh.de](mailto:alder@kampmann-gmbh.de) an [rudolf.vallant@tugraz.at](mailto:rudolf.vallant@tugraz.at) (13.12.2012), weitergeleitet von [rudolf.vallant@tugraz.at](mailto:rudolf.vallant@tugraz.at) an [friedrich.moser@student.tugraz.at](mailto:friedrich.moser@student.tugraz.at) (13.12.2012)
- FAHRENWALDT, H.J.; SCHULER, V.: Praxiswissen Schweißtechnik, 4. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2012
- HABENICHT, G.: Kleben - Grundlagen, Technologien, Anwendungen, 6. Auflage, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, 2009
- HABENICHT, G.: Kleben – erfolgreich und fehlerfrei, 6. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2012
- HOLZNER, G.; WIPPEL V.: Herstellung und Optimierung der Festigkeitseigenschaften aktivgelöteter Siliziumnitrid/Stahl – Verbunde, Dissertation an der TU Graz, Graz, 1994
- HOSE, R. et al.: BOND it – Nachschlagwerk zur Klebtechnik, 4. Auflage, DELO Industrie Klebstoffe, Windach, 2007
- KALWEIT, A. et al.: Handbuch für technisches Produktdesign, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, 2012
- KÜNNE, B.: Köhler/Rögnitz Maschinenteile 1, 10. Auflage, B.G. Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2007
- MATEK, W. et al.: Roloff/Matek Maschinenelemente Tabellen, 13. Auflage, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1994
- o.V.: EN 1464: Klebstoffe – Bestimmung des Schälwiderstandes von Klebungen – Rollenschälversuch, Europäisches Komitee für Normung, Brüssel, 2010
- o.V.: EN 1465: Klebstoffe – Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebung, Europäisches Komitee für Normung, Brüssel, 2009
- o.V.: EN 14869-2: Strukturklebstoffe – Bestimmung des Scherverhaltens struktureller Klebungen Teil2: Scherprüfung für dicke Fügeteile, Europäisches Komitee für Normung, Brüssel, 2004
- o.V.: EN ISO 11339: Klebstoffe . T-Schälprüfung für geklebte Verbindungen aus flexiblen Fügeteilen, Europäisches Komitee für Normung, Brüssel, 2010
- o.V.: GARANT Zerspanungshandbuch, Hoffmann Group, o.O., o.J.
- o.V.: Siliziumnitrid Nr. 311, Ceratizit, Luxemburg, 2006

RISSE, A.: Fertigungsverfahren in der Mechatronik, Feinwerk- und Präzisionsgerätetechnik, Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2012

SADRAWETZ, F. S.; VALLANT, R.: Kleben von Keramikzähnen, Gutachtennummer 5710, Projekt 828300: Feasability Studie: Sägeblätter mit Keramikzähnen bestücken durch Klebetechnik, Graz, 2011

SOMMITSCH, C.; VALLANT, R.: Kleben und Löten im Maschinenbau, Vorlesungsskriptum TU Graz, Graz, 2013

WEGST, C.; WEGST, M.: Stahlschlüssel, Verlag Stahlschlüssel Wegst GmbH, 23. Auflage, Marbach, 2013

## **Anhang**

### **Anhang A**

***Zeichnungsverzeichnis, Stücklisten und Konstruktionszeichnungen***

### **Anhang B**

***Zugscherversuch nach EN 1465: Kraft-Weg-Diagramme und Fotos der geklebten Oberflächen***

### **Anhang C**

***Zugscherversuch nach EN 14869-2: Kraft-Weg-Diagramme und Fotos der geklebten Oberflächen***

### **Anhang D**

***Datenblätter der verwendeten Klebstoffe***

# Anhang A: Zeichnungsverzeichnis, Stücklisten und Konstruktionszeichnungen

## Zeichnungsverzeichnis

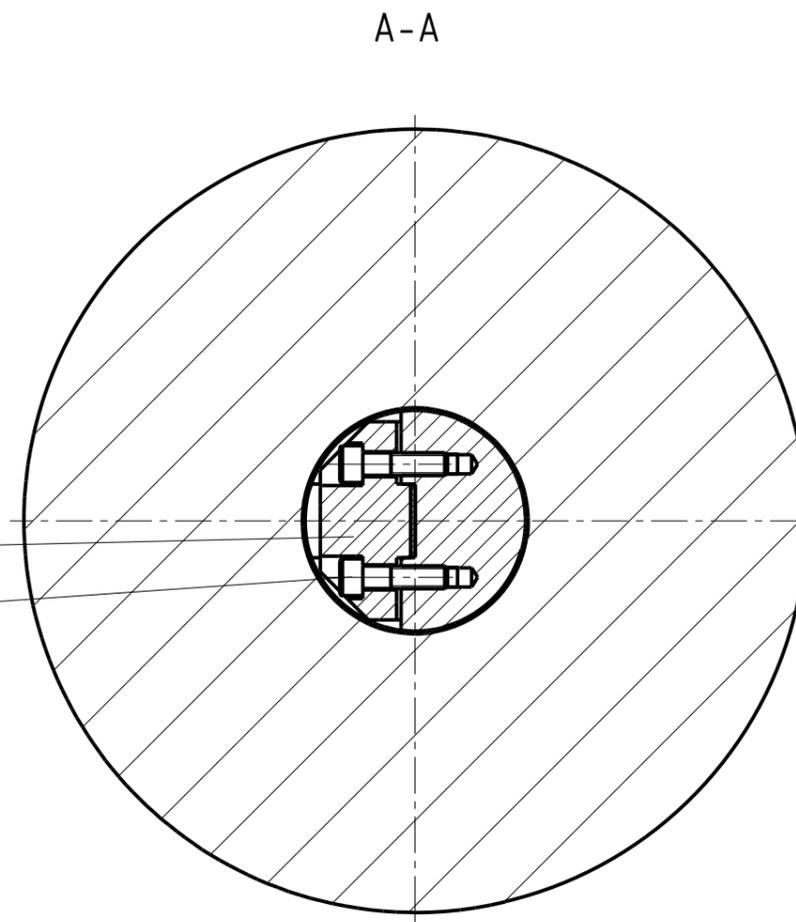
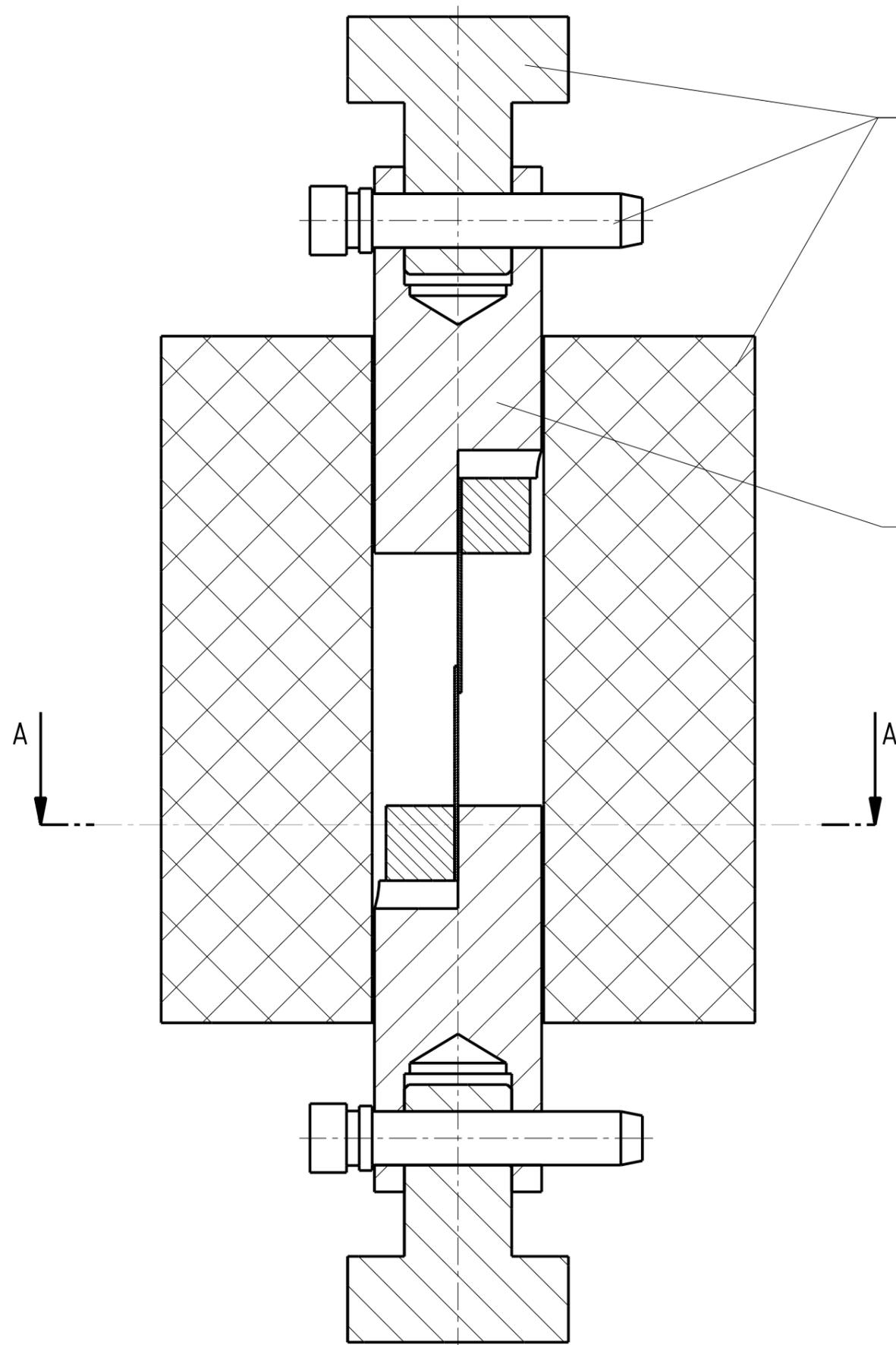
Position	Bezeichnung	Erstellt am
01	Dünnblechschersversuch	7.4.2011
02	Dickblechschersversuch	7.4.2011
03	T-Schälversuch	7.4.2011
04	Rollenschälversuch	7.4.2011
05	Klebevorrichtung Dünnblech	7.6.2011
06	Klebevorrichtung Dickblech	7.6.2011
07	Klebevorrichtung Sägeblatt	5.8.2011
001	Klemmbacke Dünnblech 1	6.4.2011
002	Klemmbacke Dünnblech 2	6.4.2011
003	Klemmbacke Schälversuch 1	6.4.2011
004	Klemmbacke Schälversuch 2	6.4.2011
005	Aufnehmer 2kN Messdose	6.4.2011
006	Zwischenstück	6.4.2011
007	Zugstück	6.4.2011
008	Achse 1	6.4.2011
009	Achse	6.4.2011
010	Rolle	6.4.2011
011	Lasche	6.4.2011
012	Achshalter	6.4.2011
014	Rahmen Klebevorrichtung	7.6.2011
015	Distanzstück	7.6.2011
016	Klemmleiste	7.6.2011
017	Klemmblech unten	5.8.2011
018	Zentrierbolzen	5.8.2011
019	Klemmblech komplett	5.8.2011

## Stückliste Fertigungsteile

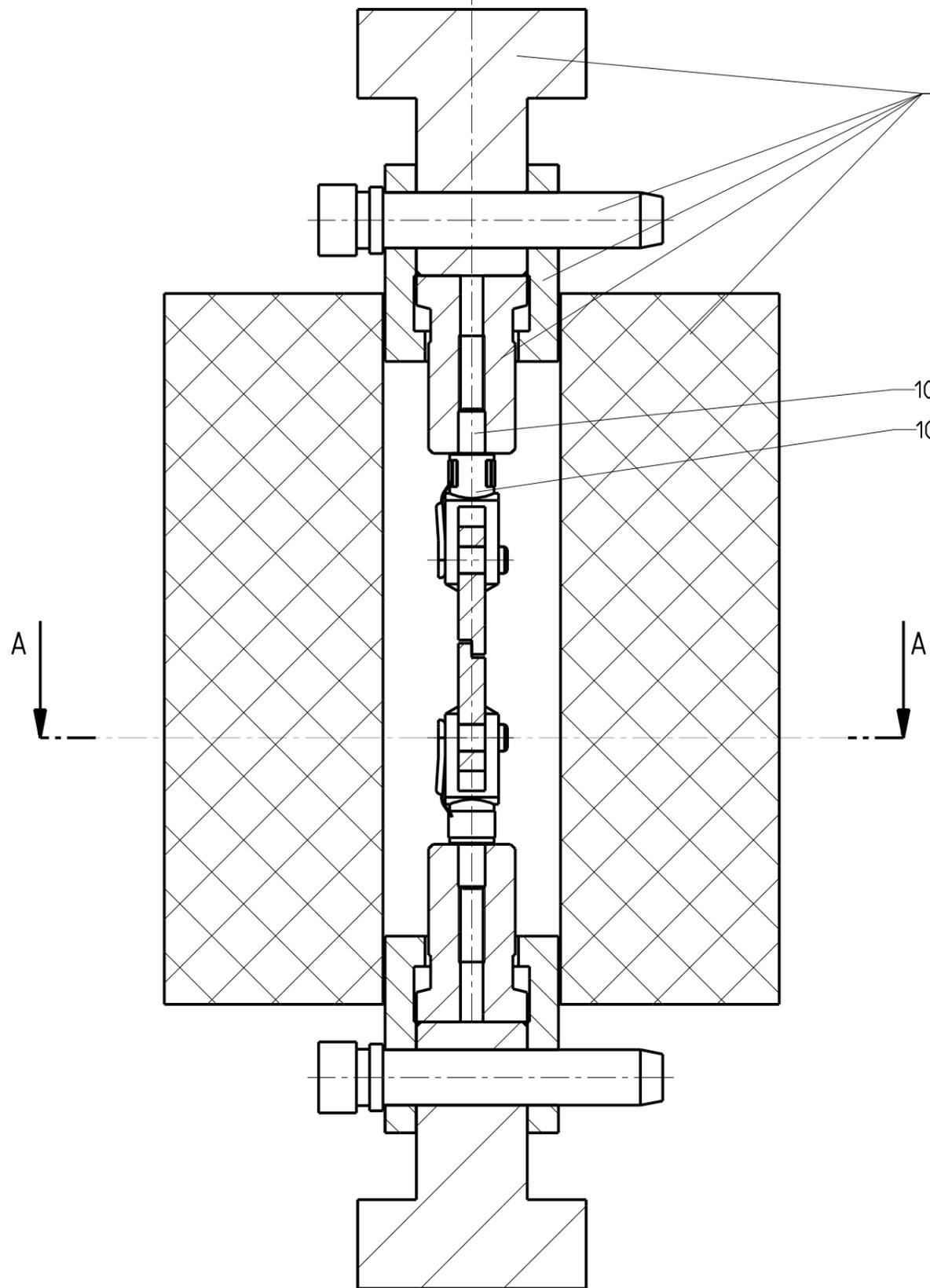
Pos.	Anzahl	Benennung	Werkstoff	Masse	Norm	Lieferant
001	2	Klemmbacke Dünublech 1 Ø78x180	C35	5		
002	2	Klemmbacke Dünublech 2 70x35x32	St37-2	0,4		
003	2	Klemmbacke Schälversuch 1 75x55x20	St37-2	0,5		
004	2	Klemmbacke Schälversuch 2 55x35x14	St37-2	0,2		
005	1	Aufnehmer 2kN Messdose Ø80x60	C35	1		
006	1	Zwischenstück Ø25x70	St37-2	0,1		
007	1	Zugstück 47,5x30x25	St37-2	0,2		
008	1	Achse 1 Ø9x58	C35	0,1		
009	2	Achse Ø9x58	C35	0,1		
010	2	Rolle Ø25x30	C35	0,1		
011	2	Lasche 59x59x6	St37-2	0,1		
012	2	Achshalter 55x30x3	St37-2	0,1		
014	10	Rahmen Klebevorrichtung 300x35x35	St37-2	2,4		
015	20	Distanzstück 80x25x15	St37-2	0,2		
016	20	Klemmleiste 55x20x10	St37-2	0,1		
017	2	Klemmblech unten 400x100x6	St37-2	1,8		
018	1	Zentrierbolzen Ø50x80	St37-2	0,6		
019	2	Klemmblech komplett 400x400x5	St37-2	4		

## Stückliste Norm- und Zukaufteile

Pos.	Anzahl	Benennung	Werkstoff	Masse	Norm	Lieferant
101	8	Zylinderschraube mit ISK M8x30	10.9		DIN 912	
102	2	Gewindestift mit ISK M12x40	St.		DIN 913	
103	2	Gabelgelenk Ø12 GN751-12-24-M12-B	St.			GANTER GRIFF
104	4	Zylinderschraube mit ISK M8x20	10.9		DIN 912	
105	4	Scheibe Ø6	St.		DIN 125	
106	4	Rillenkugellager Ø6 626-2RSR				FAG
107	2	Zylinderschraube mit ISK M5x8	8.8		DIN 912	
108	60	Zylinderschraube mit ISK M8x25	8.8		DIN 912	
109	40	Scheibe Ø8	St.		DIN 125	
110	40	Scheibe Ø4	St.		DIN 125	
111	30	Scheibe Ø8	St.		DIN 125	
112	30	Scheibe Ø5	St.		DIN 125	
113	300	Gewindestift mit ISK M5x25	St.		DIN 914	
114	12	Sk-Mutter M6	8		DIN 934	
115	4	Sk-Schraube, Gew. bis Kopf M6x60	8.8		DIN 933	
116	1	Verlängerungsmutter 3D hoch M20	St.		UN 1933	
117	1	Sk-Mutter M20	8		DIN 934	
118	1	Ringschraube M20	C15		DIN 580	



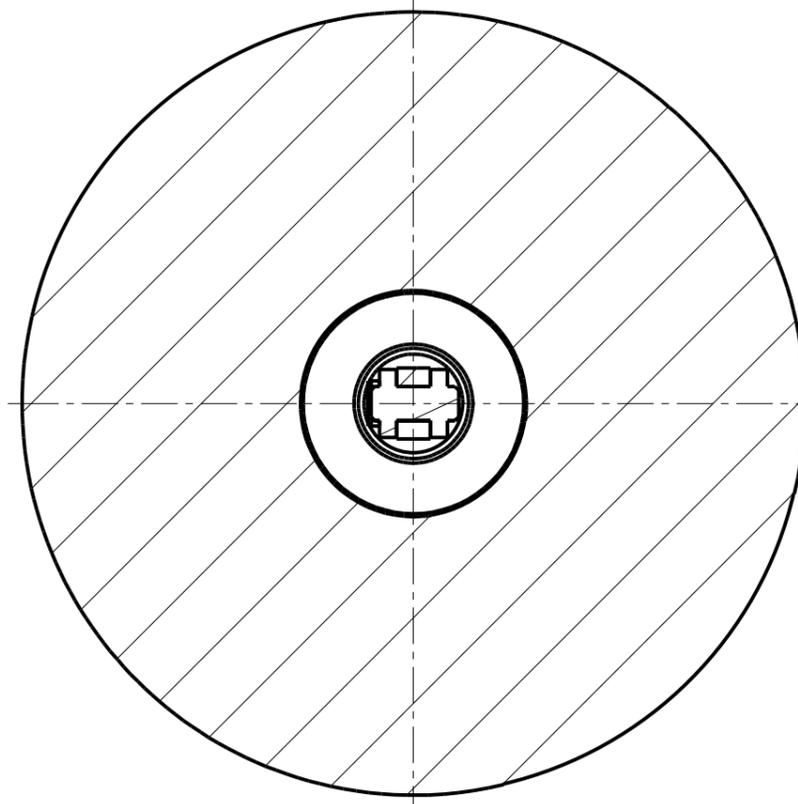
Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Bemerkung:	Baugruppe
ISO 2768	2:5	Gez.	MOF	07-Apr-11	Gewicht:	- kg
m		Gepr.			Werkstoff:	-
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11				01	
NAME					Dateiname:	
Moser Friedrich					DUENNBLECHSCHERVERSUCH	



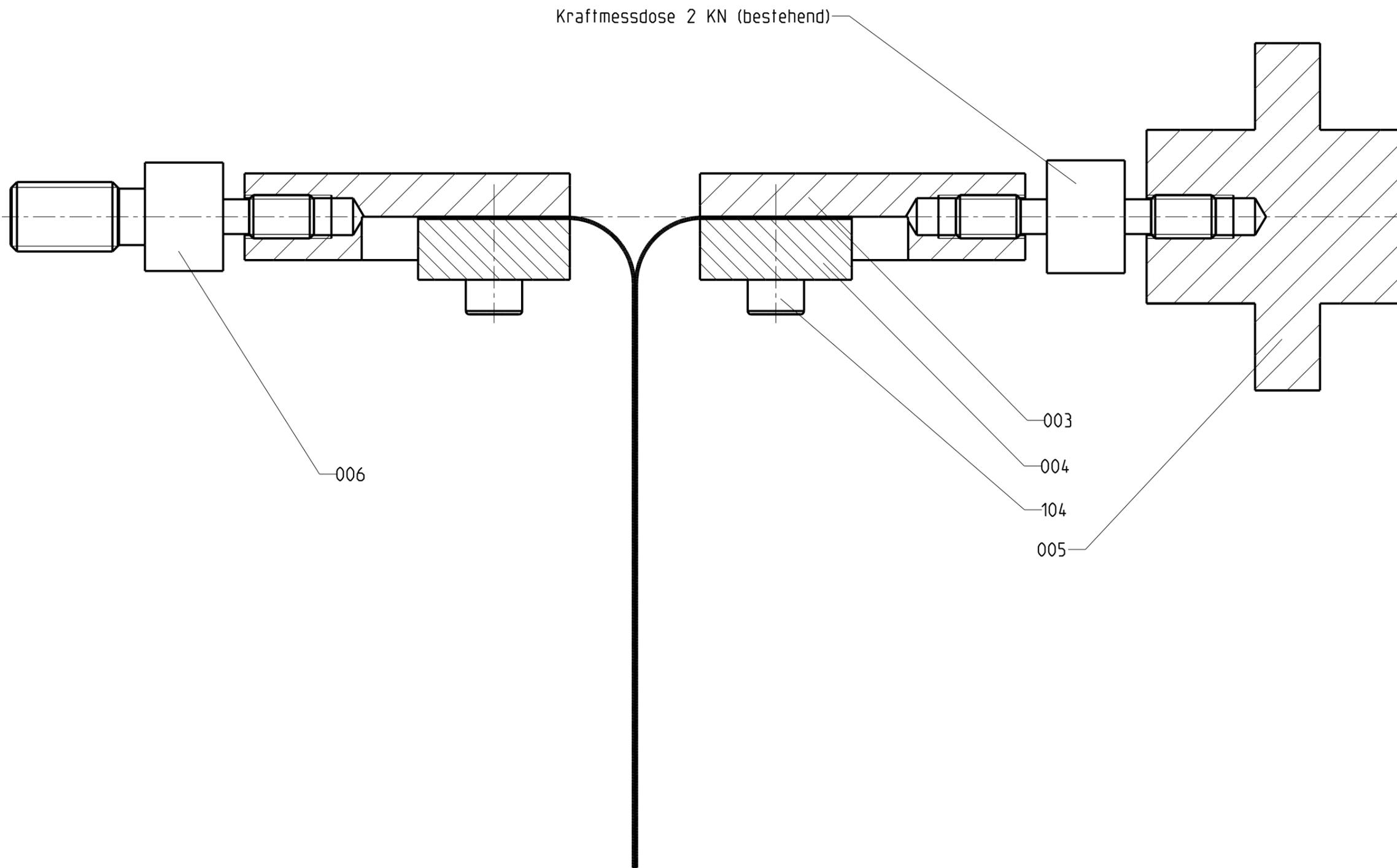
Bestehende Anlagenteile

102  
103

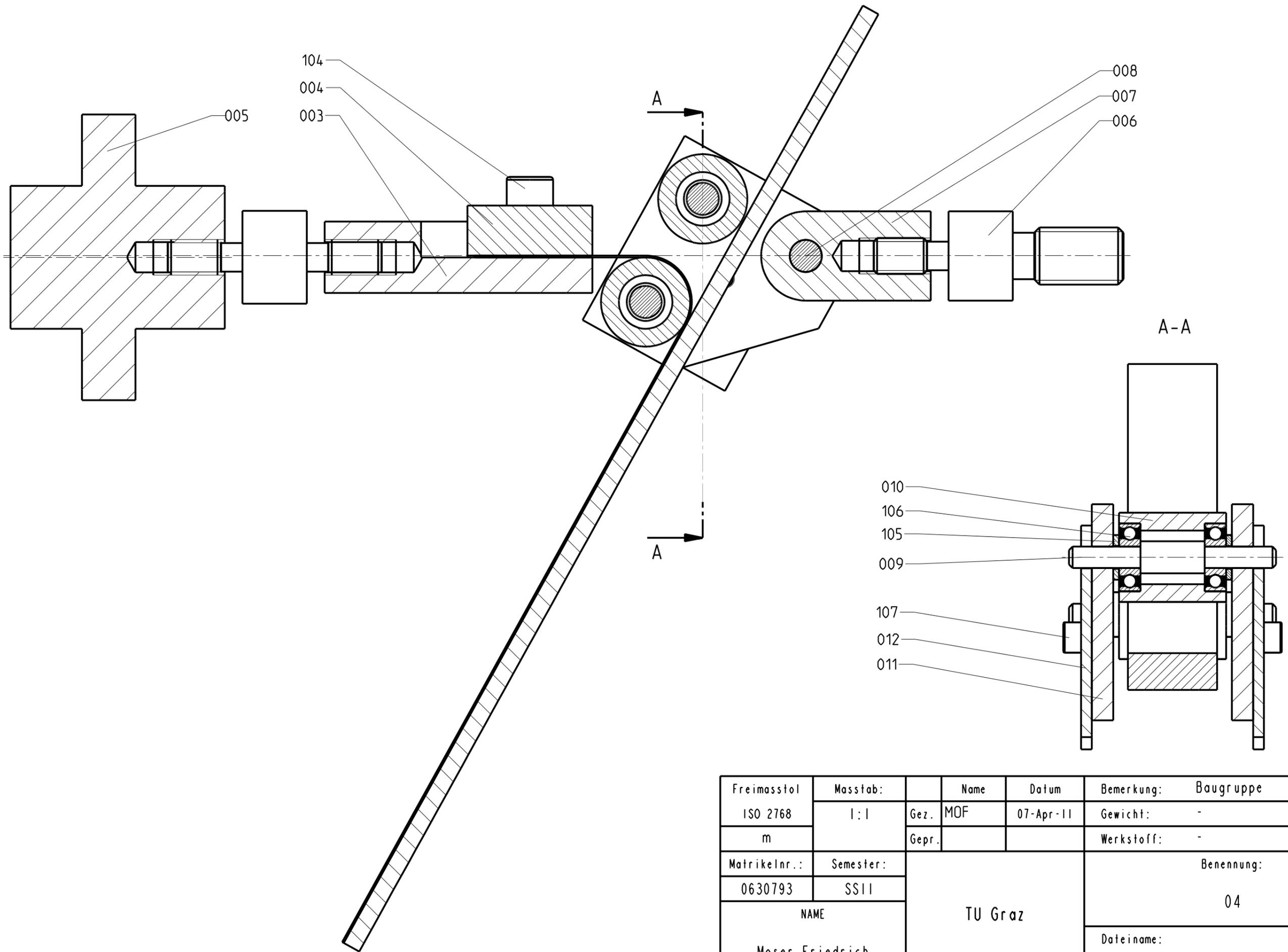
A-A



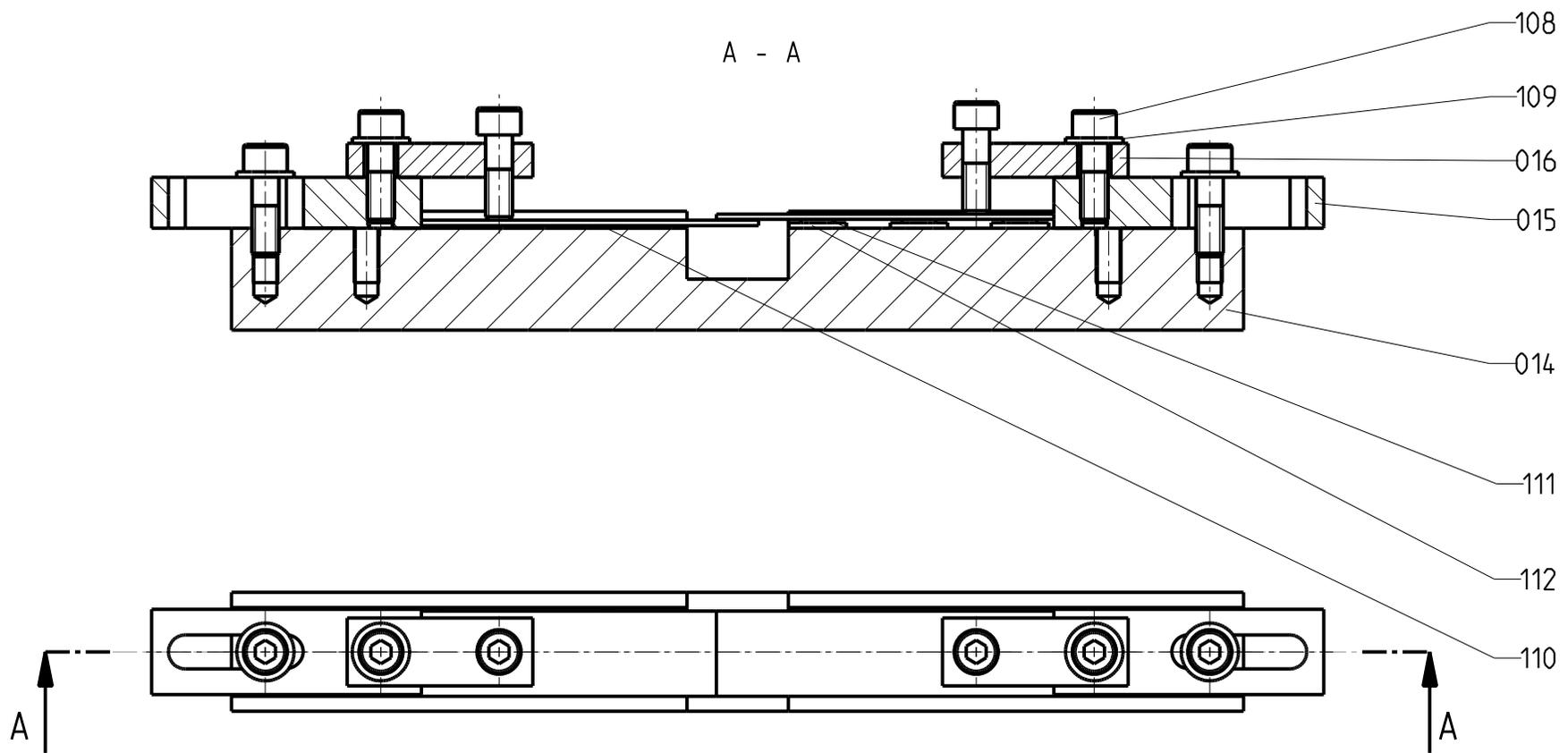
Freimasstab	Maßstab:		Name	Datum	Bemerkung:	Baugruppe
ISO 2768	2:5	Gez.	MOF	07-Apr-11	Gewicht:	- kg
m		Gepr.			Werkstoff:	-
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11					
NAME					02	
Moser Friedrich					Dateiname: DICKBLECHSCHERVERSUCH	



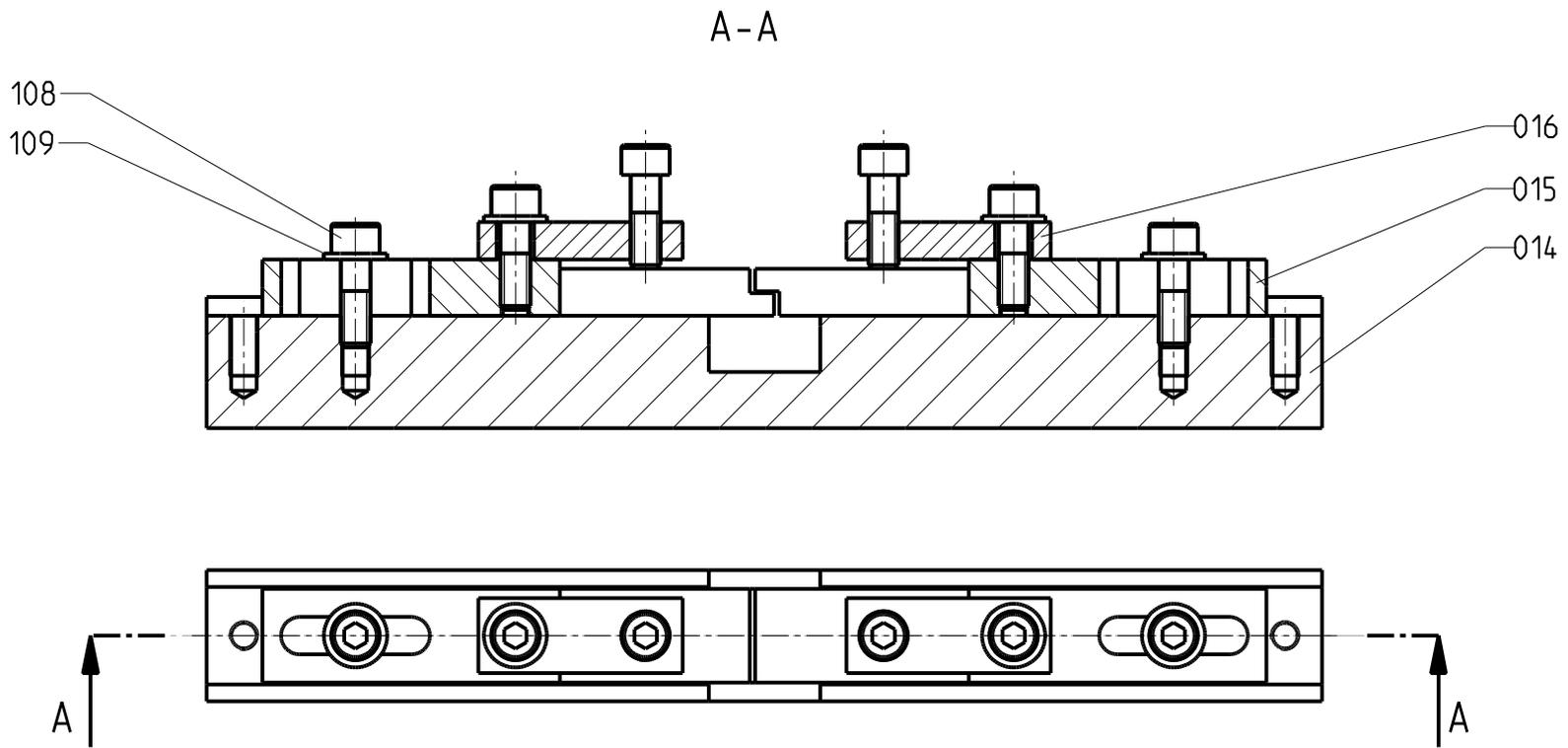
Freimasstab	Maßstab:		Name	Datum	Bemerkung:	Baugruppe
ISO 2768	1:1	Gez.	MOF	07-Apr-11	Gewicht:	- kg
m		Gepr.			Werkstoff:	-
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11					
NAME		TU Graz			Dateiname:	
Moser Friedrich						
					T-SCHAELVERSUCH	



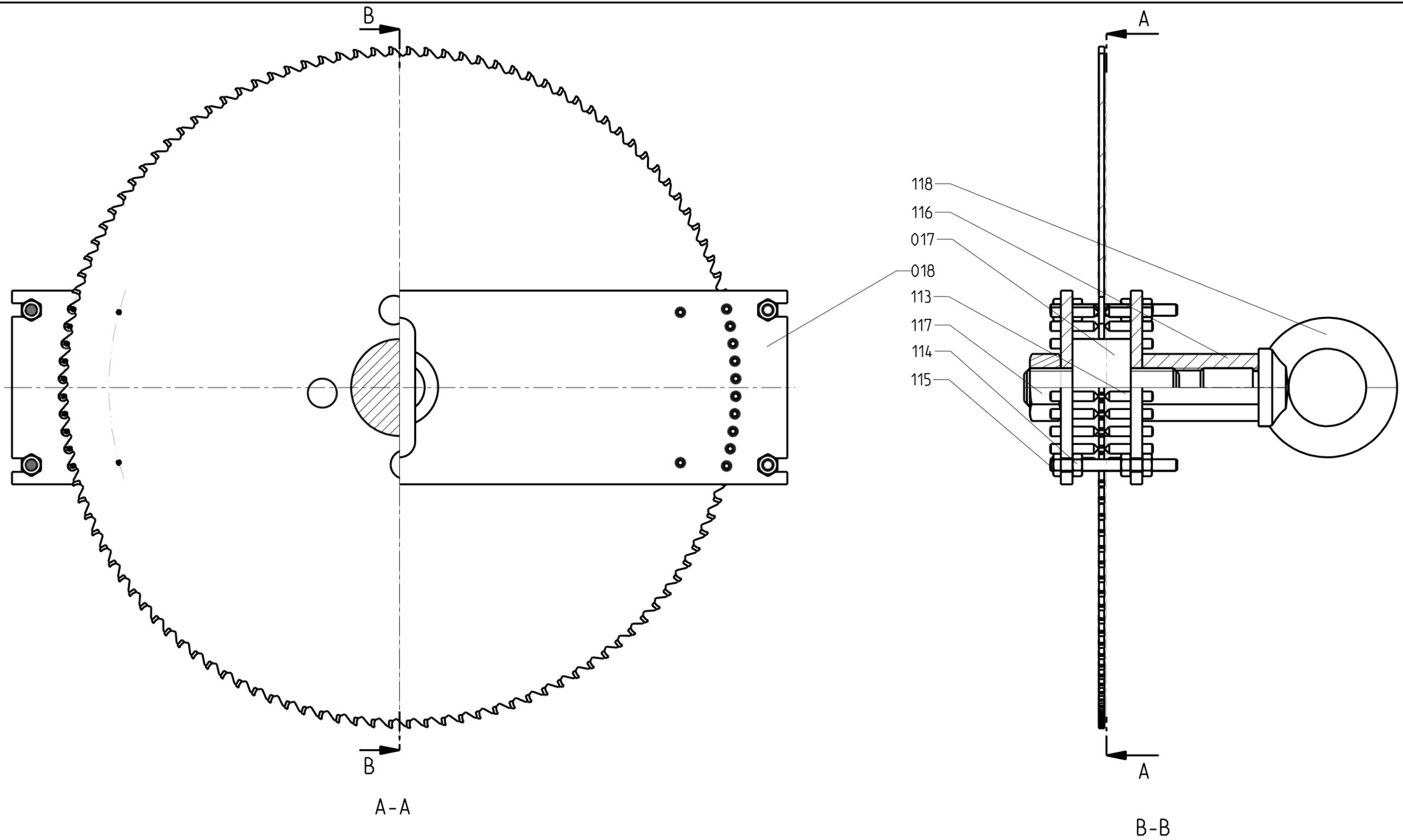
Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Bemerkung:	Baugruppe
ISO 2768	1:1	Gez.	MOF	07-Apr-11	Gewicht:	- kg
m		Gepr.			Werkstoff:	-
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11					
NAME		TU Graz			04	
Moser Friedrich						
					Dateiname:	
					ROLLENSCHAELVERSUCH	



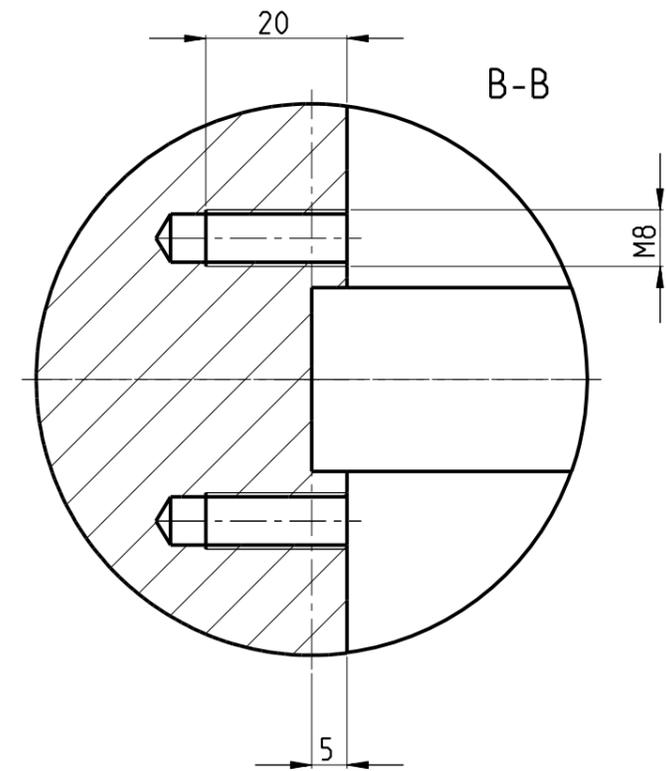
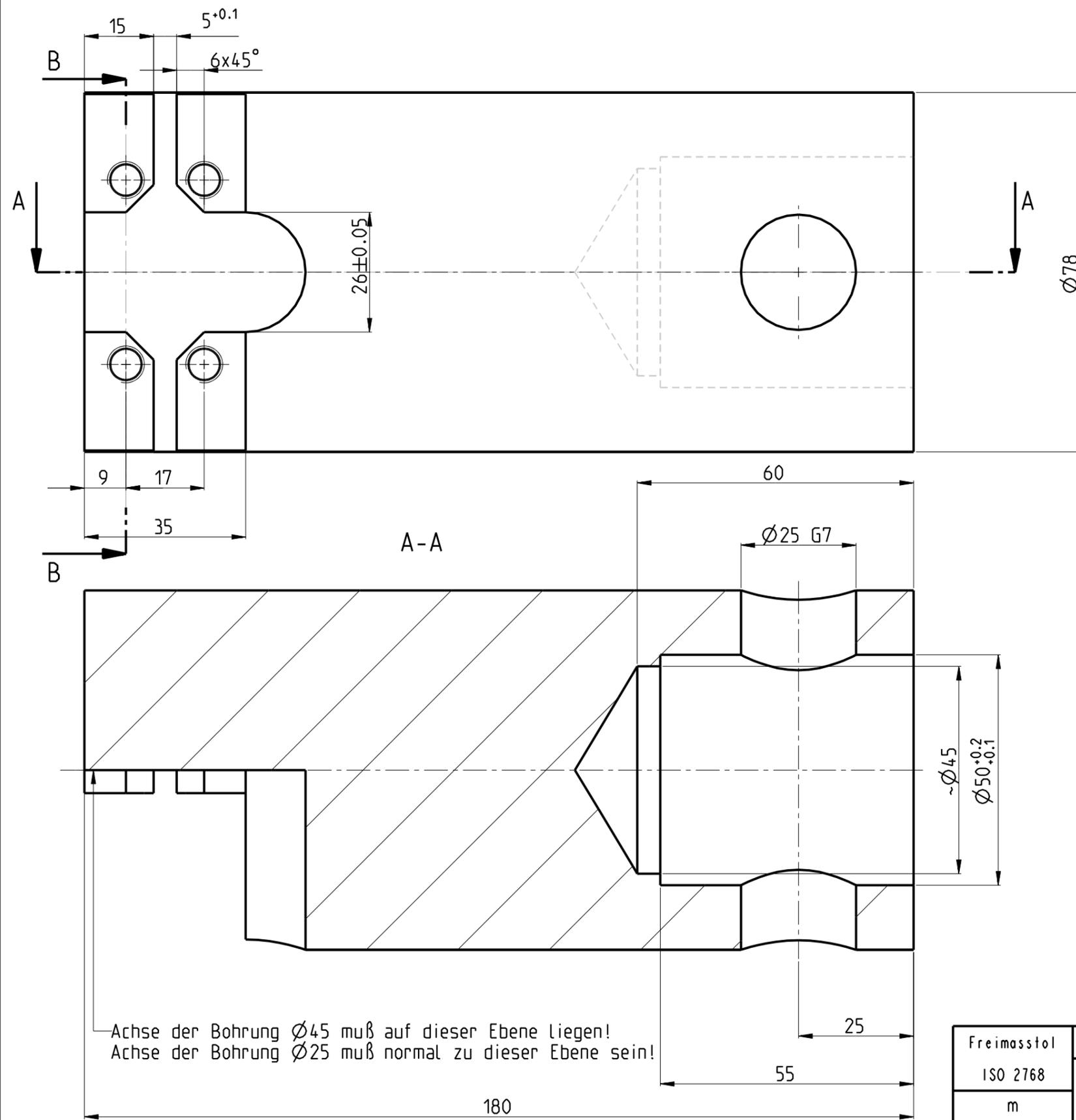
Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Bemerkung:	Baugruppe
ISO 2768	1:2	Gez.	MOF	07-Jun-11	Gewicht:	3.012 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	-
Jahrgang:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11				05	
NAME		TU Graz			Dateiname:	
Moser Friedrich					KLEBEVORRICHTUNG_DUENNBLECH	



Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Bemerkung:	Baugruppe
ISO 2768	1:2	Gez.	MOF	07-Jun-11	Gewicht:	3.192 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	-
Matrikelnr.:	Semester:	TU GRAZ			Benennung:	
0630793	SS11					
NAME					Dateiname:	
Moser Friedrich		KLEBEVORRICHTUNG-DICKBLECH				



Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Bemerkung:	Baugruppe
ISO 2768	1:2	Gez.	MOF	05-Aug-11	Gewicht:	- kg
m		Gepr.			Werkstoff:	-
Matrikelnr.:	Semester:	TU GRAZ			Benennung:	
0630793	SS11					
NAME		TU GRAZ			Dateiname:	
Moser Friedrich						
					KLEBEVORRICHTUNG_SAEGEBLATT	

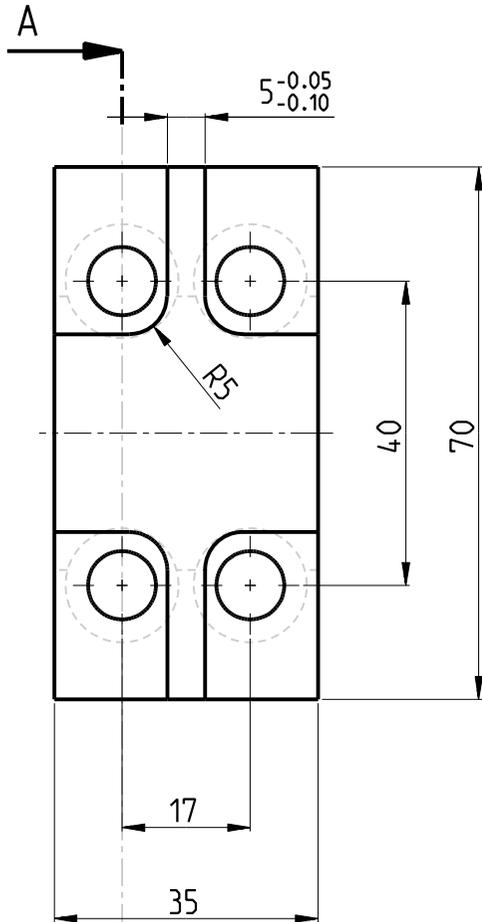


6.3

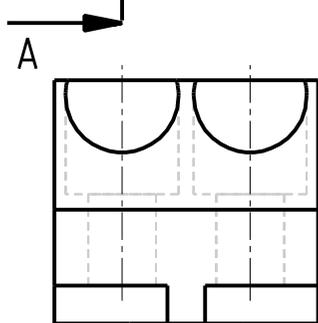
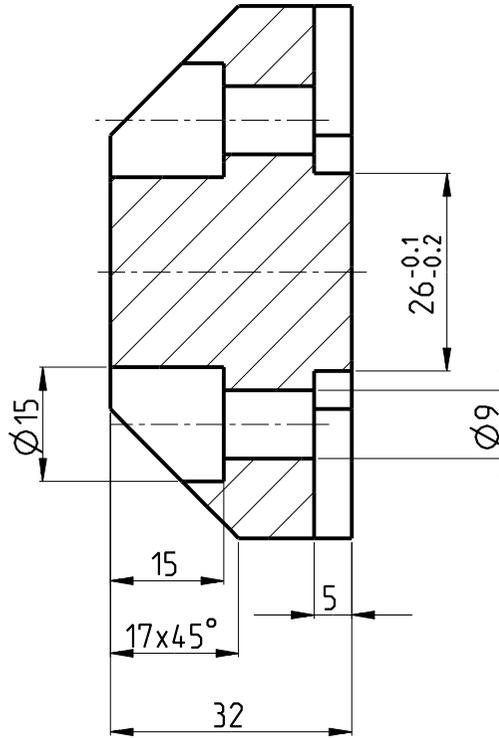
Achse der Bohrung  $\varnothing 45$  muß auf dieser Ebene liegen!  
 Achse der Bohrung  $\varnothing 25$  muß normal zu dieser Ebene sein!

Passung	Höchstmaß	Kleinstmaß
$\varnothing 25$ G7	25.028	25.007

Freimasstol	Masstab:	Name	Datum	Stückzahl:	2
ISO 2768	1:1	Gez. MOF	06-Apr-11	Gewicht:	4.973 kg
m		Gepr.		Werkstoff:	C35
Matrikelnr.:	Semester:	TU GRAZ		Benennung:	
0630793	SS11				
NAME				001	
Moser Friedrich				Dateiname:	
				KLEMMBACKE_DUENNBLECH_1	

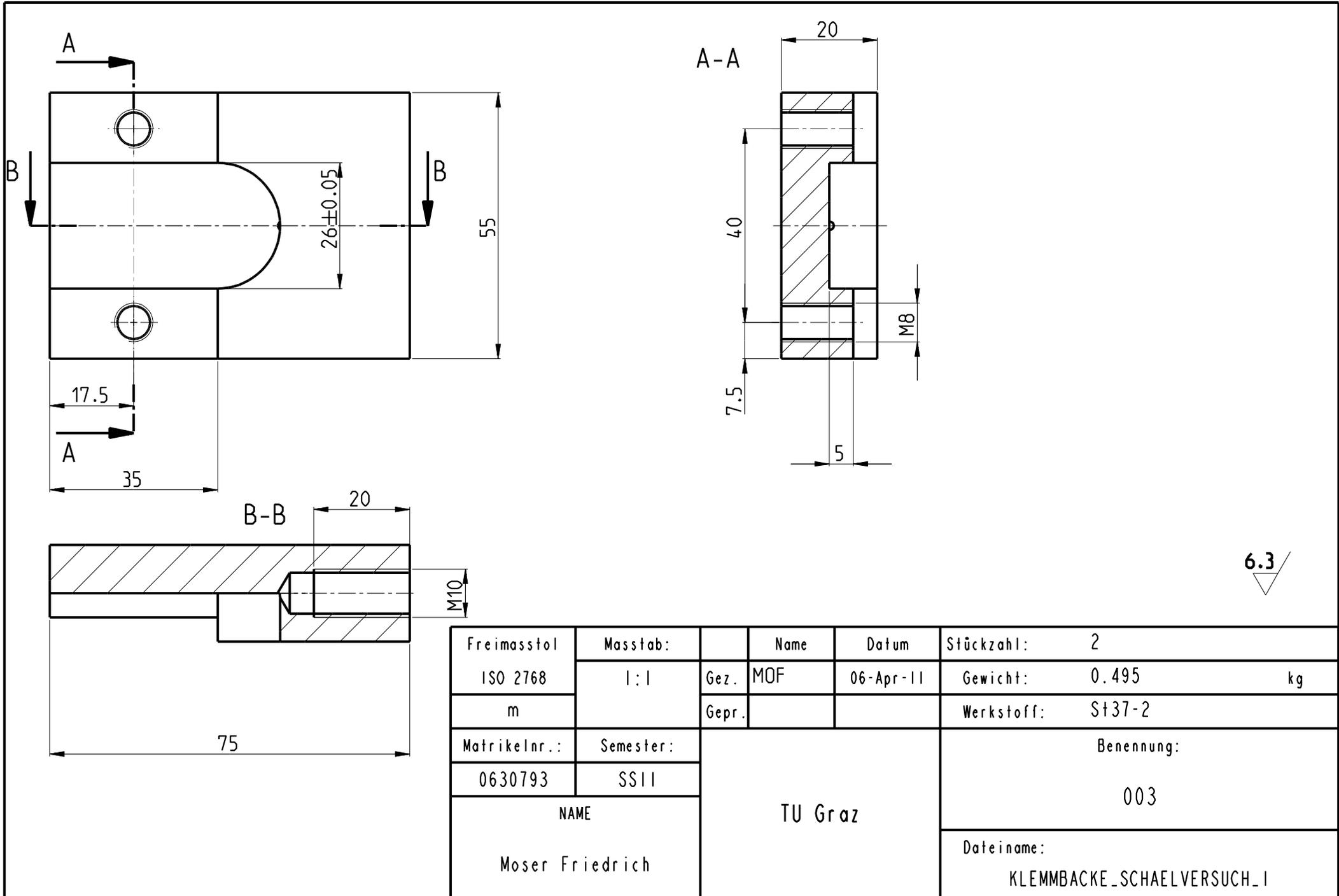


A-A



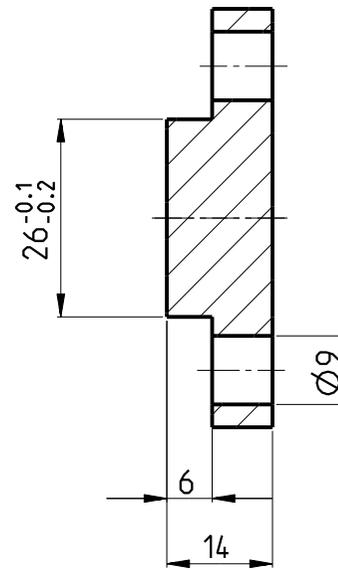
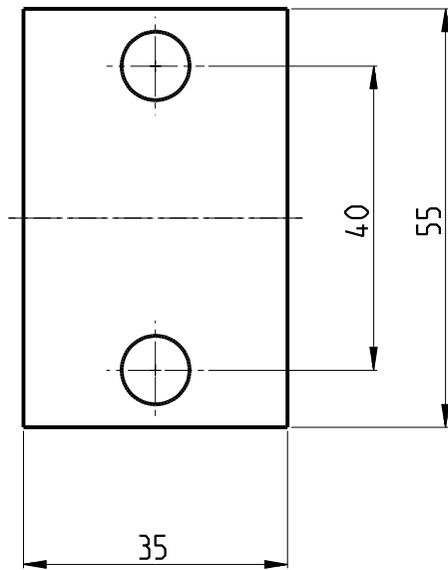
6.3

Freimasstol	Maßstab:		Name	Datum	Stückzahl:	2
ISO 2768	1:1	Gez.	MOF	06-Apr-11	Gewicht:	0.393 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	St37-2
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11				002	
NAME			Dateiname:			
Moser Friedrich			KLEMMBACKE_DUENNBLECH_2			



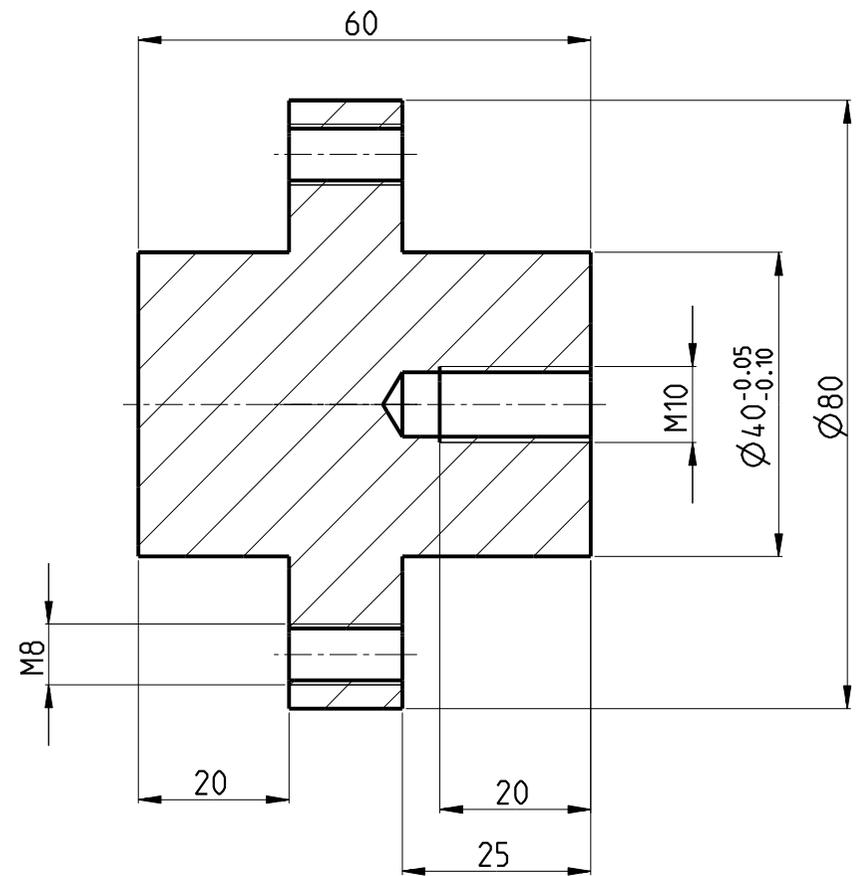
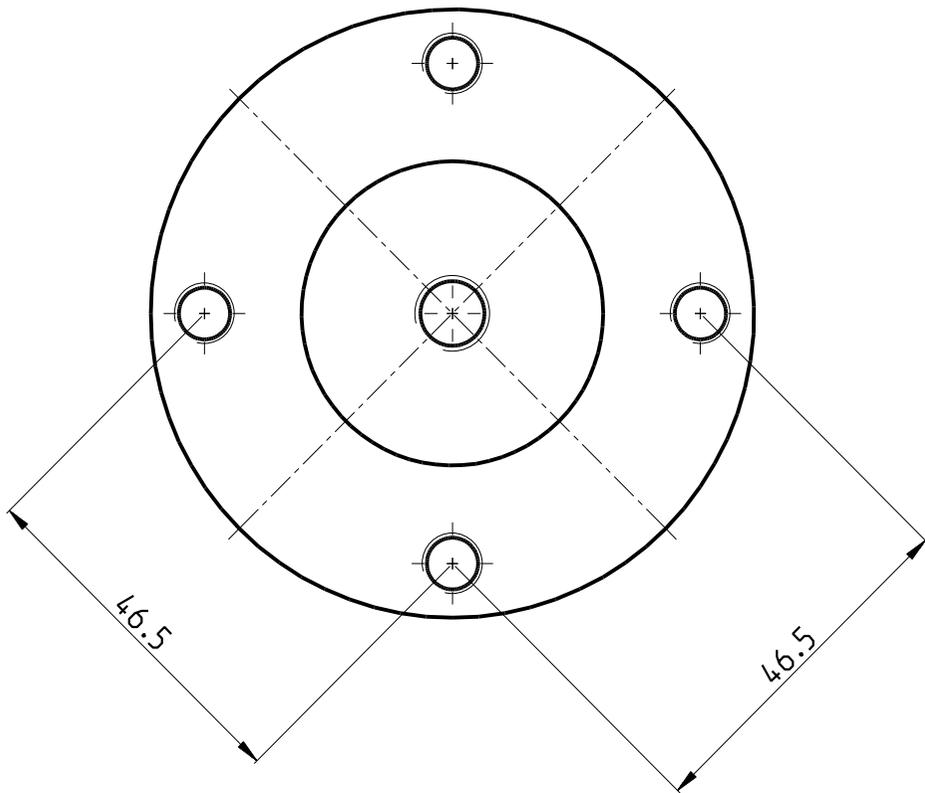
6.3

Freimasstol	Maßstab:		Name	Datum	Stückzahl:	2
ISO 2768	1:1	Gez.	MOF	06-Apr-11	Gewicht:	0.495 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	St37-2
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11				003	
NAME		TU Graz			Dateiname:	
Moser Friedrich					KLEMMBACKE_SCHAELVERSUCH_1	

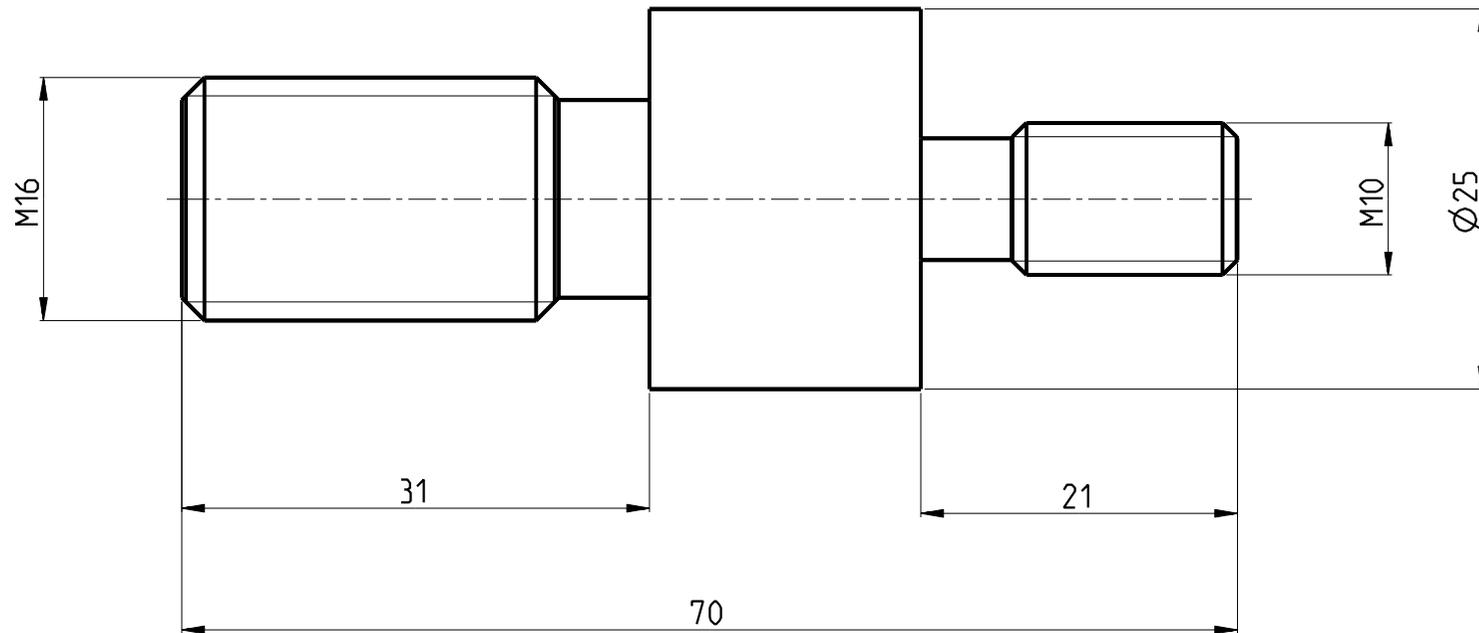


6.3

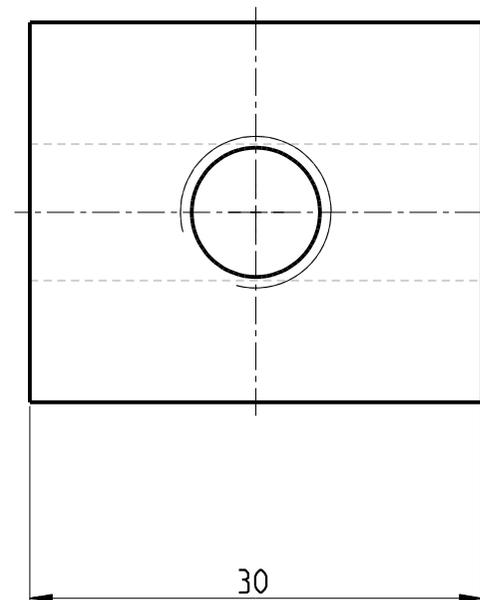
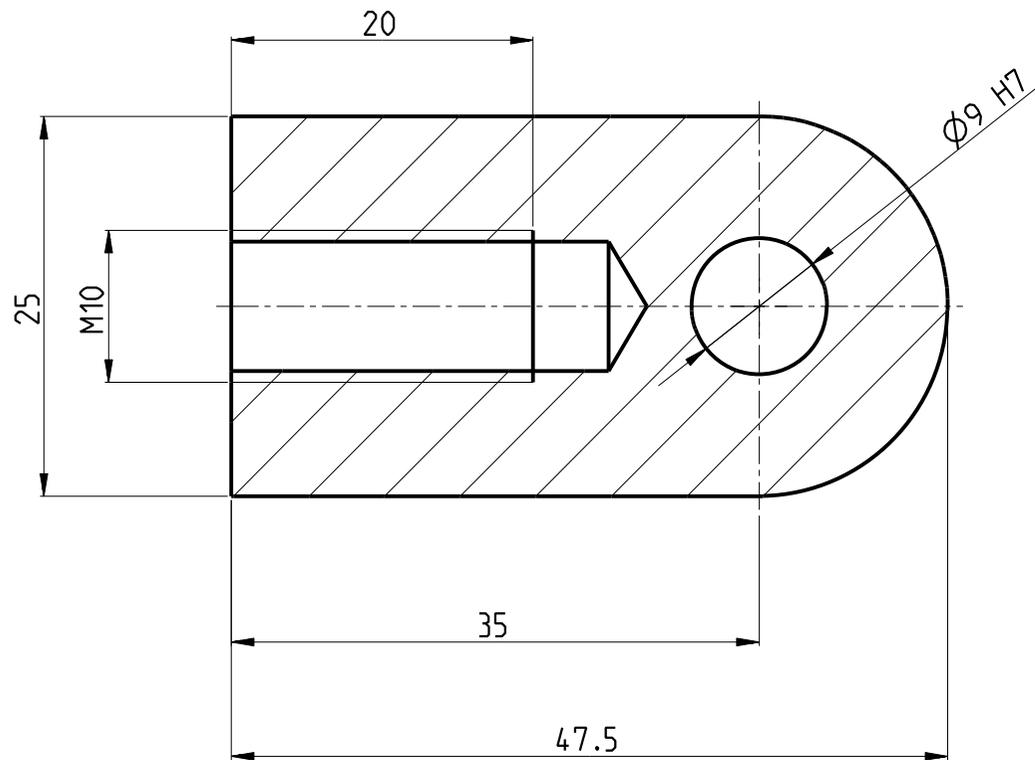
Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Stückzahl:	2
ISO 2768	1:1	Gez.	MOF	06-Apr-11	Gewicht:	0.156 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	St37-2
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11				004	
NAME					Dateiname:	
Moser Friedrich		KLEMMBACKE_SCHAELVERSUCH_2				



6.3



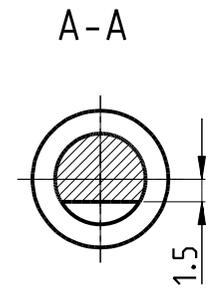
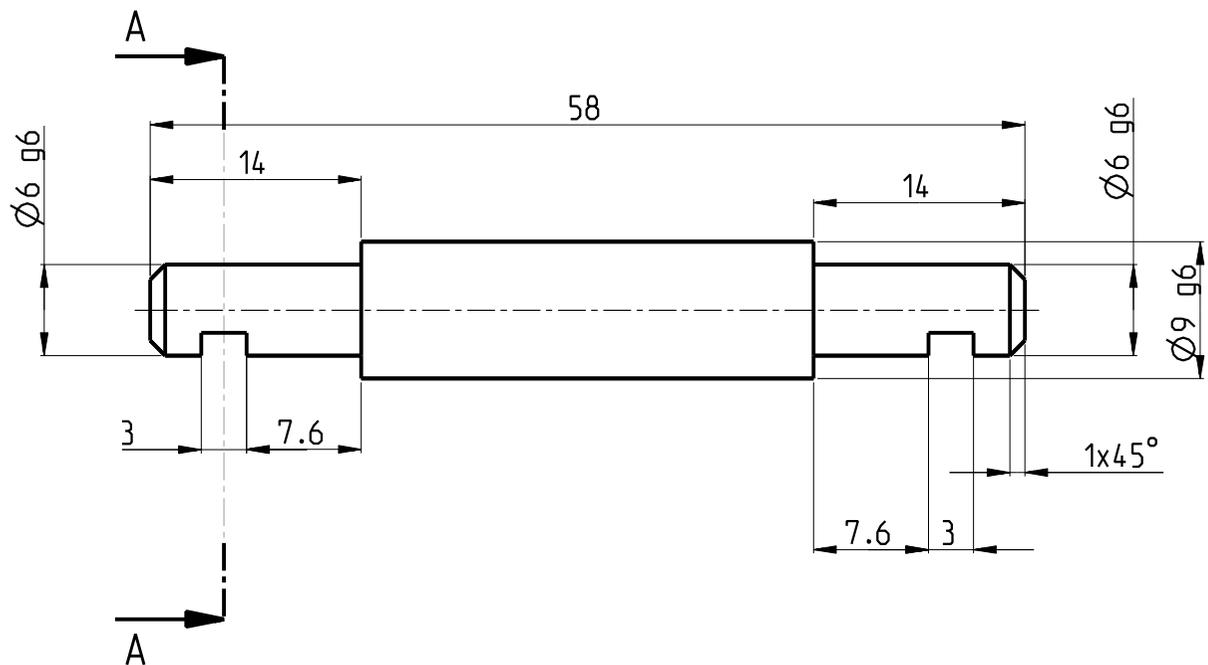
Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Stückzahl:	1
ISO 2768	2:1	Gez.	MOF	06-Apr-11	Gewicht:	0.126 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	St37-2
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11				006	
NAME					Dateiname:	
Moser Friedrich		ZWISCHENSTUECK				



Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Stückzahl:	1
ISO 2768	2:1	Gez.	MOF	06-Apr-11	Gewicht:	0.237 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	St37-2
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11				007	
NAME					Dateiname:	ZUGSTUECK
Moser Friedrich						

6.3

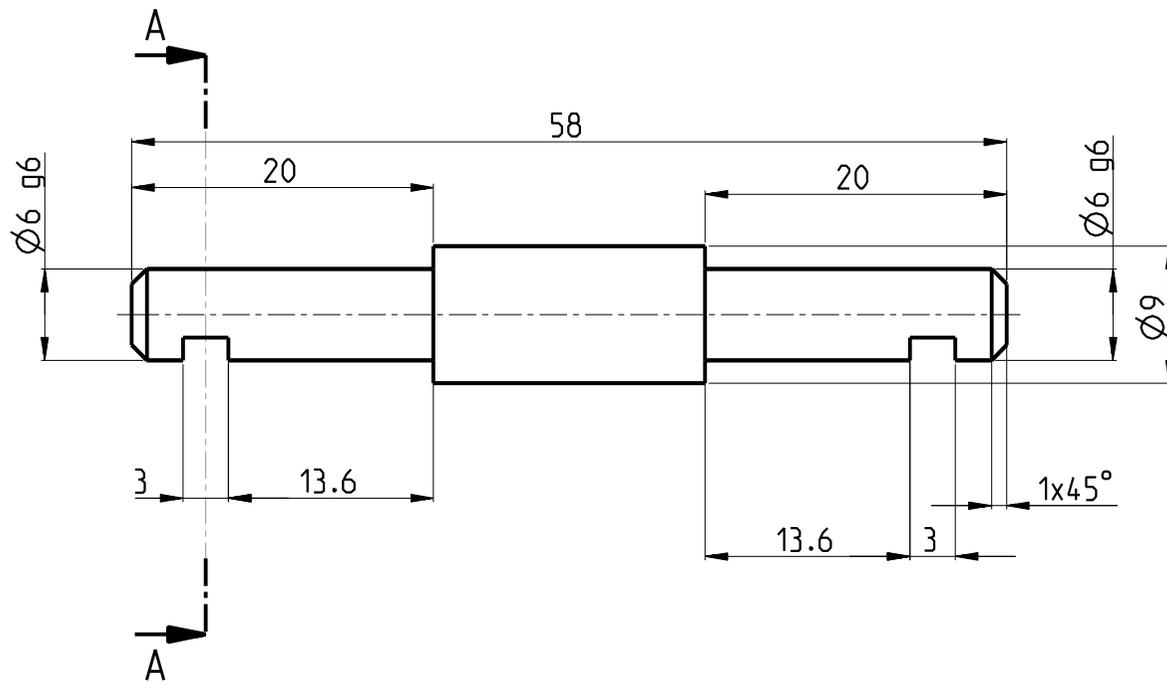
Passung	Höchstmaß	Kleinstmaß
Ø9 H7	9.015	9.000



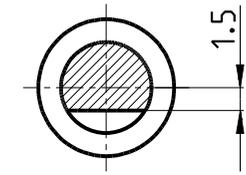
6.3

Passung	Höchstmaß	Kleinstmaß
Ø9 g6	8.995	8.986
Ø6 g6	5.996	5.988

Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Stückzahl:	1
ISO 2768	2:1	Gez.	MOF	06-Apr-11	Gewicht:	0.021 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	C35
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11					
NAME					008	
Moser Friedrich					Dateiname:	
					ACHSE_1	



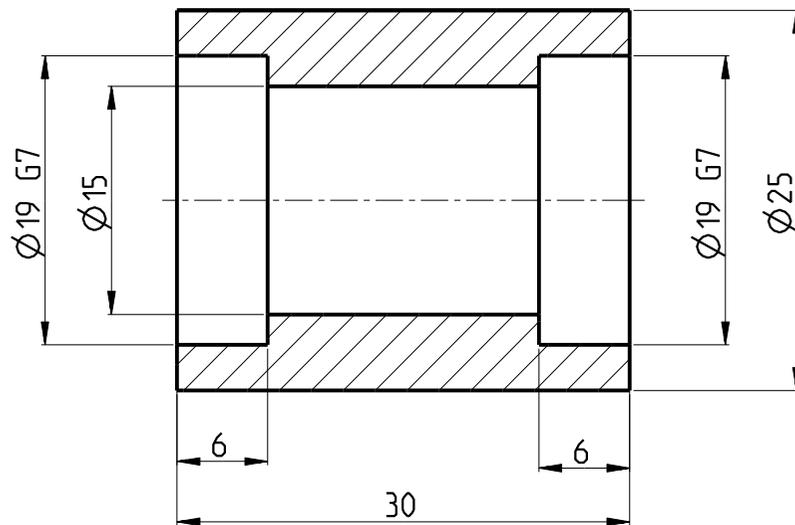
A-A



6.3

Passung	Höchstmaß	Kleinstmaß
Ø6 g6	5.996	5.988

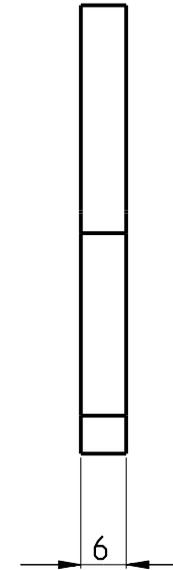
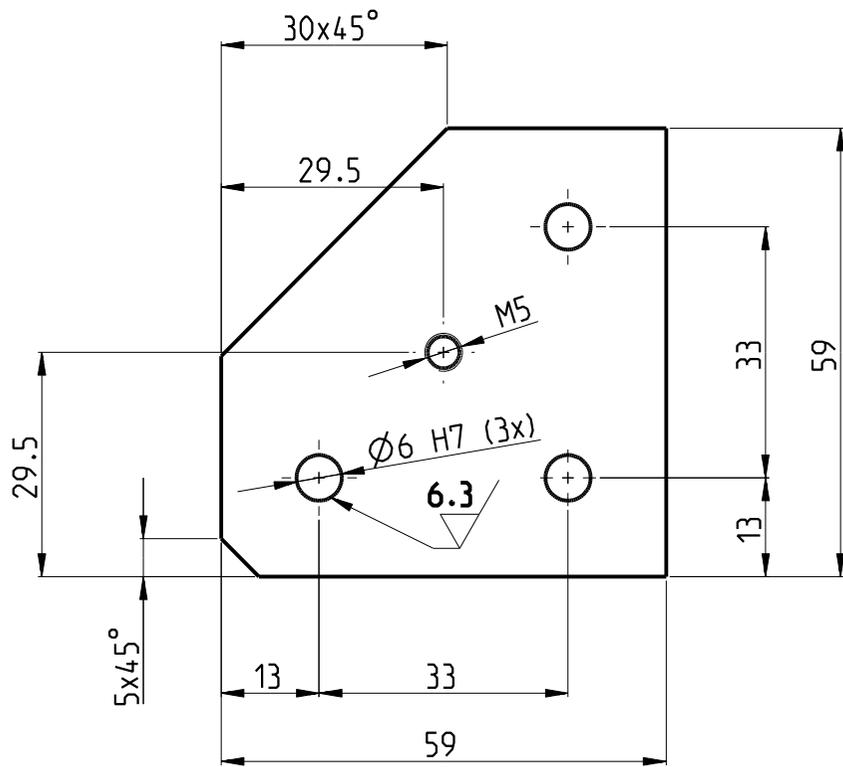
Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Stückzahl	2
ISO 2768	2:1	Gez.	MOF	06-Apr-11	Gewicht:	0.017 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	C35
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11				009	
NAME			Dateiname:			ACHSE
Moser Friedrich						



6.3

Passung	Höchstmaß	Kleinstmaß
$\varnothing 19$ G7	19.028	19.007

Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Stückzahl:	2
ISO 2768	2:1	Gez.	MOF	06-Apr-11	Gewicht:	0.064 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	C35
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11					
NAME		TU Graz			Dateiname:	
Moser Friedrich						
					ROLLE	

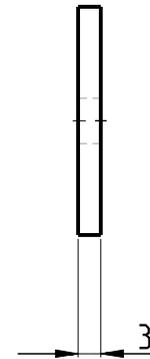
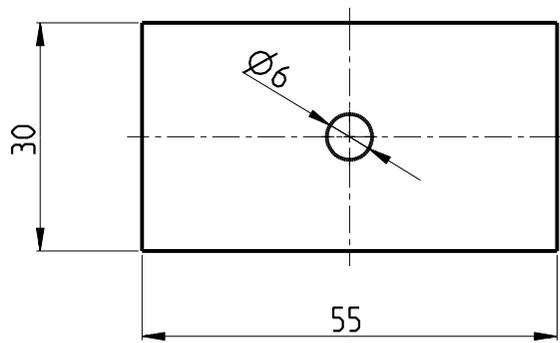


Bohrungen  $\varnothing 6H7$  durch beide Teile gemeinsam fertigen, Bohrungen müssen fluchten!



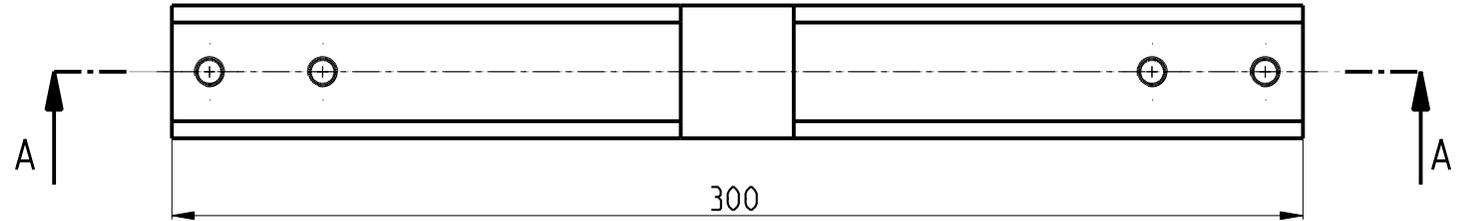
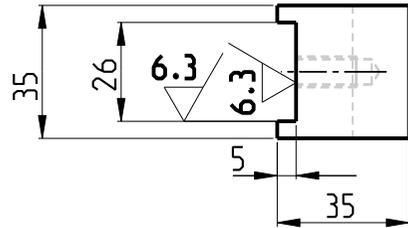
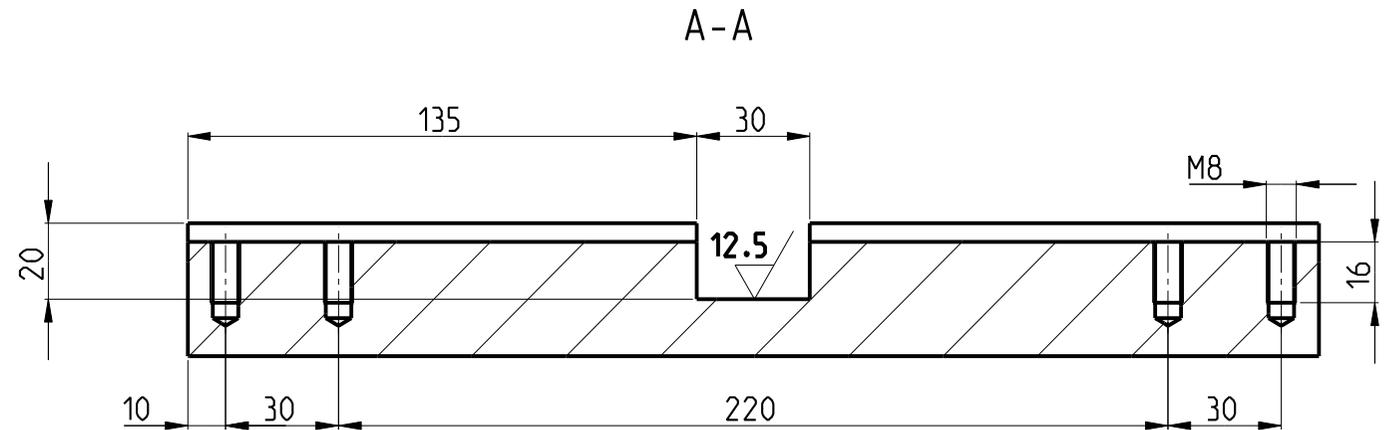
Passung	Höchstmaß	Kleinstmaß
$\varnothing 6 H7$	6.012	6.000

Freimasstol	Maßstab:		Name	Datum	Stückzahl: 2
ISO 2768	1:1	Gez.	MOF	06-Apr-11	Gewicht: 0.138 kg
m		Gepr.			Werkstoff: St37-2
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:
0630793	SS11				011
NAME		Moser Friedrich			Dateiname:
					LASCHE

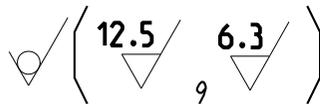


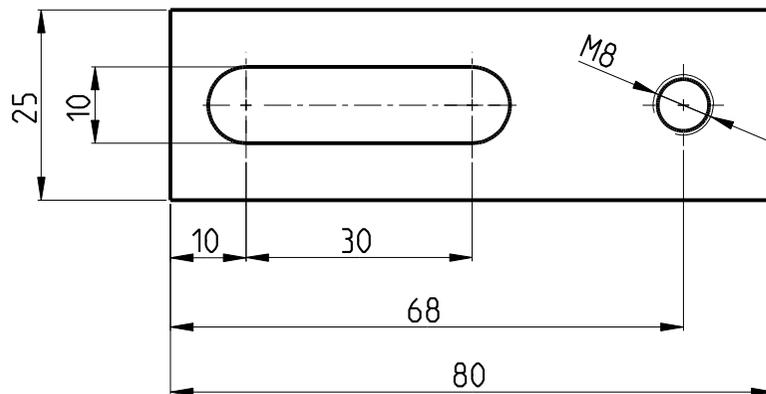
Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Stückzahl	2
ISO 2768	1:1	Gez.	MOF	06-Apr-11	Gewicht:	0.038 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	St37-2
Matrikelnr.:	Semester:	TU Graz			Benennung:	
0630793	SS11				012	
NAME					Dateiname:	
Moser Friedrich		ACHSHALTER				



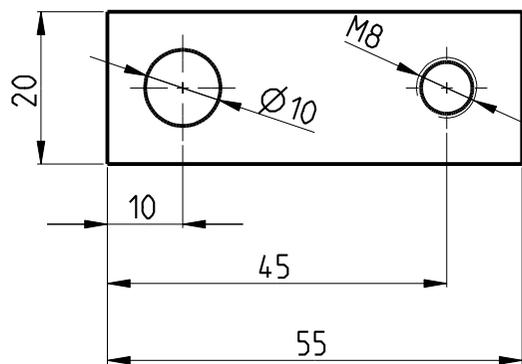
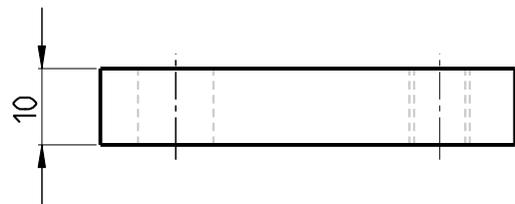


Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Stückzahl:	X
ISO 2768	1:2	Gez.	MOF	07-Jun-11	Gewicht:	2.421 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	St37
Matrikelnr.:	Semester:	TU GRAZ			Benennung:	
0630793	SS11				014	
NAME					Dateiname:	
Moser Friedrich		RAHMEN_KLEBEVORRICHTUNG				



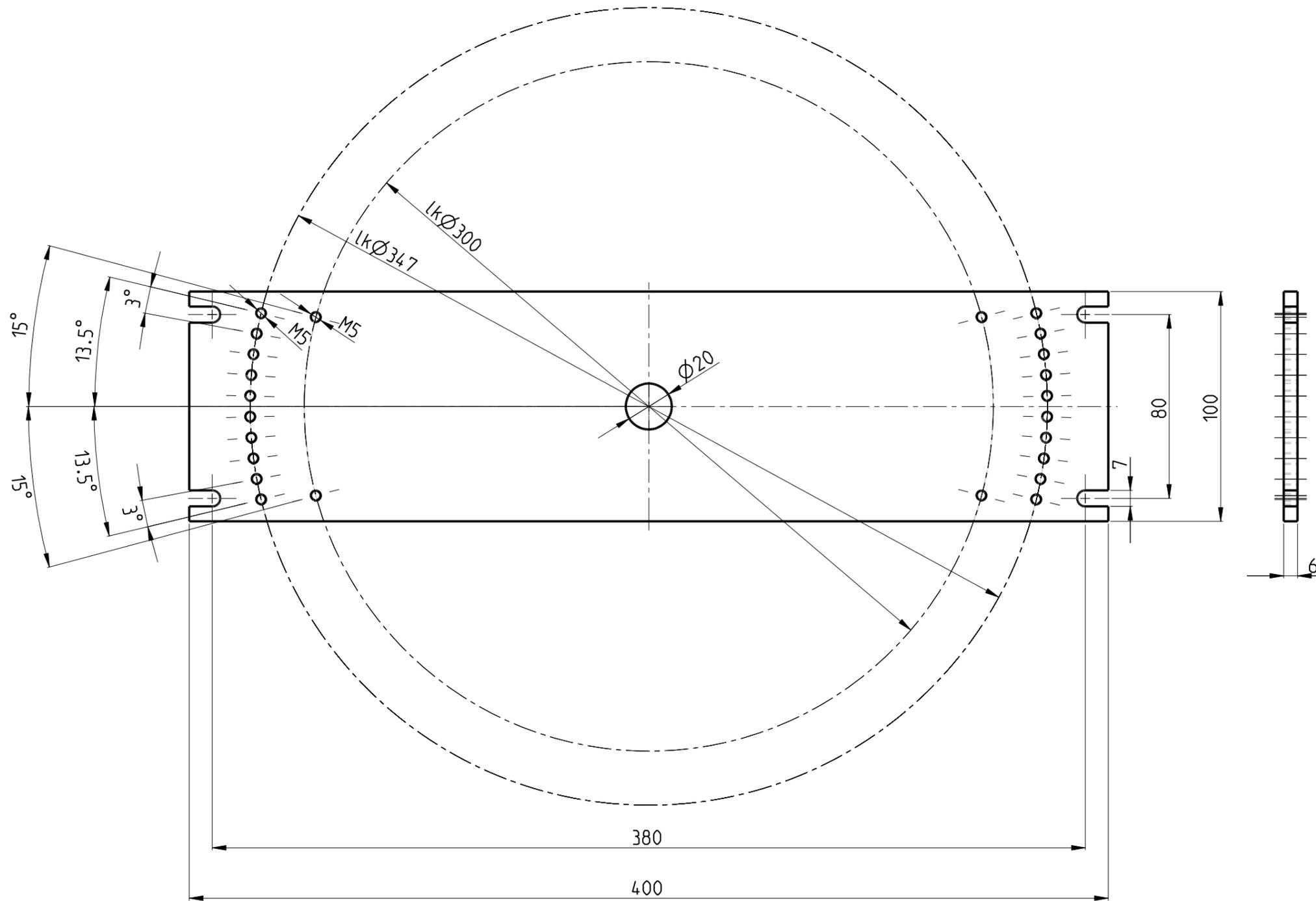


Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Stückzahl:	2 X
ISO 2768	1:1	Gez.	MOF	07-Jun-11	Gewicht:	0.187 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	St37
Matrikelnr.:	Semester:	TU GRAZ			Benennung:	
0630793	SS11				015	
NAME					Dateiname:	
Moser Friedrich		DISTANZSTUECK				

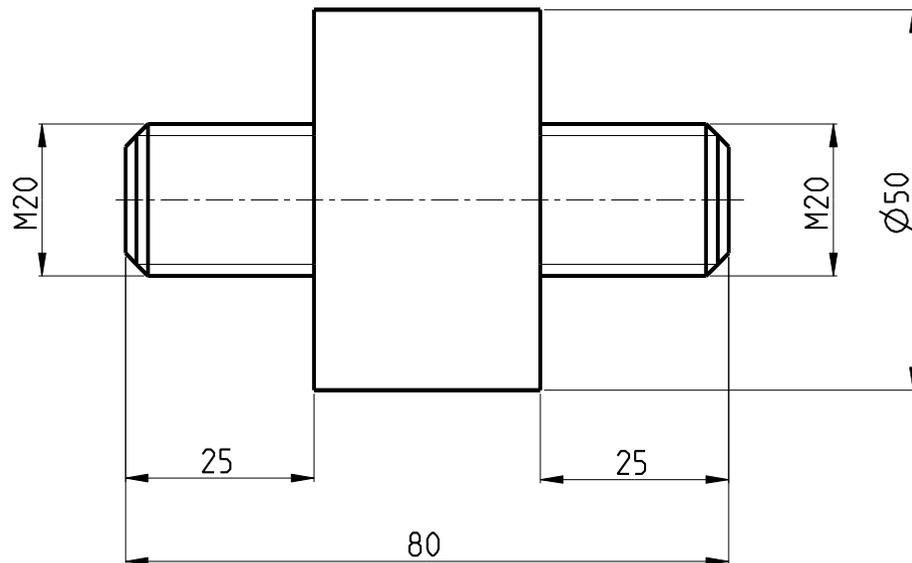


Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Stückzahl:	2 X
ISO 2768	1:1	Gez.	MOF	07-Jun-11	Gewicht:	0.077 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	ST37
Matrikelnr.:	Semester:	TU GRAZ			Benennung:	
0630793	SS11				016	
NAME					Dateiname:	
Moser Friedrich		KLEMMLEISTE				



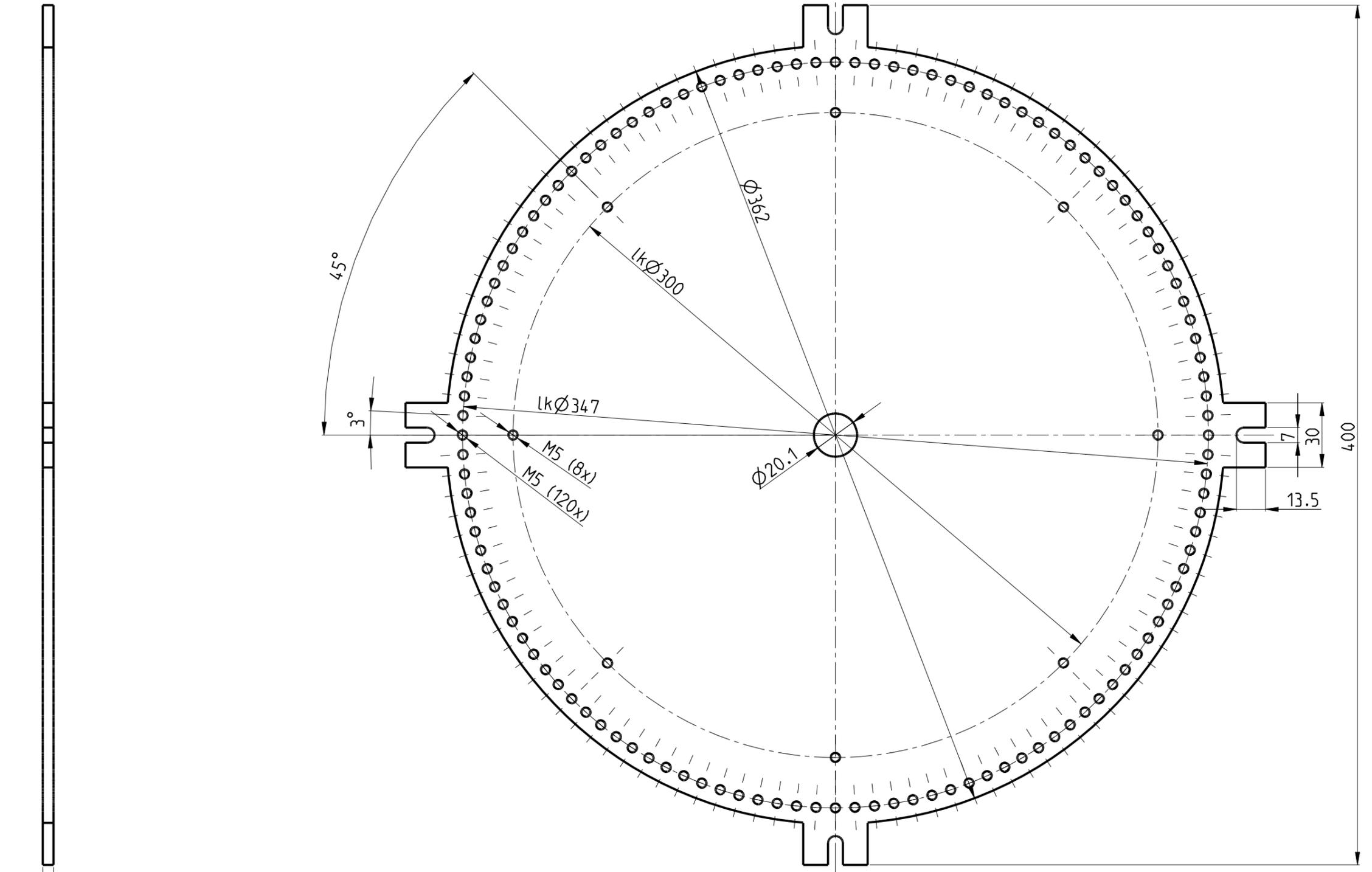


Freimasstol	Maßstab:		Name	Datum	Stückzahl:	2
ISO 2768	1:2	Gez.	MOF	05-Aug-11	Gewicht:	1.837 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	ST37
Matrikelnr:	Semester:	TU GRAZ			Benennung:	
0630793	SS11					
NAME		TU GRAZ			Dateiname:	
Moser Friedrich						
					KLEMMBLECH_UNTEN	



Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Stückzahl:	1
ISO 2768	1:1	Gez.	MOF	05-Aug-11	Gewicht:	0.582 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	St37
Matrikelnr.:	Semester:	TU GRAZ			Benennung:	
0630793	SS11				018	
NAME					Dateiname:	
Moser Friedrich		ZENTRIERBOLZEN				

6.3



Freimasstol	Masstab:		Name	Datum	Stückzahl:	2
ISO 2768	1:2	Gez.	MOF	05-Okt-11	Gewicht:	4.034 kg
m		Gepr.			Werkstoff:	St37
Matrikelnr.:	Semester:	TU GRAZ			Benennung:	
0630793	SS11					
NAME		TU GRAZ			Dateiname:	
Moser Friedrich						
					KLEMMBLECH_KOMPLETT	

# Anhang B:

## Zugscherversuch nach EN 1465:

### Kraft-Weg-Diagramme und

### Fotos der geklebten Oberflächen

Abbildung B 1: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>™</sup> Probe 1 von 5.....	1
Abbildung B 2: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>™</sup> Probe 1 von 5.....	1
Abbildung B 3: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>™</sup> Probe 2 von 5.....	2
Abbildung B 4: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>™</sup> Probe 2 von 5.....	2
Abbildung B 5: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>™</sup> Probe 3 von 5.....	3
Abbildung B 6: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>™</sup> Probe 3 von 5.....	3
Abbildung B 7: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>™</sup> Probe 4 von 5.....	4
Abbildung B 8: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>™</sup> Probe 4 von 5.....	4
Abbildung B 9: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>™</sup> Probe 5 von 5.....	5
Abbildung B 10: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> 9497 <sup>™</sup> Probe 5 von 5.....	5
Abbildung B 11: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD <sup>™</sup> DP760 Probe 1 von 5.....	6
Abbildung B 12: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD <sup>™</sup> DP760 Probe 1 von 5.....	6
Abbildung B 13: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD <sup>™</sup> DP760 Probe 2 von 5.....	7

Abbildung B 14: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 2 von 5 .....	7
Abbildung B 15: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 3 von 5 .....	8
Abbildung B 16: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 3 von 5 .....	8
Abbildung B 17: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 4 von 5 .....	9
Abbildung B 18: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 4 von 5 .....	9
Abbildung B 19: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 5 von 5 .....	10
Abbildung B 20: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 5 von 5 .....	10
Abbildung B 21: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 1 von 5 .....	11
Abbildung B 22: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 1 von 5 .....	11
Abbildung B 23: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 2 von 5 .....	12
Abbildung B 24: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 2 von 5 .....	12
Abbildung B 25: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 3 von 5 .....	13
Abbildung B 26: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 3 von 5 .....	13
Abbildung B 27: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 4 von 5 .....	14
Abbildung B 28: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 4 von 5 .....	14
Abbildung B 29: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 5 von 5 .....	15
Abbildung B 30: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 5 von 5 .....	15

Abbildung B 31: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 Probe 1 von 5.....	16
Abbildung B 32: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 Probe 1 von 5.....	16
Abbildung B 33: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 Probe 2 von 5.....	17
Abbildung B 34: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 Probe 2 von 5.....	17
Abbildung B 35: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 Probe 3 von 5.....	18
Abbildung B 36: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 Probe 3 von 5.....	18
Abbildung B 37: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 Probe 4 von 5.....	19
Abbildung B 38: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 Probe 4 von 5.....	19
Abbildung B 39: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 Probe 5 von 5.....	20
Abbildung B 40: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL <sup>®</sup> EA 9394/C-2 Probe 5 von 5.....	20
Abbildung B 41: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 1 von 5 .....	21
Abbildung B 42: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 1 von 5 .....	21
Abbildung B 43: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 2 von 5 .....	22
Abbildung B 44: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 2 von 5 .....	22
Abbildung B 45: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 3 von 5 .....	23
Abbildung B 46: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 3 von 5 .....	23
Abbildung B 47: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 4 von 5 .....	24

Abbildung B 48: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 4 von 5 .....	24
Abbildung B 49: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 5 von 5 .....	25
Abbildung B 50: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 5 von 5 .....	25
Abbildung B 51: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Probe 1 von 5 .....	26
Abbildung B 52: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Probe 1 von 5 .....	26
Abbildung B 53: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Probe 2 von 5 .....	27
Abbildung B 54: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Probe 2 von 5 .....	27
Abbildung B 55: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Probe 3 von 5 .....	28
Abbildung B 56: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Probe 3 von 5 .....	28
Abbildung B 57: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Probe 4 von 5 .....	29
Abbildung B 58: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Probe 4 von 5 .....	29
Abbildung B 59: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Probe 5 von 5 .....	30
Abbildung B 60: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Probe 5 von 5 .....	30
Abbildung B 61: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Probe 1 von 5 .....	31
Abbildung B 62: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Probe 1 von 5 .....	31
Abbildung B 63: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Probe 2 von 5 .....	32
Abbildung B 64: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Probe 2 von 5 .....	32

Abbildung B 65: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Probe 3 von 5 .....	33
Abbildung B 66: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Probe 3 von 5 .....	33
Abbildung B 67: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Probe 4 von 5 .....	34
Abbildung B 68: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Probe 4 von 5 .....	34
Abbildung B 69: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Probe 5 von 5 .....	35
Abbildung B 70: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Probe 5 von 5 .....	35
Abbildung B 71: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 1 von 5 .....	36
Abbildung B 72: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 1 von 5.....	36
Abbildung B 73: Kraft-Weg-Diagramm Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 2 von 5 .....	37
Abbildung B 74: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 2 von 5.....	37
Abbildung B 75: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 3 von 5 .....	38
Abbildung B 76: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 3 von 5.....	38
Abbildung B 77: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 4 von 5 .....	39

Abbildung B 78: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 4 von 5.....	39
Abbildung B 79: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 5 von 5 .....	40
Abbildung B 80: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 5 von 5.....	40
Abbildung B 81: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 1 von 5.....	41
Abbildung B 82: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 1 von 5 .....	41
Abbildung B 83: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 2 von 5.....	42
Abbildung B 84: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 2 von 5 .....	42
Abbildung B 85: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 3 von 5.....	43
Abbildung B 86: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 3 von 5 .....	43
Abbildung B 87: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 4 von 5.....	44
Abbildung B 88: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 4 von 5 .....	44
Abbildung B 89: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 5 von 5.....	45

Abbildung B 90: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 5 von 5 .....	45
Abbildung B 91: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 1 von 5.....	46
Abbildung B 92: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 1 von 5 .....	46
Abbildung B 93: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 2 von 5.....	47
Abbildung B 94: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 2 von 5 .....	47
Abbildung B 95: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 3 von 5.....	48
Abbildung B 96: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 3 von 5 .....	48
Abbildung B 97: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 4 von 5.....	49
Abbildung B 98: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 4 von 5 .....	49
Abbildung B 99: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 5 von 5.....	50
Abbildung B 100: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 5 von 5 .....	50
Abbildung B 101: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 1 von 5.....	51

Abbildung B 102: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 1 von 5 .....	51
Abbildung B 103: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 2 von 5.....	52
Abbildung B 104: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 2 von 5 .....	52
Abbildung B 105: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 3 von 5.....	53
Abbildung B 106: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 3 von 5 .....	53
Abbildung B 107: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 4 von 5.....	54
Abbildung B 108: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 4 von 5 .....	54
Abbildung B 109: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 5 von 5.....	55
Abbildung B 110: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 5 von 5 .....	55

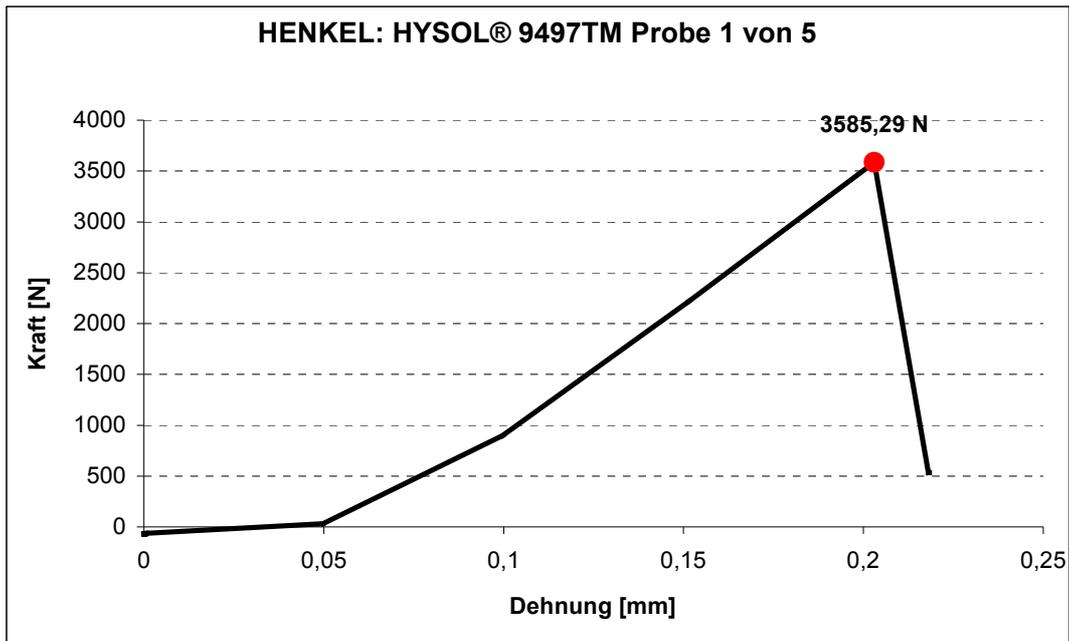
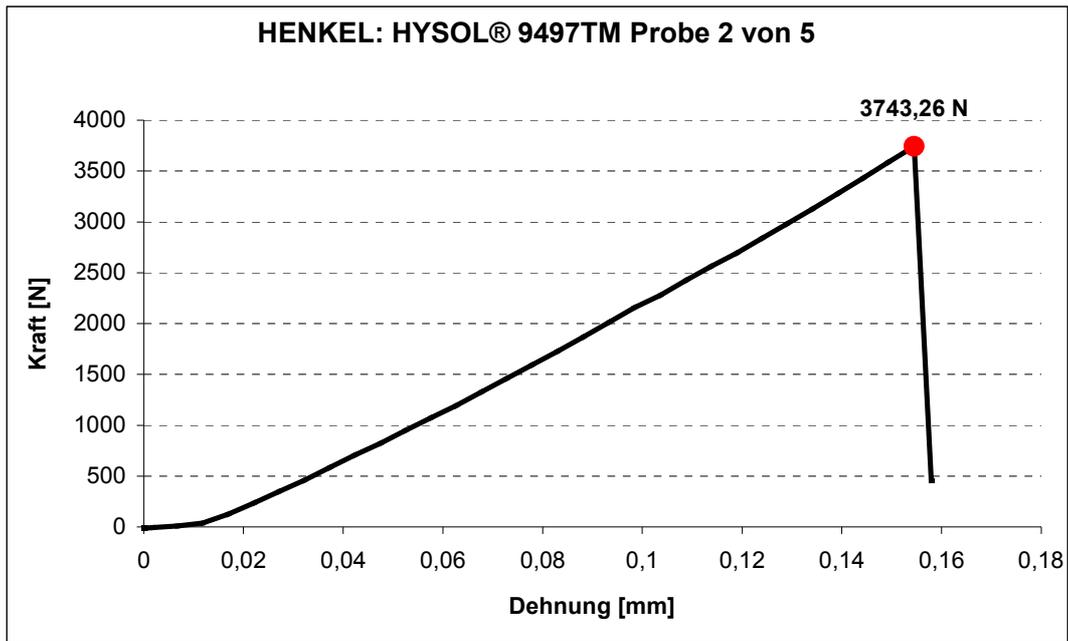


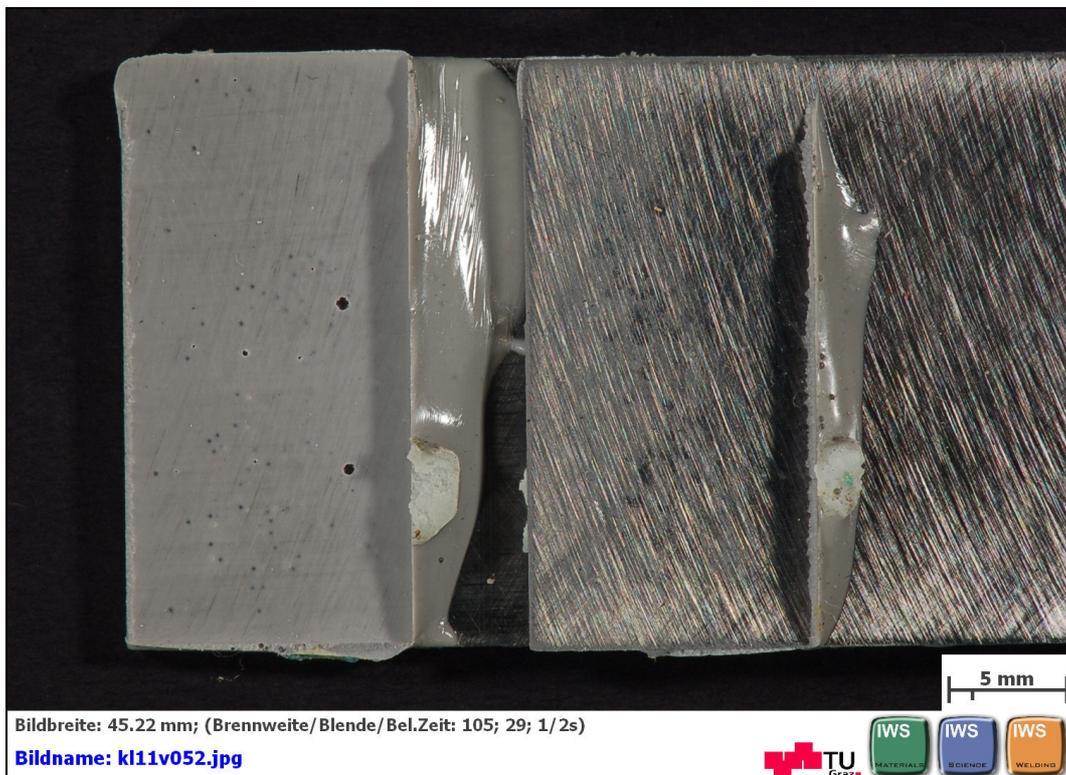
Abbildung B 1: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® 9497™ Probe 1 von 5



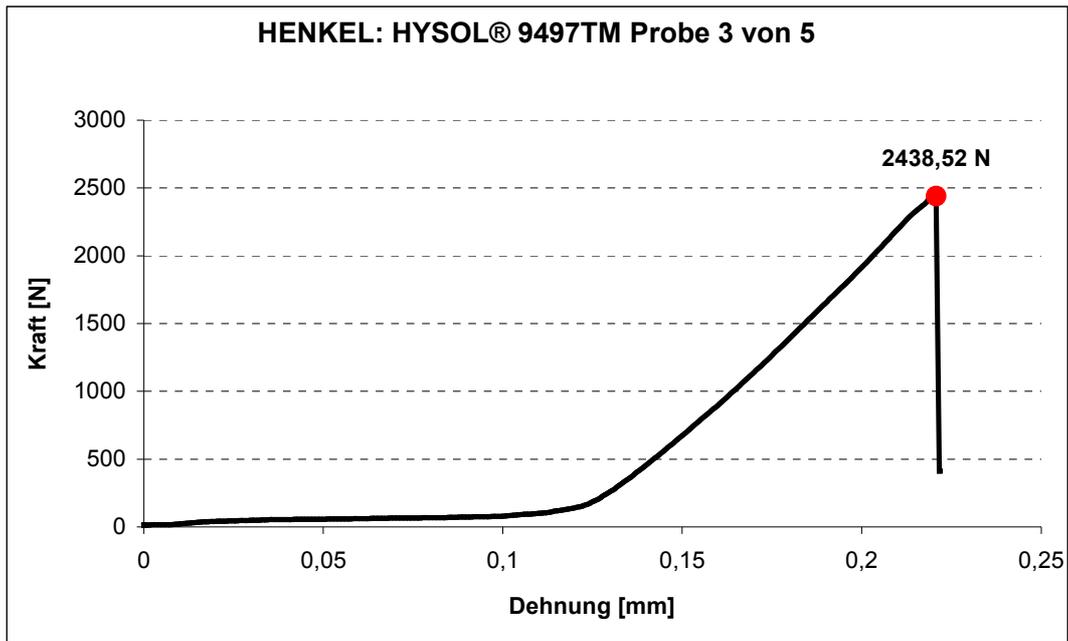
Abbildung B 2: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® 9497™ Probe 1 von 5



**Abbildung B 3: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® 9497™ Probe 2 von 5**



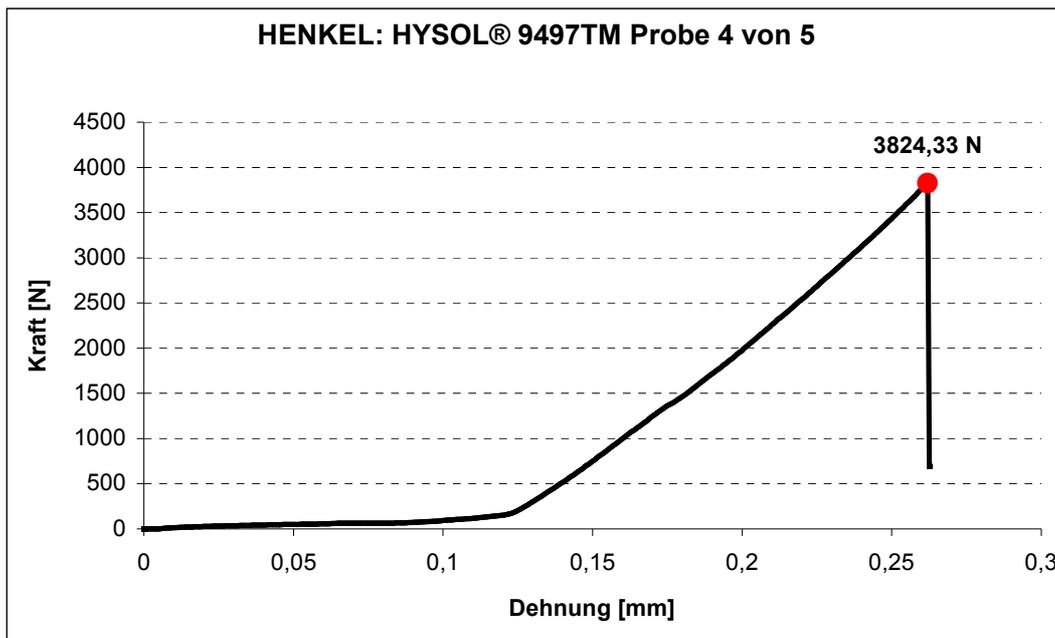
**Abbildung B 4: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® 9497™ Probe 2 von 5**



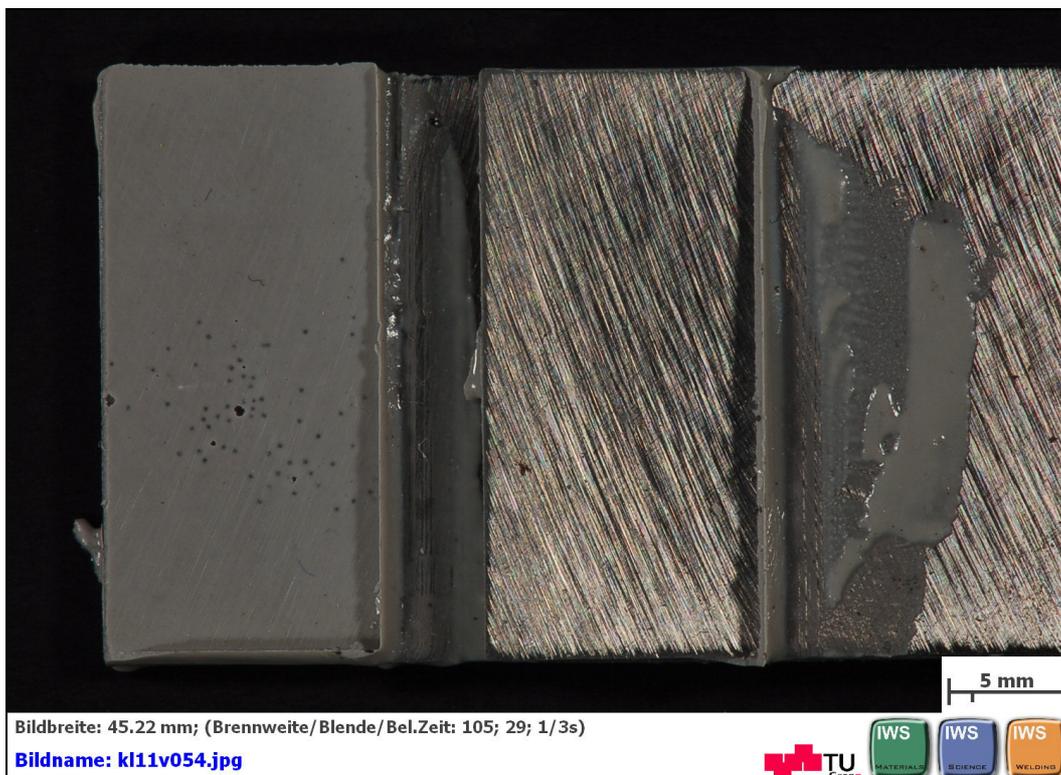
**Abbildung B 5: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® 9497™ Probe 3 von 5**



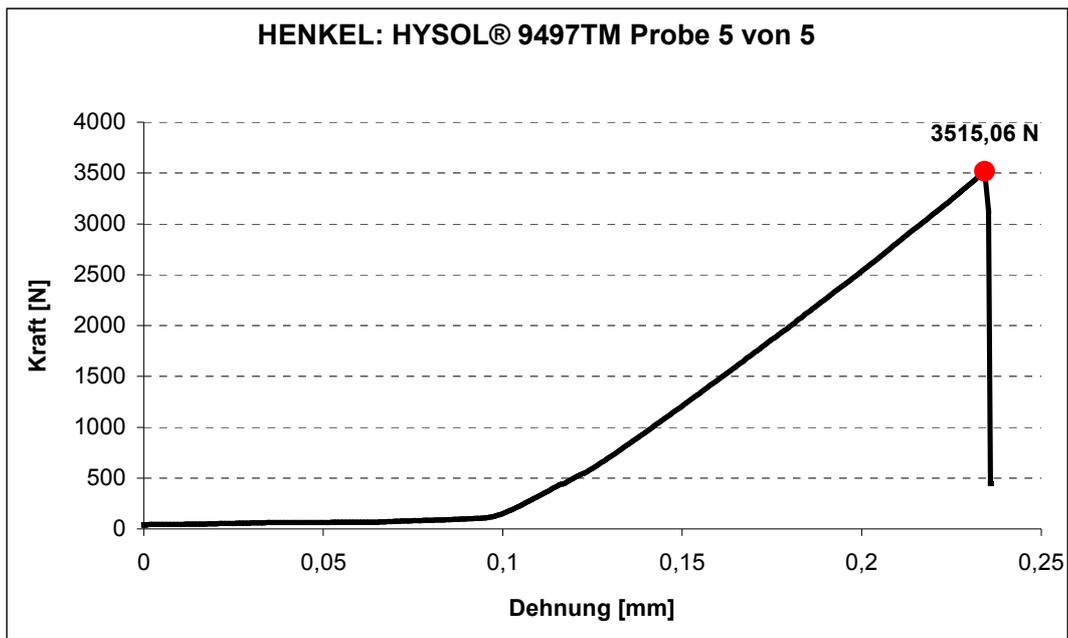
**Abbildung B 6: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® 9497™ Probe 3 von 5**



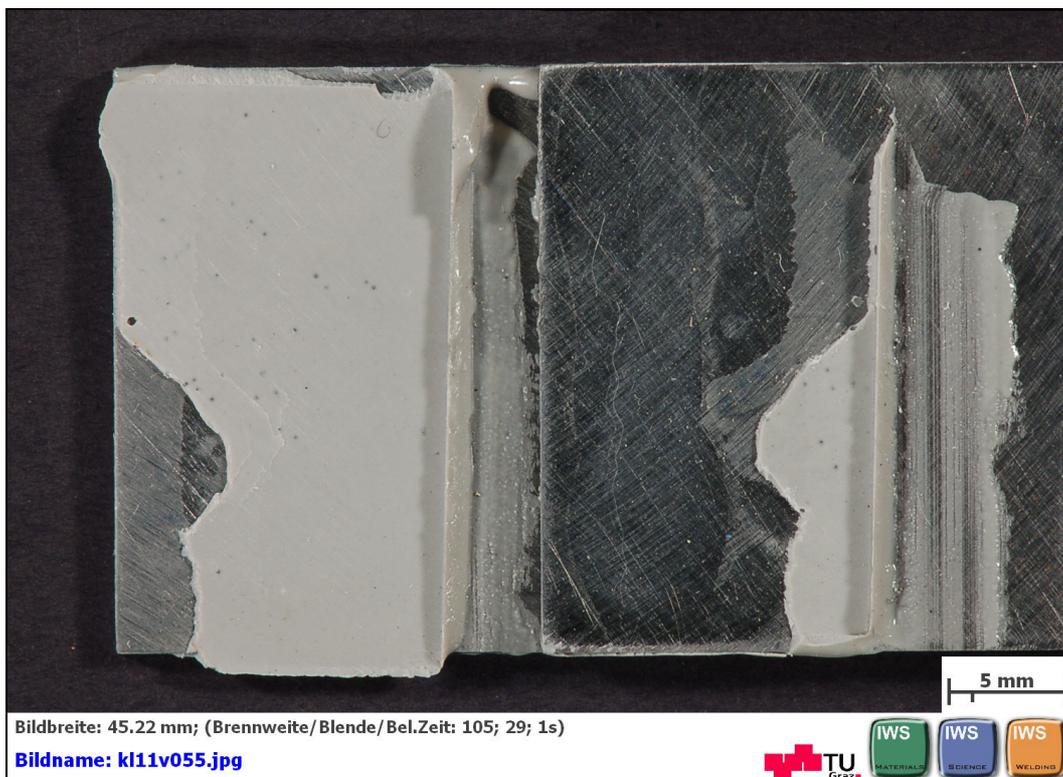
**Abbildung B 7: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® 9497™ Probe 4 von 5**



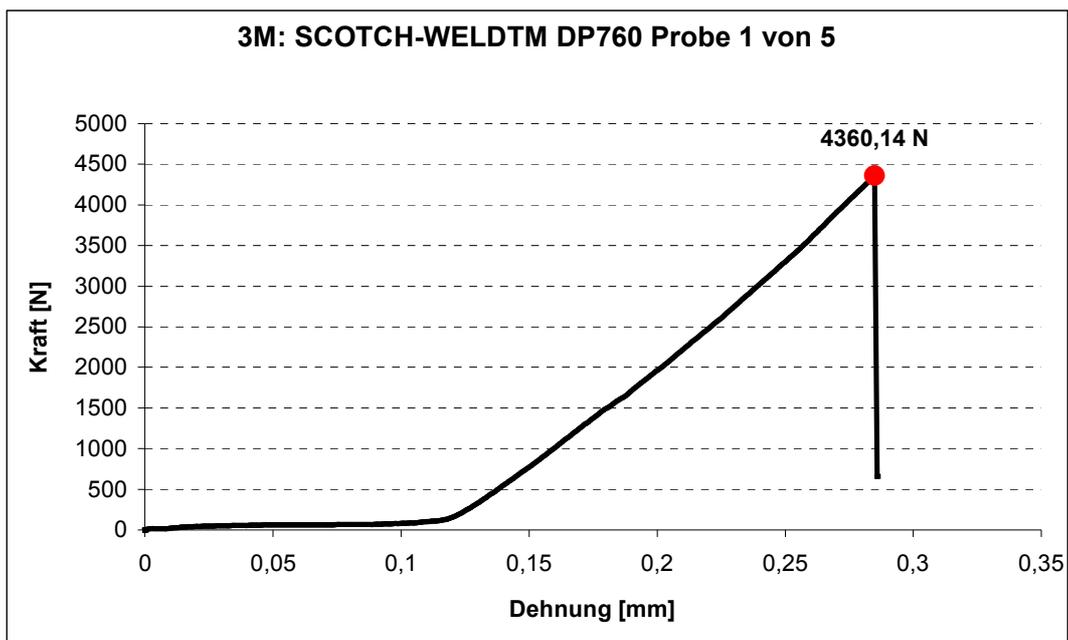
**Abbildung B 8: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® 9497™ Probe 4 von 5**



**Abbildung B 9: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® 9497™ Probe 5 von 5**



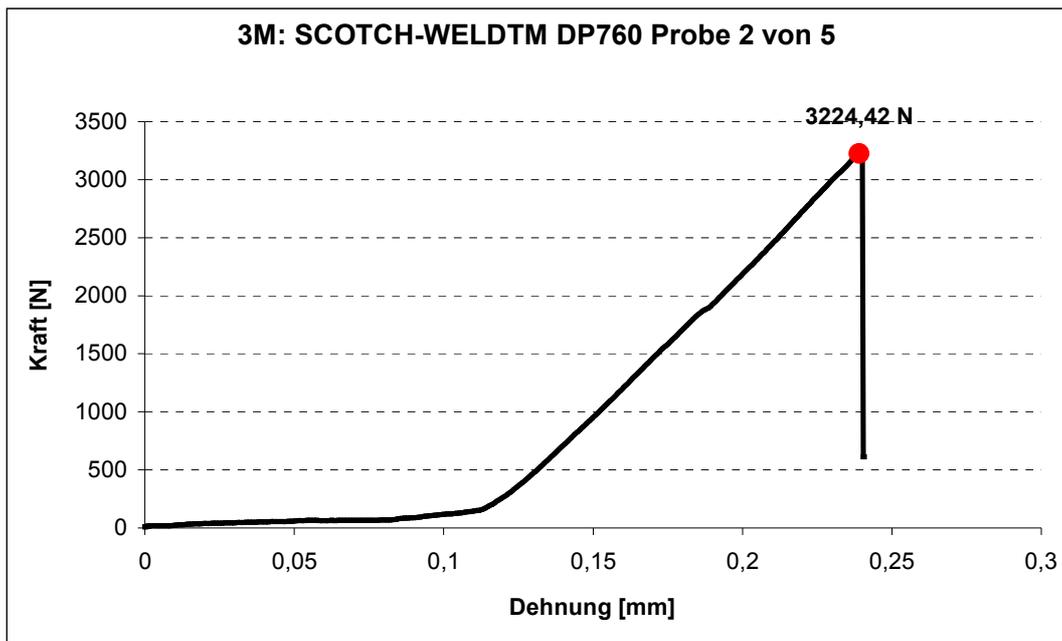
**Abbildung B 10: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® 9497™ Probe 5 von 5**



**Abbildung B 11: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 1 von 5**



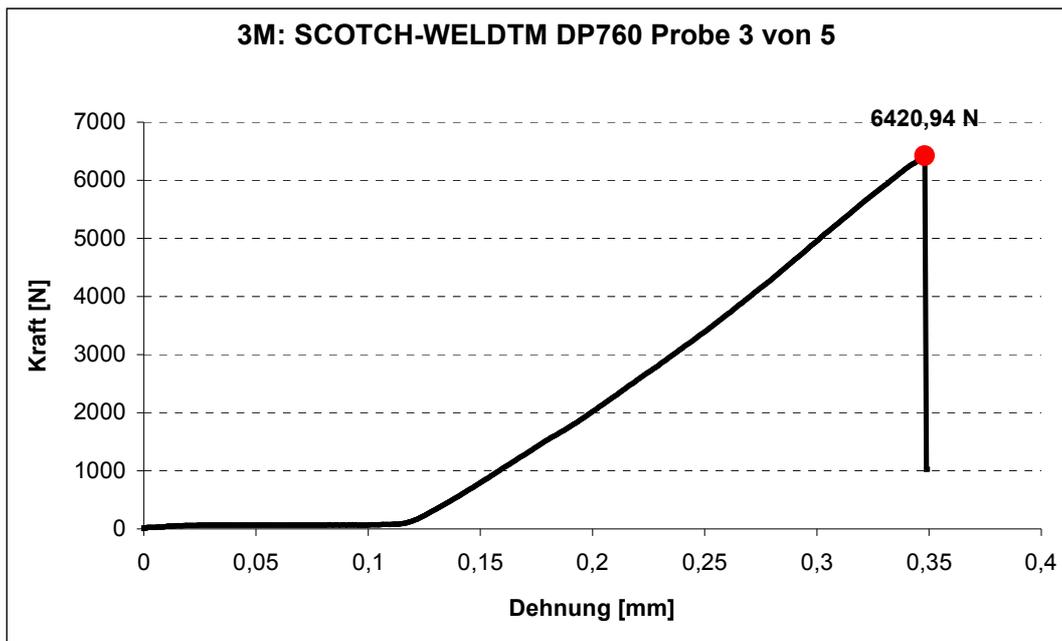
**Abbildung B 12: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 1 von 5**



**Abbildung B 13: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465  
mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760  
Probe 2 von 5**



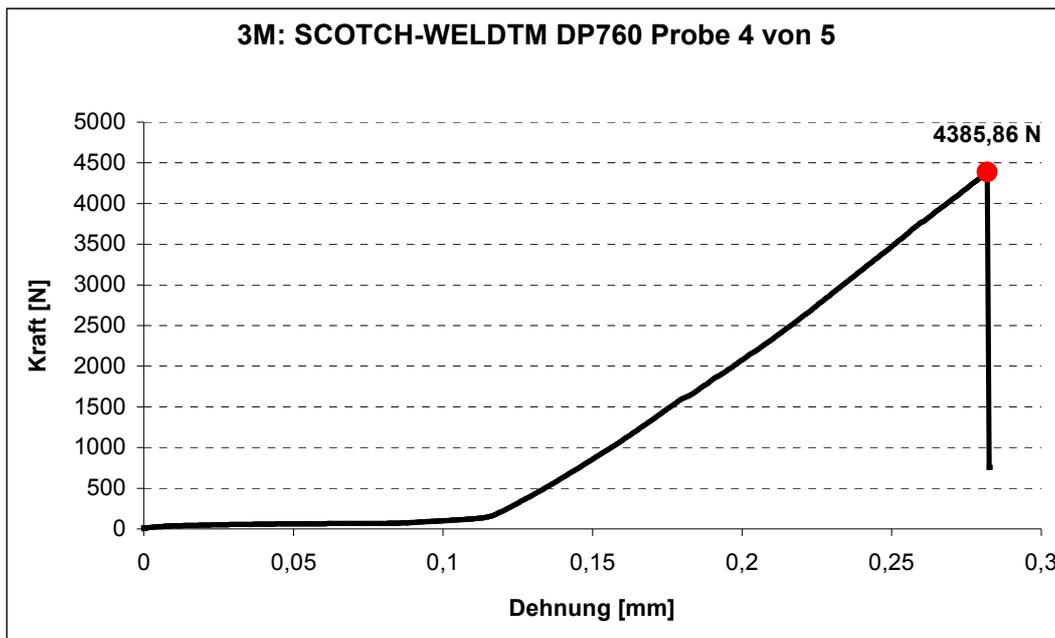
**Abbildung B 14: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465  
mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760  
Probe 2 von 5**



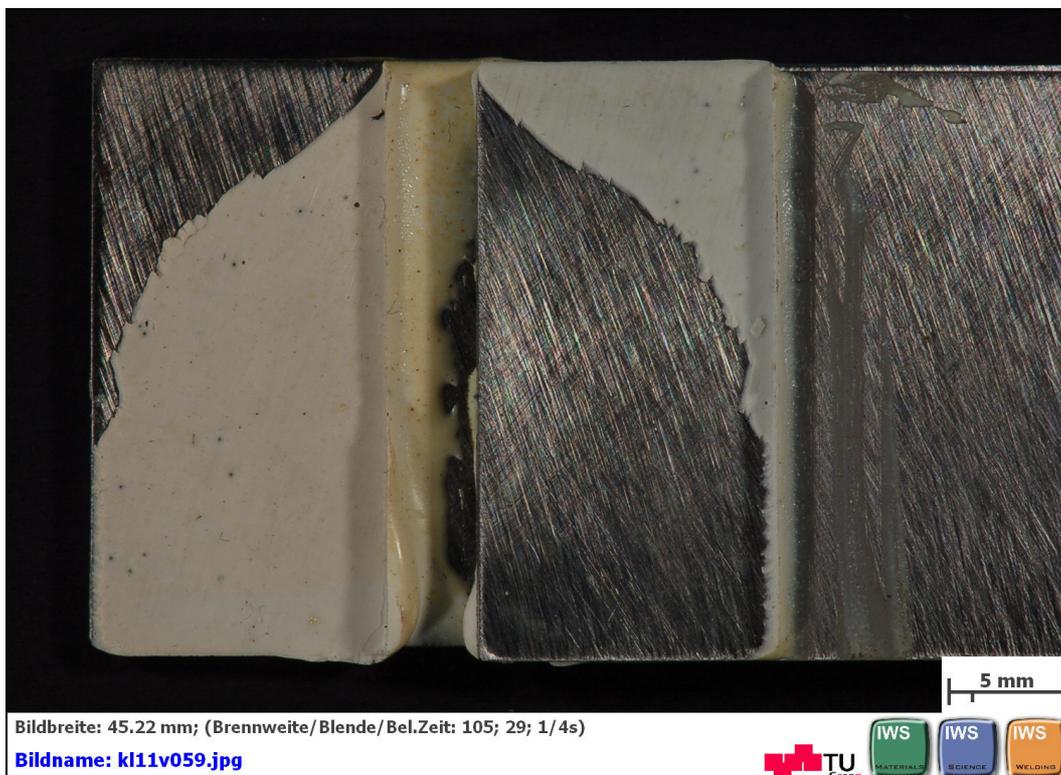
**Abbildung B 15: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 3 von 5**



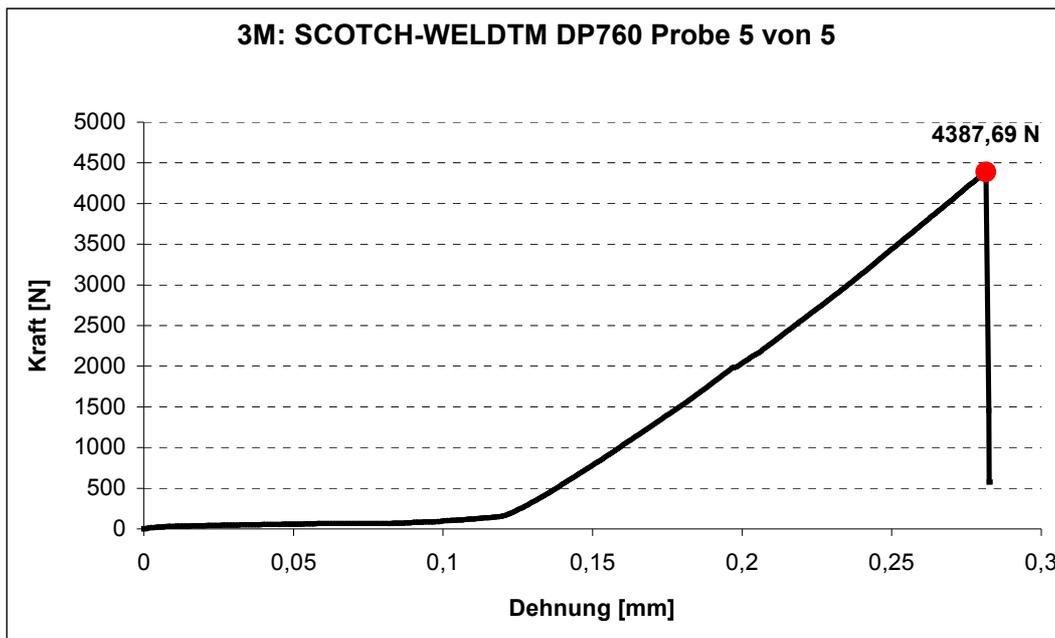
**Abbildung B 16: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 3 von 5**



**Abbildung B 17: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 4 von 5**



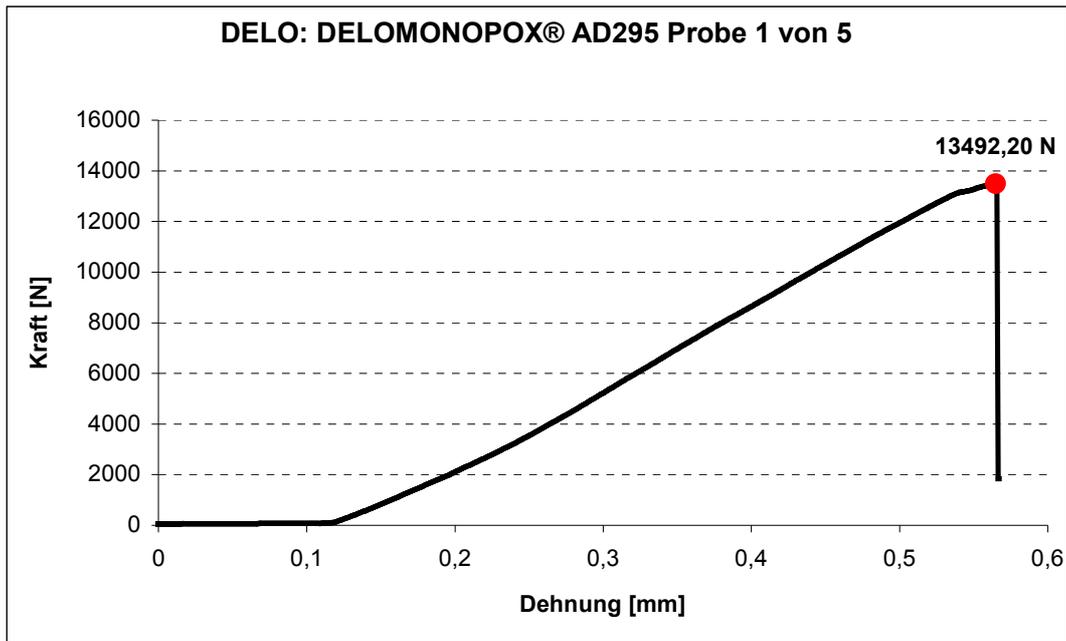
**Abbildung B 18: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 4 von 5**



**Abbildung B 19: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 5 von 5**



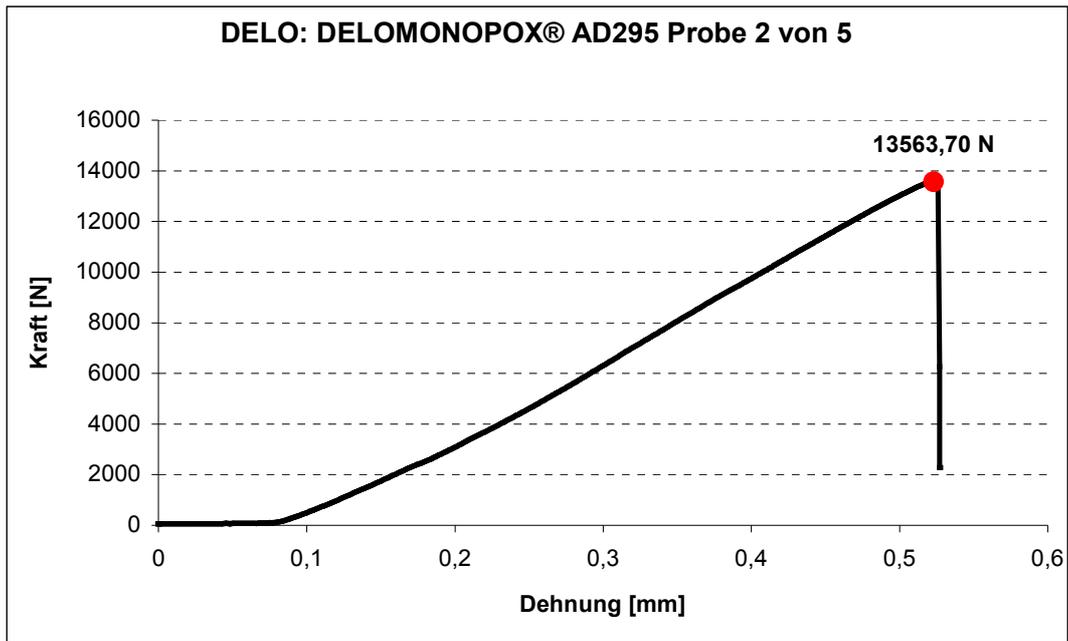
**Abbildung B 20: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 5 von 5**



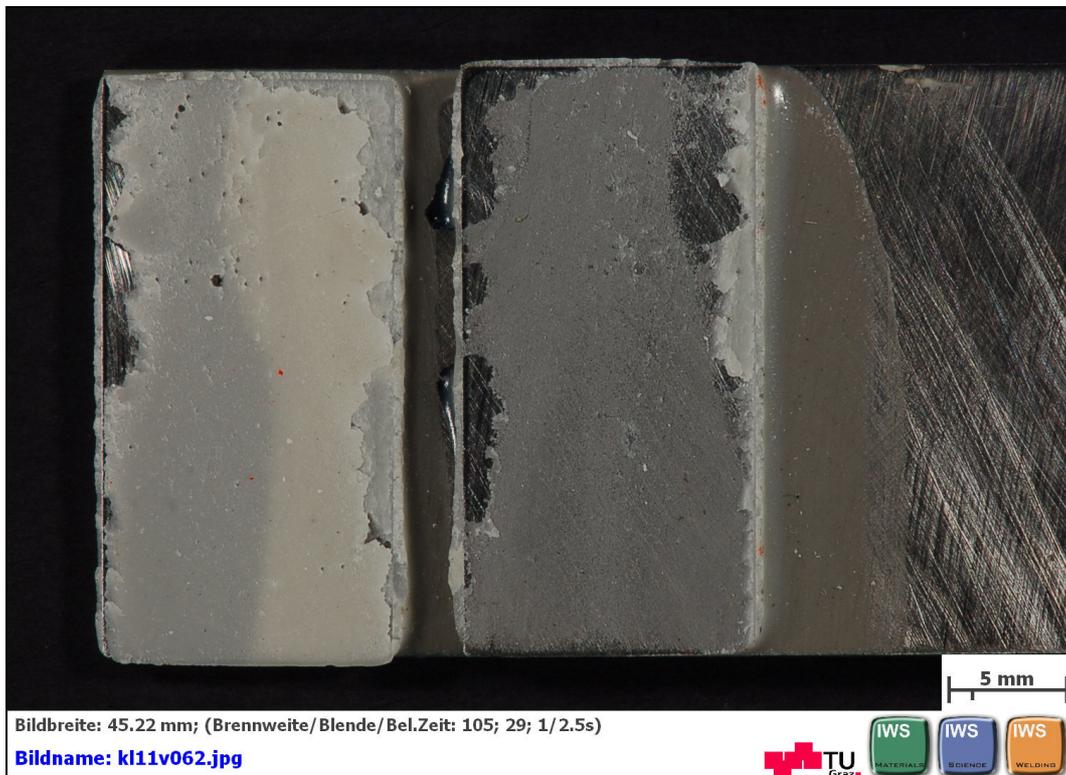
**Abbildung B 21: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 1 von 5**



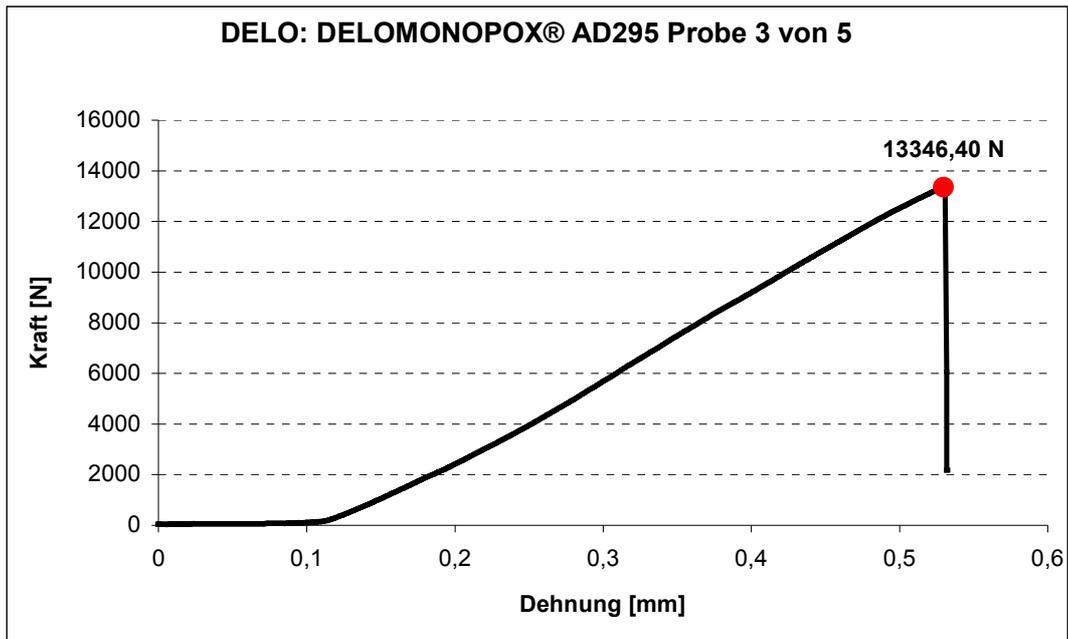
**Abbildung B 22: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 1 von 5**



**Abbildung B 23: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 2 von 5**



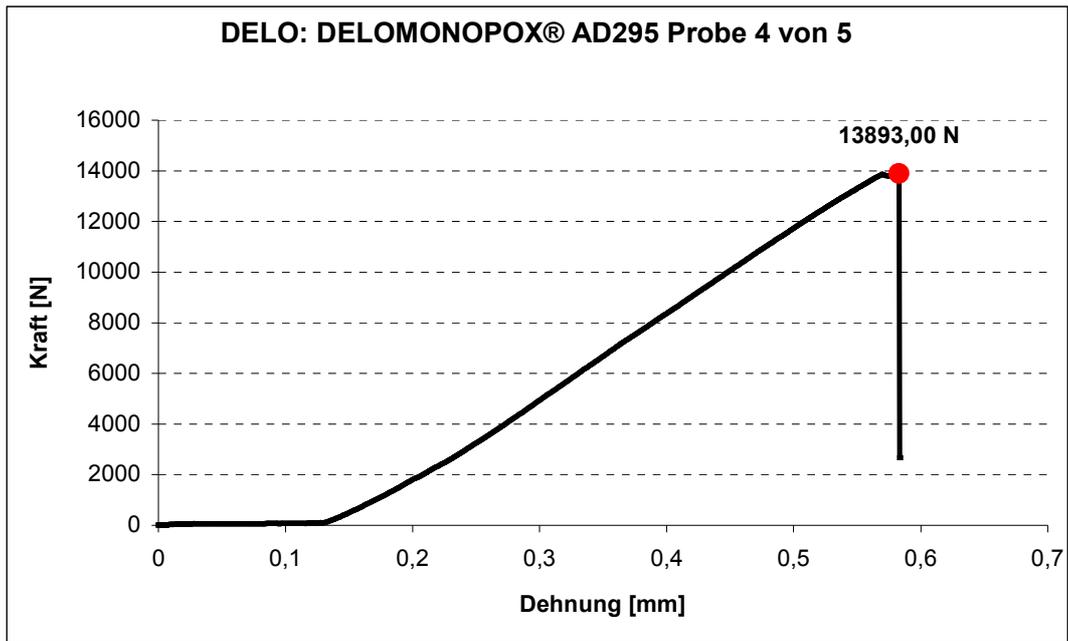
**Abbildung B 24: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 2 von 5**



**Abbildung B 25: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Probe 3 von 5**



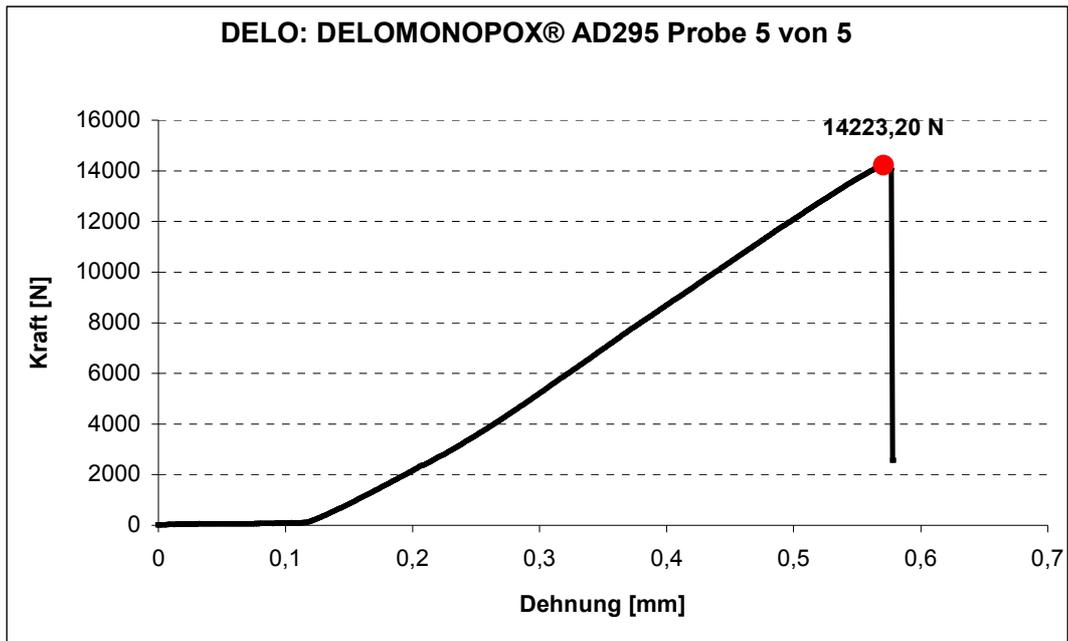
**Abbildung B 26: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Probe 3 von 5**



**Abbildung B 27: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 4 von 5**



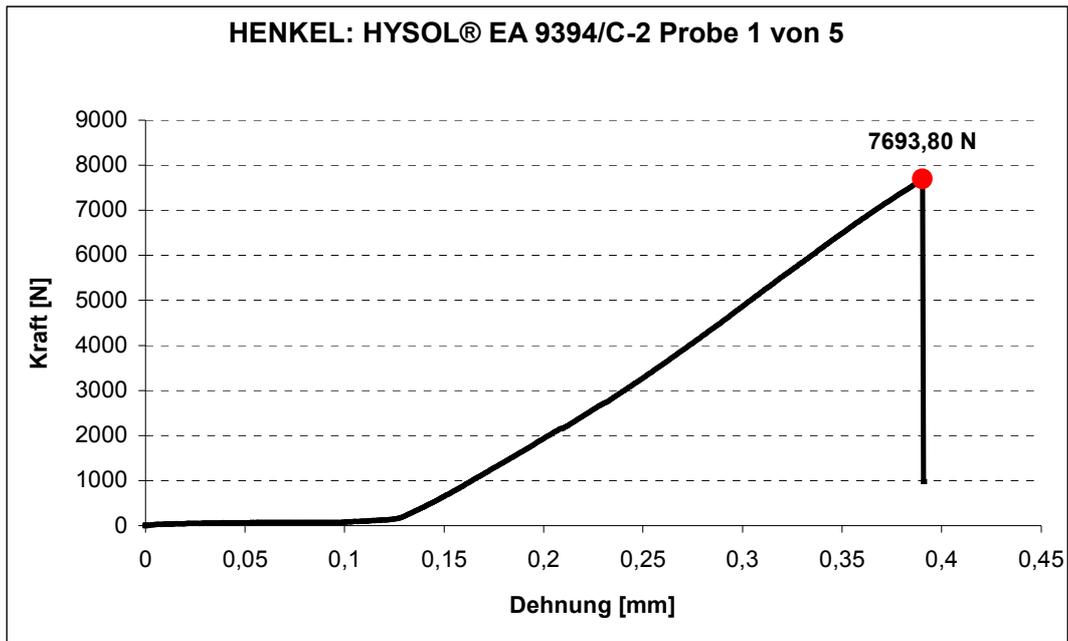
**Abbildung B 28: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 4 von 5**



**Abbildung B 29: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 5 von 5**



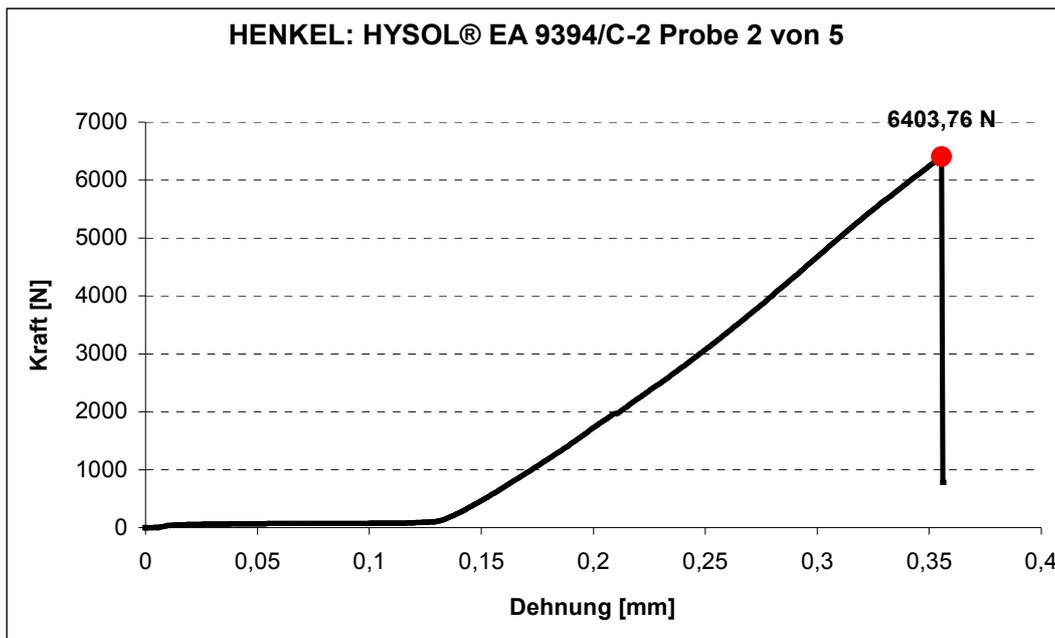
**Abbildung B 30: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 5 von 5**



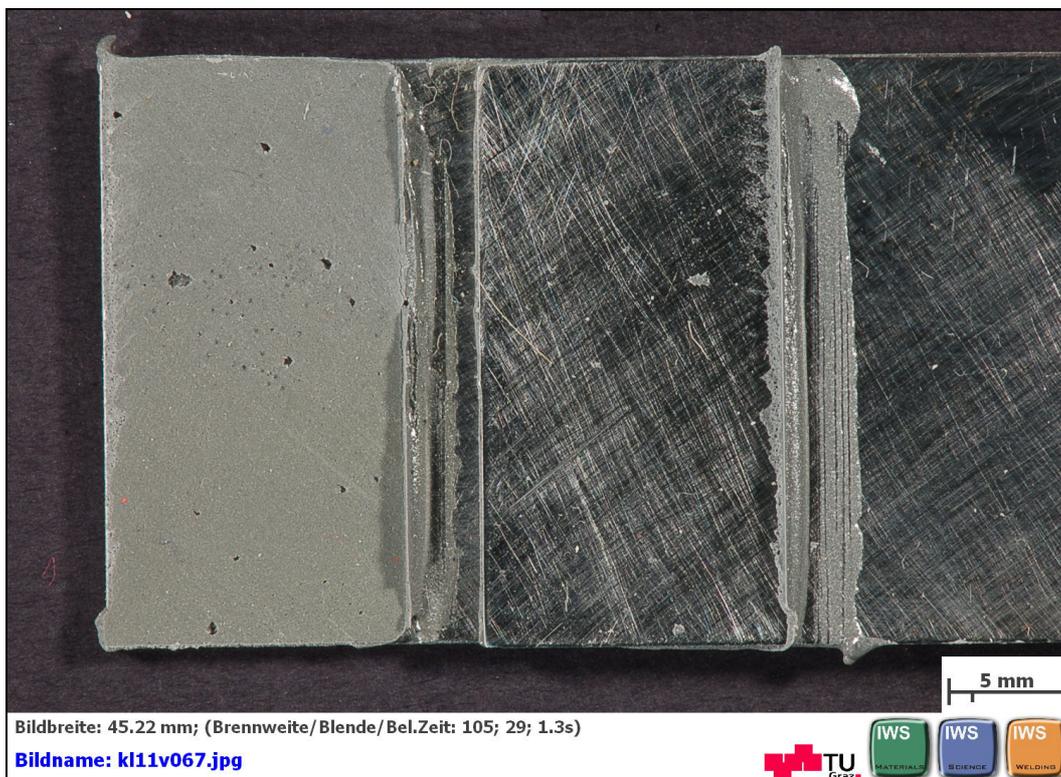
**Abbildung B 31: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® EA 9394/C-2 Probe 1 von 5**



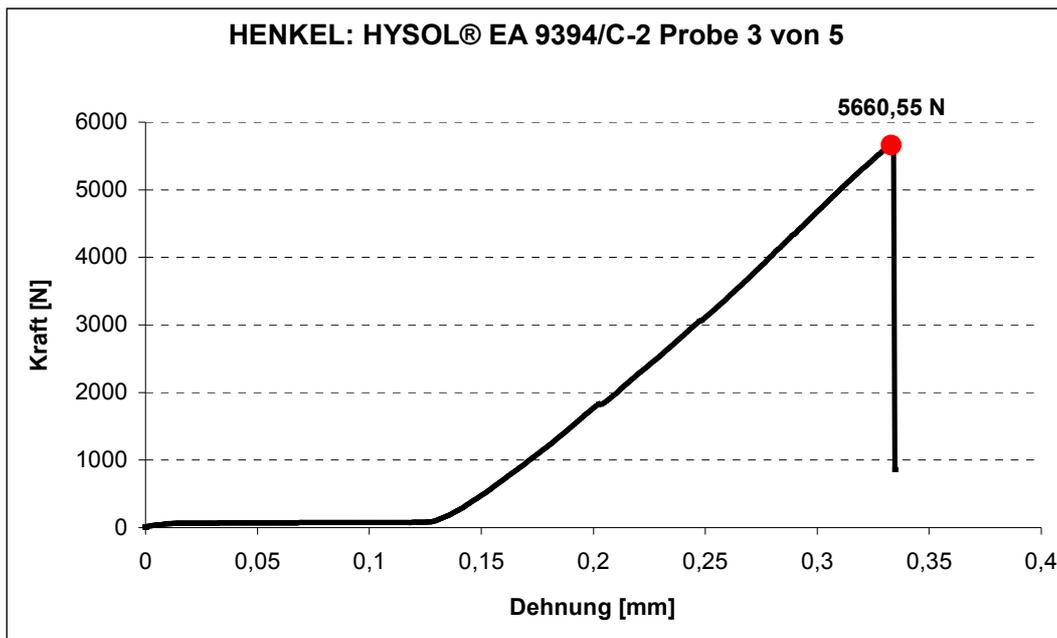
**Abbildung B 32: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® EA 9394/C-2 Probe 1 von 5**



**Abbildung B 33: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® EA 9394/C-2 Probe 2 von 5**



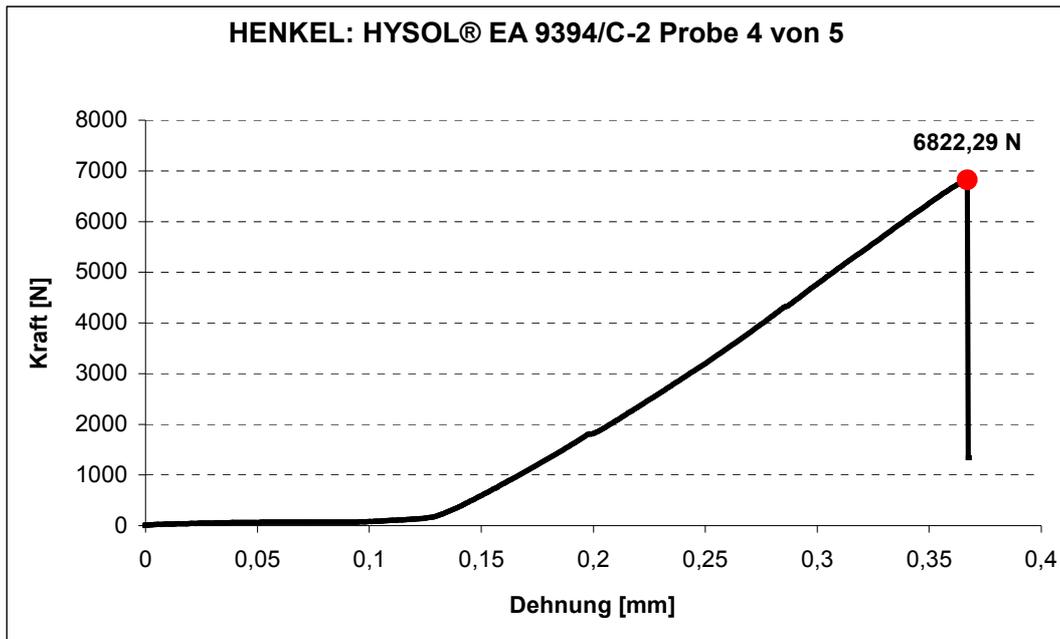
**Abbildung B 34: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® EA 9394/C-2 Probe 2 von 5**



**Abbildung B 35: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® EA 9394/C-2 Probe 3 von 5**



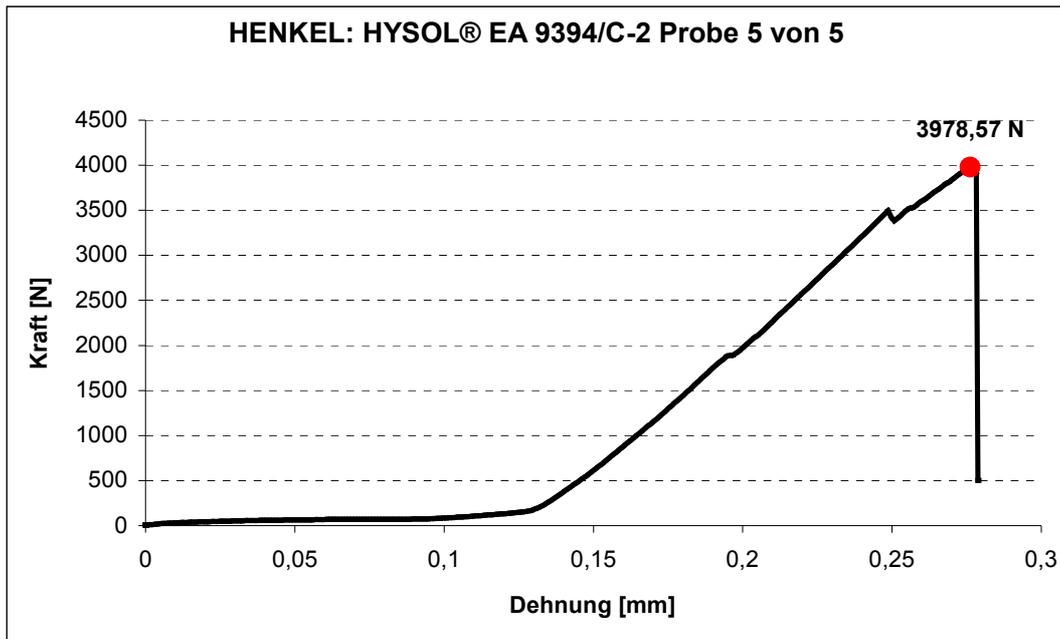
**Abbildung B 36: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® EA 9394/C-2 Probe 3 von 5**



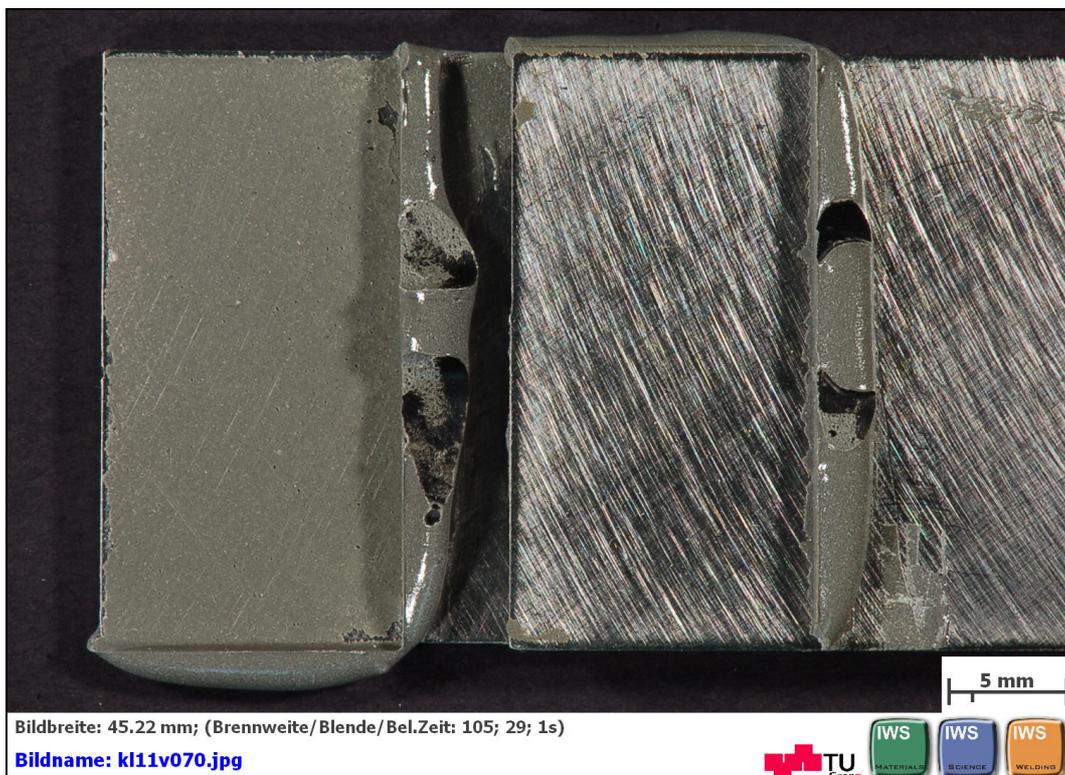
**Abbildung B 37: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® EA 9394/C-2 Probe 4 von 5**



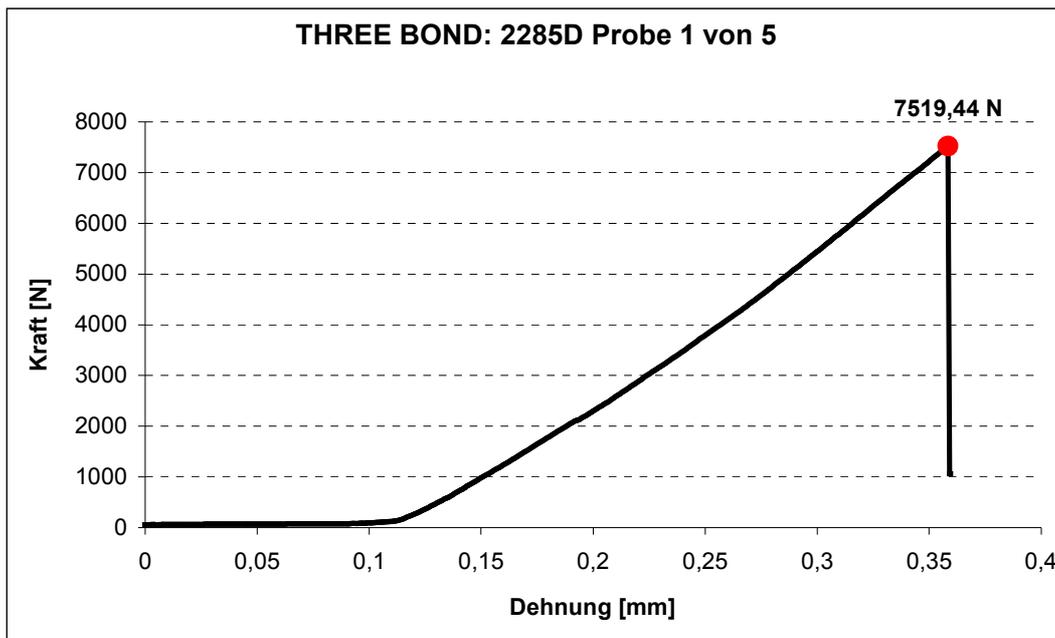
**Abbildung B 38: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® EA 9394/C-2 Probe 4 von 5**



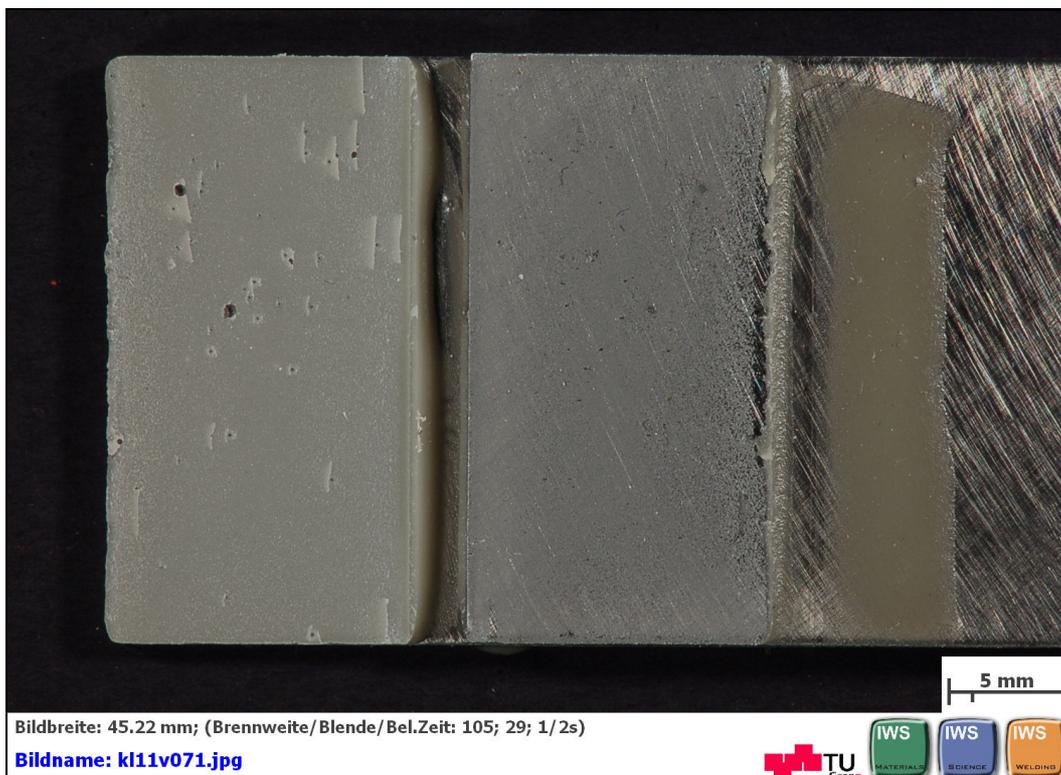
**Abbildung B 39: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® EA 9394/C-2 Probe 5 von 5**



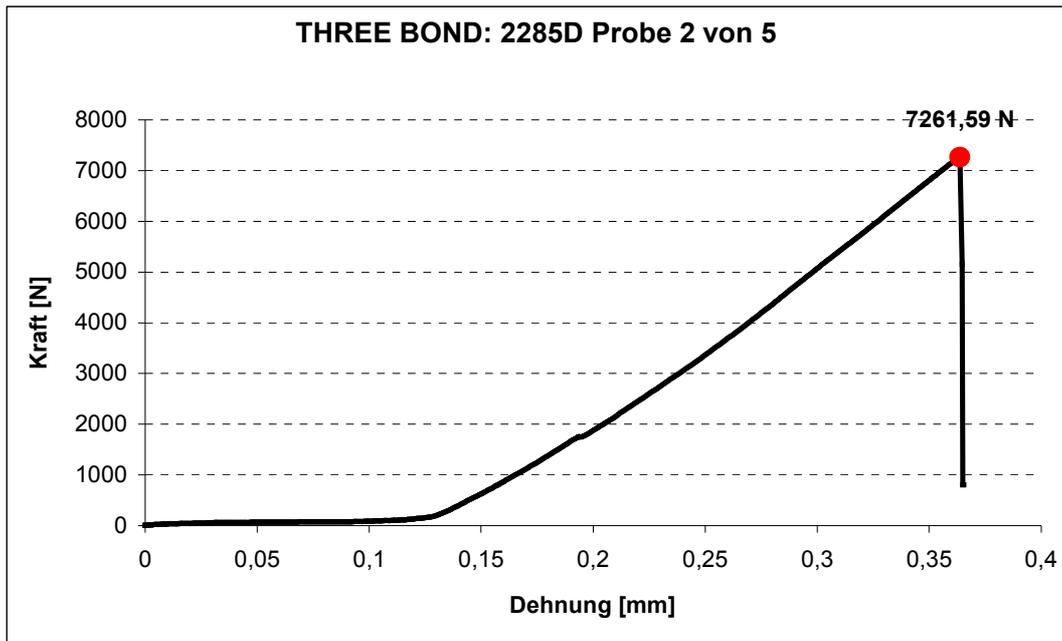
**Abbildung B 40: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit HENKEL: HYSOL® EA 9394/C-2 Probe 5 von 5**



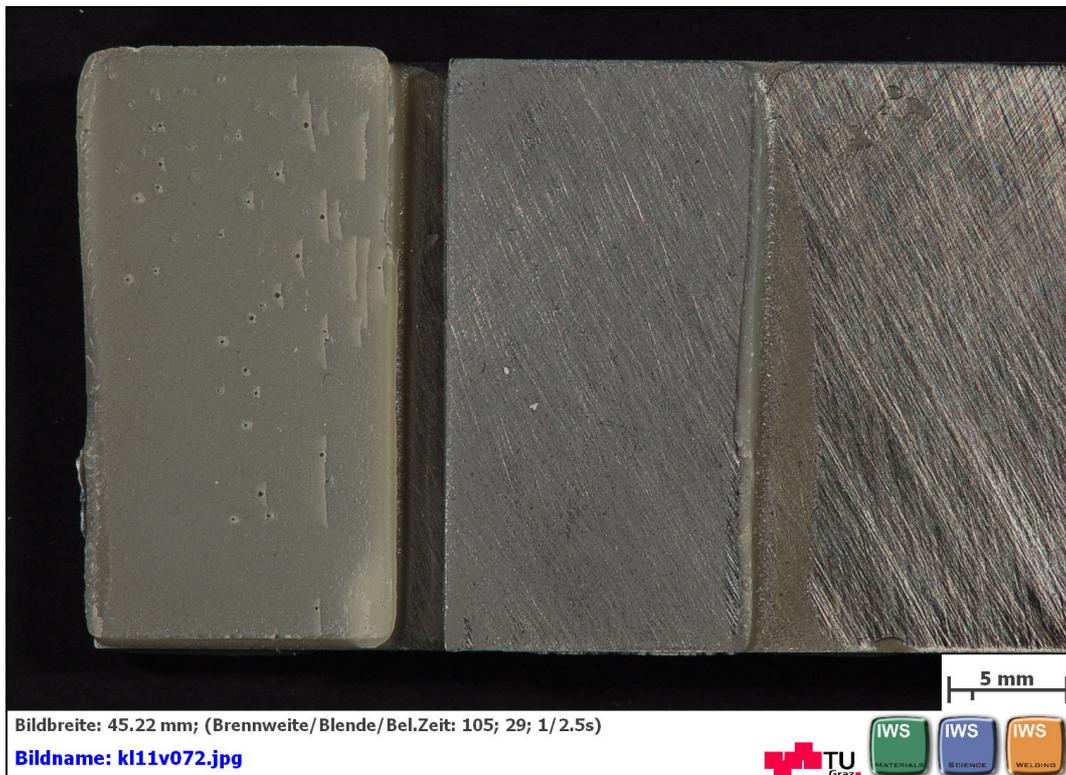
**Abbildung B 41: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 1 von 5**



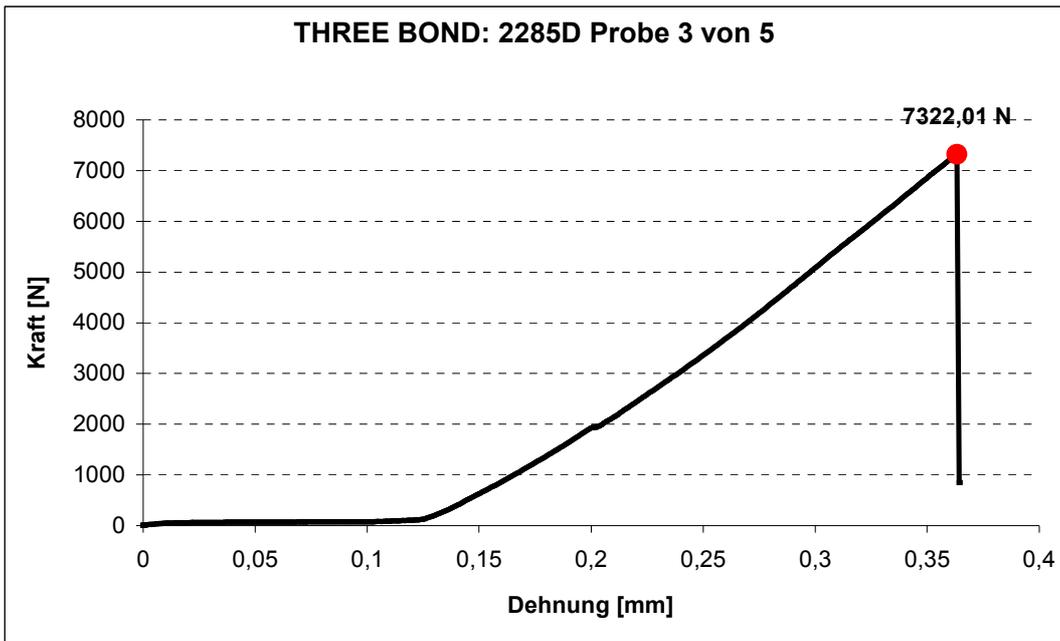
**Abbildung B 42: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 1 von 5**



**Abbildung B 43: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 2 von 5**



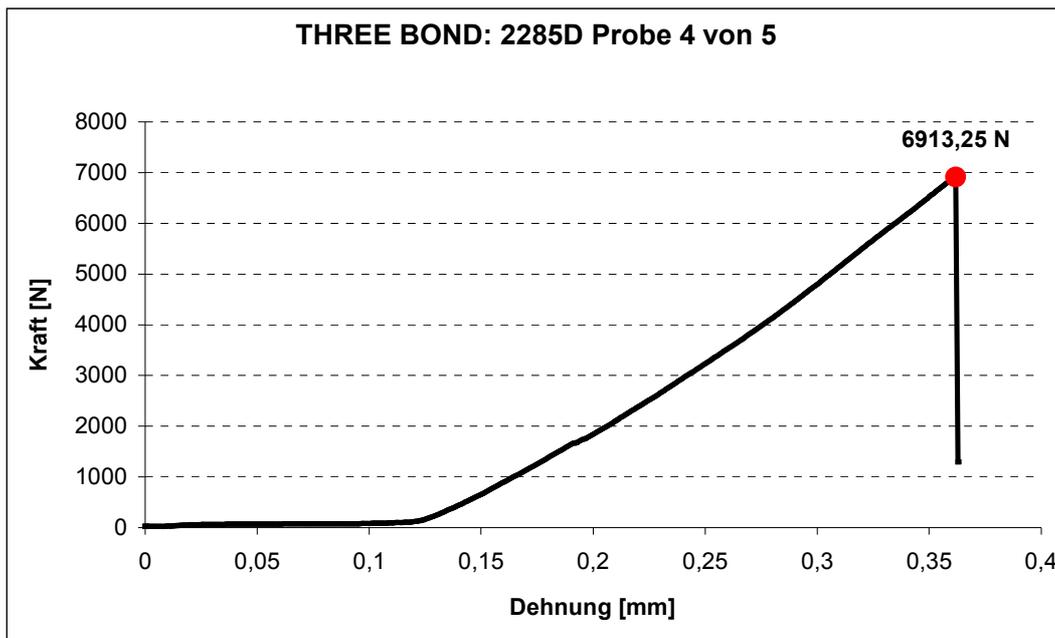
**Abbildung B 44: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 2 von 5**



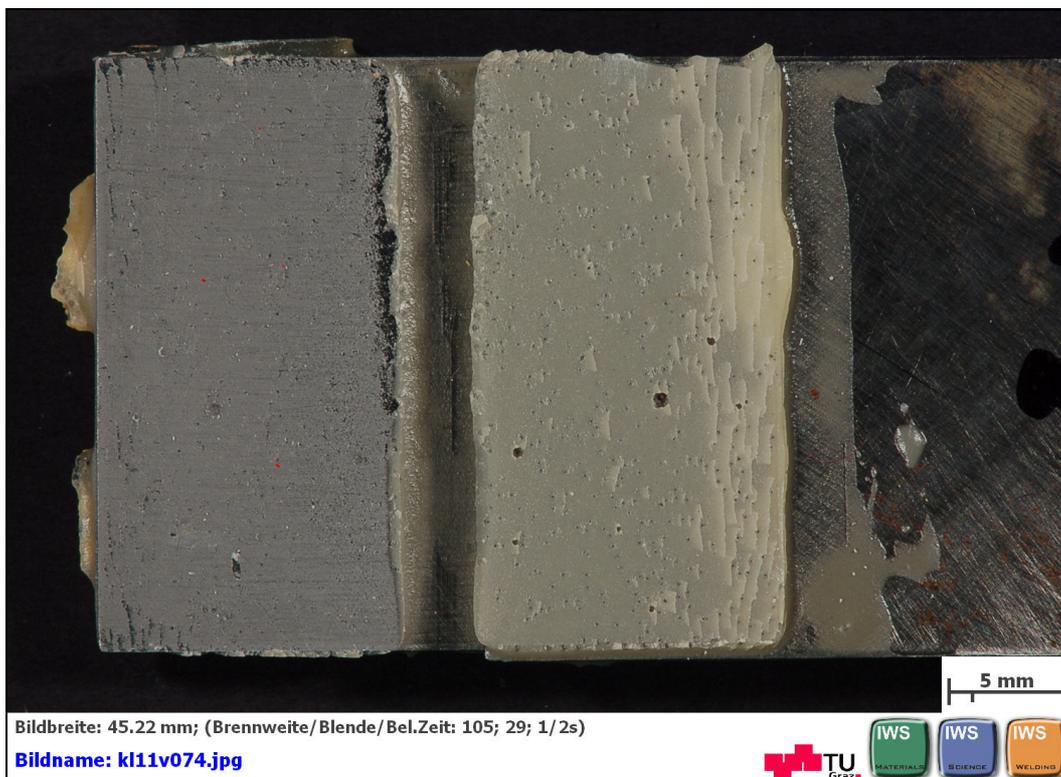
**Abbildung B 45: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 3 von 5**



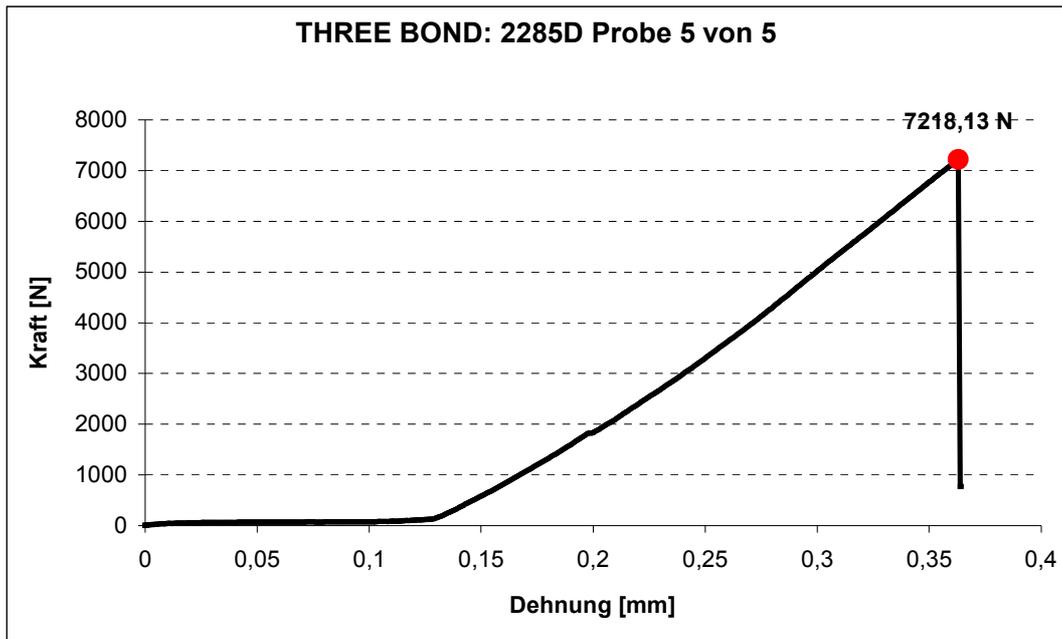
**Abbildung B 46: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 3 von 5**



**Abbildung B 47: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 4 von 5**



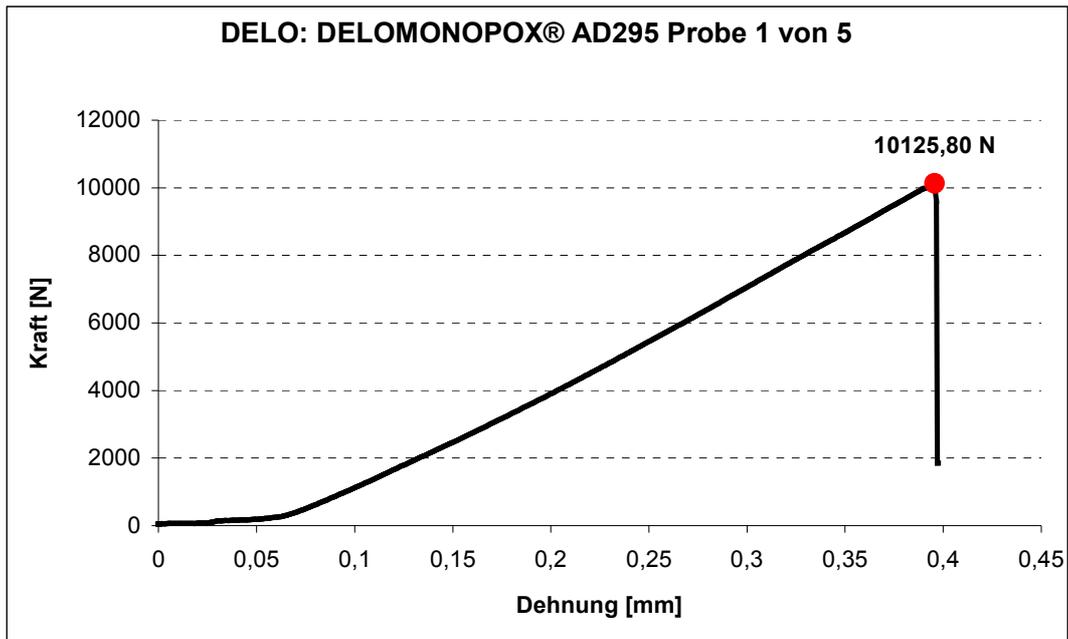
**Abbildung B 48: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 4 von 5**



**Abbildung B 49: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 5 von 5**



**Abbildung B 50: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit THREE BOND: 2285D Probe 5 von 5**



**Abbildung B 51: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 1 von 5**



**Abbildung B 52: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 1 von 5**

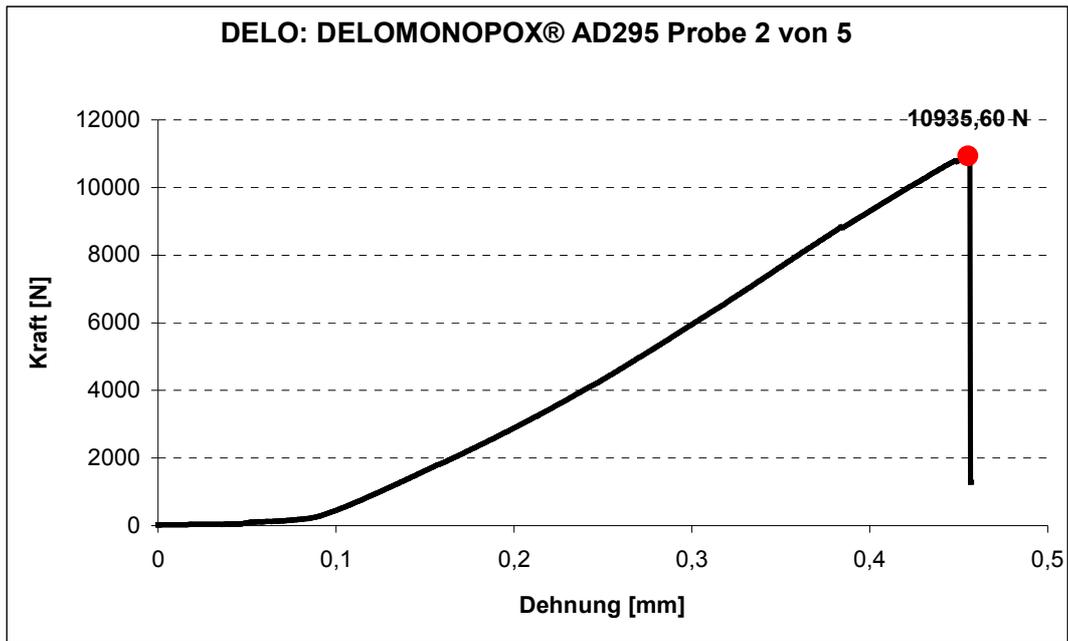


Abbildung B 53: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 2 von 5

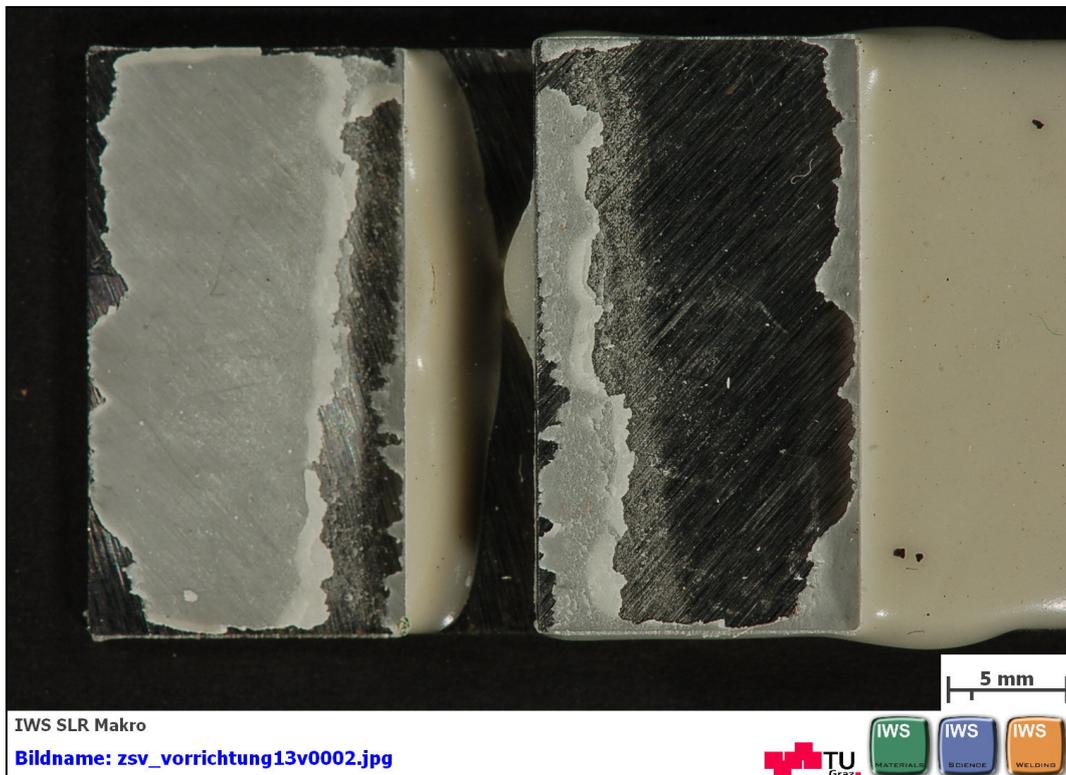
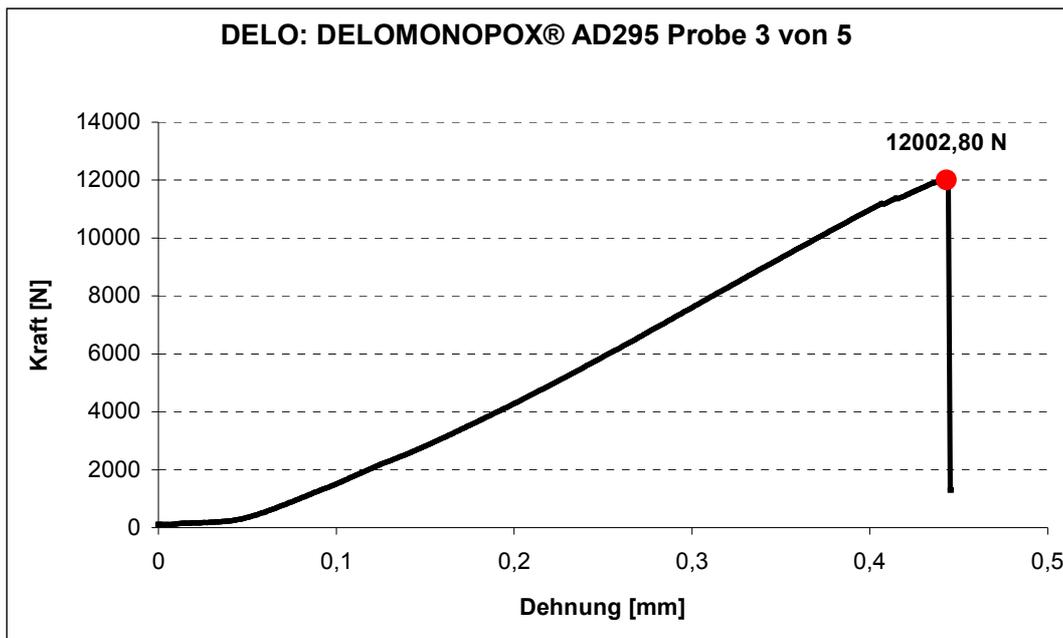


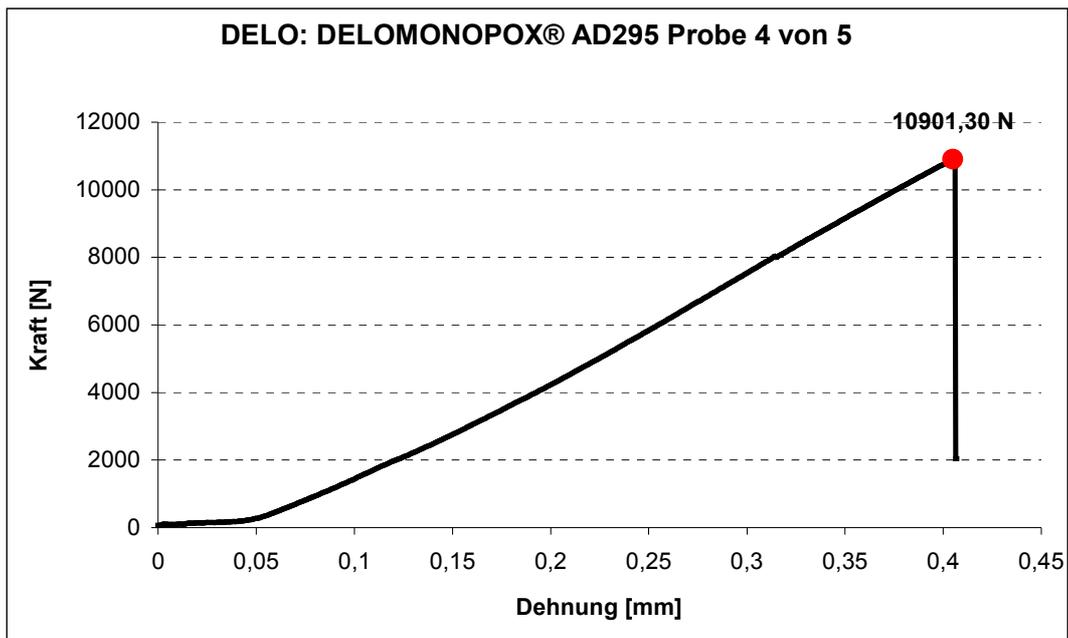
Abbildung B 54: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 2 von 5



**Abbildung B 55: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 3 von 5**



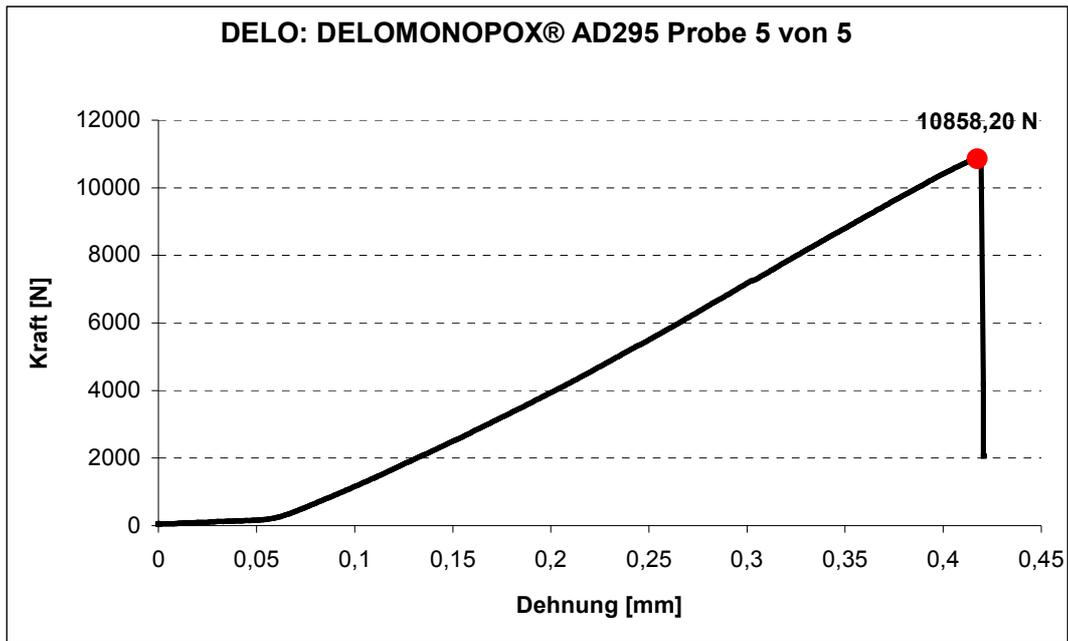
**Abbildung B 56: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 3 von 5**



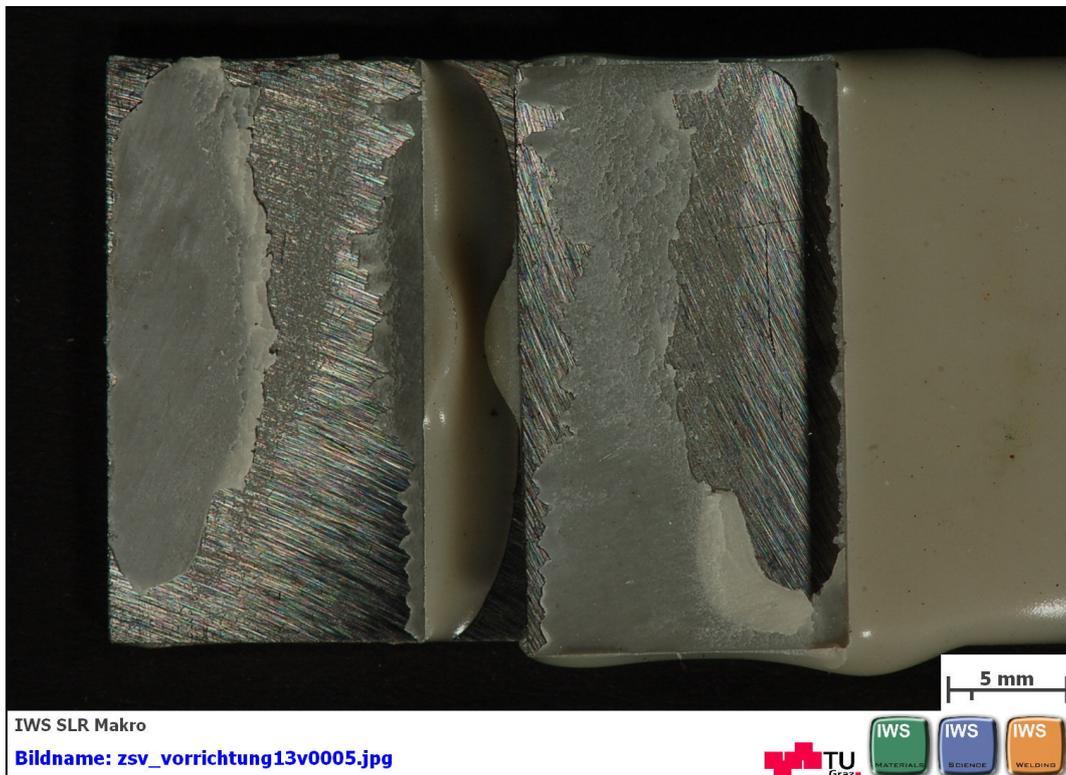
**Abbildung B 57: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 4 von 5**



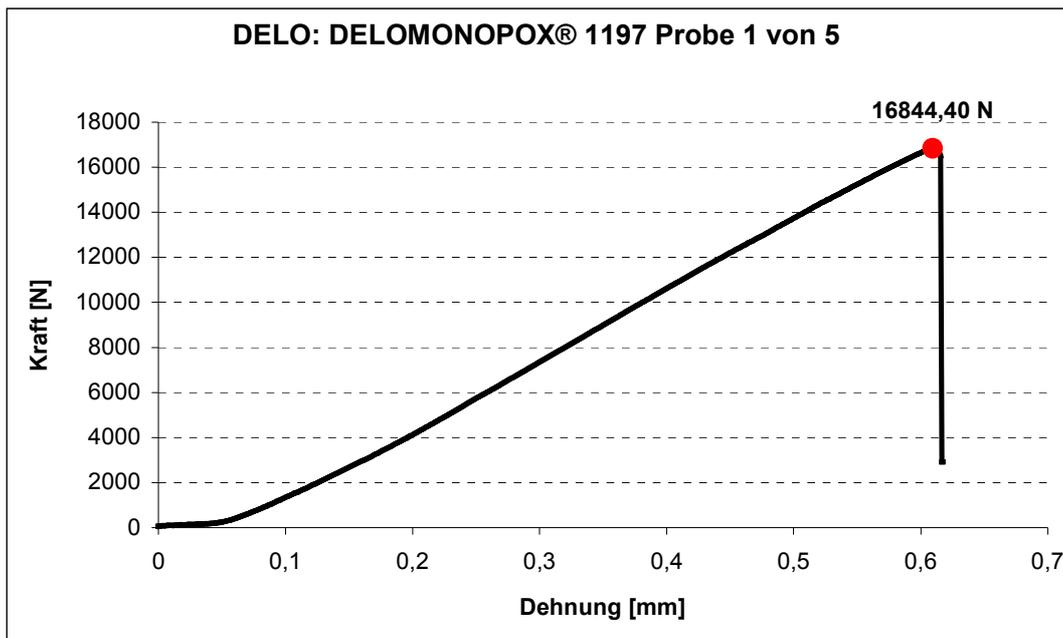
**Abbildung B 58: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 4 von 5**



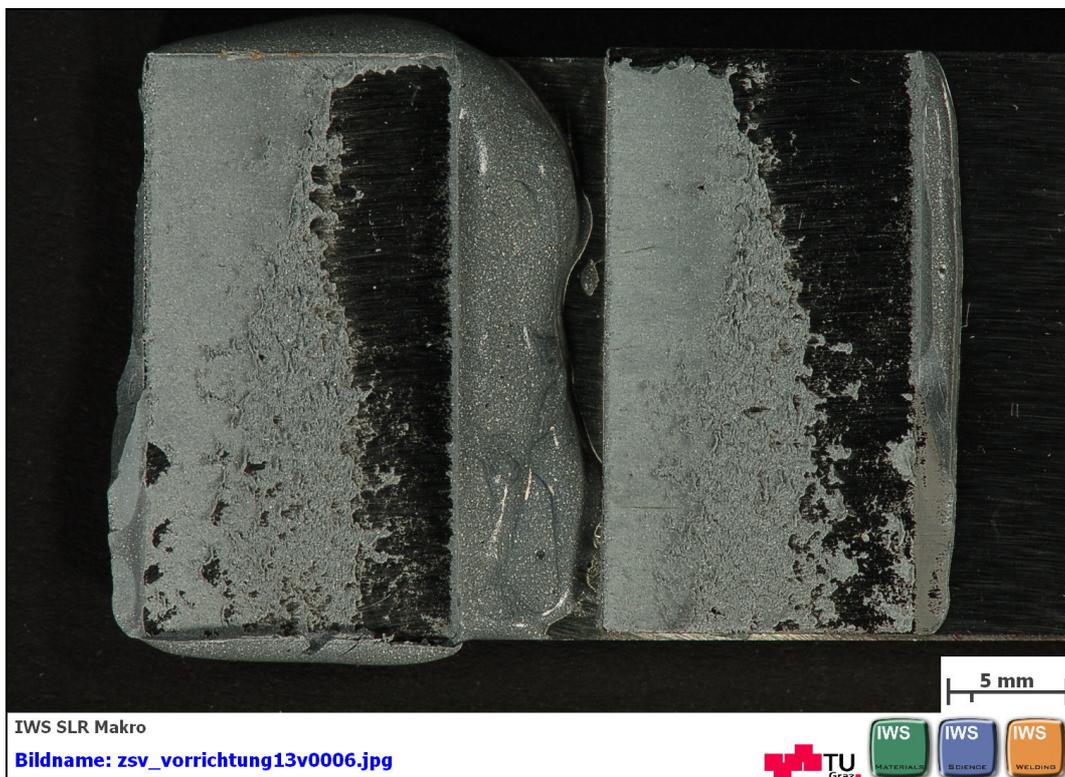
**Abbildung B 59: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 5 von 5**



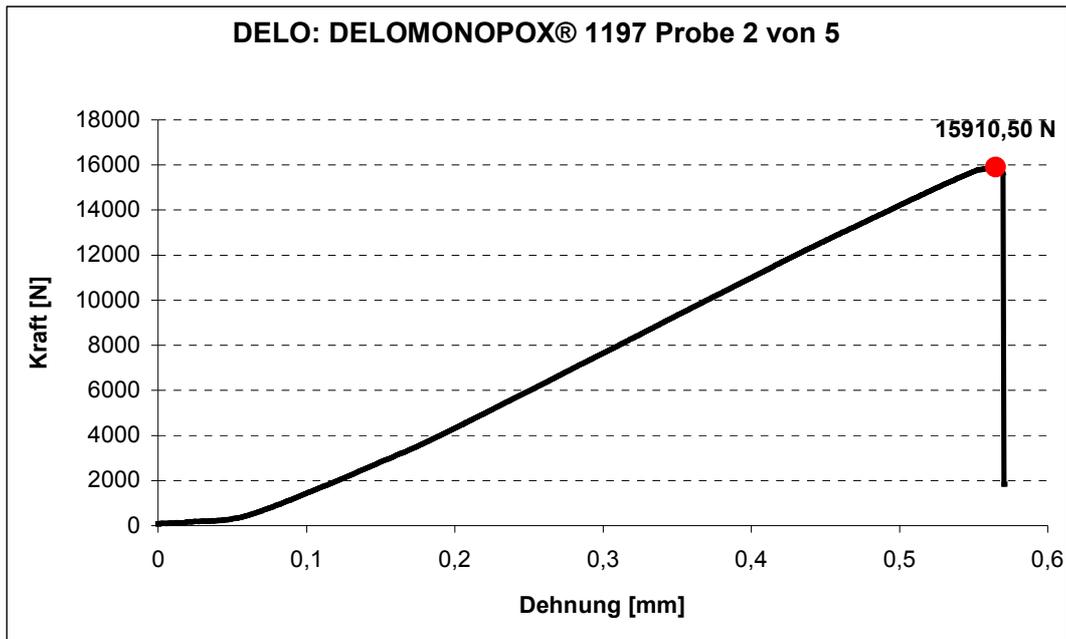
**Abbildung B 60: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 5 von 5**



**Abbildung B 61: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 1 von 5**



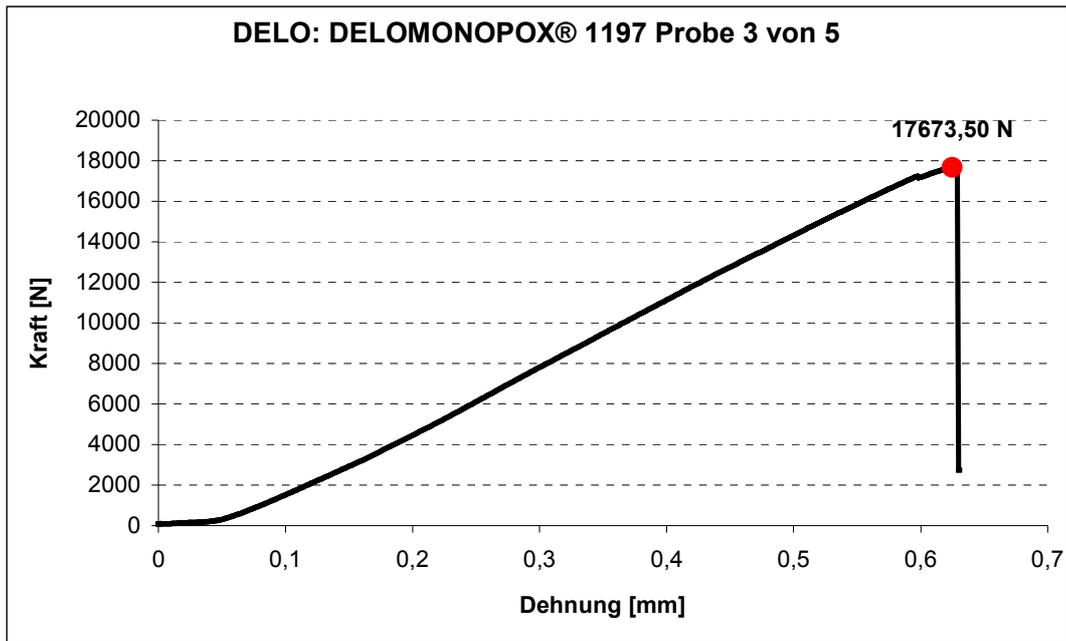
**Abbildung B 62: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 1 von 5**



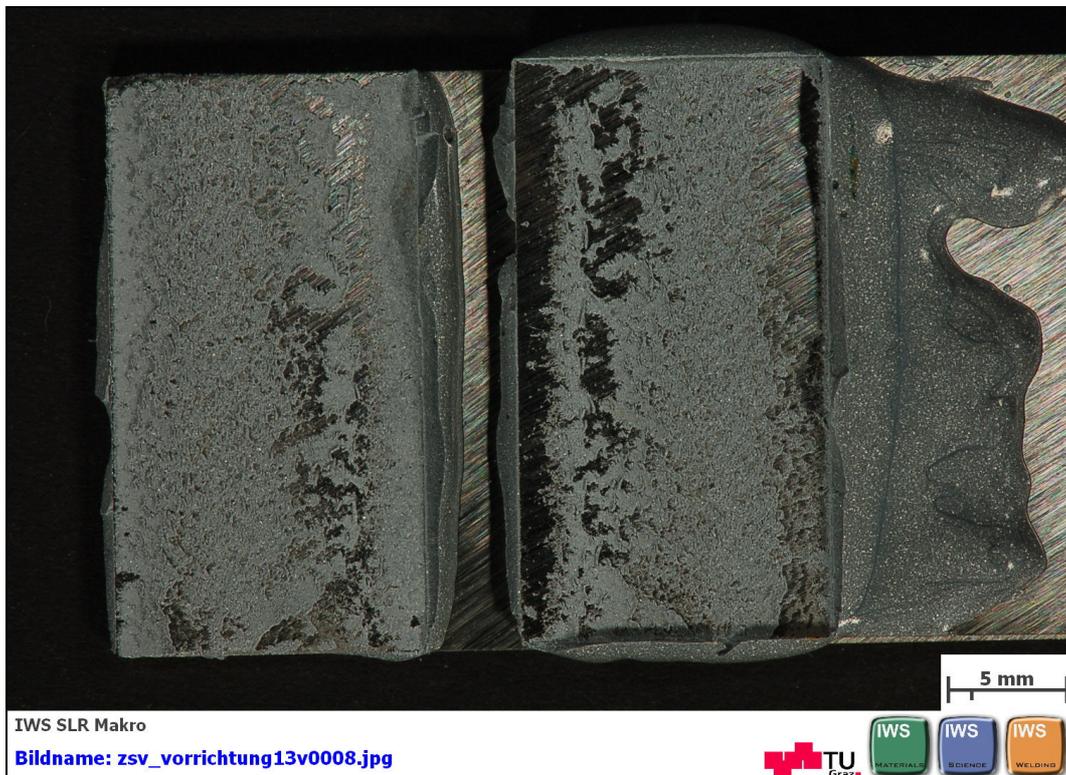
**Abbildung B 63: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 2 von 5**



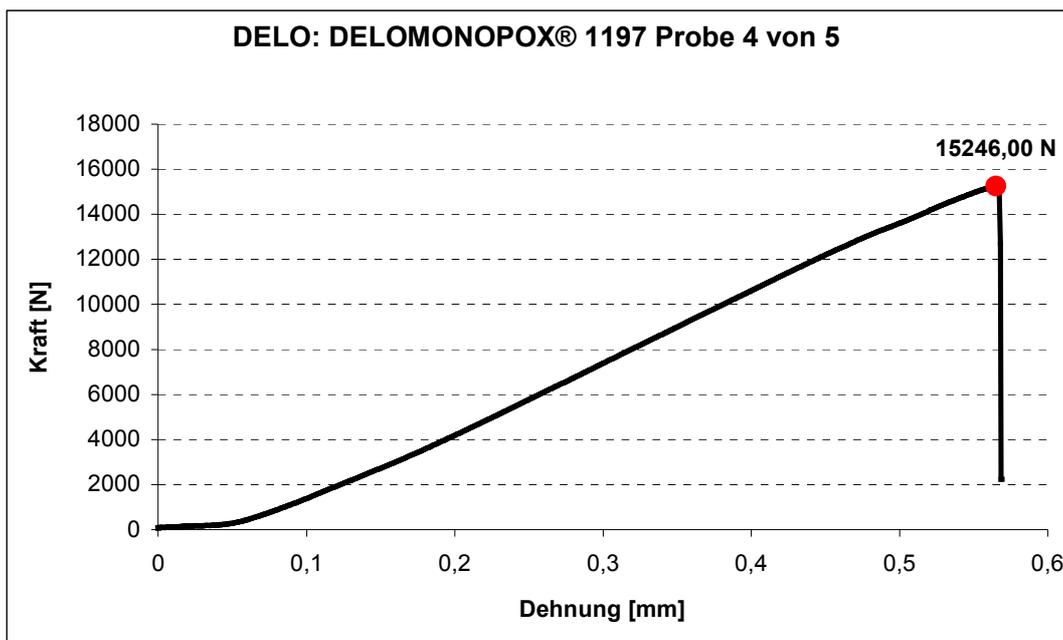
**Abbildung B 64: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 2 von 5**



**Abbildung B 65: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 3 von 5**



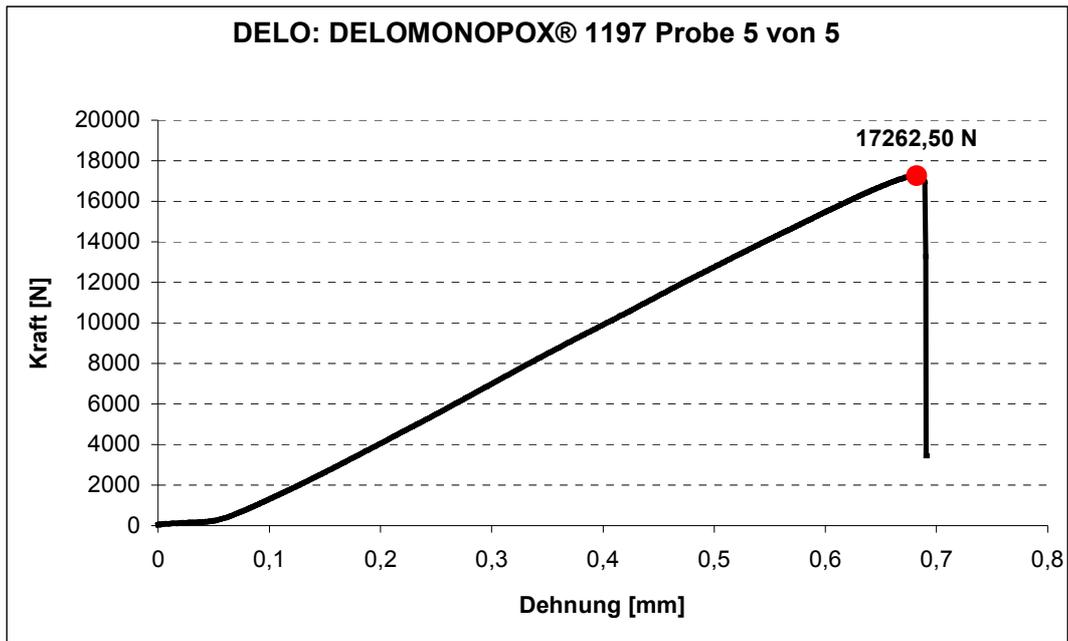
**Abbildung B 66: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 3 von 5**



**Abbildung B 67: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 4 von 5**



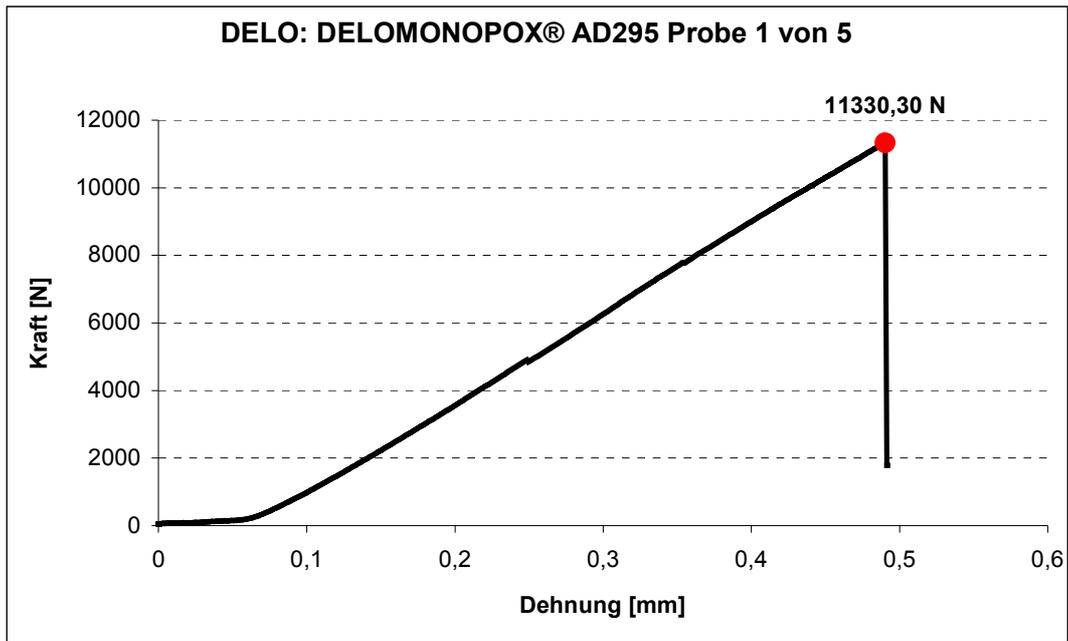
**Abbildung B 68: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 4 von 5**



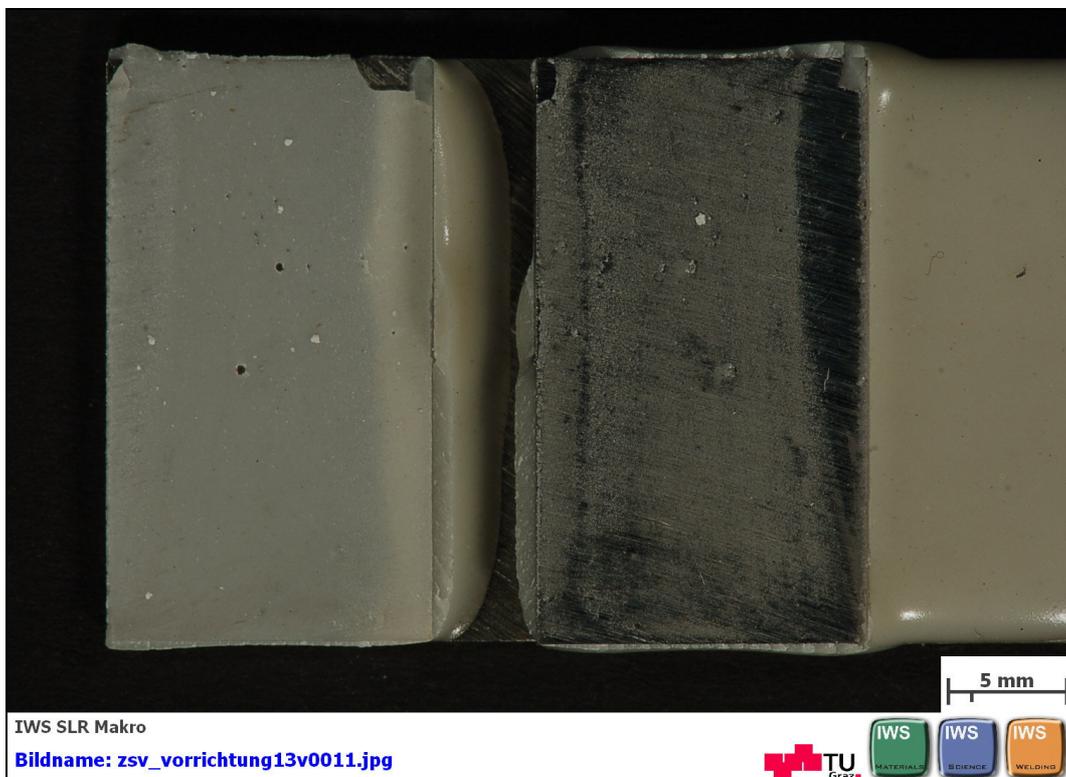
**Abbildung B 69: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 5 von 5**



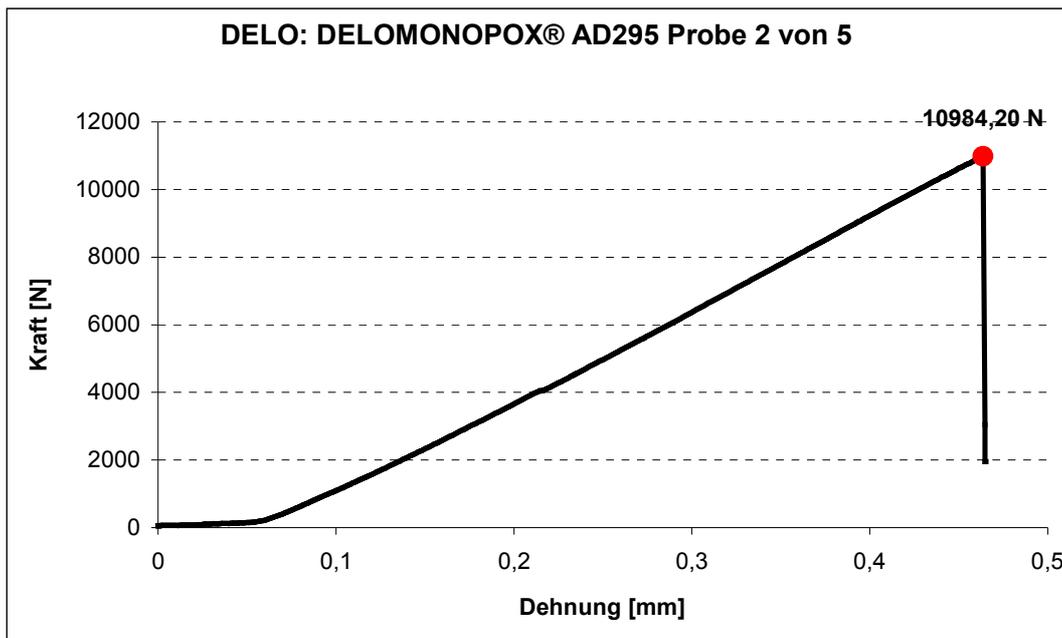
**Abbildung B 70: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 5 von 5**



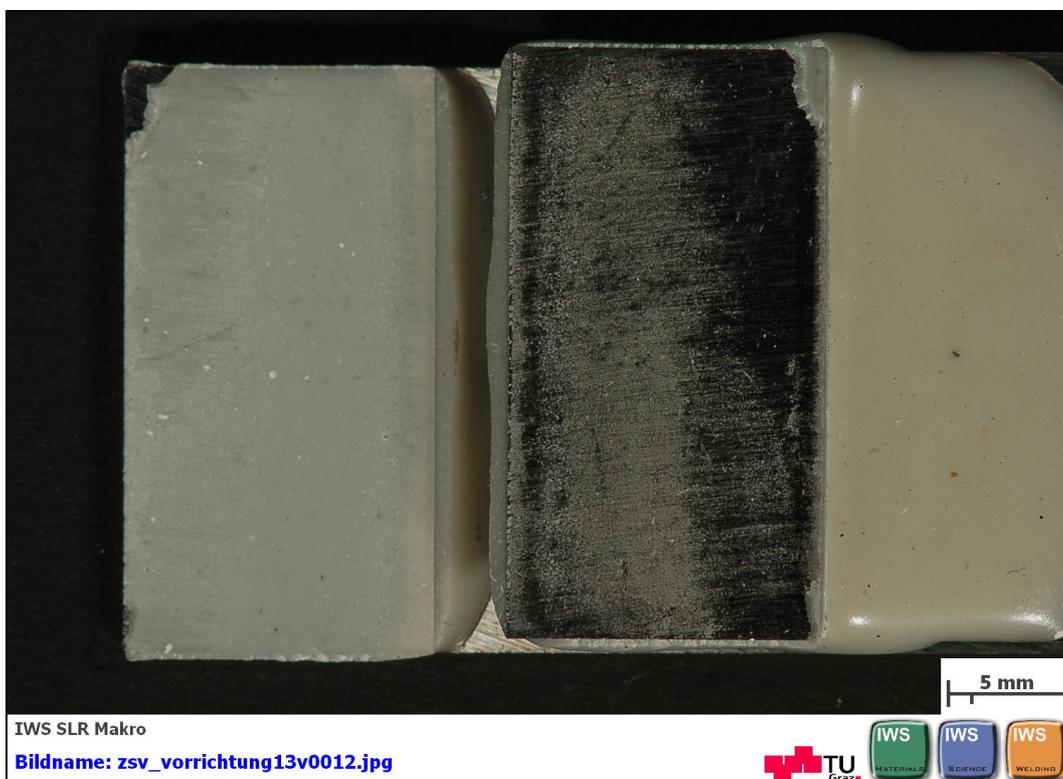
**Abbildung B 71: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELOMONOPOX® AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 1 von 5**



**Abbildung B 72: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 1 von 5**



**Abbildung B 73: Kraft-Weg-Diagramm Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELOMONOPOX® AD295  
mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes  
Probe 2 von 5**



**Abbildung B 74: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes  
Probe 2 von 5**

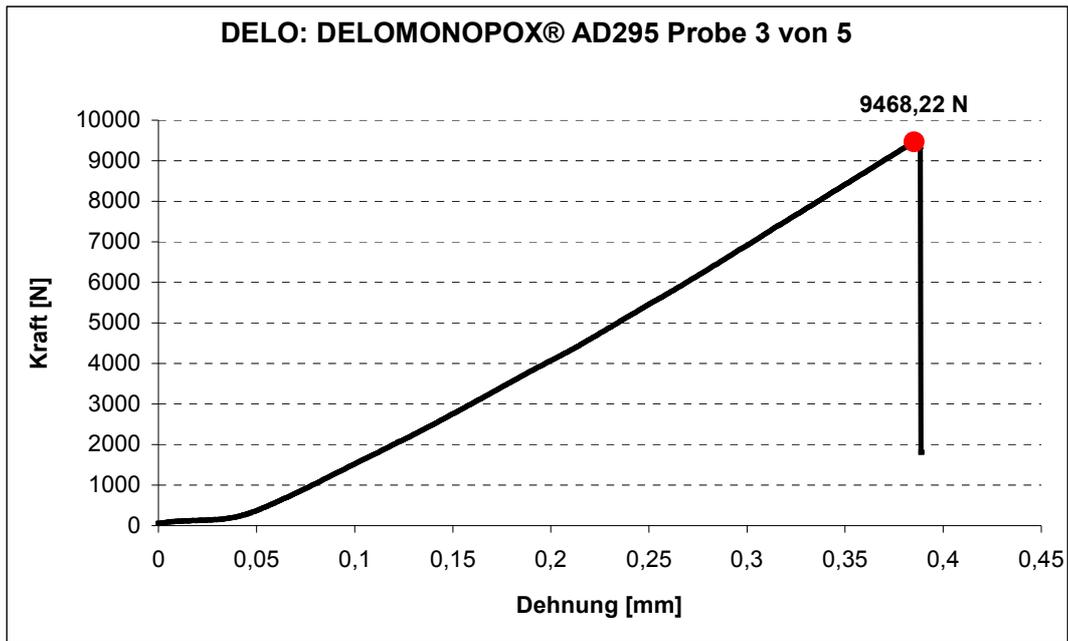


Abbildung B 75: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELOMONOPOX® AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 3 von 5

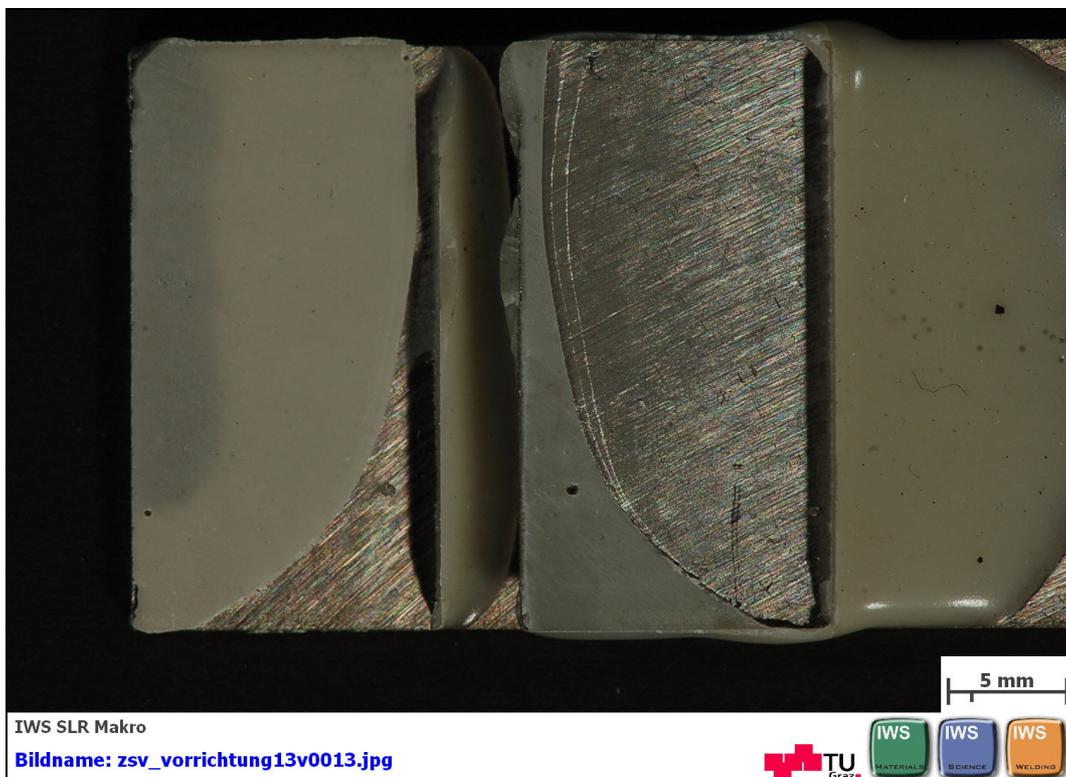
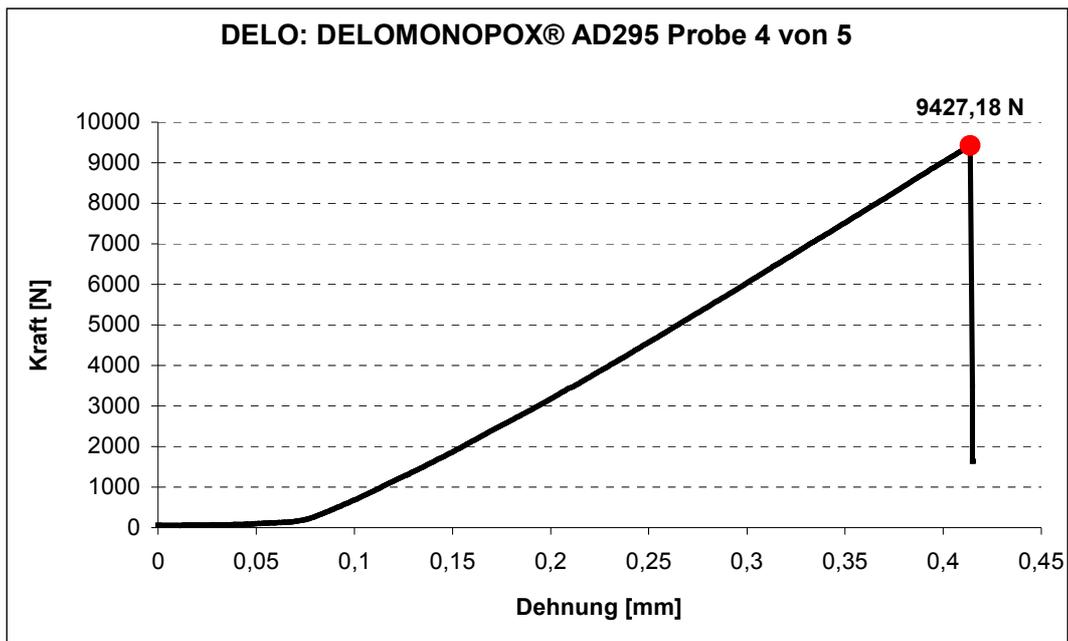


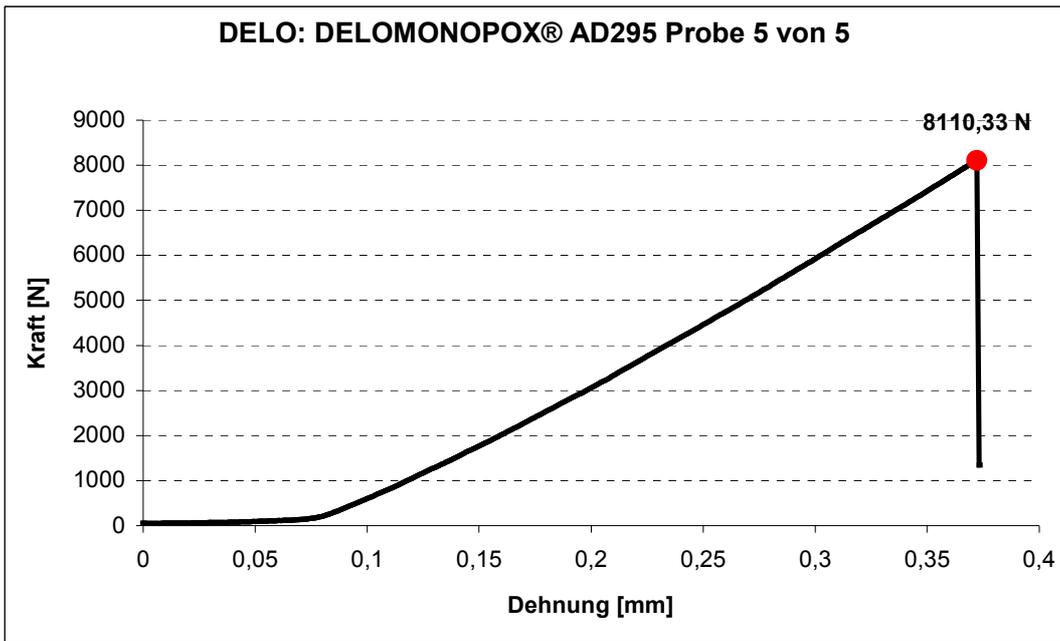
Abbildung B 76: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 3 von 5



**Abbildung B 77: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELOMONOPOX® AD295  
mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes  
Probe 4 von 5**



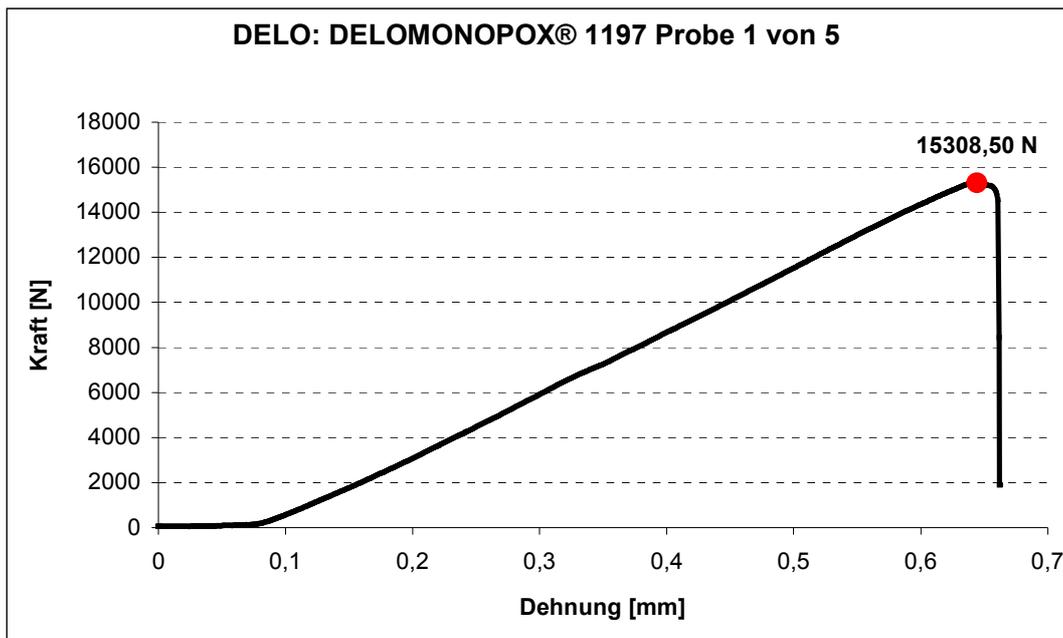
**Abbildung B 78: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes  
Probe 4 von 5**



**Abbildung B 79: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELOMONOPOX® AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 5 von 5**



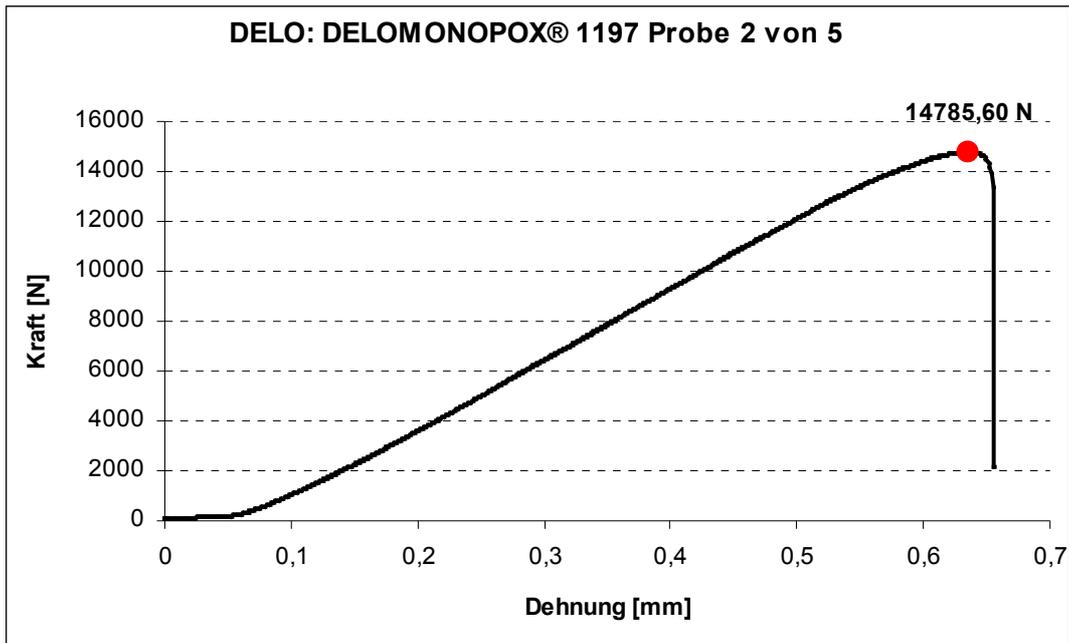
**Abbildung B 80: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 5 von 5**



**Abbildung B 81: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes  
Probe 1 von 5**



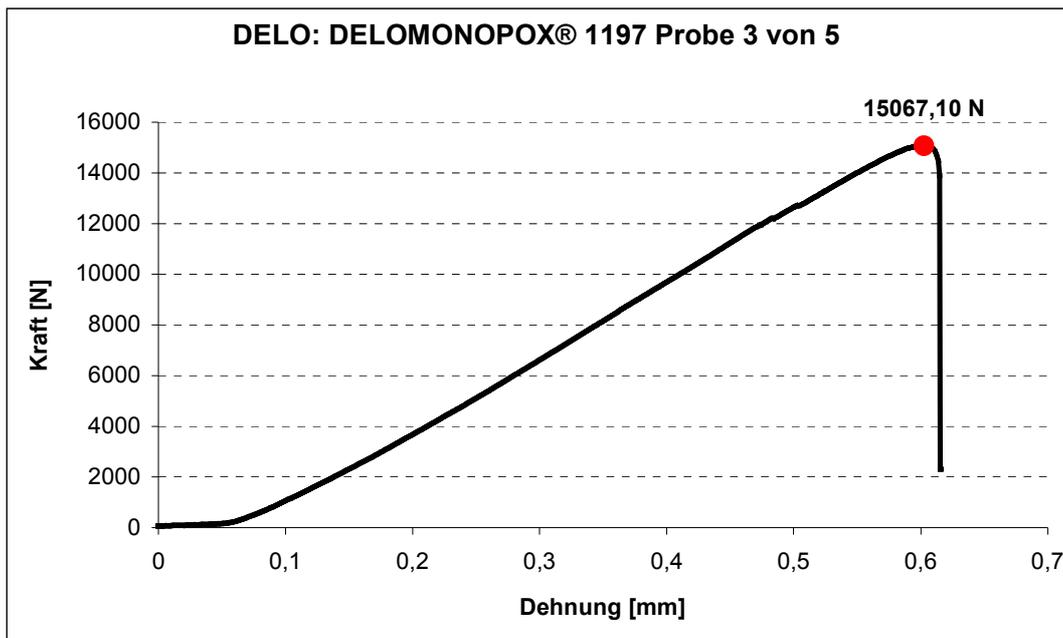
**Abbildung B 82: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes  
Probe 1 von 5**



**Abbildung B 83: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 2 von 5**



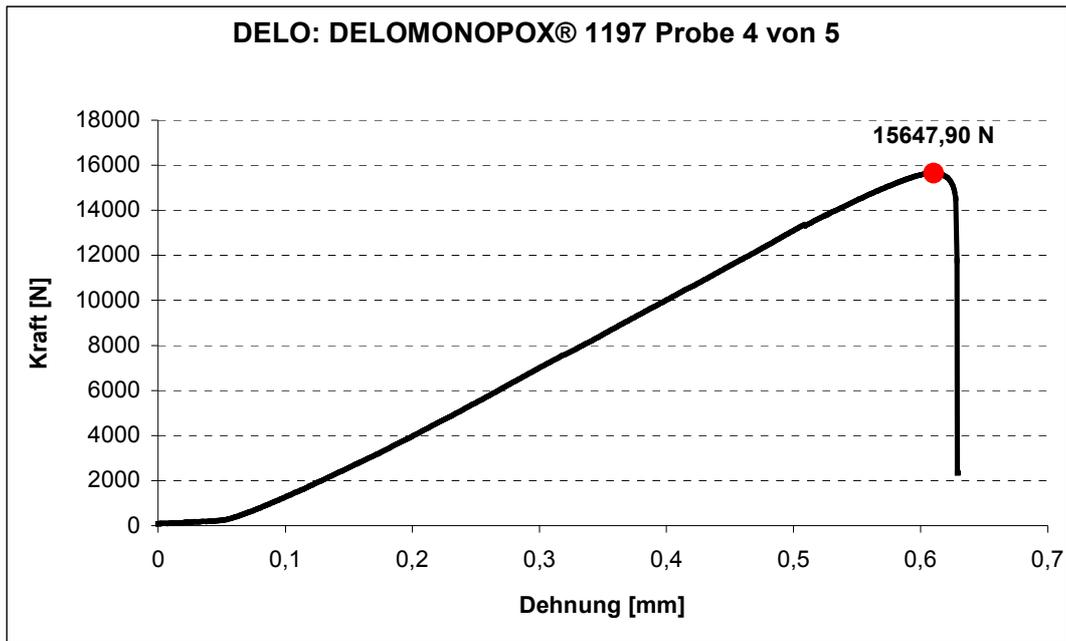
**Abbildung B 84: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 2 von 5**



**Abbildung B 85: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 3 von 5**



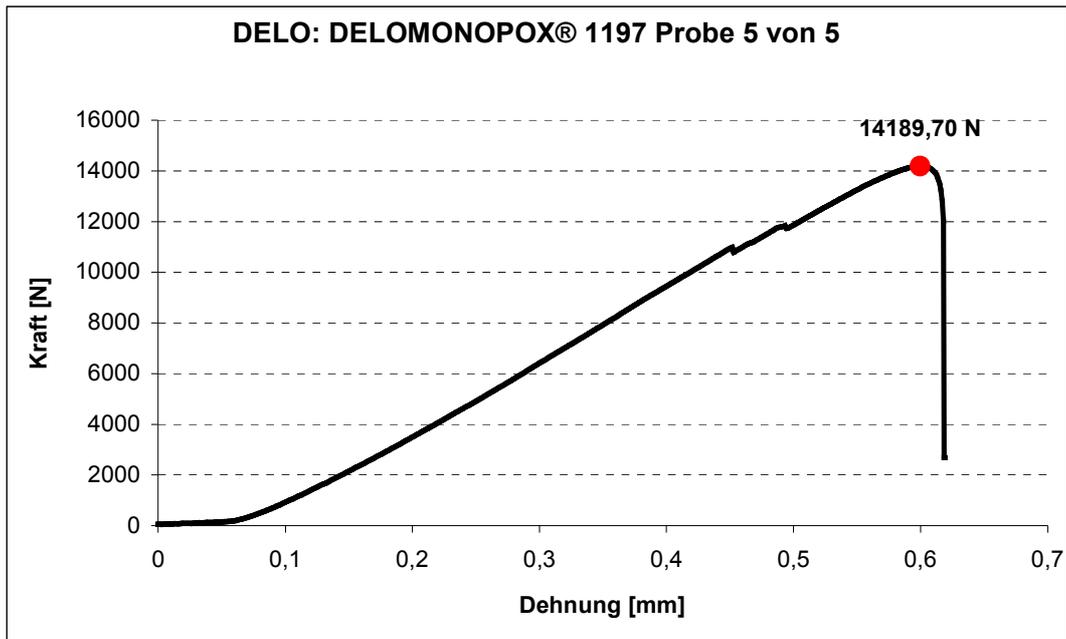
**Abbildung B 86: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes Probe 3 von 5**



**Abbildung B 87: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes  
Probe 4 von 5**



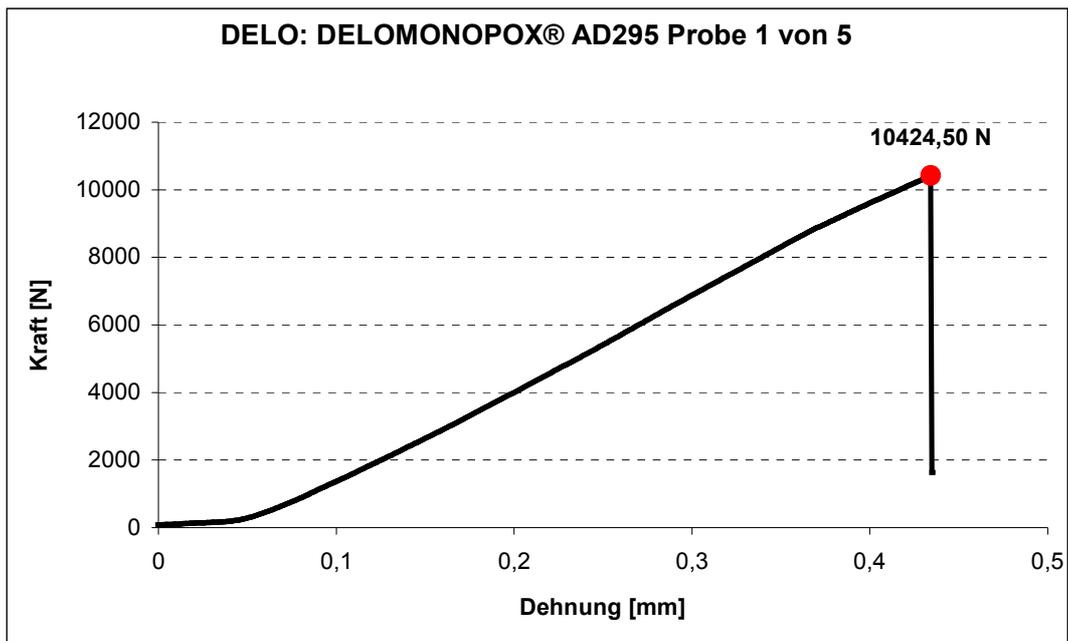
**Abbildung B 88: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes  
Probe 4 von 5**



**Abbildung B 89: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes  
Probe 5 von 5**



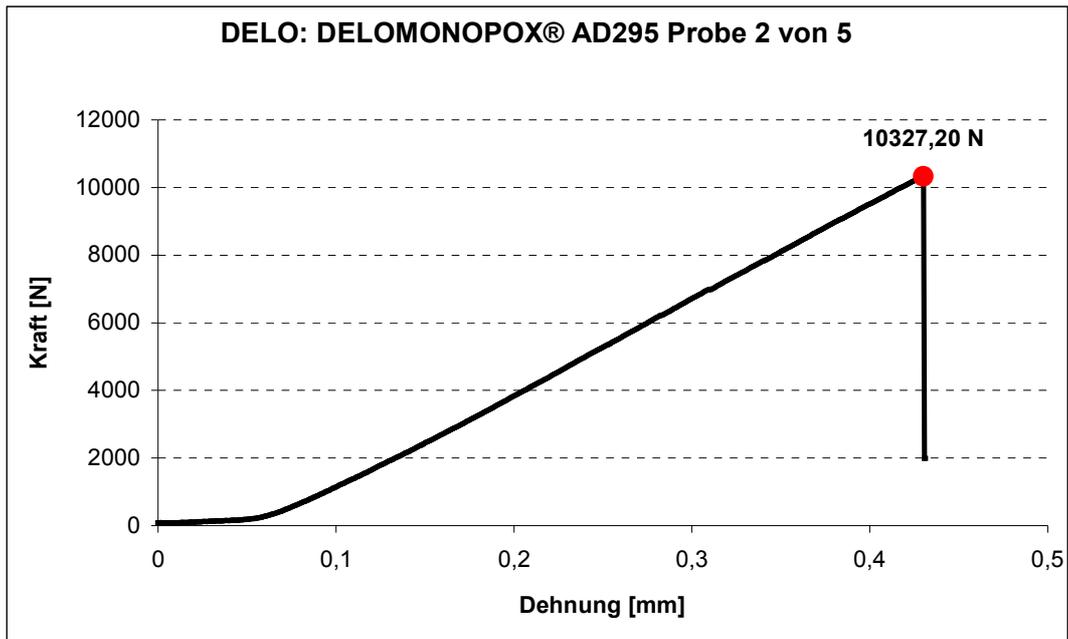
**Abbildung B 90: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
mit Glaskugeln zur Einhaltung des Klebespaltes  
Probe 5 von 5**



**Abbildung B 91: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes  
Probe 1 von 5**



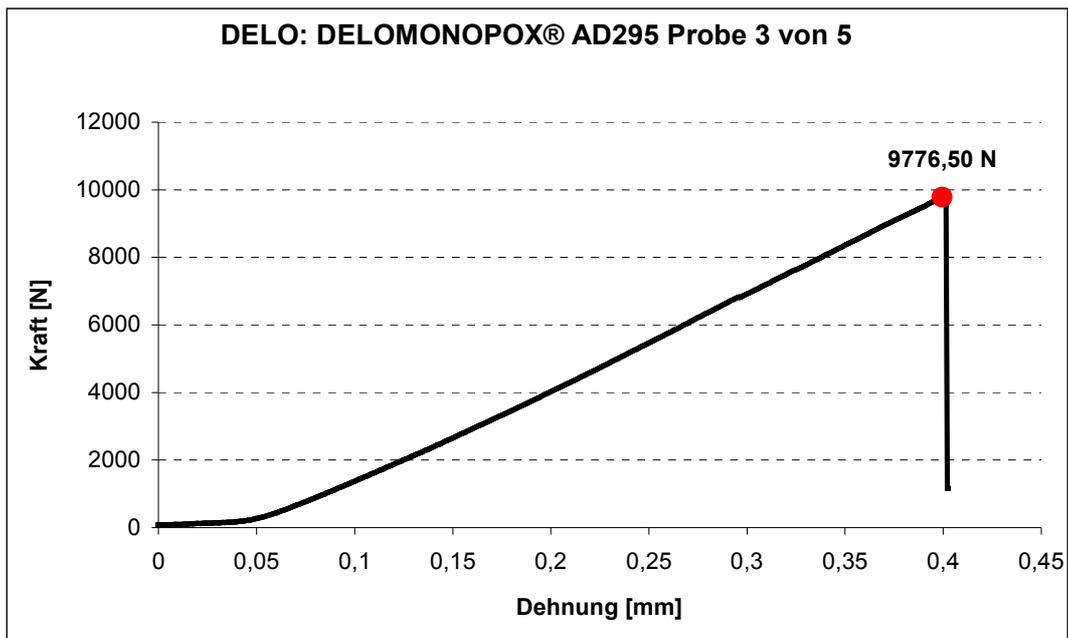
**Abbildung B 92: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes  
Probe 1 von 5**



**Abbildung B 93: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes  
Probe 2 von 5**



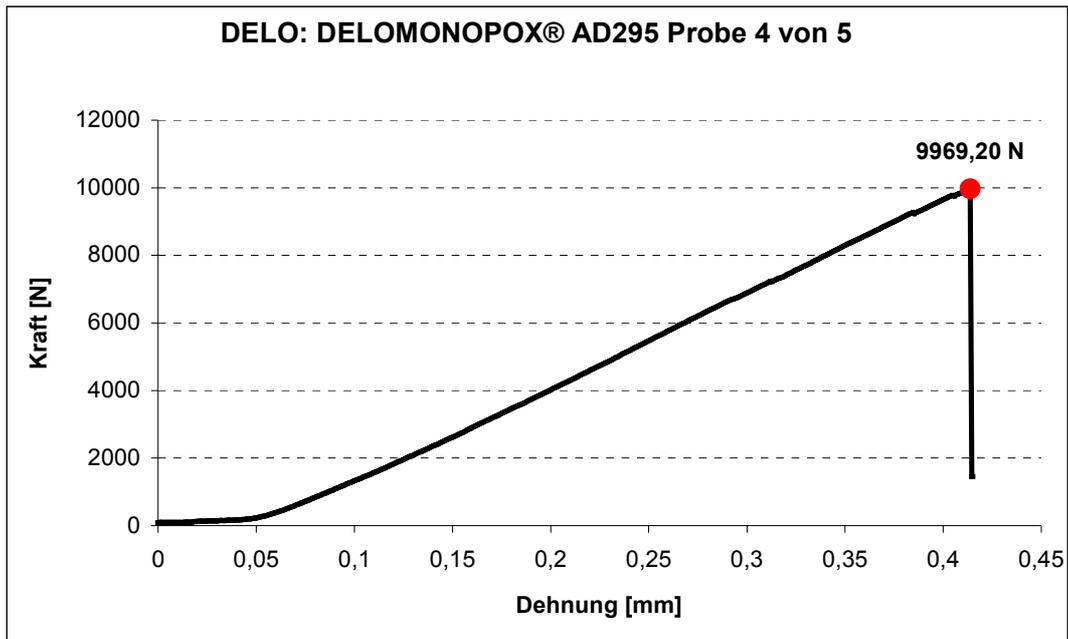
**Abbildung B 94: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes  
Probe 2 von 5**



**Abbildung B 95: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes Probe 3 von 5**



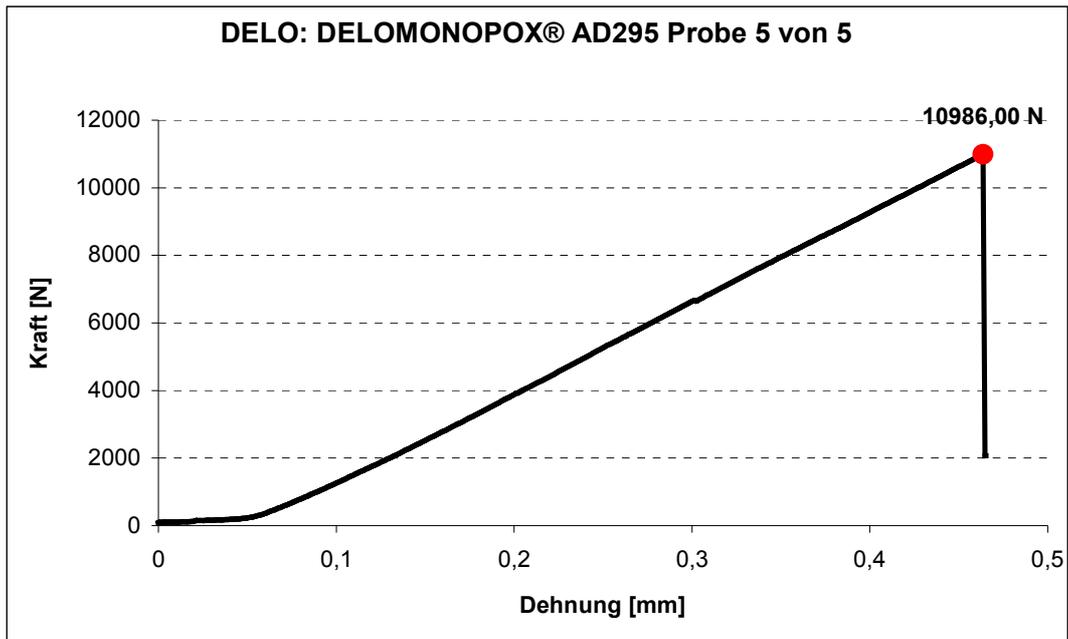
**Abbildung B 96: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes Probe 3 von 5**



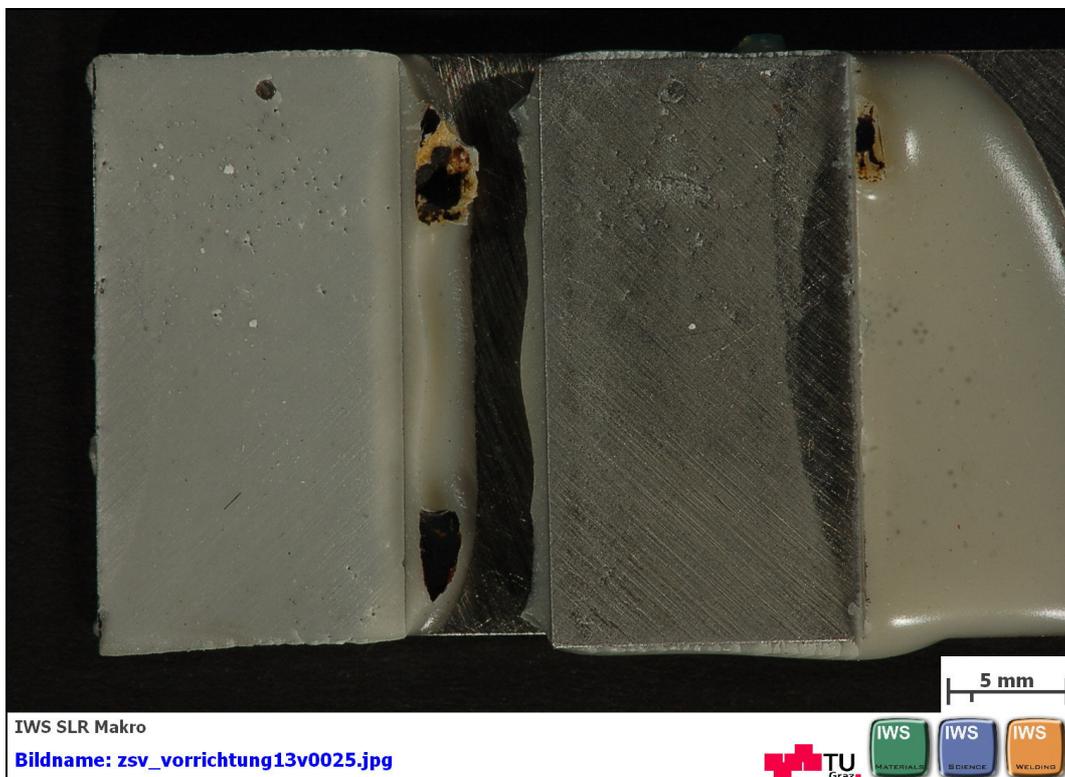
**Abbildung B 97: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes  
Probe 4 von 5**



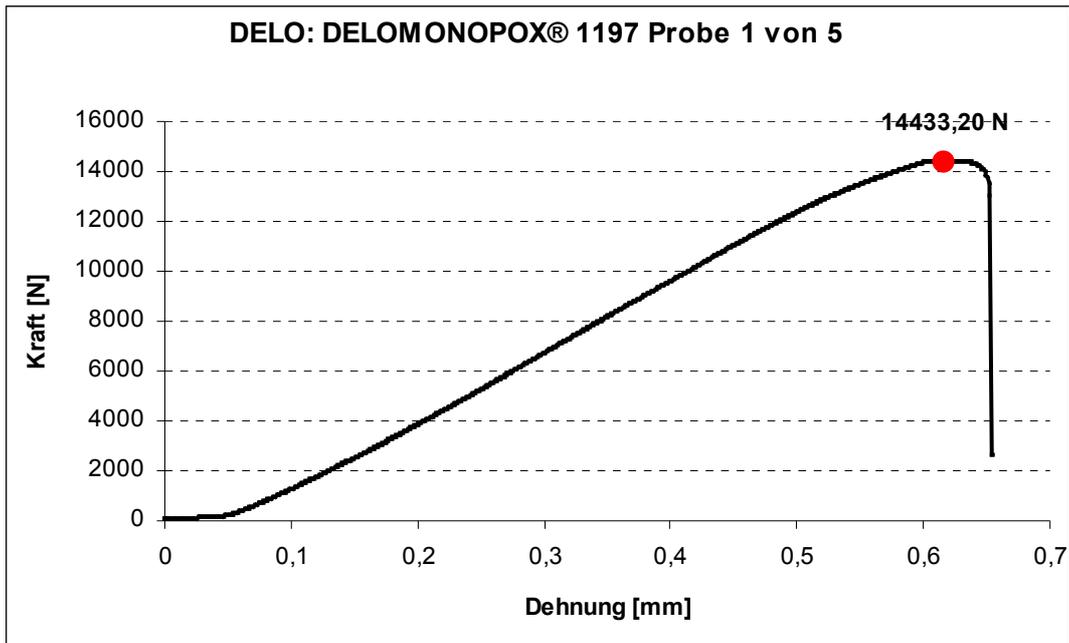
**Abbildung B 98: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes  
Probe 4 von 5**



**Abbildung B 99: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes  
Probe 5 von 5**



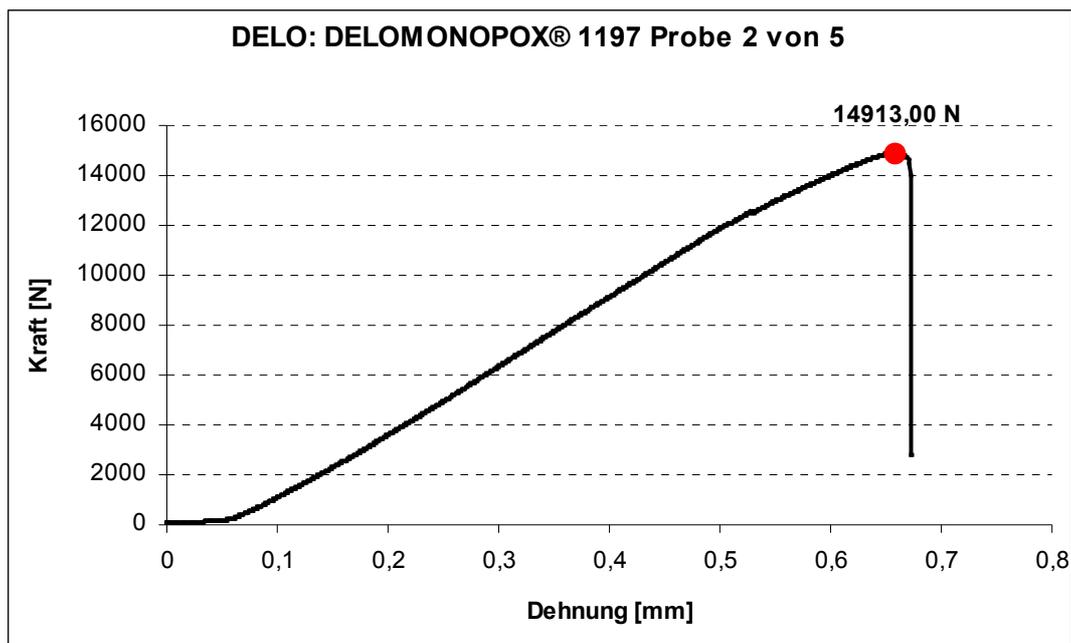
**Abbildung B 100: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes  
Probe 5 von 5**



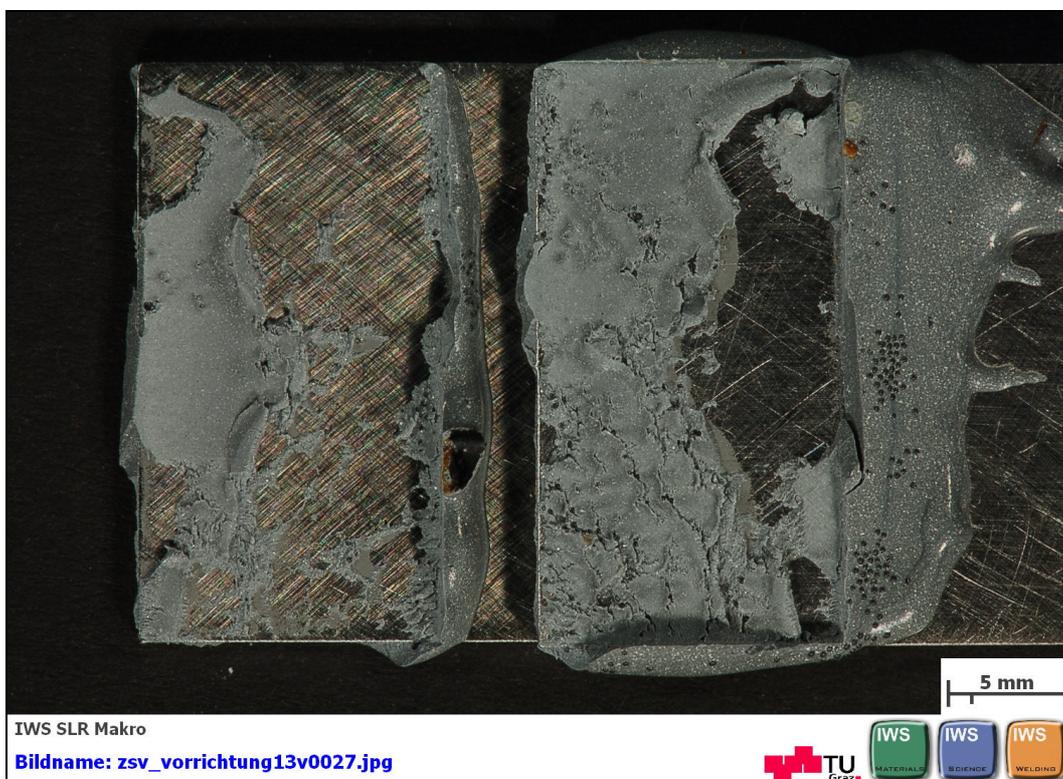
**Abbildung B 101: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes Probe 1 von 5**



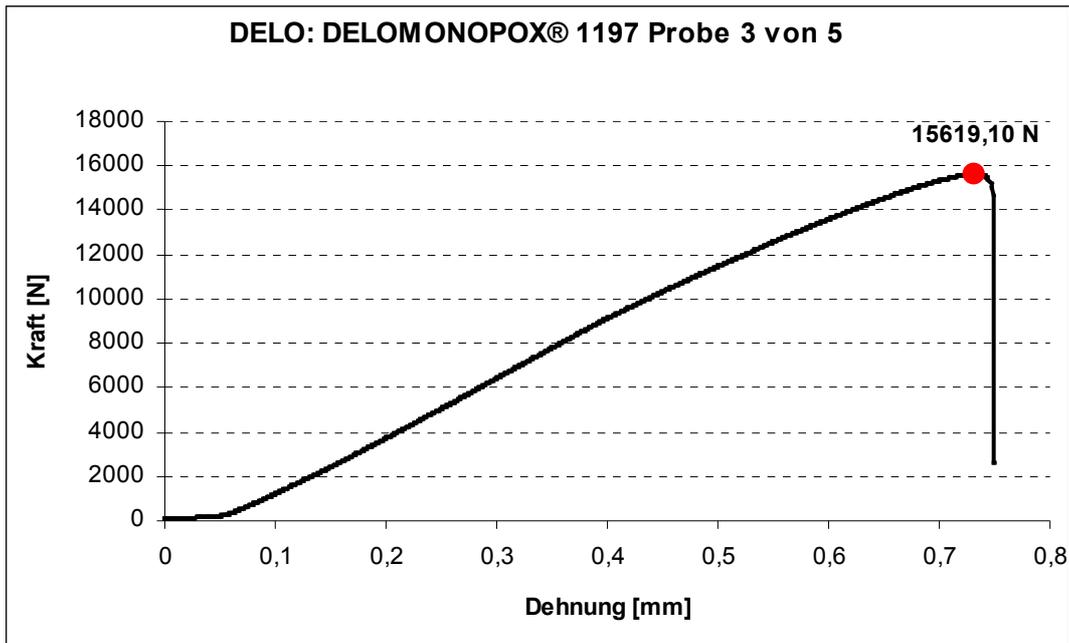
**Abbildung B 102: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes Probe 1 von 5**



**Abbildung B 103: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes Probe 2 von 5**



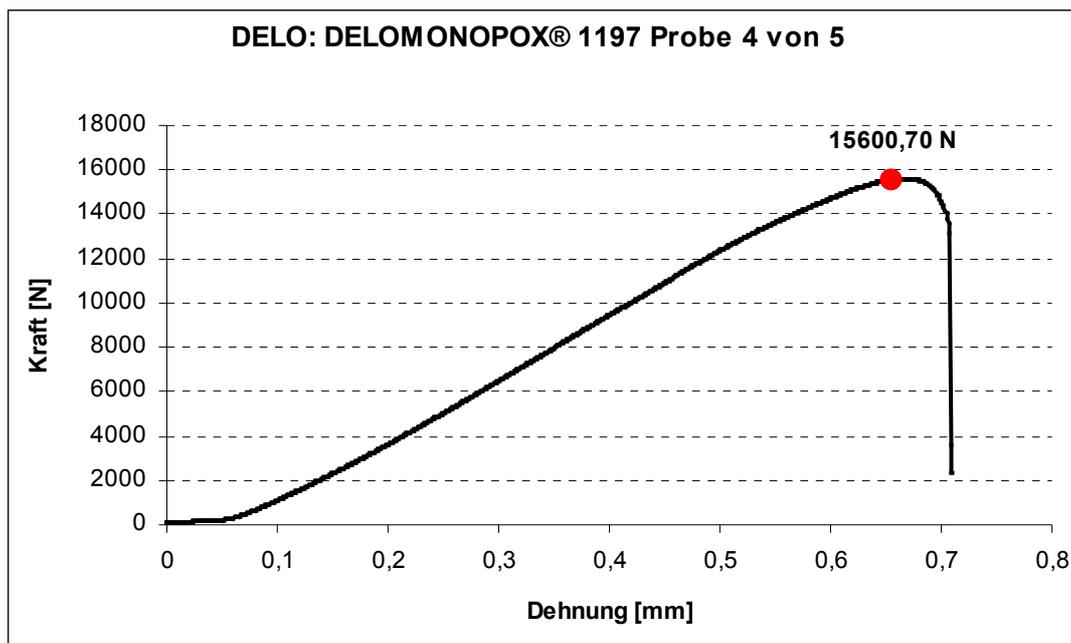
**Abbildung B 104: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes Probe 2 von 5**



**Abbildung B 105: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes Probe 3 von 5**



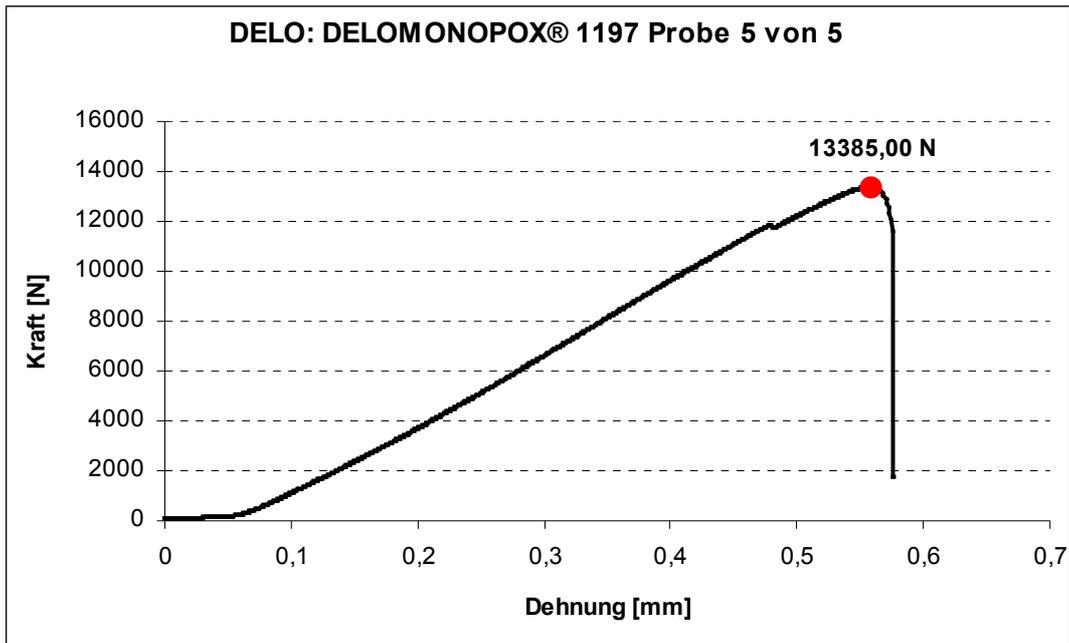
**Abbildung B 106: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes Probe 3 von 5**



**Abbildung B 107: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes Probe 4 von 5**



**Abbildung B 108: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes Probe 4 von 5**



**Abbildung B 109: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes Probe 5 von 5**



**Abbildung B 110: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 1465 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 mit Glaskugeln und Stahlscheiben zur Einhaltung des Klebspaltes Probe 5 von 5**

# Anhang C:

## Zugscherversuch nach EN 14869-2:

### Kraft-Weg-Diagramme und

### Fotos der geklebten Oberflächen

Abbildung C 1: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 1 von 5 .....	1
Abbildung C 2: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 1 von 5 .....	1
Abbildung C 3: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 2 von 5 .....	2
Abbildung C 4: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 2 von 5 .....	2
Abbildung C 5: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 3 von 5 .....	3
Abbildung C 6: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 3 von 5 .....	3
Abbildung C 7: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 4 von 5 .....	4
Abbildung C 8: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 4 von 5 .....	4
Abbildung C 9: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 5 von 5 .....	5
Abbildung C 10: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 5 von 5 .....	5
Abbildung C 11: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 1 von 5 .....	6
Abbildung C 12: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 1 von 5 .....	6
Abbildung C 13: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 2 von 5 .....	7

Abbildung C 14: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 2 von 5 .....	7
Abbildung C 15: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 3 von 5 .....	8
Abbildung C 16: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 3 von 5 .....	8
Abbildung C 17: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 4 von 5 .....	9
Abbildung C 18: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 4 von 5 .....	9
Abbildung C 19: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 5 von 5 .....	10
Abbildung C 20: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 5 von 5 .....	10
Abbildung C 21: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 1 von 5 .....	11
Abbildung C 22: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 1 von 5 .....	11
Abbildung C 23: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 2 von 5 .....	12
Abbildung C 24: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 2 von 5 .....	12
Abbildung C 25: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 3 von 5 .....	13
Abbildung C 26: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 3 von 5 .....	13
Abbildung C 27: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 4 von 5 .....	14
Abbildung C 28: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 4 von 5 .....	14
Abbildung C 29: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 5 von 5 .....	15
Abbildung C 30: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 5 von 5 .....	15

Abbildung C 31: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 1 von 5.....	16
Abbildung C 32: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 1 von 5.....	16
Abbildung C 33: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 2 von 5.....	17
Abbildung C 34: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 2 von 5.....	17
Abbildung C 35: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 3 von 5.....	18
Abbildung C 36: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 3 von 5.....	18
Abbildung C 37: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 4 von 5.....	19
Abbildung C 38: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 4 von 5.....	19
Abbildung C 39: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 5 von 5.....	20
Abbildung C 40: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 5 von 5.....	20
Abbildung C 41: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 1 von 5.....	21
Abbildung C 42: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 1 von 5.....	21
Abbildung C 43: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 2 von 5.....	22
Abbildung C 44: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 2 von 5.....	22
Abbildung C 45: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 3 von 5.....	23
Abbildung C 46: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 3 von 5.....	23
Abbildung C 47: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 4 von 5.....	24

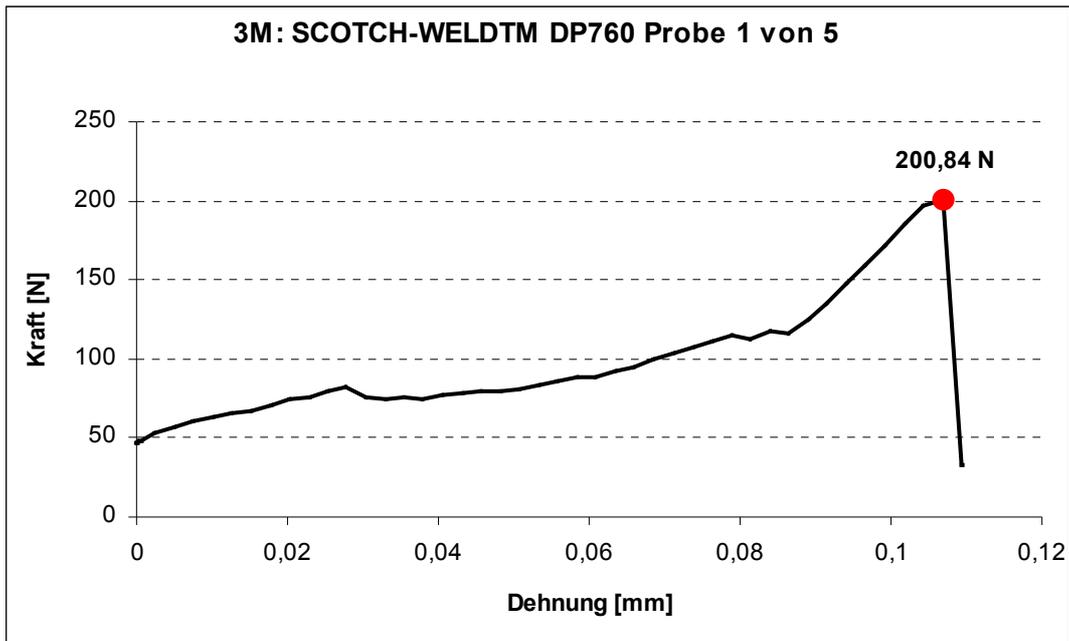
Abbildung C 48: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 4 von 5.....	24
Abbildung C 49: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 5 von 5.....	25
Abbildung C 50: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 5 von 5.....	25
Abbildung C 51: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 1 von 5.....	26
Abbildung C 52: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 1 von 5.....	26
Abbildung C 53: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 2 von 5.....	27
Abbildung C 54: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 2 von 5.....	27
Abbildung C 55: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 3 von 5.....	28
Abbildung C 56: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 3 von 5.....	28
Abbildung C 57: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 4 von 5.....	29
Abbildung C 58: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 4 von 5.....	29
Abbildung C 59: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 5 von 5.....	30
Abbildung C 60: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 5 von 5.....	30
Abbildung C 61: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 1 von 5.....	31
Abbildung C 62: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 1 von 5.....	31
Abbildung C 63: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 2 von 5.....	32
Abbildung C 64: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 2 von 5.....	32

Abbildung C 65: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 3 von 5.....	33
Abbildung C 66: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 3 von 5.....	33
Abbildung C 67: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 4 von 5.....	34
Abbildung C 68: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 4 von 5.....	34
Abbildung C 69: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 5 von 5.....	35
Abbildung C 70: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 5 von 5.....	35
Abbildung C 71: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 1 von 5 .....	36
Abbildung C 72: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 1 von 5 .....	36
Abbildung C 73: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 2 von 5 .....	37
Abbildung C 74: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 2 von 5 .....	37
Abbildung C 75: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 3 von 5 .....	38
Abbildung C 76: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 3 von 5 .....	38
Abbildung C 77: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 4 von 5 .....	39
Abbildung C 78: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 4 von 5 .....	39
Abbildung C 79: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 5 von 5 .....	40
Abbildung C 80: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 5 von 5 .....	40
Abbildung C 81: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 1 von 5 .....	41

Abbildung C 82: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 1 von 5 .....	41
Abbildung C 83: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 2 von 5 .....	42
Abbildung C 84: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 2 von 5 .....	42
Abbildung C 85: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 3 von 5 .....	43
Abbildung C 86: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 3 von 5 .....	43
Abbildung C 87: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 4 von 5 .....	44
Abbildung C 88: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 4 von 5 .....	44
Abbildung C 89: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 5 von 5 .....	45
Abbildung C 90: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 5 von 5 .....	45
Abbildung C 91: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 1 von 5 .....	46
Abbildung C 92: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 1 von 5 .....	46
Abbildung C 93: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 2 von 5 .....	47
Abbildung C 94: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 2 von 5 .....	47
Abbildung C 95: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 3 von 5 .....	48
Abbildung C 96: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 3 von 5 .....	48
Abbildung C 97: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 4 von 5 .....	49
Abbildung C 98: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX <sup>®</sup> 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 4 von 5 .....	49

Abbildung C 99: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 5 von 5 ..... 50

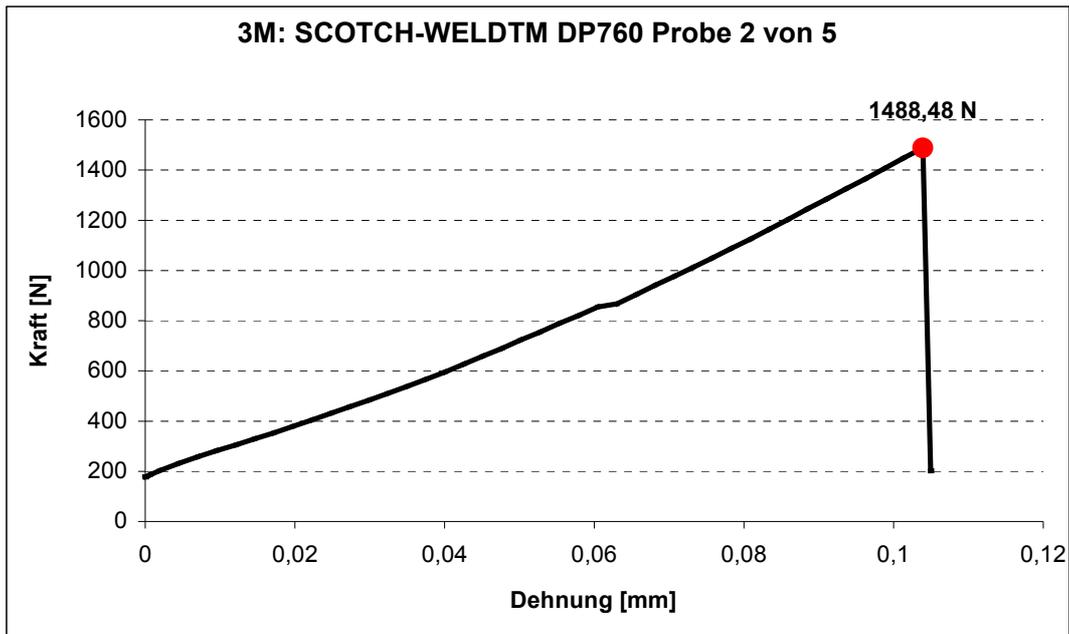
Abbildung C 100: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 5 von 5..... 50



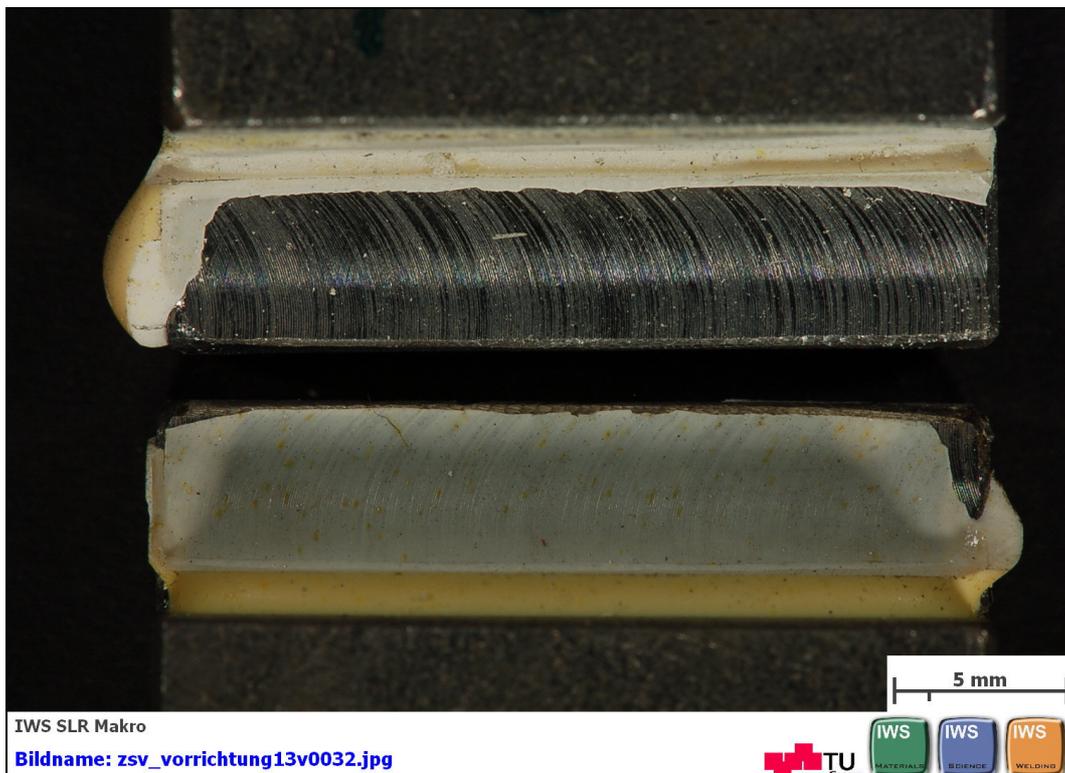
**Abbildung C 1: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760  
Probe 1 von 5**



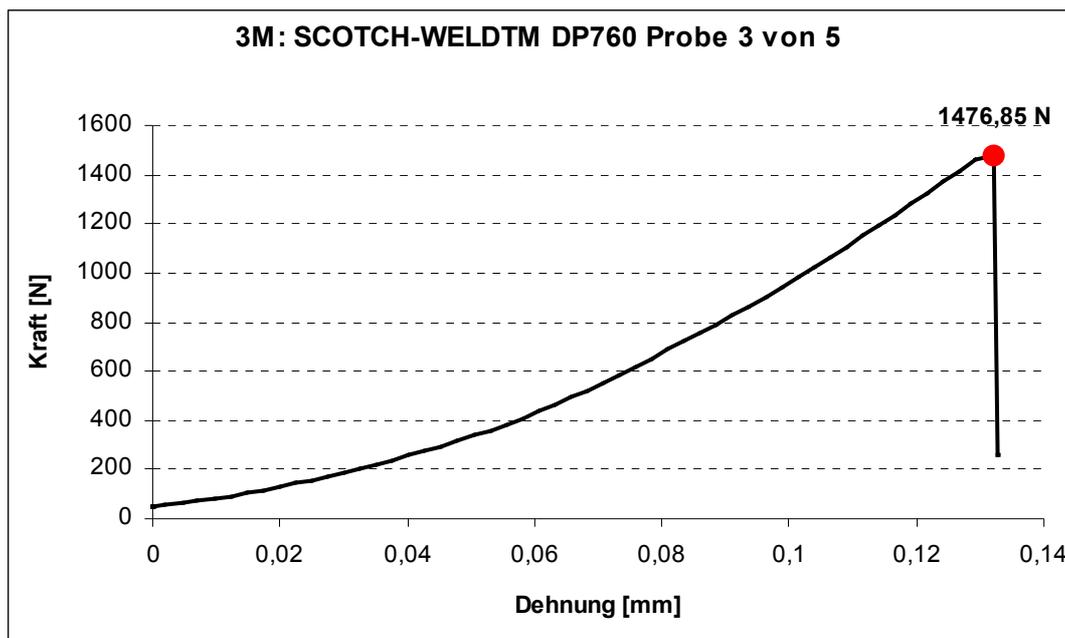
**Abbildung C 2: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760  
Probe 1 von 5**



**Abbildung C 3: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760  
Probe 2 von 5**



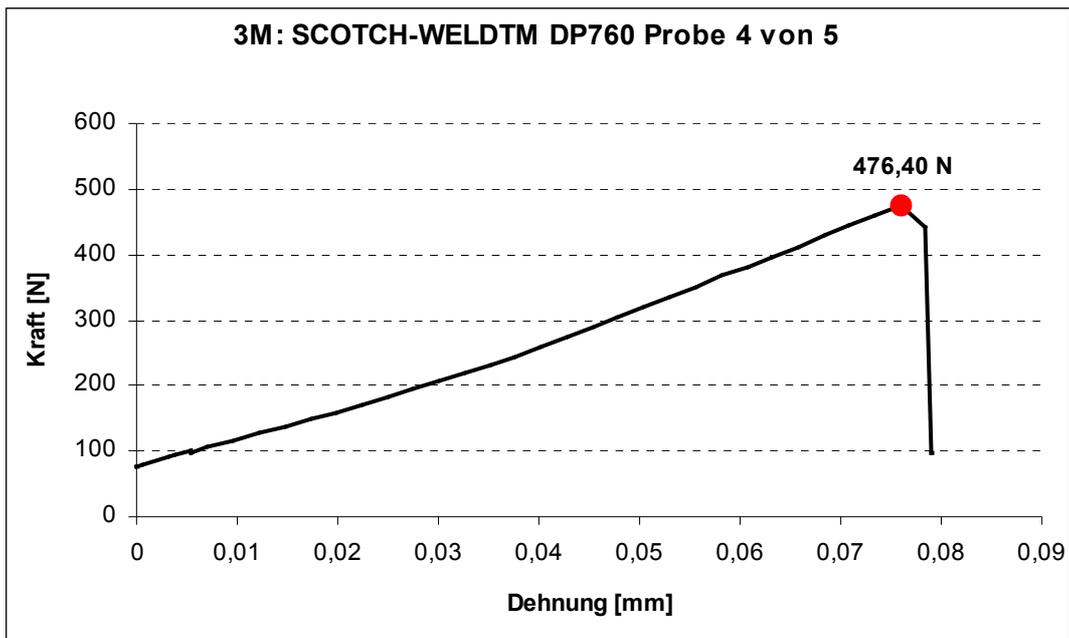
**Abbildung C 4: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760  
Probe 2 von 5**



**Abbildung C 5: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 3 von 5**



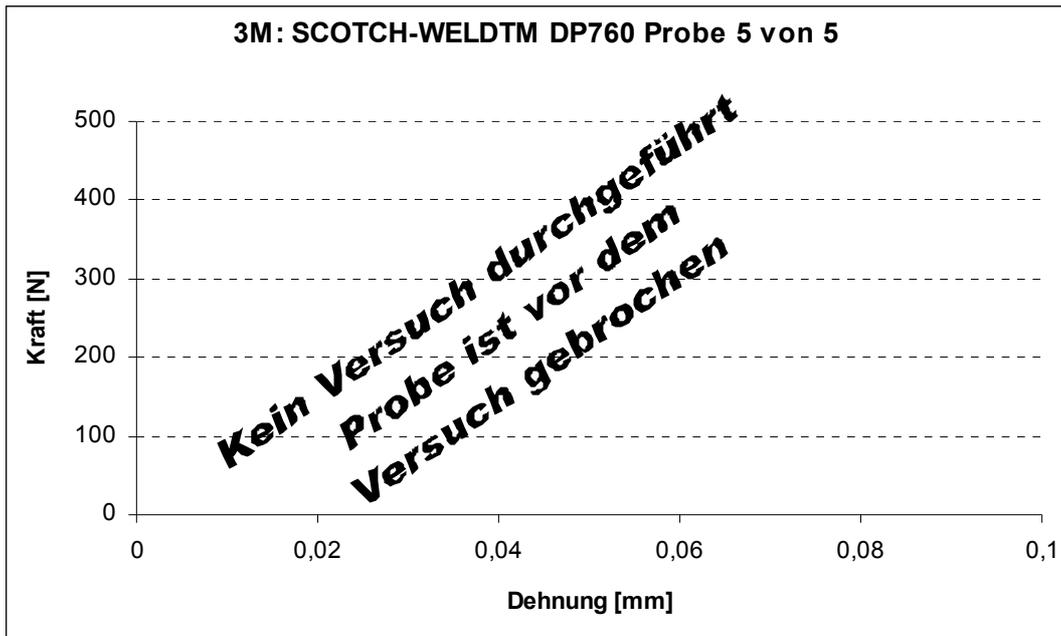
**Abbildung C 6: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760 Probe 3 von 5**



**Abbildung C 7: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760  
Probe 4 von 5**



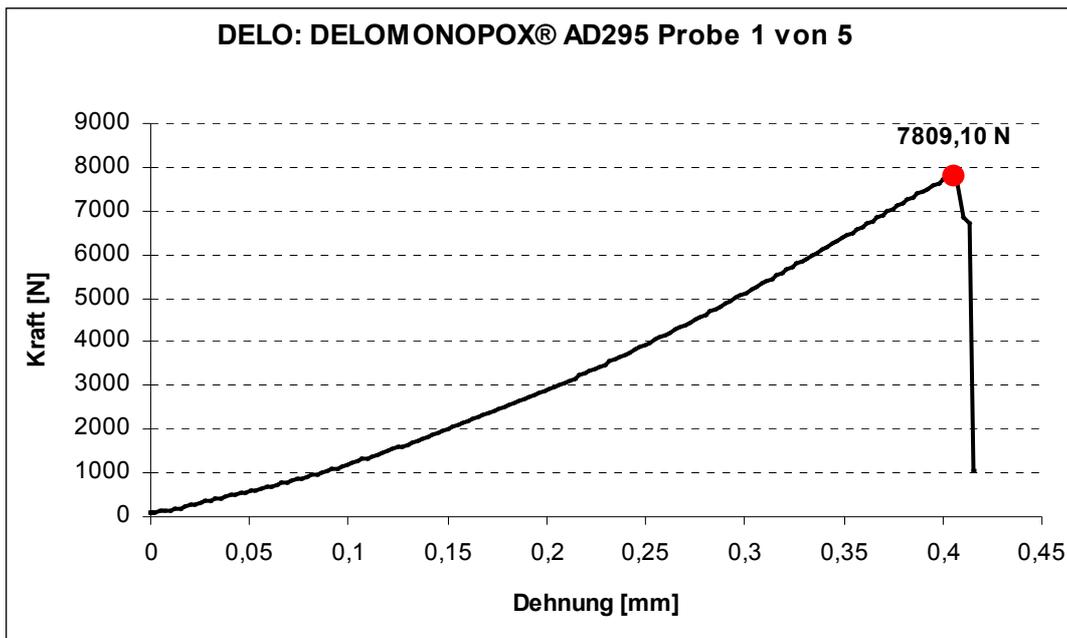
**Abbildung C 8: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760  
Probe 4 von 5**



**Abbildung C 9: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760  
Probe 5 von 5**



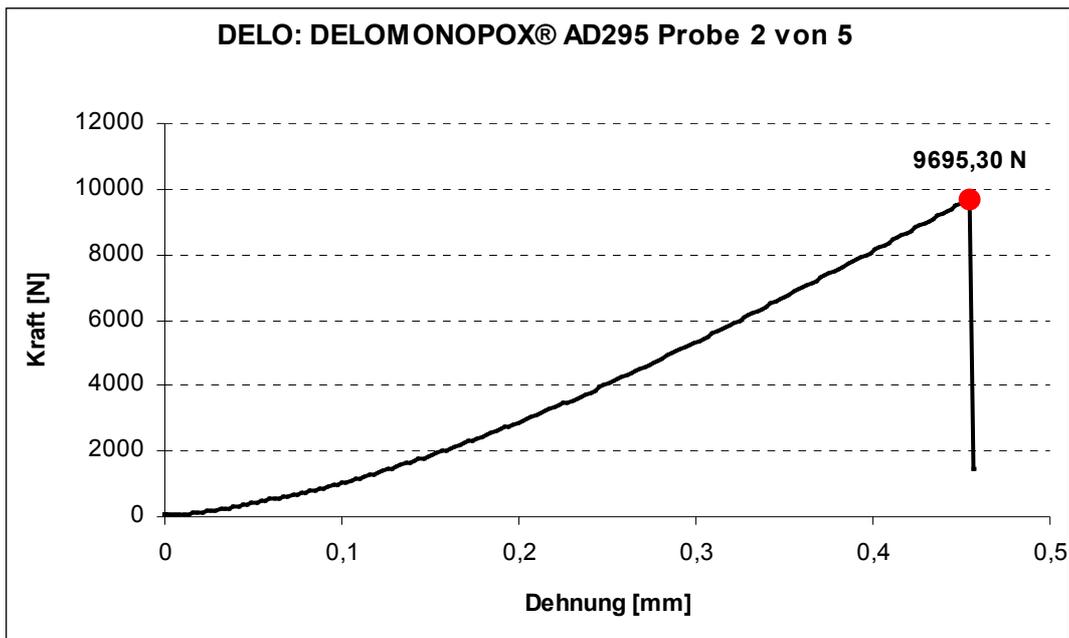
**Abbildung C 10: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit 3M: SCOTCH-WELD™ DP760  
Probe 5 von 5**



**Abbildung C 11: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 1 von 5**



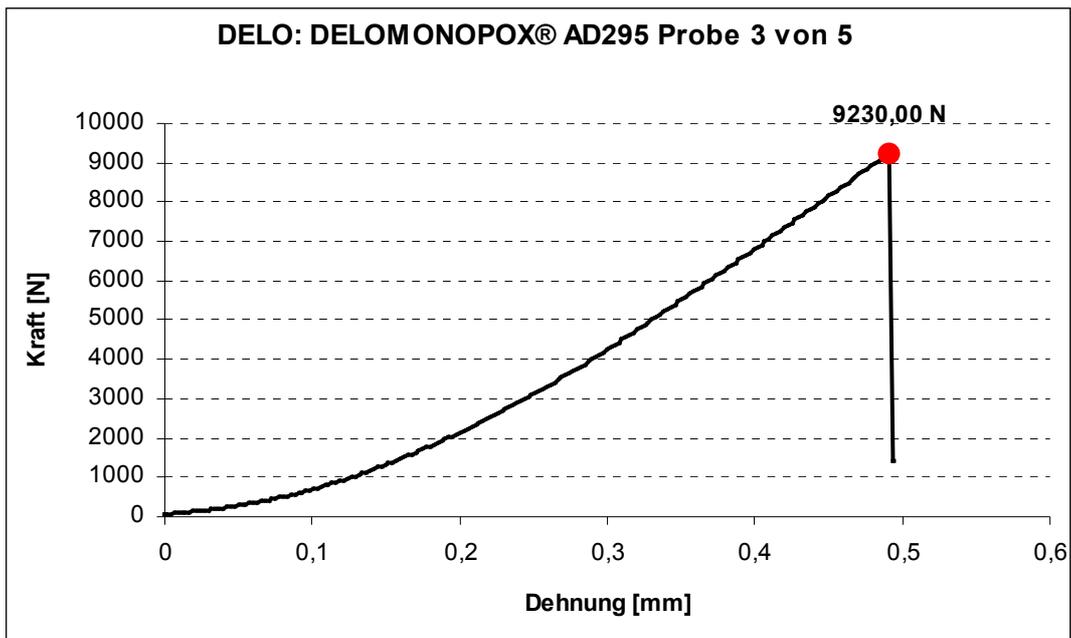
**Abbildung C 12: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 1 von 5**



**Abbildung C 13: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Probe 2 von 5**



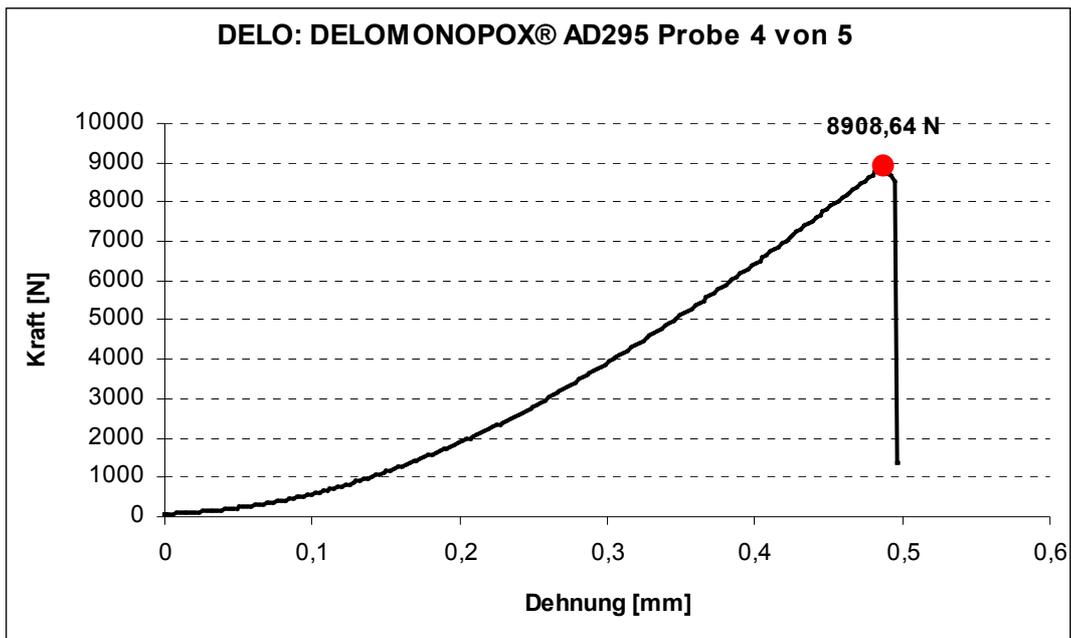
**Abbildung C 14: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Probe 2 von 5**



**Abbildung C 15: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Probe 3 von 5**



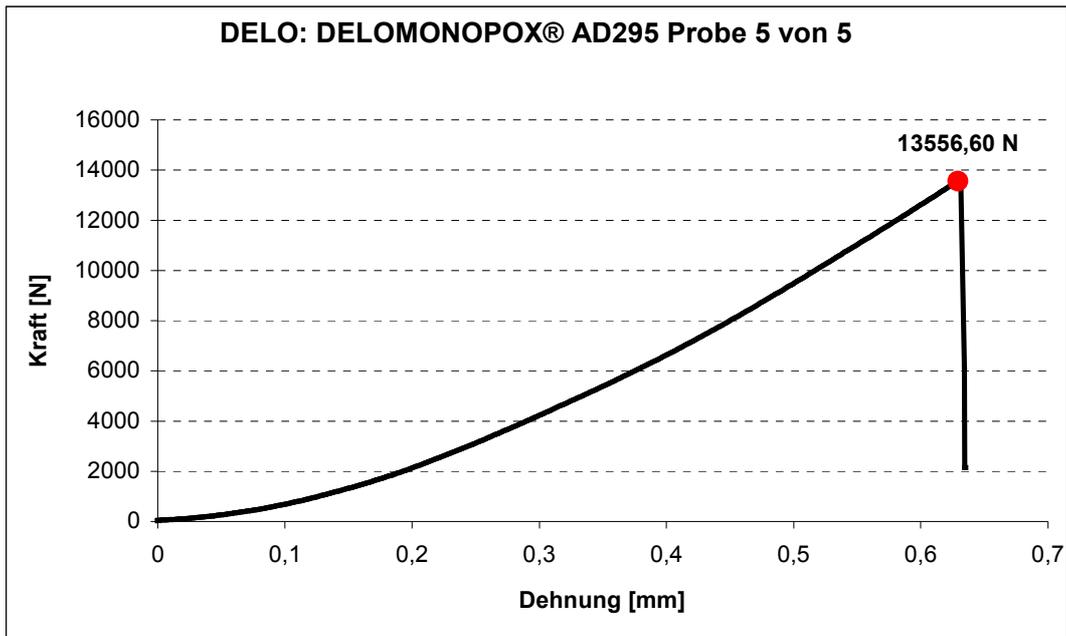
**Abbildung C 16: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Probe 3 von 5**



**Abbildung C 17: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Probe 4 von 5**



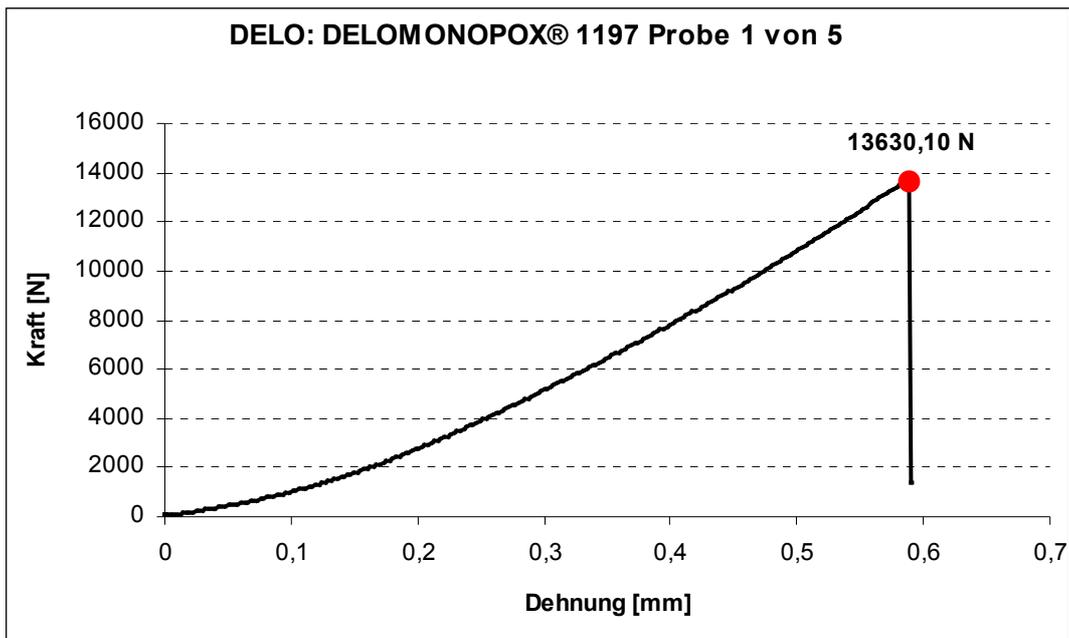
**Abbildung C 18: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Probe 4 von 5**



**Abbildung C 19: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 5 von 5**



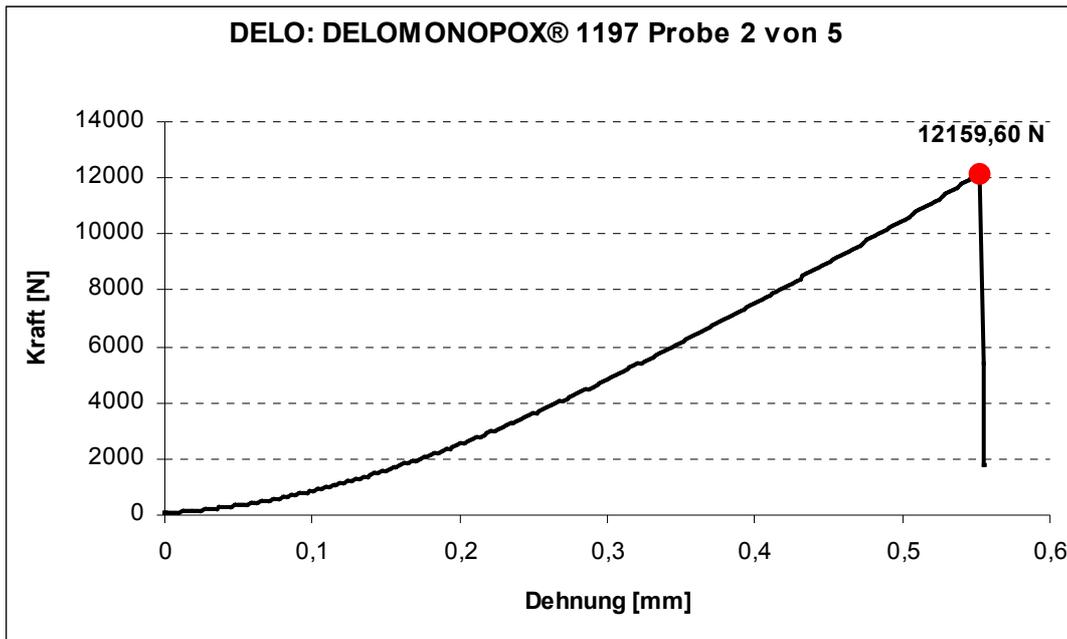
**Abbildung C 20: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Probe 5 von 5**



**Abbildung C 21: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Probe 1 von 5**



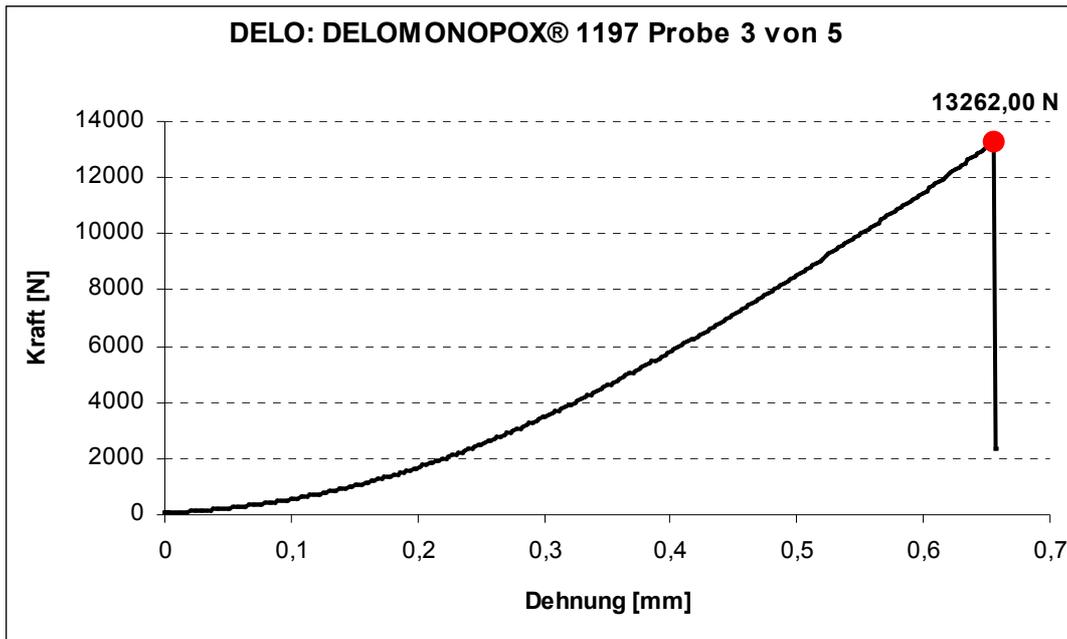
**Abbildung C 22: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Probe 1 von 5**



**Abbildung C 23: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 2 von 5**



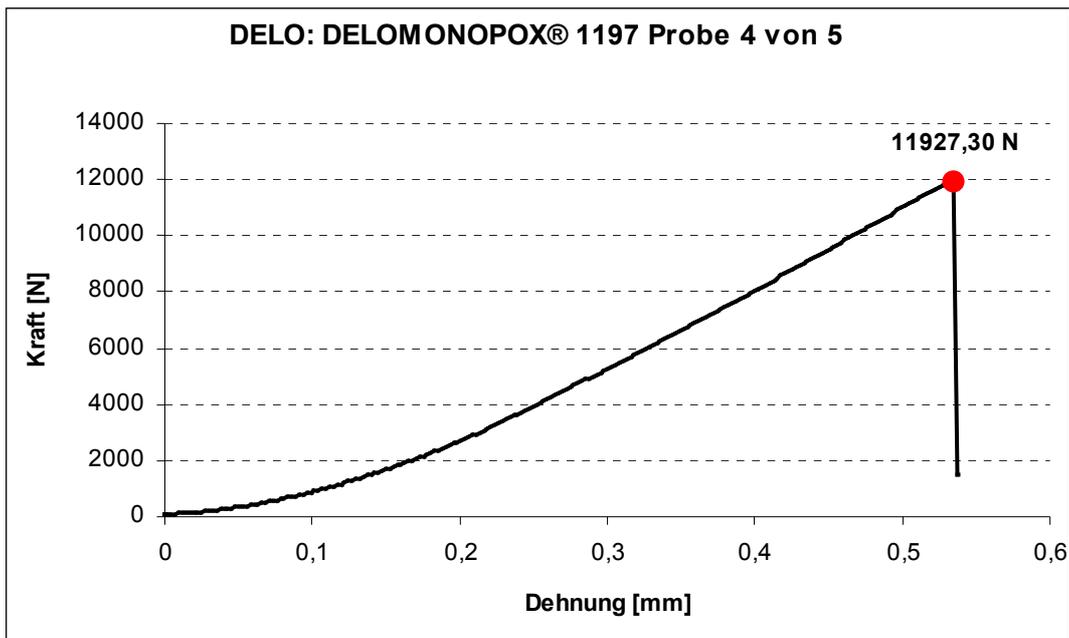
**Abbildung C 24: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 2 von 5**



**Abbildung C 25: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 3 von 5**



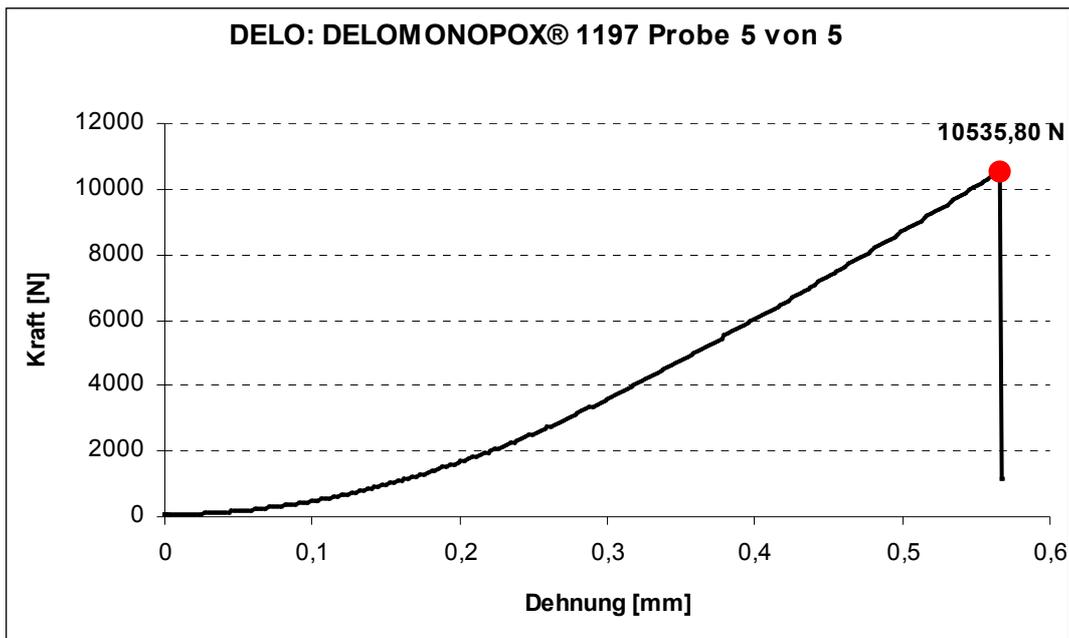
**Abbildung C 26: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Probe 3 von 5**



**Abbildung C 27: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Probe 4 von 5**



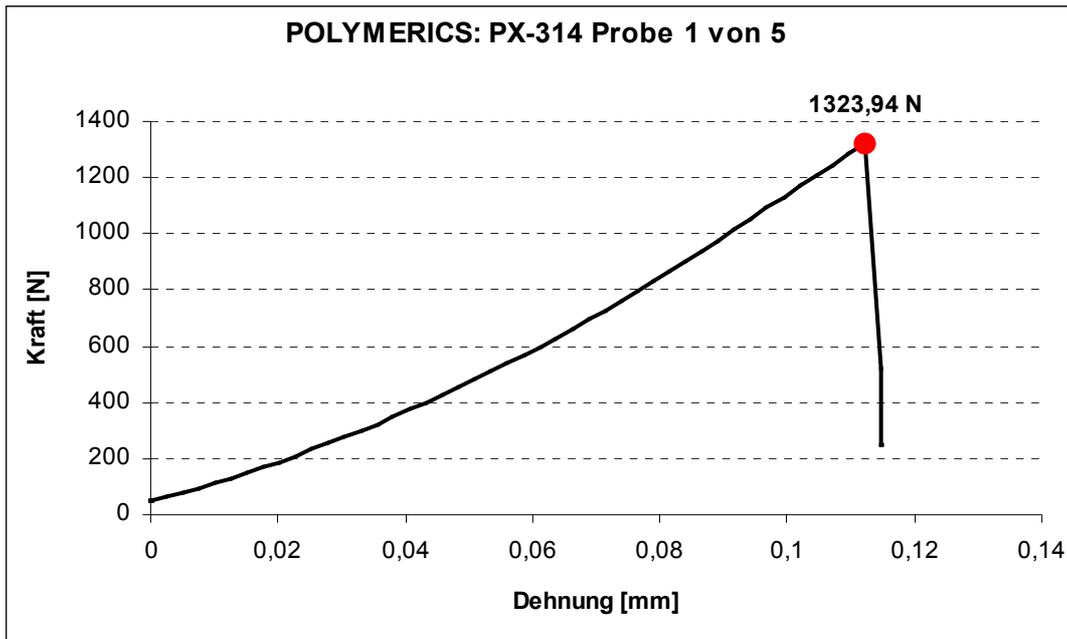
**Abbildung C 28: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Probe 4 von 5**



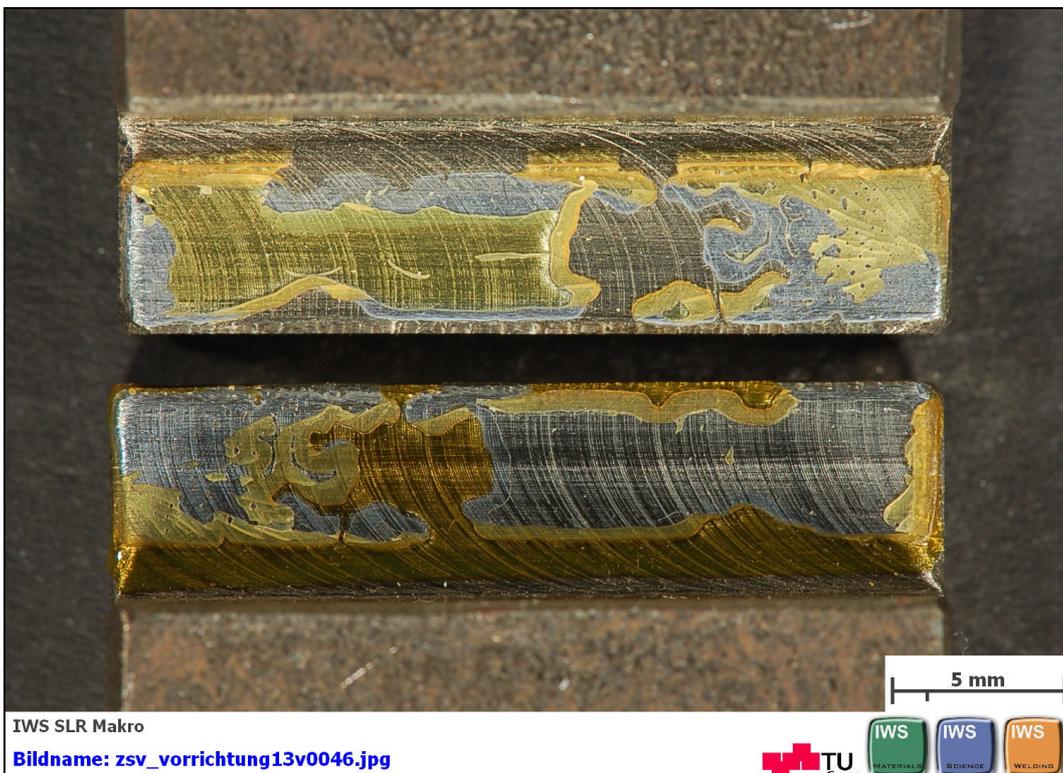
**Abbildung C 29: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Probe 5 von 5**



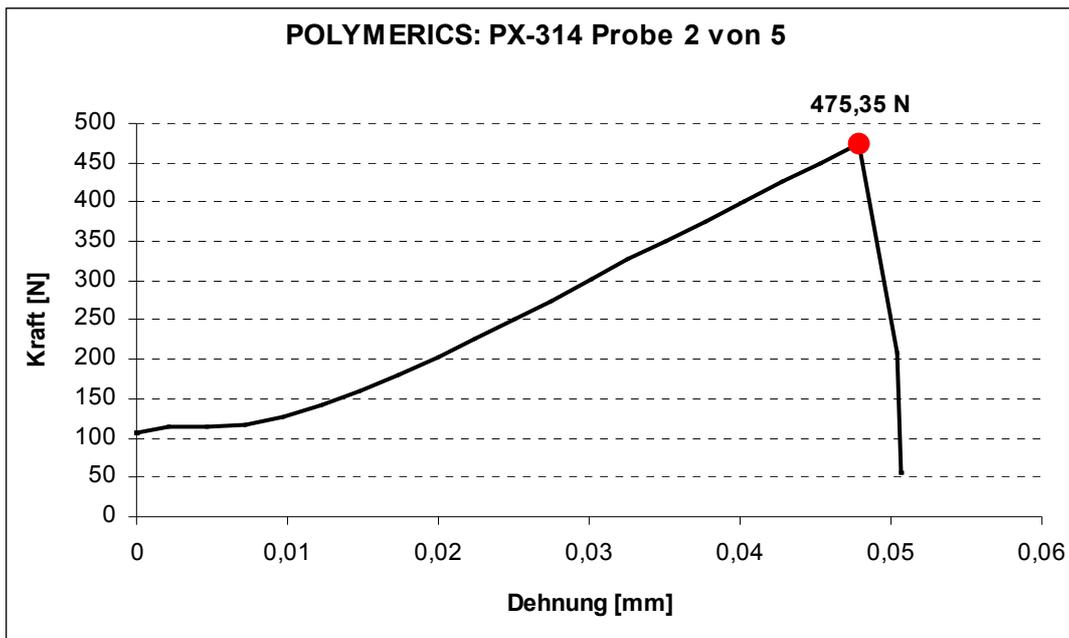
**Abbildung C 30: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Probe 5 von 5**



**Abbildung C 31: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 1 von 5**



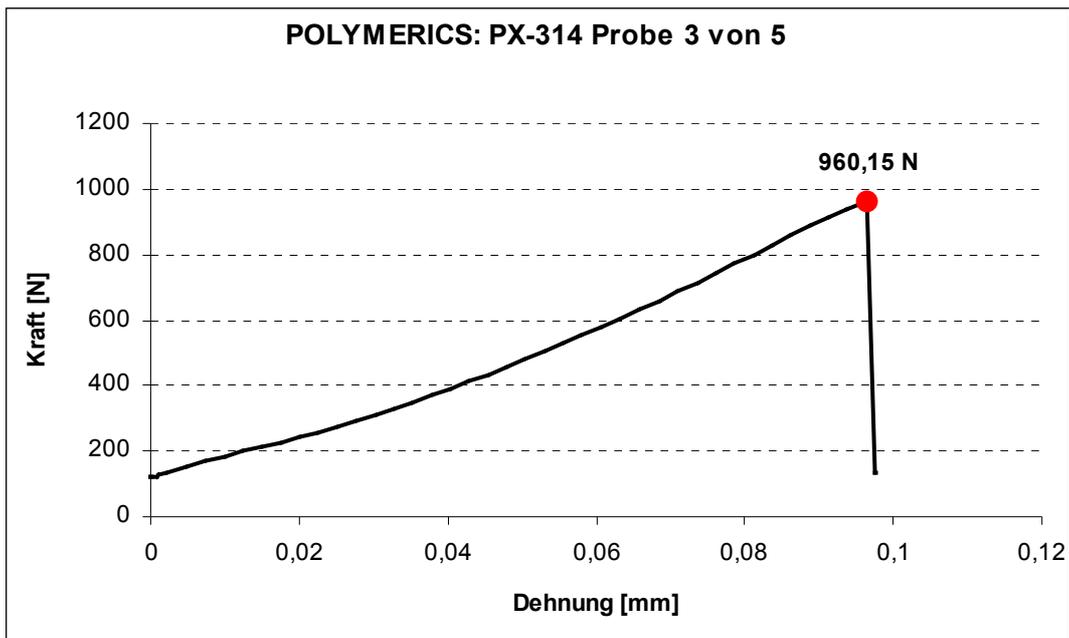
**Abbildung C 32: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 1 von 5**



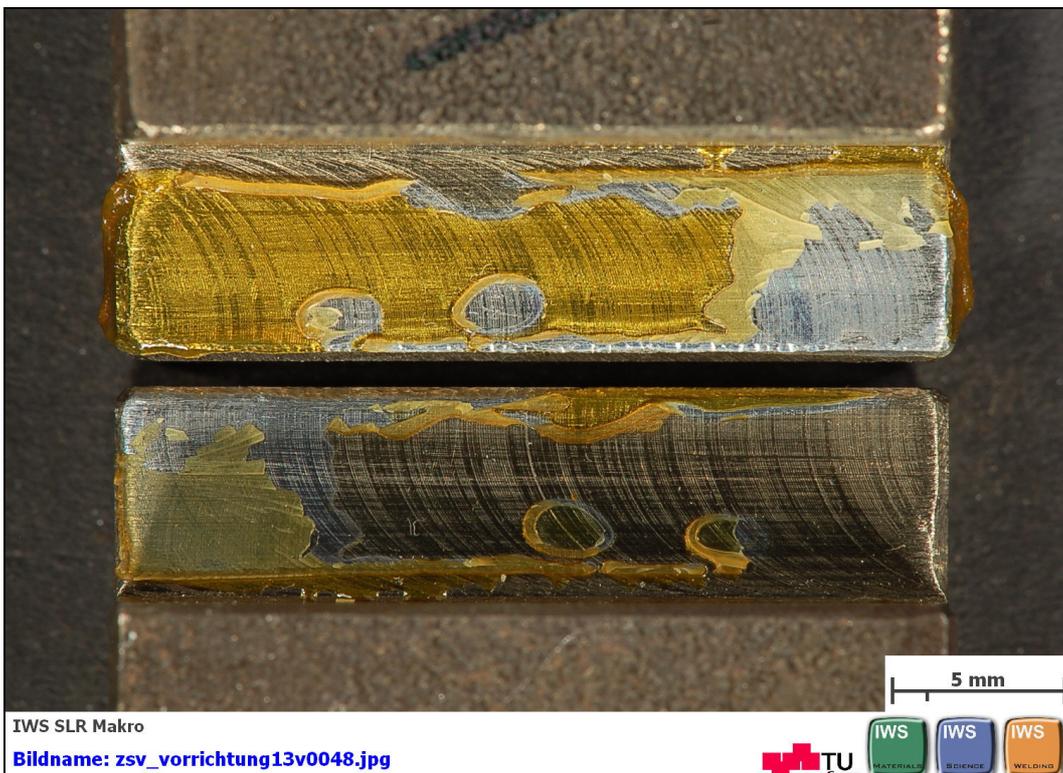
**Abbildung C 33: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit POLYMERICS: PX-314  
Probe 2 von 5**



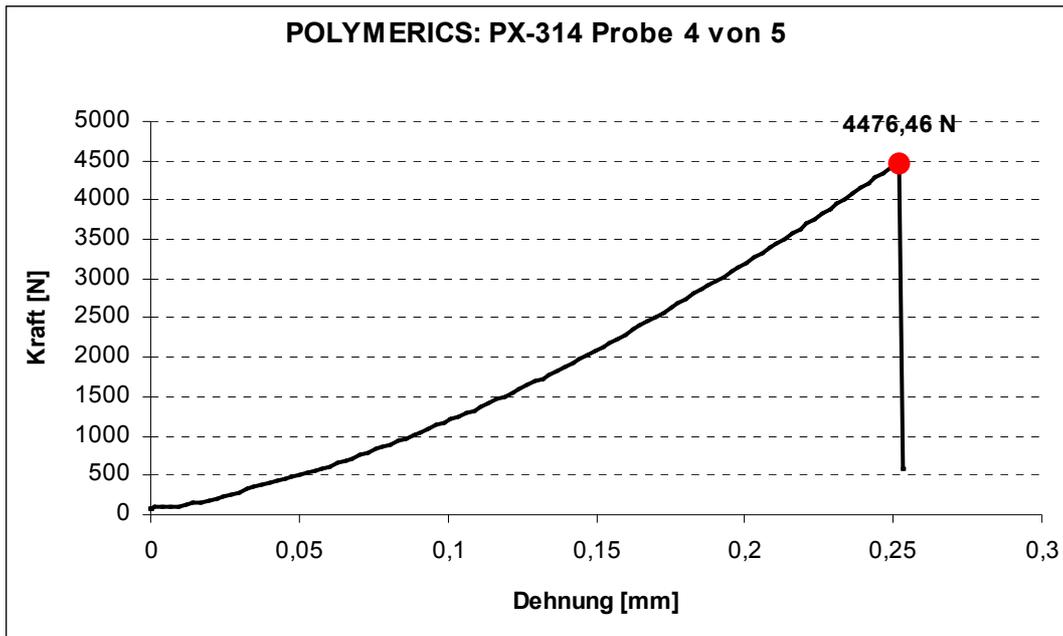
**Abbildung C 34: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit POLYMERICS: PX-314  
Probe 2 von 5**



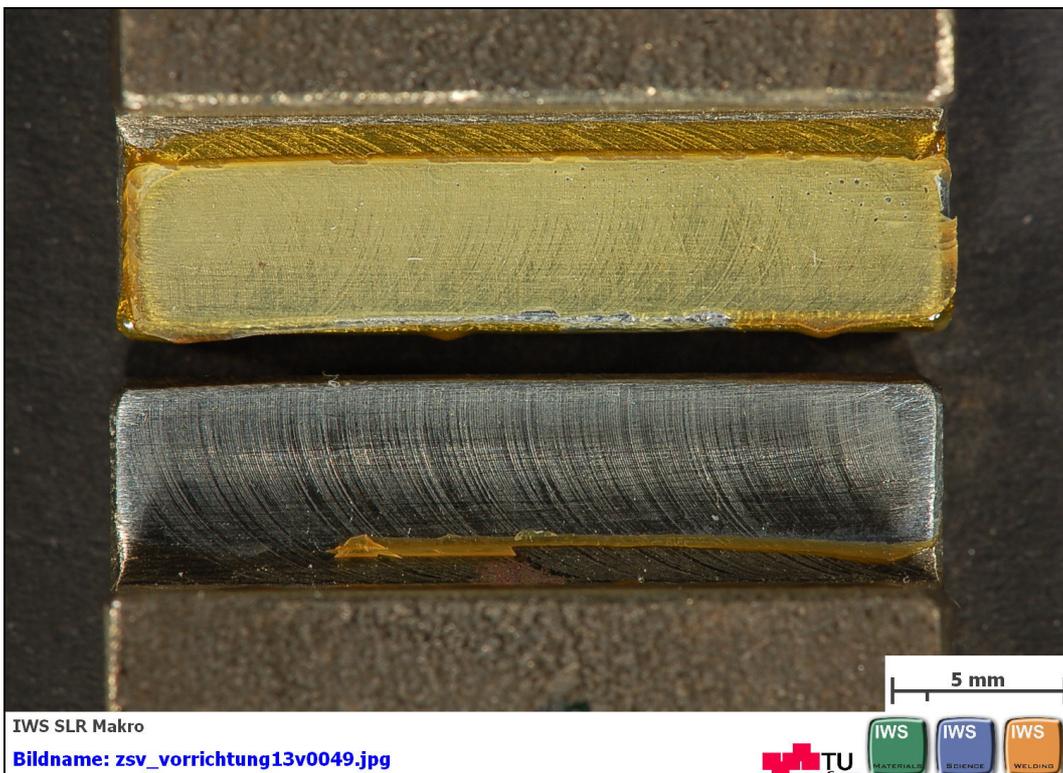
**Abbildung C 35: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 3 von 5**



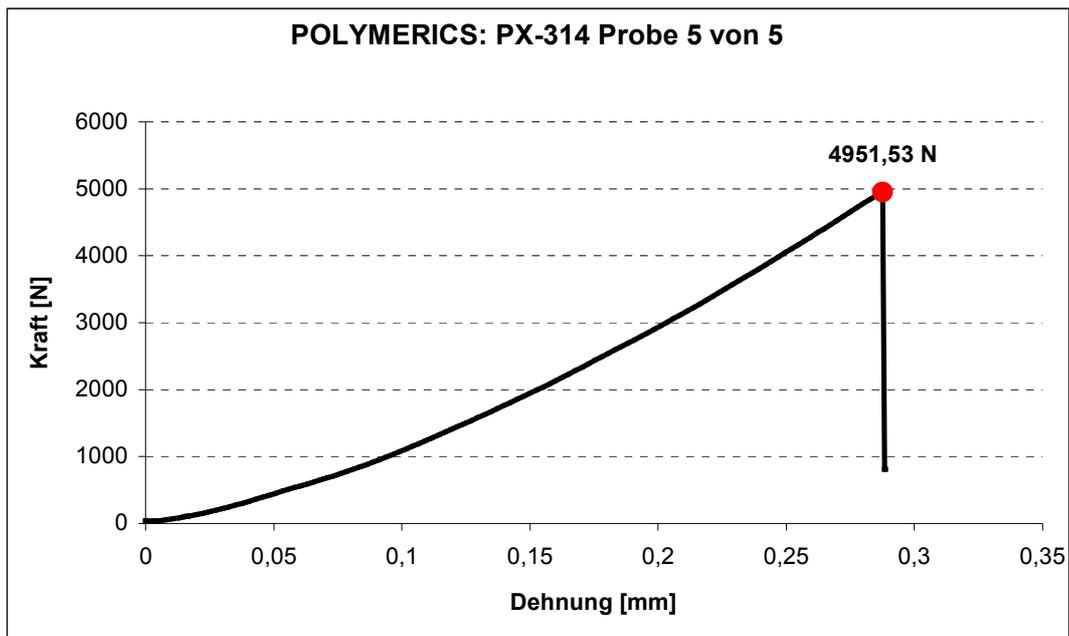
**Abbildung C 36: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit POLYMERICS: PX-314 Probe 3 von 5**



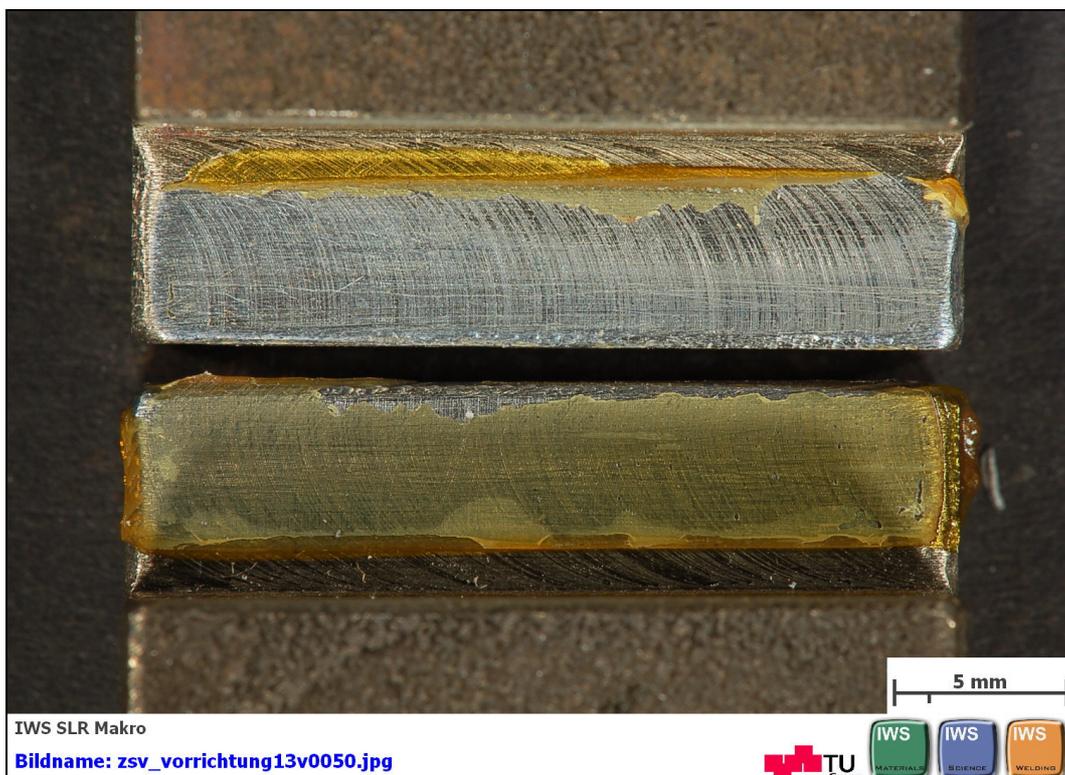
**Abbildung C 37: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit POLYMERICS: PX-314  
Probe 4 von 5**



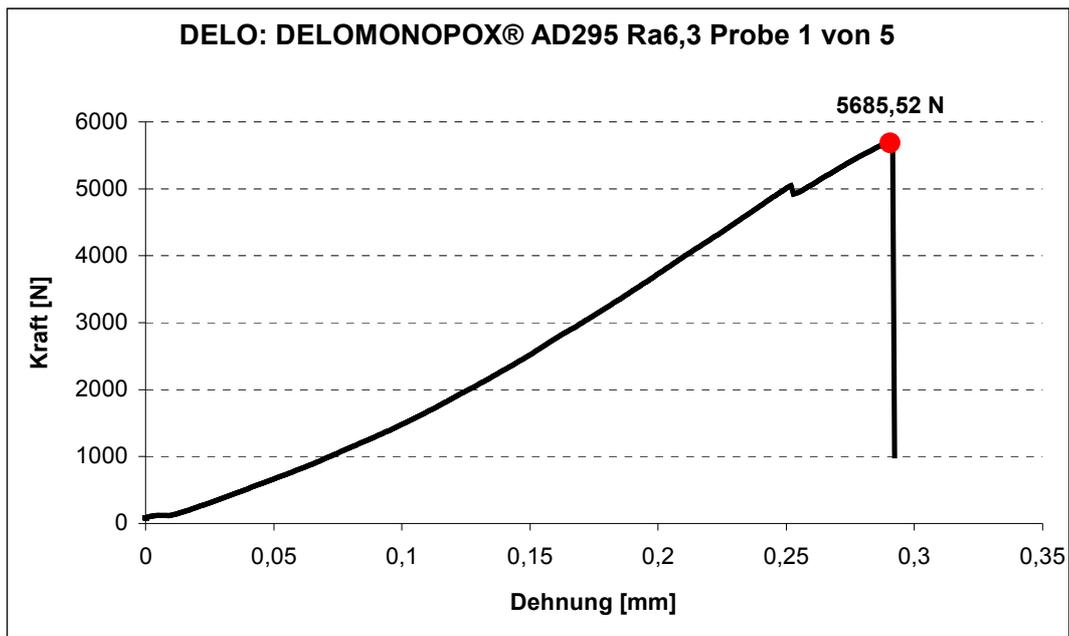
**Abbildung C 38: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit POLYMERICS: PX-314  
Probe 4 von 5**



**Abbildung C 39: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit POLYMERICS: PX-314  
Probe 5 von 5**



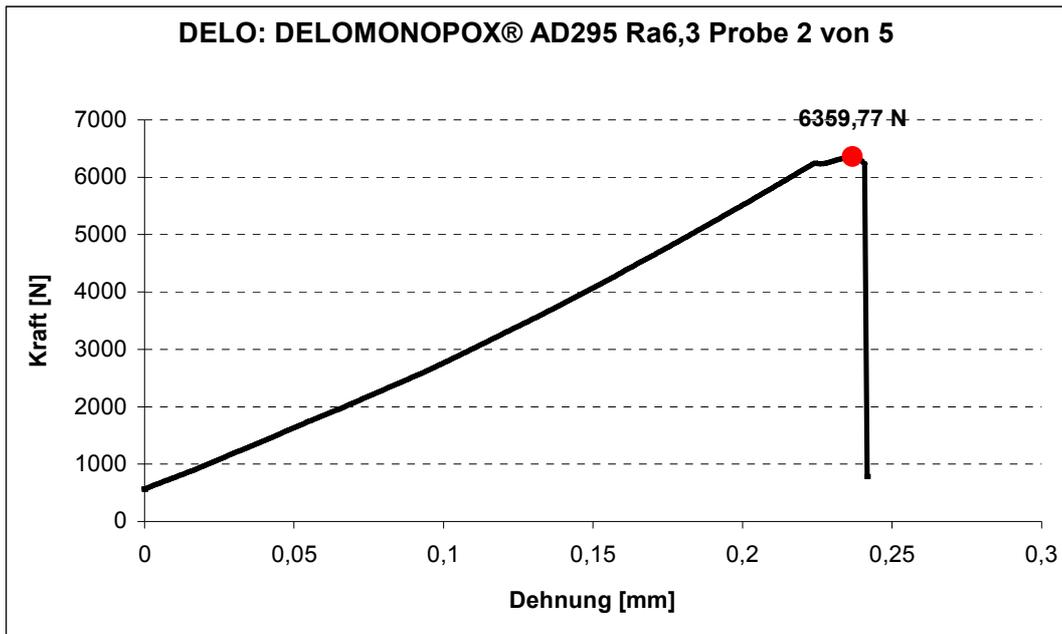
**Abbildung C 40: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit POLYMERICS: PX-314  
Probe 5 von 5**



**Abbildung C 41: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra6,3  
Probe 1 von 5**



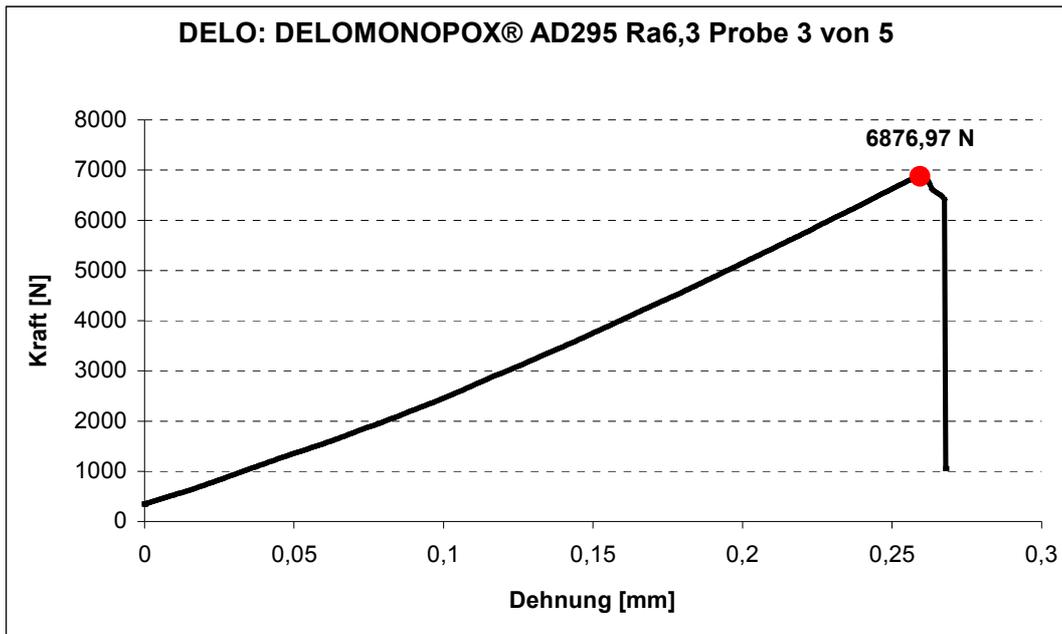
**Abbildung C 42: geblebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra6,3  
Probe 1 von 5**



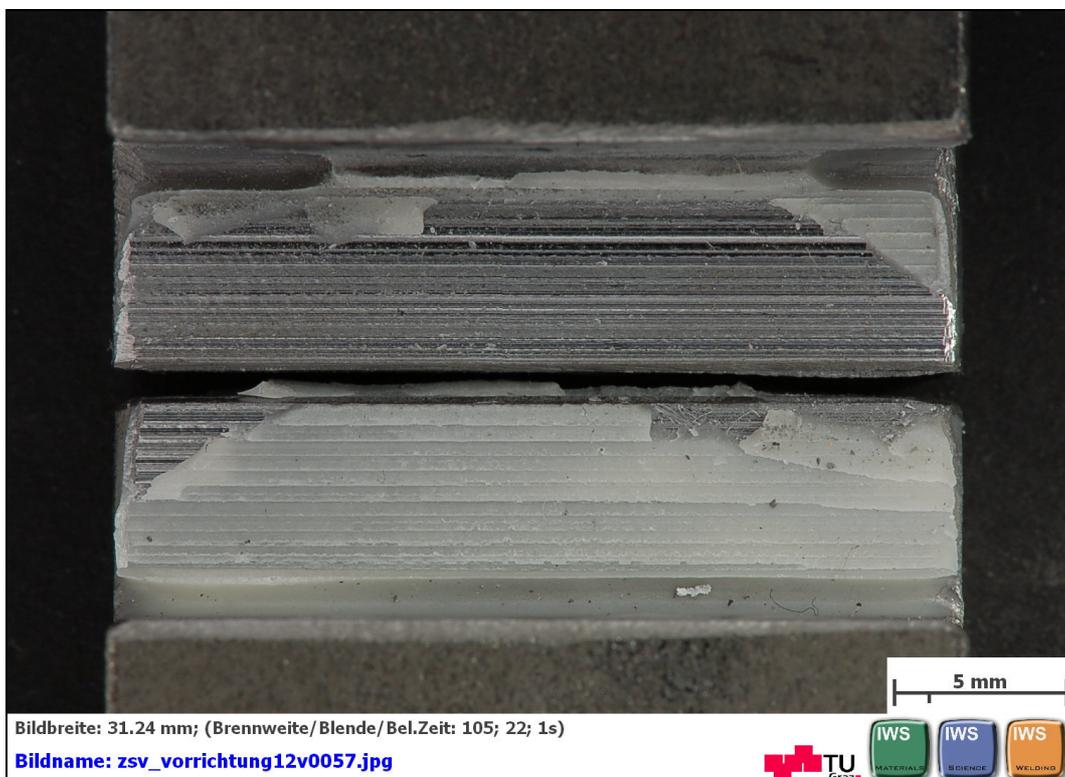
**Abbildung C 43: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 2 von 5**



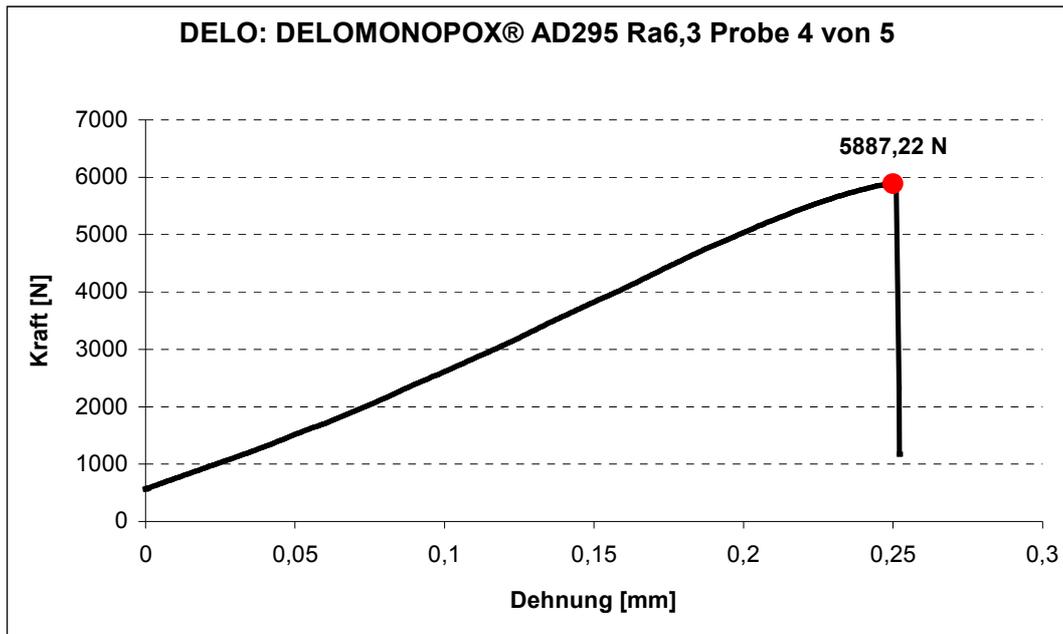
**Abbildung C 44: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 2 von 5**



**Abbildung C 45: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 3 von 5**



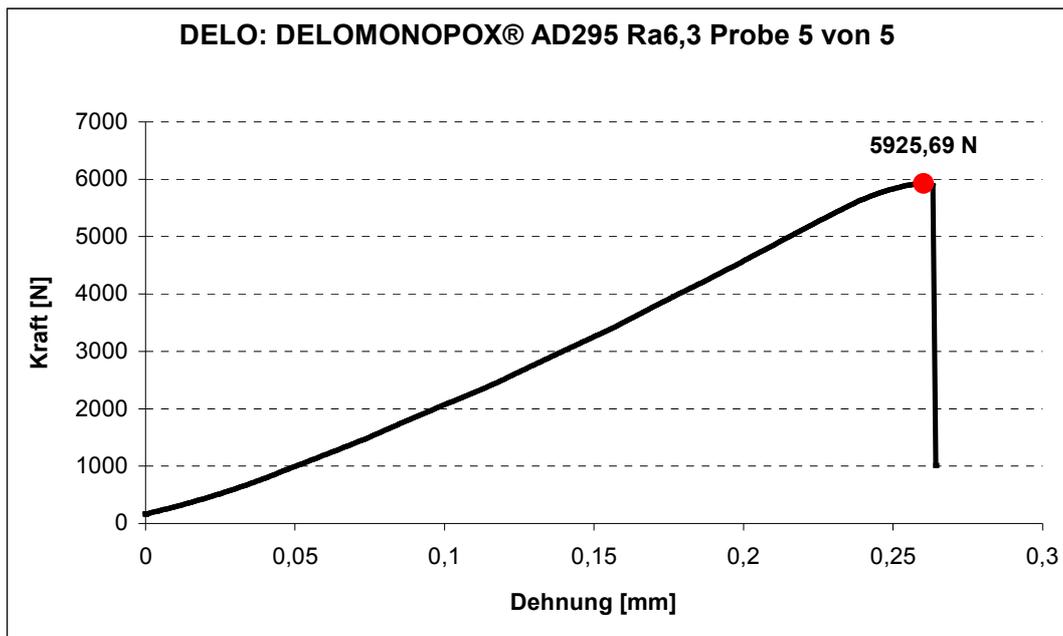
**Abbildung C 46: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 3 von 5**



**Abbildung C 47: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra6,3  
Probe 4 von 5**



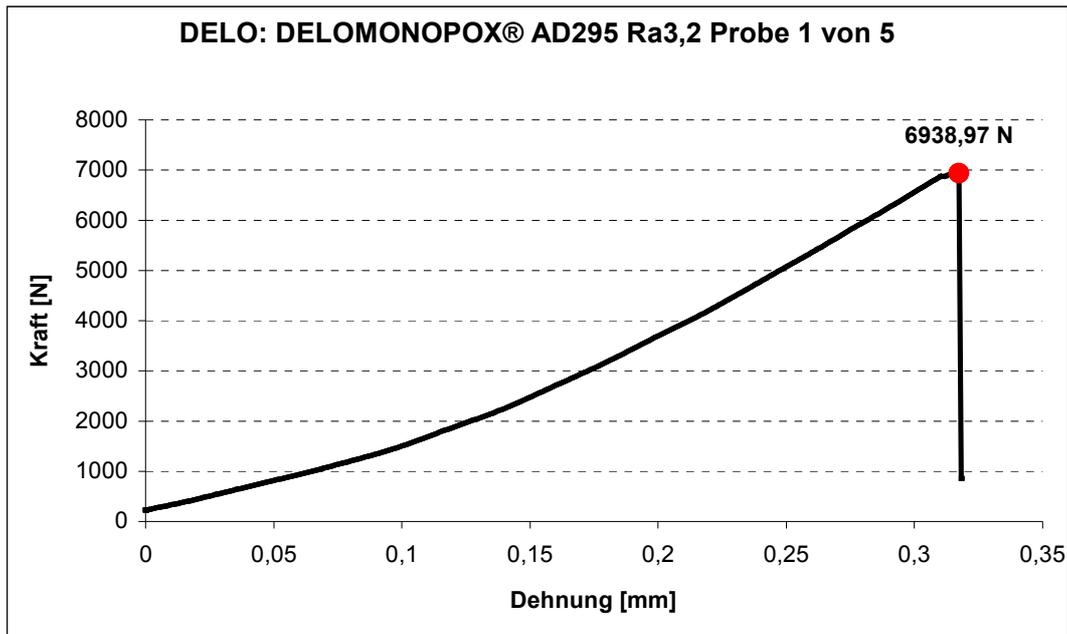
**Abbildung C 48: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra6,3  
Probe 4 von 5**



**Abbildung C 49: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 5 von 5**



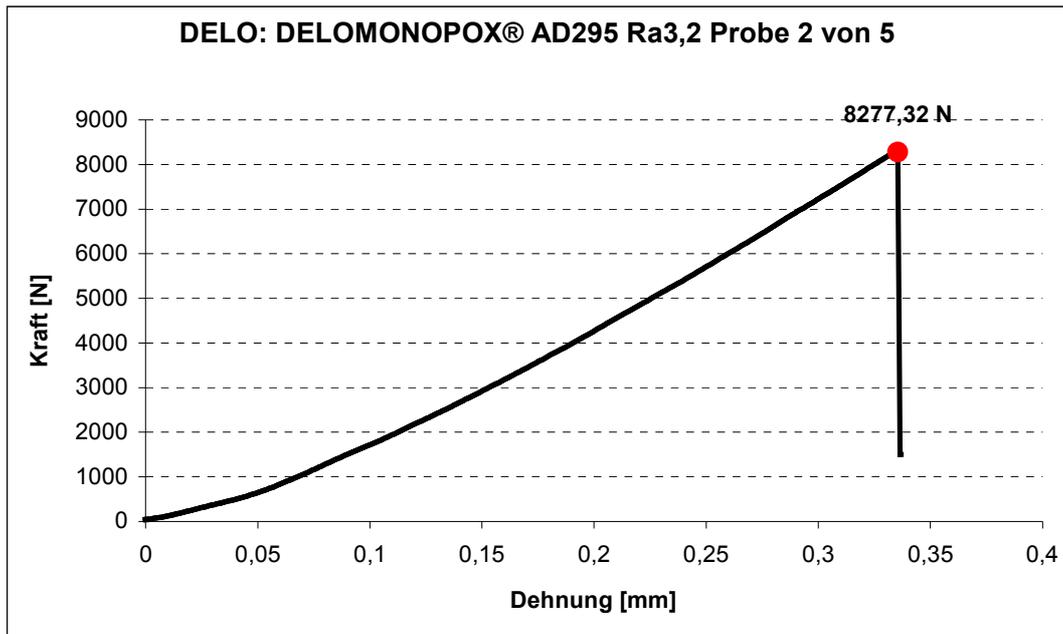
**Abbildung C 50: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra6,3 Probe 5 von 5**



**Abbildung C 51: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 1 von 5**



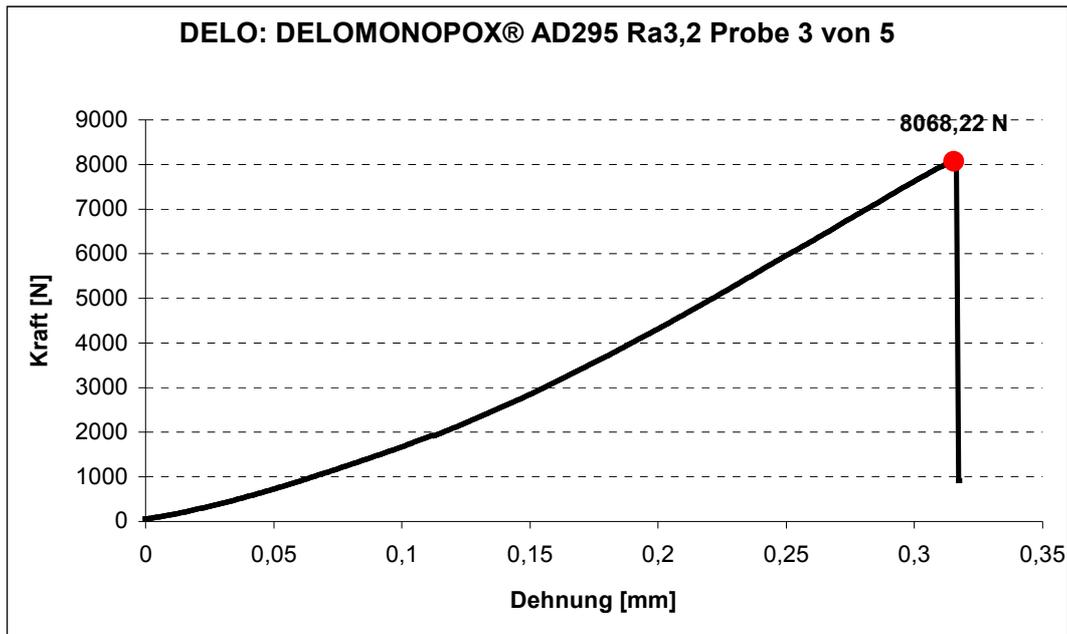
**Abbildung C 52: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 1 von 5**



**Abbildung C 53: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra3,2  
Probe 2 von 5**



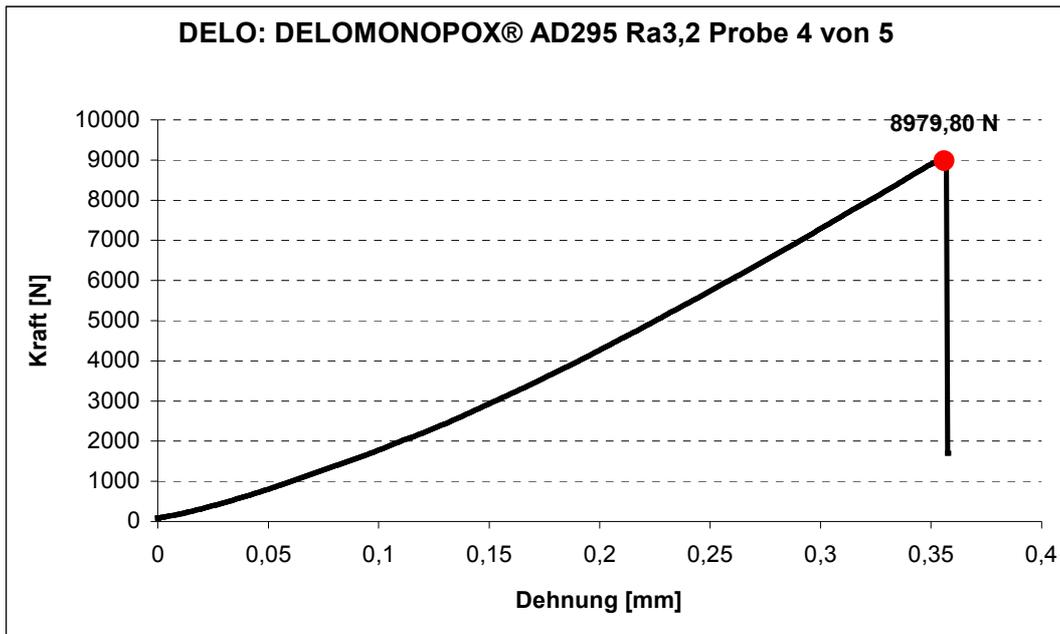
**Abbildung C 54: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra3,2  
Probe 2 von 5**



**Abbildung C 55: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 3 von 5**



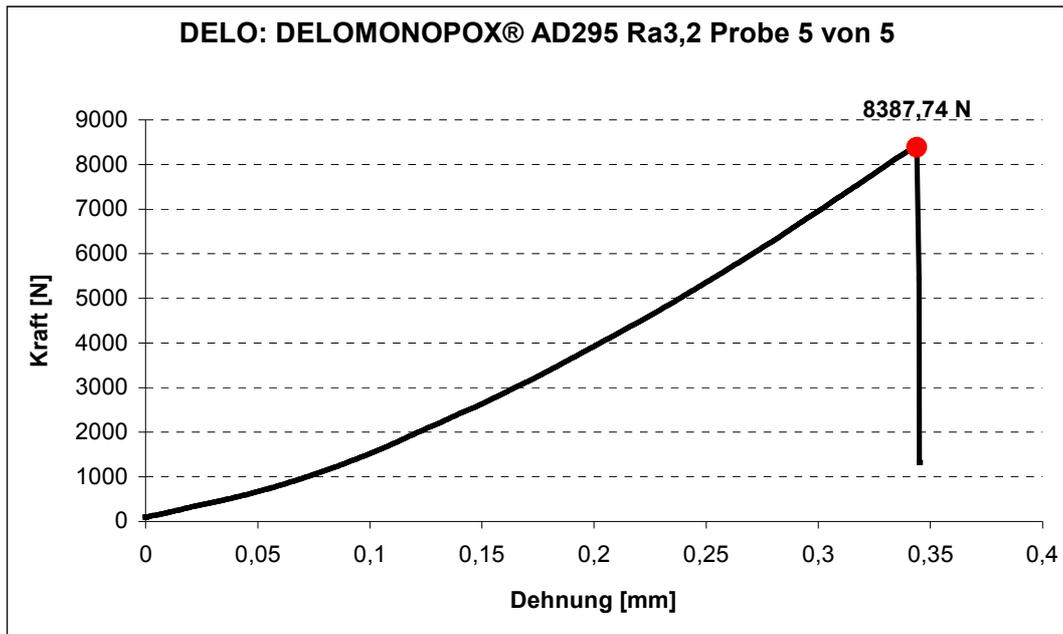
**Abbildung C 56: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 3 von 5**



**Abbildung C 57: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 4 von 5**



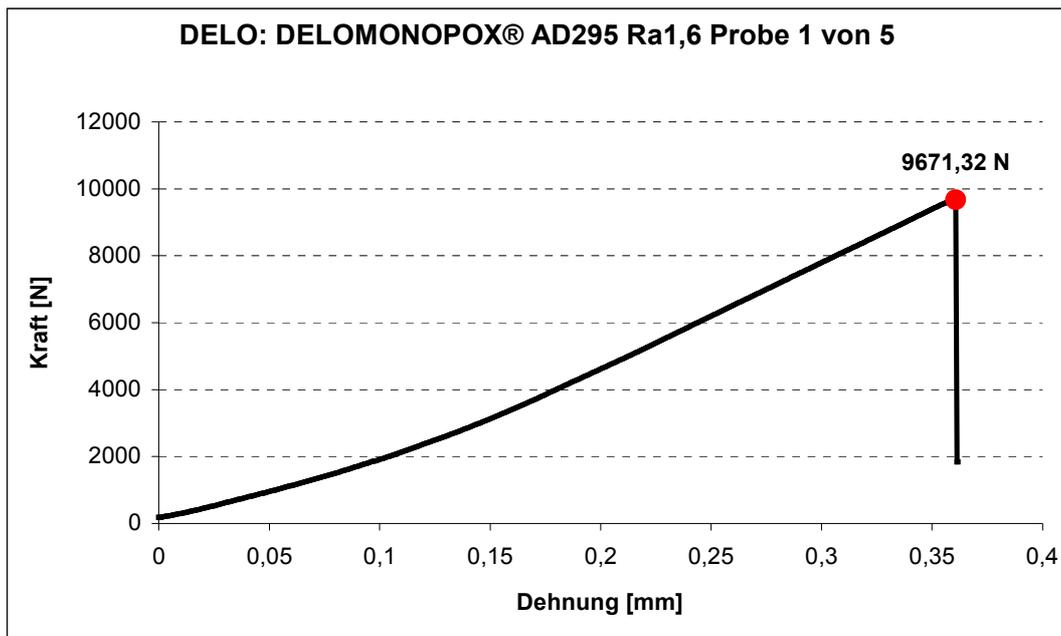
**Abbildung C 58: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra3,2 Probe 4 von 5**



**Abbildung C 59: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra3,2  
Probe 5 von 5**



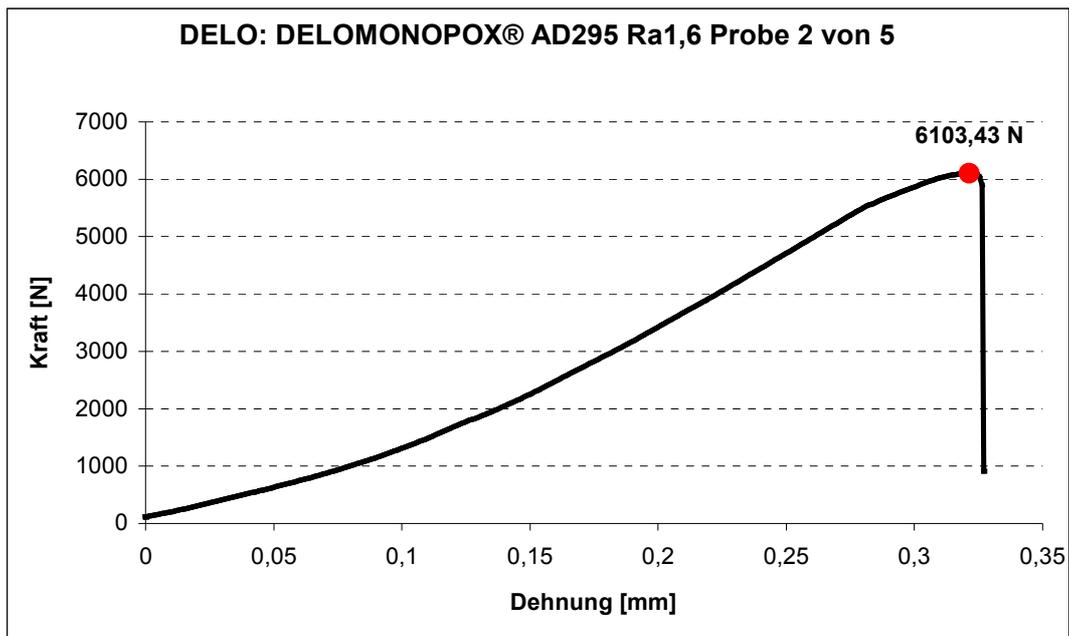
**Abbildung C 60: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra3,2  
Probe 5 von 5**



**Abbildung C 61: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra1,6  
Probe 1 von 5**



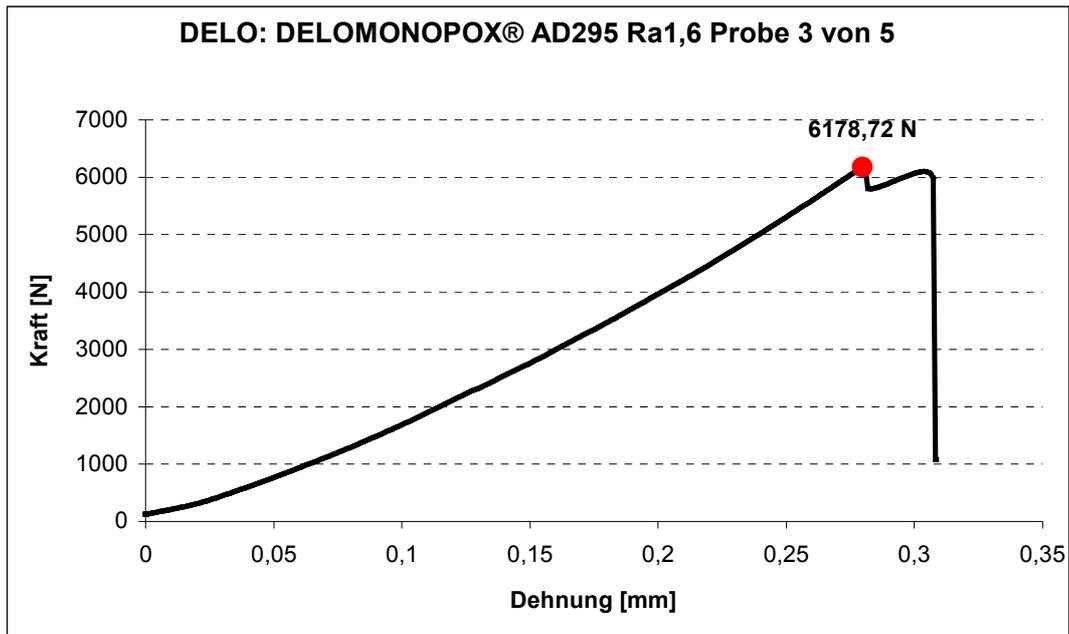
**Abbildung C 62: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra1,6  
Probe 1 von 5**



**Abbildung C 63: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra1,6  
Probe 2 von 5**



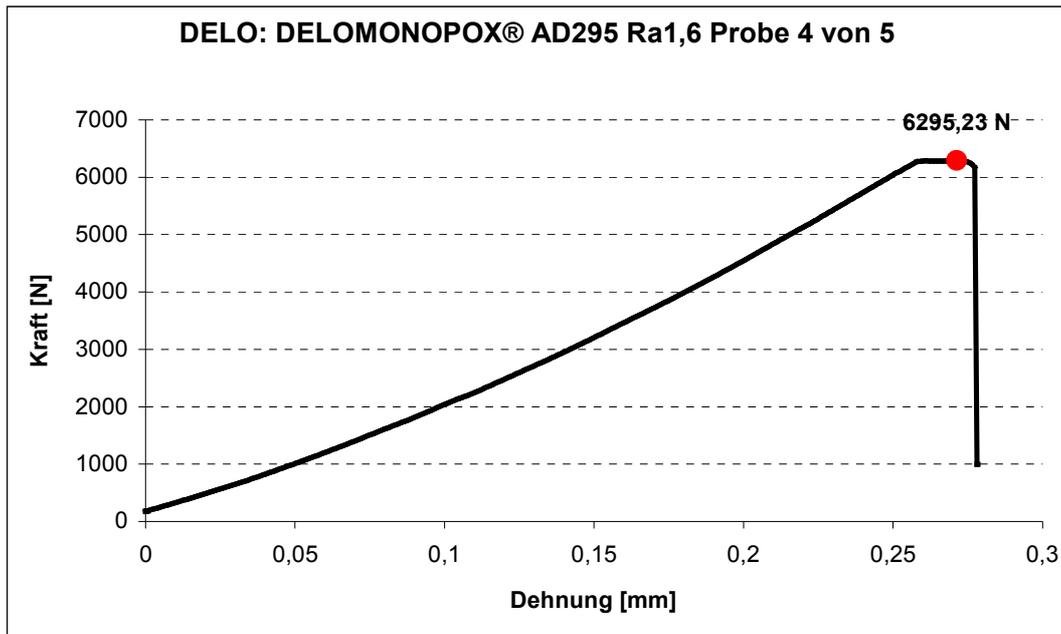
**Abbildung C 64: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra1,6  
Probe 2 von 5**



**Abbildung C 65: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 3 von 5**



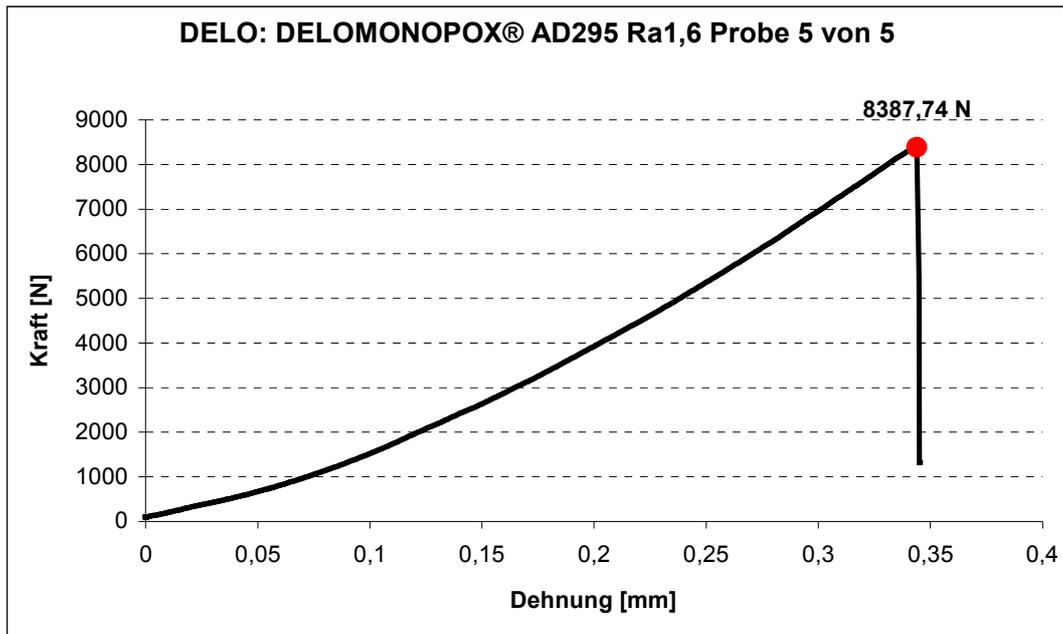
**Abbildung C 66: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 3 von 5**



**Abbildung C 67: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 4 von 5**



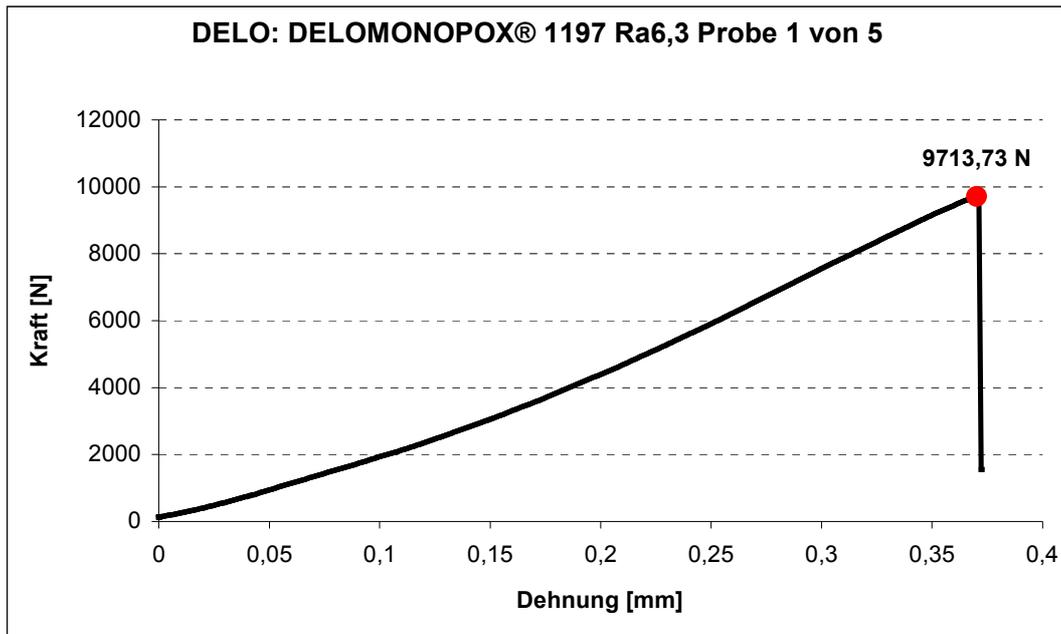
**Abbildung C 68: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® AD295 Rautiefe Ra1,6 Probe 4 von 5**



**Abbildung C 69: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra1,6  
Probe 5 von 5**



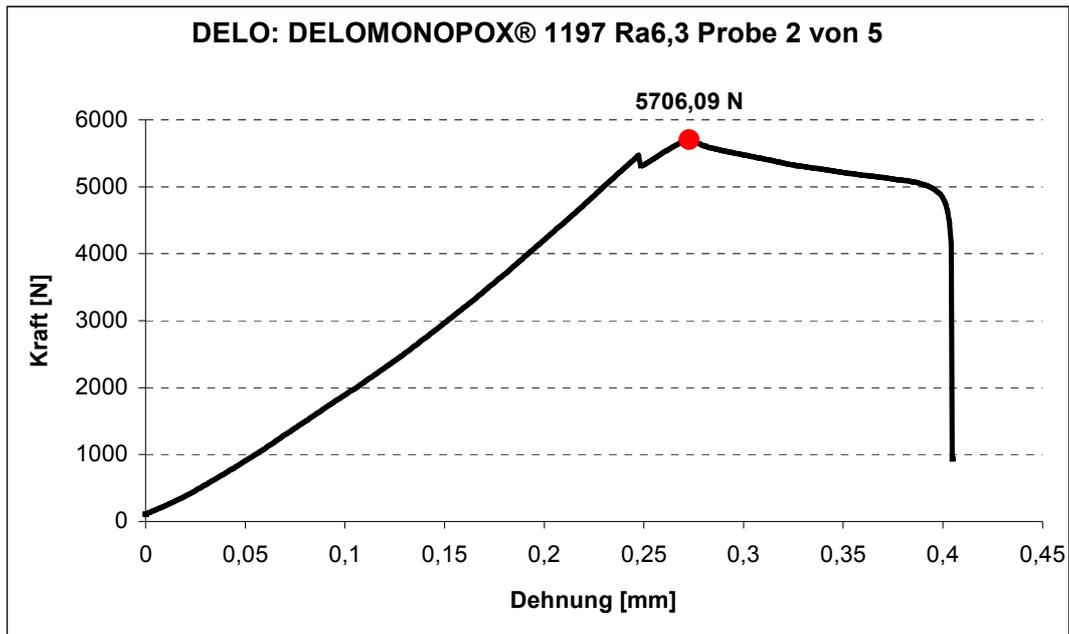
**Abbildung C 70: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® AD295  
Rautiefe Ra1,6  
Probe 5 von 5**



**Abbildung C 71: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Rautiefe Ra6,3  
Probe 1 von 5**



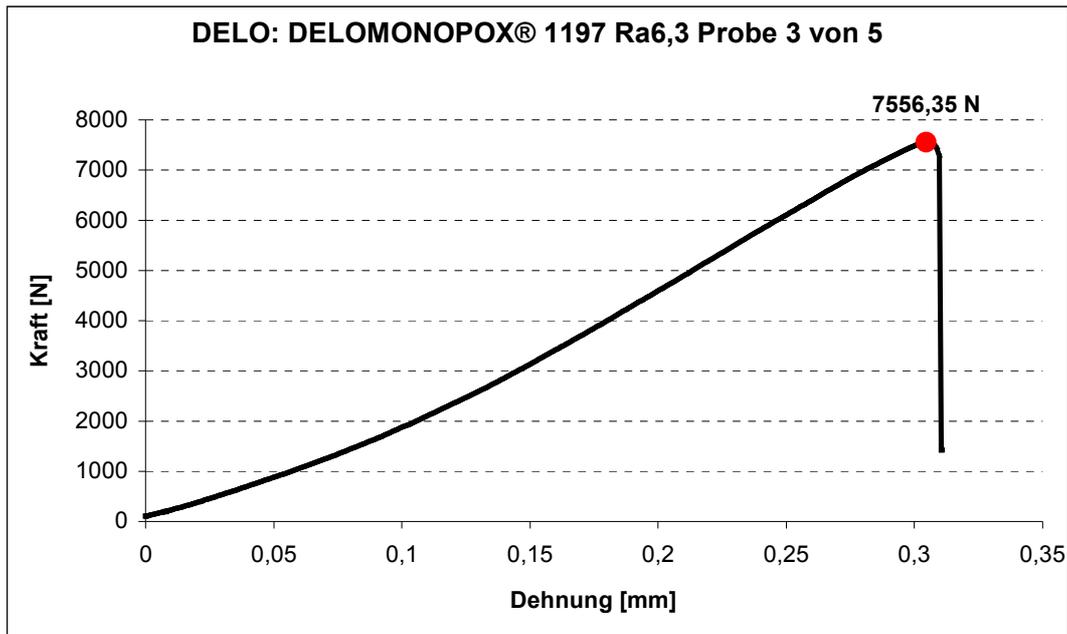
**Abbildung C 72: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Rautiefe Ra6,3  
Probe 1 von 5**



**Abbildung C 73: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 2 von 5**



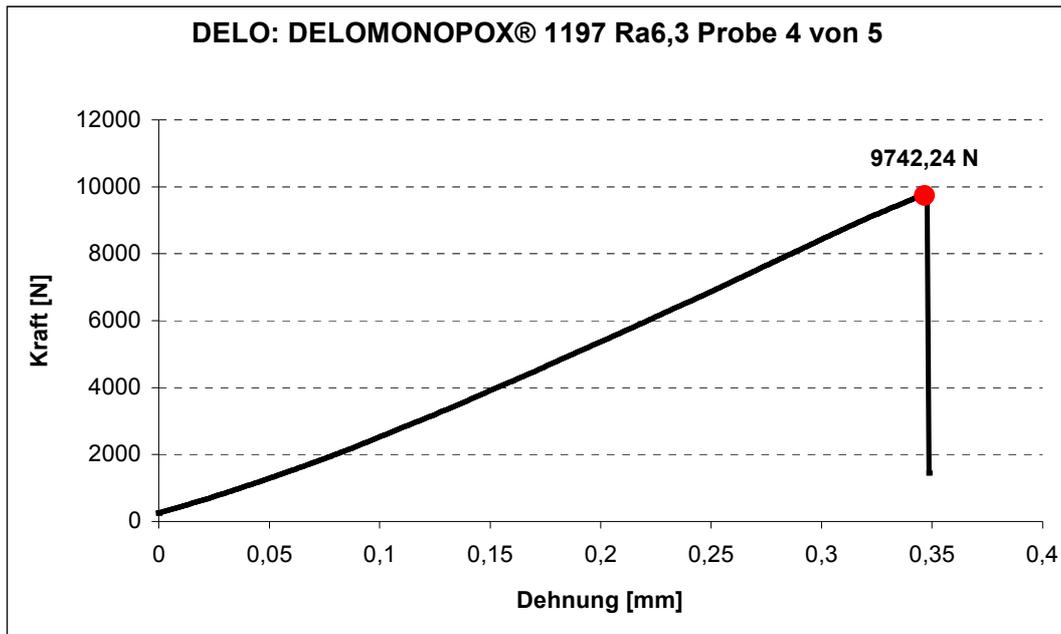
**Abbildung C 74: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 2 von 5**



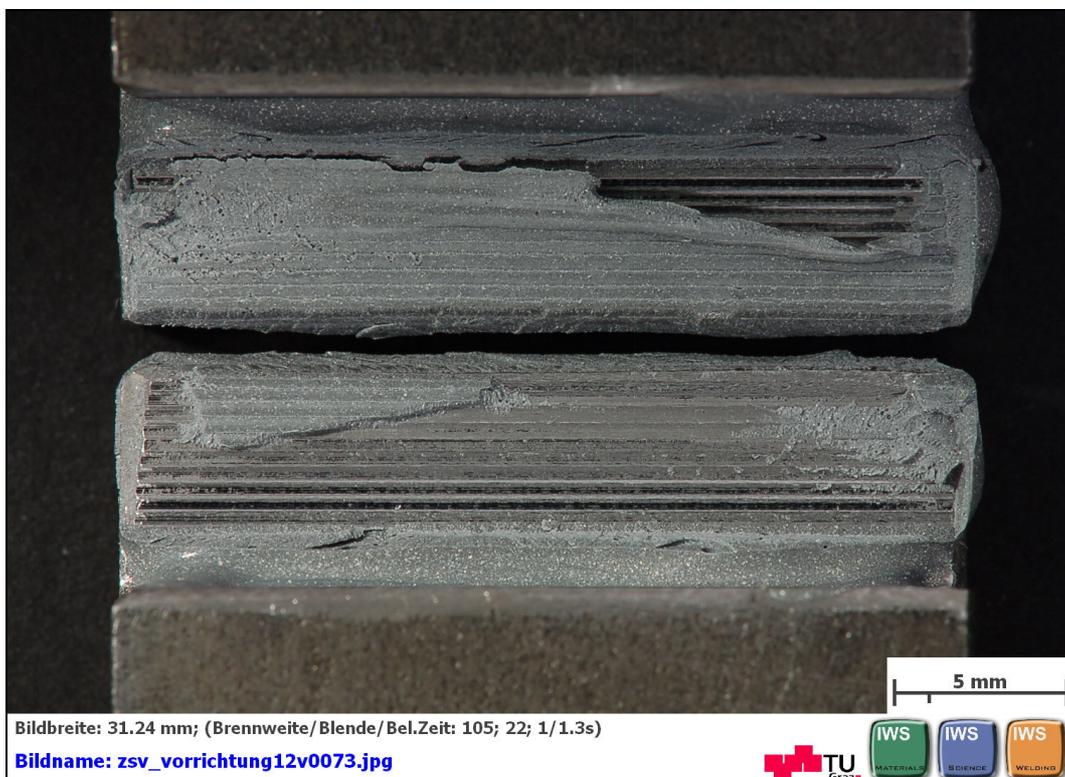
**Abbildung C 75: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 3 von 5**



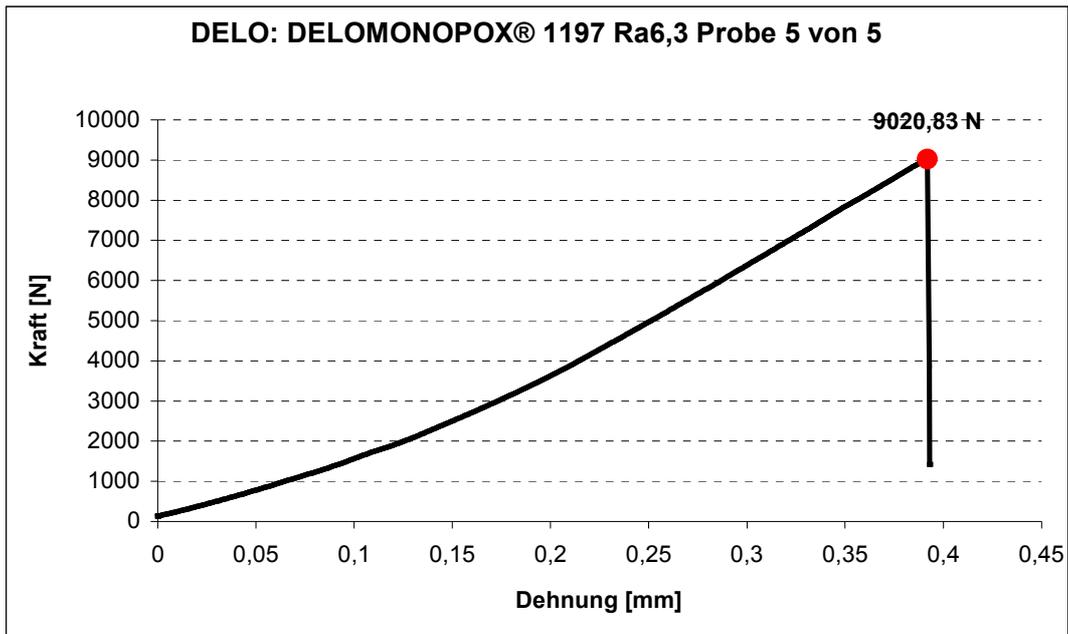
**Abbildung C 76: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 3 von 5**



**Abbildung C 77: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 4 von 5**



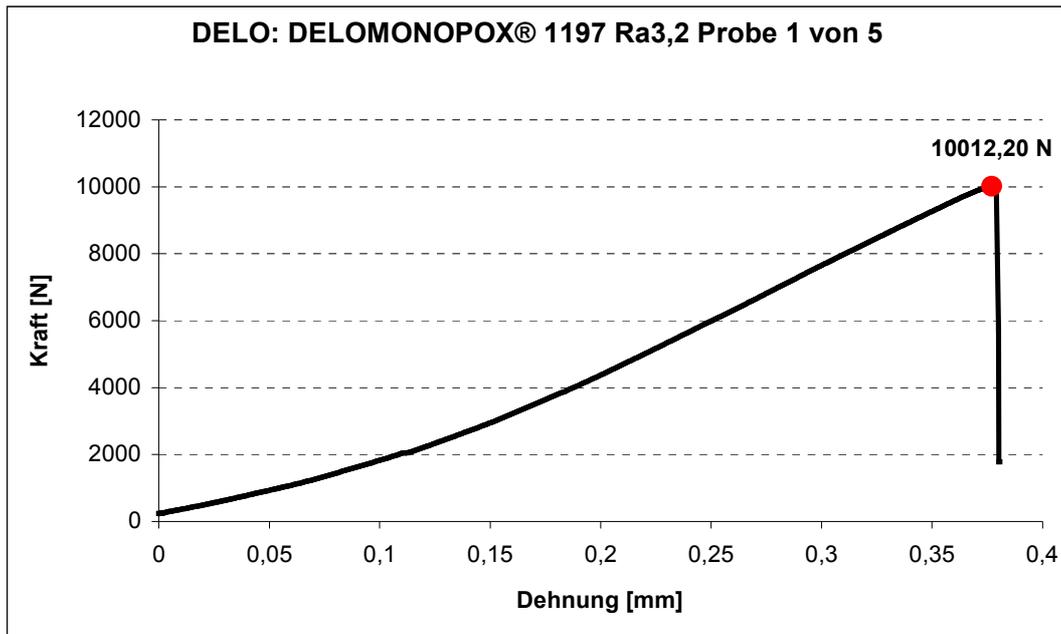
**Abbildung C 78: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 4 von 5**



**Abbildung C 79: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 5 von 5**



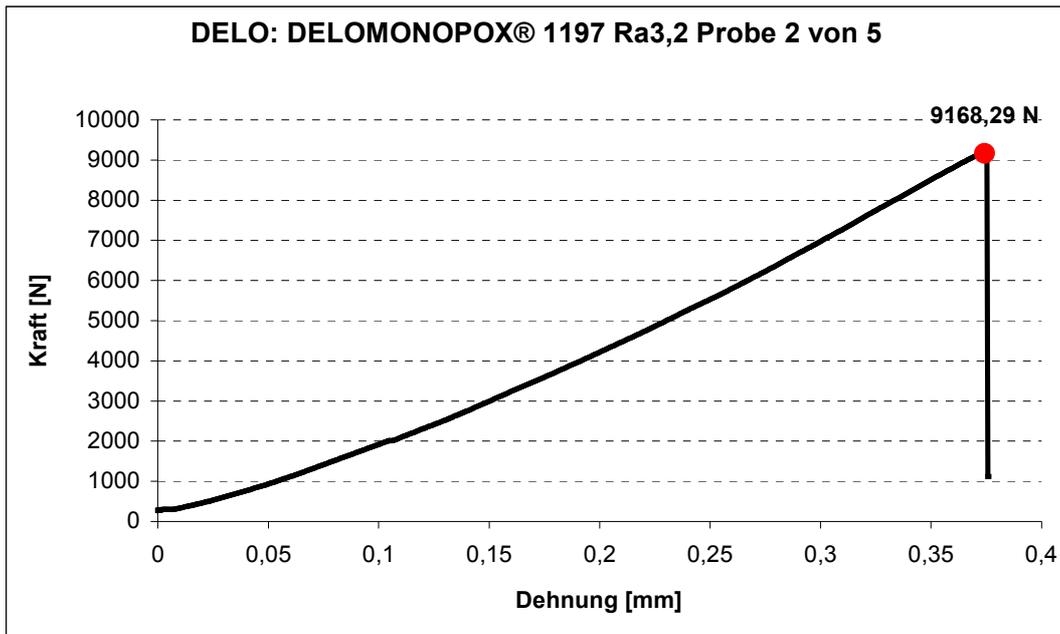
**Abbildung C 80: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra6,3 Probe 5 von 5**



**Abbildung C 81: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 1 von 5**



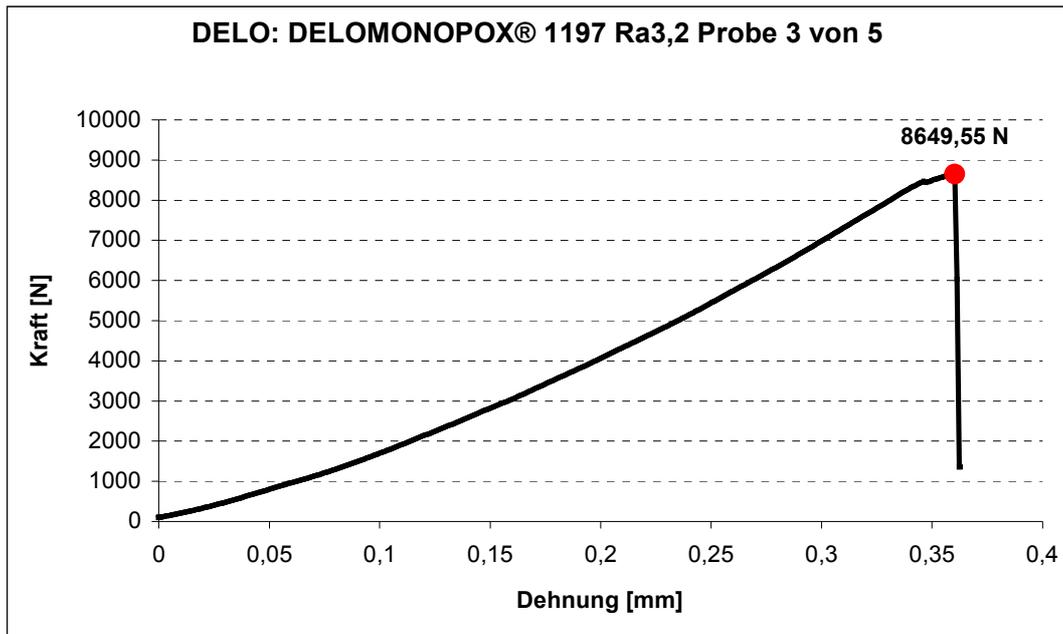
**Abbildung C 82: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 1 von 5**



**Abbildung C 83: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 2 von 5**



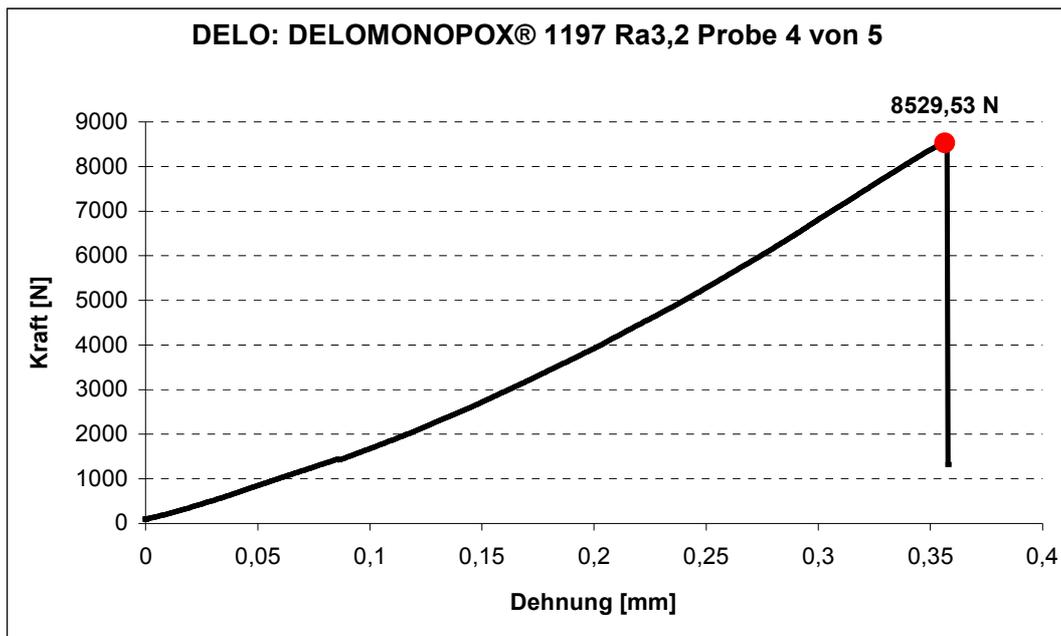
**Abbildung C 84: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 2 von 5**



**Abbildung C 85: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Rautiefe Ra3,2  
Probe 3 von 5**



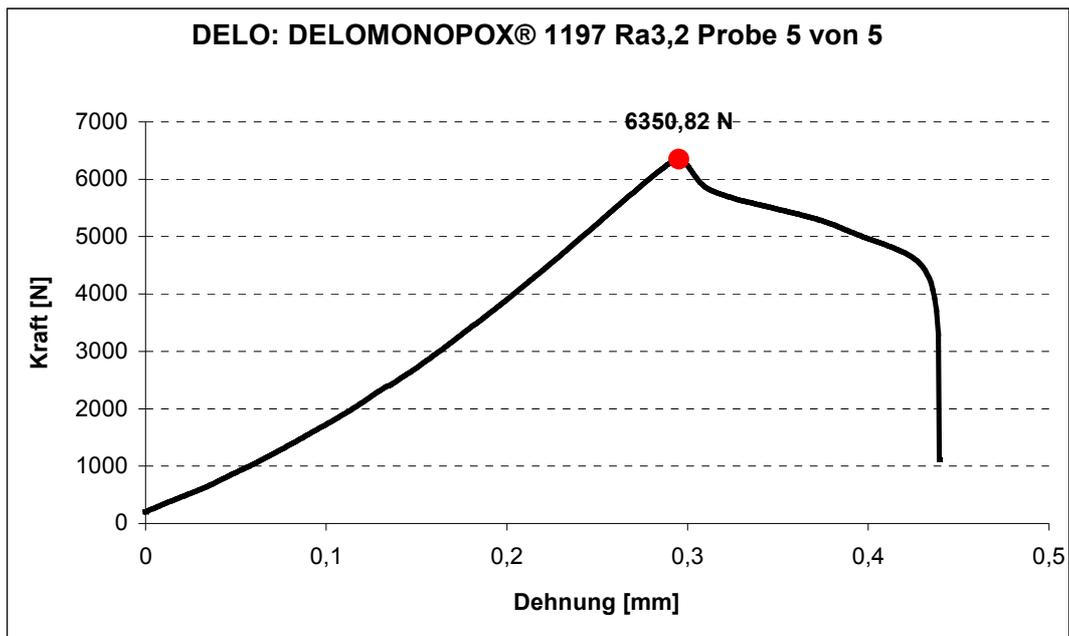
**Abbildung C 86: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Rautiefe Ra3,2  
Probe 3 von 5**



**Abbildung C 87: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Rautiefe Ra3,2  
Probe 4 von 5**



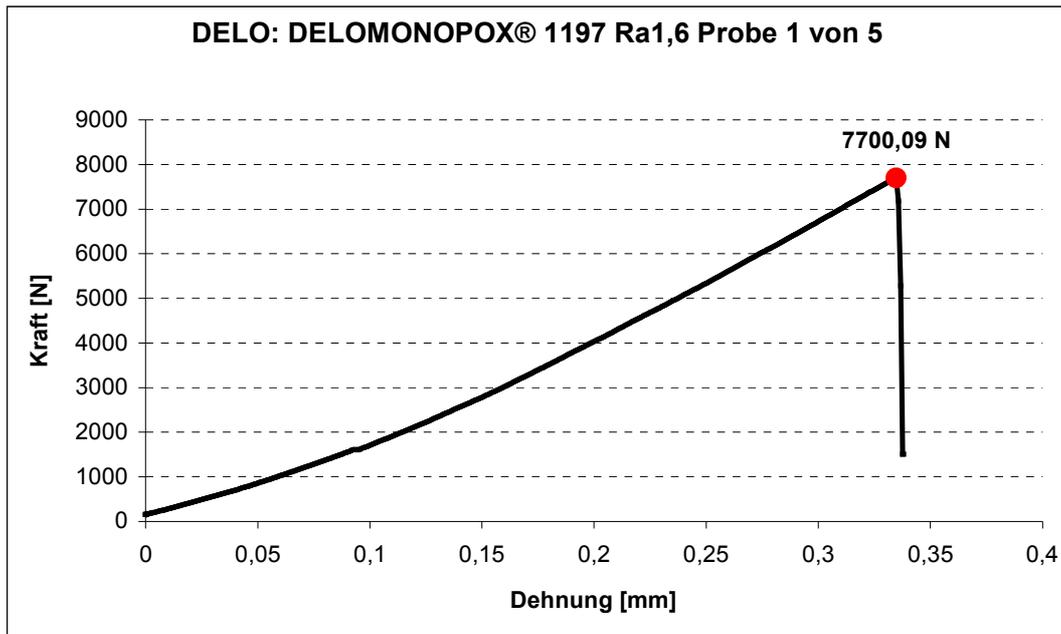
**Abbildung C 88: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Rautiefe Ra3,2  
Probe 4 von 5**



**Abbildung C 89: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 5 von 5**



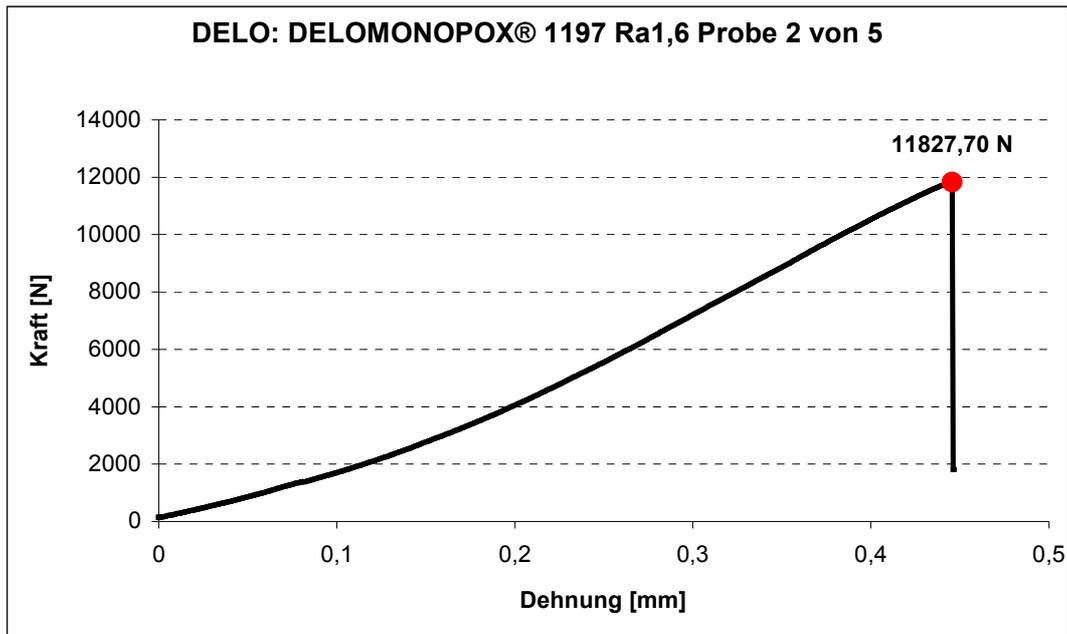
**Abbildung C 90: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra3,2 Probe 5 von 5**



**Abbildung C 91: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 1 von 5**



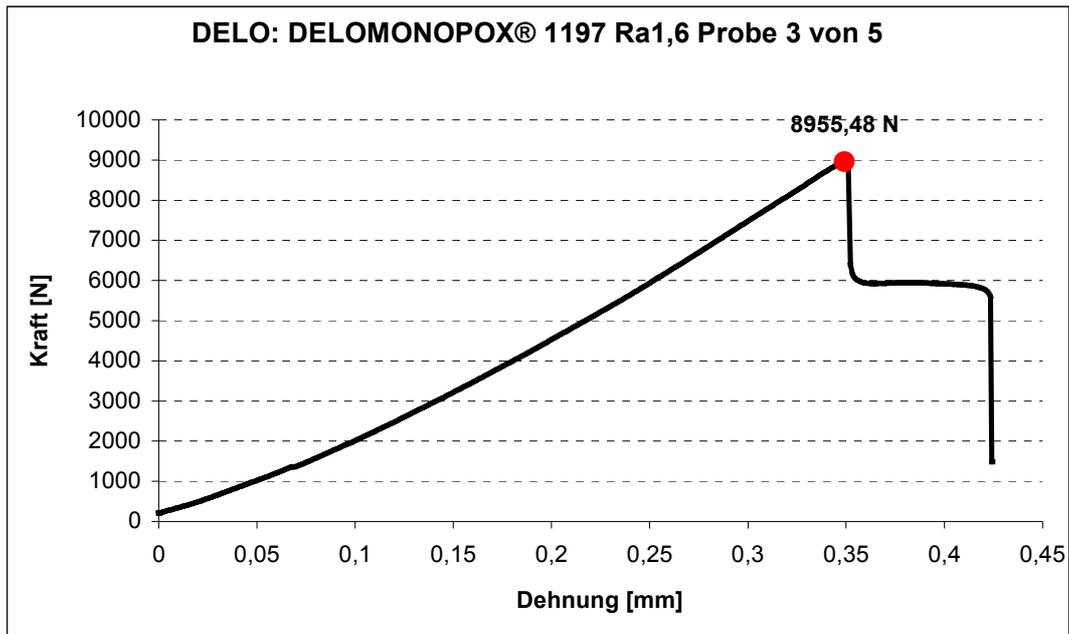
**Abbildung C 92: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 1 von 5**



**Abbildung C 93: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Rautiefe Ra1,6  
Probe 2 von 5**



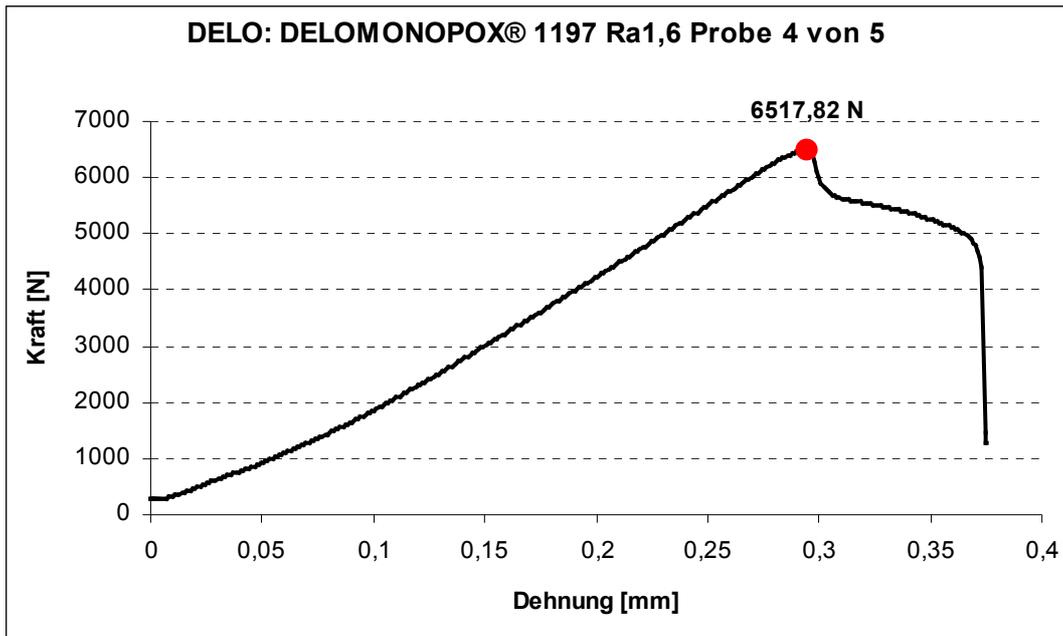
**Abbildung C 94: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Rautiefe Ra1,6  
Probe 2 von 5**



**Abbildung C 95: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Rautiefe Ra1,6  
Probe 3 von 5**



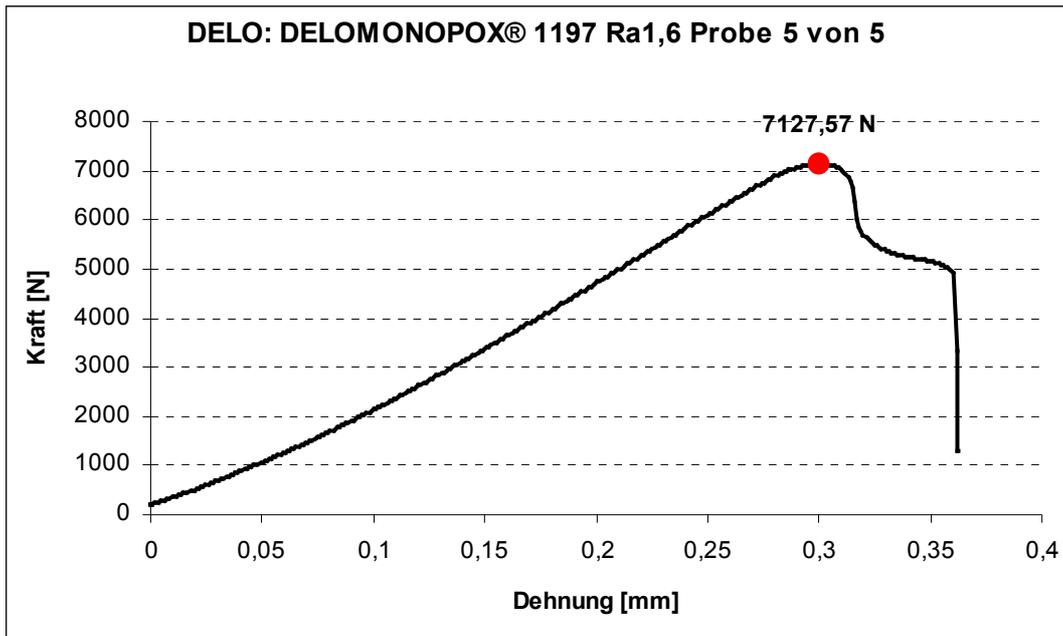
**Abbildung C 96: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Rautiefe Ra1,6  
Probe 3 von 5**



**Abbildung C 97: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Rautiefe Ra1,6  
Probe 4 von 5**



**Abbildung C 98: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2  
mit DELO: DELOMONOPOX® 1197  
Rautiefe Ra1,6  
Probe 4 von 5**



**Abbildung C 99: Kraft-Weg-Diagramm, Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 5 von 5**



**Abbildung C 100: geklebte Flächen nach dem Zugscherversuch nach EN 14869-2 mit DELO: DELOMONOPOX® 1197 Rautiefe Ra1,6 Probe 5 von 5**

## **Anhang D: Datenblätter der verwendeten Klebstoffe**

**HENKEL: HYSOL<sup>®</sup> EA 9394/C-2**

**DELO: DELOMONOPOX<sup>®</sup> AD295**

**HENKEL: HYSOL<sup>®</sup> 9497<sup>™</sup>**

**3M: SCOTCH-WELD<sup>™</sup> DP760**

**THREE BOND: 2285D**

**POLYMERICS: PX-313/PX-313T**

**POLYMERICS: PX-314**

**DELO: DELOMONOPOX<sup>®</sup> 1197**

**DELO: DELOMONOPOX<sup>®</sup> AD298**



## Hysol® EA 9394/C-2

### Epoxy Paste Adhesive

Henkel Corporation  
Aerospace Group  
2850 Willow Pass Road  
P.O. Box 312  
Bay Point, CA 94565 USA  
**925.458.8000**  
Fax: 925.458.8030  
www.aerospace.henkel.com

#### Description

Hysol EA 9394/C-2 is an elevated temperature curing, high service temperature structural paste adhesive. Qualified to MMM-A-132, Type II structural paste adhesive. Hysol EA 9394/C-2 uses a non-aromatic amine curing agent that retains many of the excellent properties offered by aromatic amine cured systems, high temperature service with a long pot life.

#### Features

Excellent Strength Above 400°F/204°C  
Non-MDA, Non Aromatic Amine Curing Agents  
Long Pot Life

#### Uncured Adhesive Properties

	<u>Part A</u>	<u>Part B</u>
Color	Gray	Purple
Viscosity @ 77°F	5,700 - 7,200 Poise	1 Poise
Brookfield, HBT	Spdl 7 @ 20 rpm	Spdl 6 @ 20 rpm
Viscosity @ 25°C	570 - 720 Pa·S	0.1 Pa·S
Brookfield, HBT	Spdl 7 @ 2.1 rad/s	Spdl 6 @ 10.47 rad/s
Density (g/ml)	1.45	1
Shelf life		
@ <40°F/4°C	1 year	1 year
@ <77°F/25°C	1 year	1 year

This material will normally be shipped at ambient conditions, which will not alter our standard warranty, provided that the material is placed into its intended storage upon receipt. Premium shipment is available upon request.

#### Handling

**Mixing** - This product requires mixing two components together just prior to application to the parts to be bonded. Complete mixing is necessary. The temperature of the separate components prior to mixing is not critical, but should be close to room temperature (77°F/25°C).

<u>Mix Ratio</u>	<u>Part A</u>	<u>Part B</u>
By Weight	100	20

Note: Volume measurement is not recommended for structural applications unless special precautions are taken to assure proper ratios.

**Pot Life** (100 g mass)                      8 hours @ 77°F/25°C  
Method - ASTM D2471 in water bath.

## Application

**Mixing** - Combine Part A and Part B in the correct ratio and mix thoroughly. THIS IS IMPORTANT! Heat buildup during or after mixing is normal. Do not mix quantities greater than 450 grams as dangerous heat buildup can occur causing uncontrolled decomposition of the mixed adhesive. TOXIC FUMES CAN OCCUR, RESULTING IN PERSONAL INJURY. Mixing smaller quantities will minimize the heat buildup.

**Applying** - Bonding surfaces should be clean, dry and properly prepared. For optimum surface preparation consult the Hysol Surface Preparation Guide. The bonded parts should be held in contact until the adhesive is set

**Curing** - This adhesive may be cured for 1 hour @ >200°F/93°C to achieve normal performance.

**Cleanup** - It is important to remove excess adhesive from the work area and application equipment before it hardens. Denatured alcohol and many common industrial solvents are suitable for removing uncured adhesive. Consult your supplier's information pertaining to the safe and proper use of solvents.

## Bond Strength Performance

### Tensile Lap Shear Strength

Tensile lap shear strength tested per ASTM D1002 after curing for 1 hour @ 200°F/93°C. Adherends are 2024-T3 bare aluminum treated with phosphoric acid anodized per ASTM D3933.

<u>Test Temperature, °F/ °C</u>	<u>Typical Results</u>	
	<u>psi</u>	<u>MPa</u>
-67/-55	3,500	24.1
77/25	5,000	34.5
180/82	4,000	27.6
250/121	3,200	22.0
300/149	3,000	20.7
350/177	2,500	17.2
400/204	1,700	11.7
450/232	1,200	8.3
500/260	800	5.5

## Service Temperature

Service temperature is defined as that temperature at which this adhesive still retains 1000 psi/6.9 MPa using test method ASTM D1002 and is approximately 450°F/232°C.

## Bulk Resin Properties

**Compressive Properties** - tested using 0.5 inch x 1 inch (12.7mm x 25.4mm) castings per ASTM D695 cured for 24 hours @ 77°F/25°C plus 1 hour @ 200°F/93°C.

	<u>psi</u>	<u>MPa</u>
Compressive Strength @ 77°F/25°C	24,000	165.4
Compressive Strength @ 350°F/177°C	12,000	82.7

## Handling Precautions

Do not handle or use until the Material Safety Data Sheet has been read and understood.  
For industrial use only.

**General:**

As with most epoxy based systems, use this product with adequate ventilation. Do not get in eyes or on skin. Avoid breathing the vapors. Wash thoroughly with soap and water after handling. Empty containers retain product residue and vapors, so obey all precautions when handling empty containers.

**PART A**

**CAUTION!** This material may cause eye and skin irritation or allergic dermatitis. It contains epoxy resins.

**PART B**

**WARNING!** This material causes eye and skin irritation or allergic dermatitis. It contains amines.

Hysol<sup>®</sup> is a registered trademark of Henkel Corporation.

Rev. 1/01

---

**DISCLAIMER:** The information supplied in this document is for guidance only and should not be construed as a warranty. All implied warranties are expressly disclaimed, including without limitation any warranty of merchantability and fitness for use. All users of the materials are responsible for assuring that it is suitable for their needs, environmental and use. All data is subject to change as Henkel deems appropriate.

Users should review the Materials Safety Data Sheet (MSDS) and product label for the material to determine possible health hazards, appropriate engineering controls and precautions to be observed in using the material. Copies of the MSDS and label are available upon request.

---





Revision Number: 002.2

Issue date: 01/10/2012

**1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION**

<b>Product name:</b> EA 9394/C-2 PART A 6 OZ SEMKIT	<b>IDH number:</b> 937143
<b>Product type:</b> Adhesive for the Aerospace Industry	<b>Item number:</b> AA9319312
	<b>Region:</b> United States
<b>Company address:</b> Henkel Corporation 2850 Willow Pass Road Bay Point, California 94565	<b>Contact information:</b> Telephone: 925.458.8000 Fax: 925.458.8030 MEDICAL EMERGENCY Phone: Poison Control Center 1-877-671-4608 (toll free) or 1-303-592-1711 TRANSPORT EMERGENCY Phone: CHEMTREC 1-800-424-9300 (toll free) or 1-703-527-3887 Internet: www.henkelna.com

**2. HAZARDS IDENTIFICATION**

**EMERGENCY OVERVIEW**

<b>Physical state:</b> Solid, Paste	<b>HMIS:</b>	
<b>Color:</b> Gray	<b>HEALTH:</b>	*2
<b>Odor:</b> Slight	<b>FLAMMABILITY:</b>	1
	<b>PHYSICAL HAZARD:</b>	1
	<b>Personal Protection:</b>	See MSDS Section 8
<b>WARNING:</b>	MAY CAUSE EYE, SKIN AND RESPIRATORY TRACT IRRITATION. MAY CAUSE ALLERGIC SKIN REACTION.	

**Relevant routes of exposure:** Skin, Inhalation, Eyes

**Potential Health Effects**

<b>Inhalation:</b>	May cause respiratory tract irritation.
<b>Skin contact:</b>	This product may cause irritation to the skin. This product may cause an allergic skin reaction.
<b>Eye contact:</b>	This product may cause irritation to the eyes.
<b>Ingestion:</b>	Not a relevant route of exposure.

**Existing conditions aggravated by exposure:** Eye, skin, and respiratory disorders.

This material is considered hazardous by the OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200).

See Section 11 for additional toxicological information.

**3. COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS**

Hazardous components	CAS NUMBER	%
Aluminum	7429-90-5	30 - 60
Polyfunctional epoxy resin	Proprietary	30 - 60
Epoxy resin	Proprietary	10 - 30
Modified epoxy resin	Unknown	5 - 10
Treated fumed silica	67762-90-7	1 - 5

**4. FIRST AID MEASURES**

**Inhalation:** If inhaled, immediately remove the affected person to fresh air. If symptoms develop and persist, get medical attention.

<b>Skin contact:</b>	Remove contaminated clothing and footwear. Immediately wash skin thoroughly with soap and water. If symptoms develop and persist, get medical attention.
<b>Eye contact:</b>	In case of contact with the eyes, rinse immediately with plenty of water for 15 minutes, and seek immediate medical attention.
<b>Ingestion:</b>	Get immediate medical attention. Do not induce vomiting. Never give anything by mouth to an unconscious person.
<b>Notes to physician:</b>	Treat symptomatically and supportively.

## 5. FIRE FIGHTING MEASURES

<b>Flash point:</b>	> 200 °C (> 392°F) ; Estimated
<b>Autoignition temperature:</b>	Not determined
<b>Flammable/Explosive limits - lower:</b>	Not determined
<b>Flammable/Explosive limits - upper:</b>	Not determined
<b>Extinguishing media:</b>	Water spray (fog), foam, dry chemical or carbon dioxide.
<b>Special firefighting procedures:</b>	Wear full protective clothing. Wear self-contained breathing apparatus.
<b>Unusual fire or explosion hazards:</b>	May liberate large quantities of dense, foul-smelling smoke which may contain unidentified toxic gasses.
<b>Hazardous combustion products:</b>	Upon decomposition, this product emits carbon monoxide, carbon dioxide and/or low molecular weight hydrocarbons. Oxides of nitrogen.

## 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

**Use personal protection recommended in Section 8, isolate the hazard area and deny entry to unnecessary and unprotected personnel.**

<b>Environmental precautions:</b>	Prevent further leakage or spillage if safe to do so. Wear appropriate protective equipment and clothing during clean-up. Do not allow product to enter sewer or waterways.
<b>Clean-up methods:</b>	Scrape up spilled material and place in a closed container for disposal. Dispose of according to Federal, State and local governmental regulations.

## 7. HANDLING AND STORAGE

<b>Handling:</b>	Avoid contact with eyes, skin and clothing. Wash thoroughly after handling. Do not breathe fumes or dust from this material. For industrial use only.
<b>Storage:</b>	For safe storage, store at or below -18 °C (0.4 °F) Refrigerated storage is recommended to maintain product quality.

**For information on product shelf life, please review labels on container or check the Technical Data Sheet.**

## 8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

**Employers should complete an assessment of all workplaces to determine the need for, and selection of, proper exposure controls and protective equipment for each task performed.**

Hazardous components	ACGIH TLV	OSHA PEL	AIHA WEEL	OTHER
Aluminum	1 mg/m <sup>3</sup> TWA Respirable fraction.	15 mg/m <sup>3</sup> TWA (as Al) Total dust. 5 mg/m <sup>3</sup> TWA (as Al) Respirable dust.	None	None
Polyfunctional epoxy resin	None	None	None	None
Epoxy resin	None	None	None	None
Modified epoxy resin	None	None	None	None
Treated fumed silica	10 mg/m <sup>3</sup> TWA Inhalable dust. 3 mg/m <sup>3</sup> TWA Respirable fraction.	15 mg/m <sup>3</sup> TWA Total dust. 5 mg/m <sup>3</sup> TWA Respirable fraction.	None	None

- Engineering controls:** Ventilation should effectively remove and prevent buildup of any dust generated from the handling of this product.
- Respiratory protection:** When dusts or thermal processing fumes are generated and ventilation is not sufficient to effectively remove them, appropriate NIOSH/MSHA approved respiratory protection must be provided.
- Eye/face protection:** Safety goggles or safety glasses with side shields.
- Skin protection:** Wear impervious gloves for prolonged contact. Use of impervious apron and boots are recommended.

## 9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

- Physical state:** Solid, Paste
- Color:** Gray
- Odor:** Slight
- Odor threshold:** Not available.
- pH:** Neutral
- Vapor pressure:** Nil
- Boiling point/range:** Not determined
- Melting point/ range:** Not determined
- Specific gravity:** 1.49
- Vapor density:** > 1
- Flash point:** > 200 °C (> 392°F) ; Estimated
- Flammable/Explosive limits - lower:** Not determined
- Flammable/Explosive limits - upper:** Not determined
- Autoignition temperature:** Not determined
- Evaporation rate:** Not determined
- Solubility in water:** Slight
- Partition coefficient (n-octanol/water):** Not determined
- VOC content:** < 10 g/l per SCAQMD Rule 1124 [EPA Test Method 24/304-91] (estimated)

## 10. STABILITY AND REACTIVITY

- Stability:** Stable at normal conditions.
- Hazardous reactions:** May occur.
- Hazardous decomposition products:** Upon decomposition, this product emits carbon monoxide, carbon dioxide and/or low molecular weight hydrocarbons. Oxides of nitrogen.
- Incompatible materials:** Keep away from strong oxidizing agents, strong Lewis or mineral acids.
- Conditions to avoid:** Avoid mixing resin (Part A) and curing agent (Part B) unless you plan to use immediately. Do not heat mixed adhesive unless curing surfaces to be bonded. Failure to observe these precautions may result in excessive heat build-up causing an exotherm. The exotherm has the potential for release of toxic gasses.

## 11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Hazardous components	NTP Carcinogen	IARC Carcinogen	OSHA Carcinogen (Specifically Regulated)
Aluminum	No	No	No
Polyfunctional epoxy resin	No	No	No
Epoxy resin	No	No	No
Modified epoxy resin	No	No	No
Treated fumed silica	No	No	No

Hazardous components	Health Effects/Target Organs
Aluminum	Central nervous system, Irritant, Lung
Polyfunctional epoxy resin	Allergen, Blood, Central nervous system, Gastrointestinal, Irritant, Kidney, Liver, Mutagen, Nervous System
Epoxy resin	Allergen, Irritant
Modified epoxy resin	No Data
Treated fumed silica	Irritant

## 12. ECOLOGICAL INFORMATION

**Ecological information:** Toxic to aquatic organisms

## 13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Information provided is for unused product only.

**Recommended method of disposal:** Dispose of according to Federal, State and local governmental regulations.

**Hazardous waste number:** Material, if discarded, is not expected to be a characteristic hazardous waste under RCRA.

## 14. TRANSPORT INFORMATION

### U.S. Department of Transportation Ground (49 CFR)

**Proper shipping name:** Not regulated  
**Hazard class or division:** None  
**Identification number:** None  
**Packing group:** None

### International Air Transportation (ICAO/IATA)

**Proper shipping name:** Environmentally hazardous substance, solid, n.o.s. (Tetraglycidyl diaminodiphenylmethane, Bisphenol-A Epichlorhydrin resin)  
**Hazard class or division:** 9  
**Identification number:** UN 3077  
**Packing group:** III

### Water Transportation (IMO/IMDG)

**Proper shipping name:** ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, SOLID, N.O.S. (Tetraglycidyl diaminodiphenylmethane, Bisphenol-A Epichlorhydrin resin)  
**Hazard class or division:** 9  
**Identification number:** UN 3077  
**Packing group:** III  
**Marine pollutant:** Tetraglycidyl diaminodiphenylmethane, Bisphenol-A Epichlorhydrin resin  
**Exceptions:** Classified per IMDG Amendment 34; Effective Jan 1, 2010.

## 15. REGULATORY INFORMATION

### United States Regulatory Information

**TSCA 8 (b) Inventory Status:** All components are listed or are exempt from listing on the Toxic Substances Control Act inventory.

**TSCA 12(b) Export Notification:** None above reporting de minimus

**CERCLA/SARA Section 302 EHS:** None above reporting de minimus  
**CERCLA/SARA Section 311/312:** Immediate Health, Delayed Health  
**CERCLA/SARA 313:** This product contains the following toxic chemicals subject to the reporting requirements of section 313 of the Emergency Planning and Community Right-To-Know Act of 1986 (40 CFR 372). Aluminum (CAS# 7429-90-5).

**California Proposition 65:** This product contains a chemical known in the State of California to cause cancer. This product contains a chemical known to the State of California to cause birth defects or other reproductive harm.

**Canada Regulatory Information**

**CEPA DSL/NDSL Status:** One or more components are not listed on, and are not exempt from listing on either the Domestic Substances List or the Non-Domestic Substances List.  
**WHMIS hazard class:** D.2.B

**16. OTHER INFORMATION**

**This material safety data sheet contains changes from the previous version in sections:** New Material Safety Data Sheet format.

**Prepared by:** Mark Mau, Regulatory Affairs Specialist

**DISCLAIMER:** The data contained herein are furnished for information only and are believed to be reliable. However, Henkel Corporation and its affiliates ("Henkel") does not assume responsibility for any results obtained by persons over whose methods Henkel has no control. It is the user's responsibility to determine the suitability of Henkel's products or any production methods mentioned herein for a particular purpose, and to adopt such precautions as may be advisable for the protection of property and persons against any hazards that may be involved in the handling and use of any Henkel's products. In light of the foregoing, Henkel specifically disclaims all warranties, express or implied, including warranties of merchantability and fitness for a particular purpose, arising from sale or use of Henkel's products. Henkel further disclaims any liability for consequential or incidental damages of any kind, including lost profits.



Revision Number: 002.2

Issue date: 03/17/2011

**1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION**

<b>Product name:</b> EA 9394/C-2 PART B 6 OZ SEMKIT	<b>IDH number:</b> 937144
<b>Product type:</b> Adhesive for the Aerospace Industry	<b>Item number:</b> AB9319313
	<b>Region:</b> United States
<b>Company address:</b> Henkel Corporation 2850 Willow Pass Road Bay Point, California 94565	<b>Contact information:</b> Telephone: 925.458.8000 Fax: 925.458.8030 MEDICAL EMERGENCY Phone: Poison Control Center 1-877-671-4608 (toll free) or 1-303-592-1711 TRANSPORT EMERGENCY Phone: CHEMTREC 1-800-424-9300 (toll free) or 1-703-527-3887 Internet: www.henkelna.com

**2. HAZARDS IDENTIFICATION**

**EMERGENCY OVERVIEW**

<b>Physical state:</b> Liquid	<b>HEALTH:</b> *3
<b>Color:</b> Purple	<b>FLAMMABILITY:</b> 1
<b>Odor:</b> Ammonia	<b>PHYSICAL HAZARD:</b> 1
	<b>Personal Protection:</b> See MSDS Section 8

**DANGER-CORROSIVE!:** MAY CAUSE EYE AND SKIN BURNS.  
MAY BE HARMFUL IF SWALLOWED, ABSORBED THROUGH SKIN OR INHALED.  
CAUSES RESPIRATORY TRACT IRRITATION.  
MAY CAUSE ALLERGIC SKIN AND RESPIRATORY REACTION.

**Relevant routes of exposure:** Skin, Inhalation, Eyes

**Potential Health Effects**

<b>Inhalation:</b>	This product is irritating to the respiratory system. May cause allergic respiratory reaction.
<b>Skin contact:</b>	Mists, vapors or liquid may cause severe irritation or burns. May cause allergic skin reaction.
<b>Eye contact:</b>	This product is severely irritating to the eyes and may cause irreversible damage including burns and blindness.
<b>Ingestion:</b>	Not expected under normal conditions of use.

**Existing conditions aggravated by exposure:** Eye, skin, and respiratory disorders.

This material is considered hazardous by the OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200).

See Section 11 for additional toxicological information.

**3. COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS**

Hazardous components	CAS NUMBER	%
2,2'-Dimethyl-4,4'-methylenebis(cyclohexylamine)	6864-37-5	30 - 60
4,4'-Methylenebis(cyclohexylamine)	1761-71-3	30 - 60
Diaminocyclohexane, 1,2-	694-83-7	10 - 30

#### 4. FIRST AID MEASURES

<b>Inhalation:</b>	If inhaled, immediately remove the affected person to fresh air. If symptoms develop and persist, get medical attention.
<b>Skin contact:</b>	Remove contaminated clothing and footwear. Immediately wash skin thoroughly with soap and water. If symptoms develop and persist, get medical attention.
<b>Eye contact:</b>	Immediately flush eyes with water for at least 15 minutes, while holding eyelids open. Seek medical attention at once.
<b>Ingestion:</b>	Get immediate medical attention. Do not induce vomiting.
<b>Notes to physician:</b>	Treat symptomatically and supportively.

#### 5. FIRE FIGHTING MEASURES

<b>Flash point:</b>	> 200 °F (> 93.33 °C) ; Estimated
<b>Autoignition temperature:</b>	Not applicable
<b>Flammable/Explosive limits - lower:</b>	Not determined
<b>Flammable/Explosive limits - upper:</b>	Not determined
<b>Extinguishing media:</b>	Water spray (fog), foam, dry chemical or carbon dioxide.
<b>Special firefighting procedures:</b>	Wear full protective clothing. Wear self-contained breathing apparatus.
<b>Unusual fire or explosion hazards:</b>	May liberate large quantities of dense, foul-smelling smoke which may contain unidentified toxic gasses.
<b>Hazardous combustion products:</b>	Upon decomposition, this product emits carbon monoxide, carbon dioxide and/or low molecular weight hydrocarbons. Oxides of nitrogen.

#### 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

**Use personal protection recommended in Section 8, isolate the hazard area and deny entry to unnecessary and unprotected personnel.**

<b>Environmental precautions:</b>	Prevent further leakage or spillage if safe to do so. Wear appropriate protective equipment and clothing during clean-up. Do not allow product to enter sewer or waterways.
<b>Clean-up methods:</b>	Absorb spill with inert material. Shovel material into appropriate container for disposal. Dispose of according to Federal, State and local governmental regulations.

#### 7. HANDLING AND STORAGE

<b>Handling:</b>	For the Part A plus Part B adhesive mixture, follow curing schedule as recommended in product literature. Do not heat Part B at temperatures greater than 100 °C (212 °F). This material may self-react at higher temperatures and cause an exotherm. The exotherm has the potential for release of excessive energy and toxic gasses. Empty containers retain product residue, so obey hazard warnings and handle empty containers as if they were full. Do not cut, grind, weld, or drill on or near this container.
<b>Storage:</b>	For safe storage, store at or below 25 °C (77°F) Keep container tightly closed and in a cool, well-ventilated place away from incompatible materials.

**For information on product shelf life, please review labels on container or check the Technical Data Sheet.**

## 8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

Employers should complete an assessment of all workplaces to determine the need for, and selection of, proper exposure controls and protective equipment for each task performed.

Hazardous components	ACGIH TLV	OSHA PEL	AIHA WEEL	OTHER
2,2'-Dimethyl-4,4'-methylenebis(cyclohexylamine)	None	None	None	None
4,4'-Methylenebis(cyclohexylamine)	None	None	None	None
Diaminocyclohexane, 1,2-	None	None	None	None

**Engineering controls:**

Local exhaust ventilation is recommended when general ventilation is not sufficient to control airborne contamination. Provide local and general exhaust ventilation to effectively remove and prevent buildup of any vapors or mists generated from the handling of this product.

**Respiratory protection:**

Use a NIOSH approved respirator if ventilation is inadequate. If ventilation is not sufficient to effectively prevent buildup of aerosols, mists or vapors, appropriate NIOSH/MSHA respiratory protection must be provided.

**Eye/face protection:**

Wear chemical goggles; face shield (if splashing is possible).

**Skin protection:**

Wear impervious gloves for prolonged contact. Use of impervious apron and boots are recommended.

## 9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

<b>Physical state:</b>	Liquid
<b>Color:</b>	Purple
<b>Odor:</b>	Ammonia
<b>Odor threshold:</b>	Not available
<b>pH:</b>	Alkaline
<b>Vapor pressure:</b>	Negligible
<b>Boiling point/range:</b>	Not determined
<b>Melting point/ range:</b>	Not determined
<b>Specific gravity:</b>	1
<b>Vapor density:</b>	Not determined
<b>Flash point:</b>	> 200 °F (> 93.33 °C) ; Estimated
<b>Flammable/Explosive limits - lower:</b>	Not determined
<b>Flammable/Explosive limits - upper:</b>	Not determined
<b>Autoignition temperature:</b>	Not applicable
<b>Evaporation rate:</b>	Not determined
<b>Solubility in water:</b>	Negligible
<b>Partition coefficient (n-octanol/water):</b>	Not determined
<b>VOC content:</b>	< 10 g/l per SCAQMD Rule 1124 [EPA Test Method 24/304-91] (estimated)

## 10. STABILITY AND REACTIVITY

<b>Stability:</b>	Stable at normal conditions.
<b>Hazardous reactions:</b>	May occur.
<b>Hazardous decomposition products:</b>	Upon decomposition, this product emits carbon monoxide, carbon dioxide and/or low molecular weight hydrocarbons. Oxides of nitrogen.
<b>Incompatible materials:</b>	Keep away from strong oxidizing agents, strong Lewis or mineral acids.
<b>Conditions to avoid:</b>	Avoid mixing resin (Part A) and curing agent (Part B) unless you plan to use immediately. Do not heat mixed adhesive unless you plan to use immediately. Failure to observe these precautions may result in excessive heat build-up causing an exotherm.

## 11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

<b>Acute oral product toxicity:</b>	LD50 (rat) > 500 mg/kg
-------------------------------------	------------------------

Acute dermal product toxicity:

LD50 (rabbit) > 1,000 mg/kg

Hazardous components	NTP Carcinogen	IARC Carcinogen	OSHA Carcinogen (Specifically Regulated)
2,2'-Dimethyl-4,4'-methylenebis(cyclohexylamine)	No	No	No
4,4'-Methylenebis(cyclohexylamine)	No	No	No
Diaminocyclohexane, 1,2-	No	No	No

Hazardous components	Health Effects/Target Organs
2,2'-Dimethyl-4,4'-methylenebis(cyclohexylamine)	Brain, Corrosive, Irritant, Liver, Lung, Muscle, Skin
4,4'-Methylenebis(cyclohexylamine)	Irritant, Allergen
Diaminocyclohexane, 1,2-	Irritant

## 12. ECOLOGICAL INFORMATION

Ecological information:

Harmful to aquatic organisms.

## 13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Information provided is for unused product only.

Recommended method of disposal:

Dispose of according to Federal, State and local governmental regulations.

Hazardous waste number:

This product, if discarded, may be characterized as a RCRA corrosive waste, D002.

## 14. TRANSPORT INFORMATION

### U.S. Department of Transportation Ground (49 CFR)

**Proper shipping name:** Corrosive liquids, toxic, n.o.s. (2,2-Dimethyl-4,4-methylenebis-cyclohexylamine, 4,4-methylenebis-cyclohexylamine)  
**Hazard class or division:** 8 (6.1)  
**Identification number:** UN 2922  
**Packing group:** II

### International Air Transportation (ICAO/IATA)

**Proper shipping name:** Corrosive liquid, toxic, n.o.s. (2,2-Dimethyl-4,4-methylenebis-cyclohexylamine, 4,4-methylenebis-cyclohexylamine)  
**Hazard class or division:** 8 (6.1)  
**Identification number:** UN 2922  
**Packing group:** II

### Water Transportation (IMO/IMDG)

**Proper shipping name:** CORROSIVE LIQUID, TOXIC, N.O.S. (2,2-Dimethyl-4,4-methylenebis-cyclohexylamine, 4,4-methylenebis-cyclohexylamine)  
**Hazard class or division:** 8 (6.1)  
**Identification number:** UN 2922  
**Packing group:** II  
**Marine pollutant:** 2,2-Dimethyl-4,4-methylenebis-cyclohexylamine, 4,4-methylenebis-cyclohexylamine

## 15. REGULATORY INFORMATION

### United States Regulatory Information

**TSCA 8 (b) Inventory Status:** All components are listed or are exempt from listing on the Toxic Substances Control Act Inventory.  
**TSCA 12(b) Export Notification:** None above reporting de minimus  
**CERCLA/SARA Section 302 EHS:** None above reporting de minimus  
**CERCLA/SARA Section 311/312:** Immediate Health, Delayed Health

**CERCLA/SARA 313:** None above reporting de minimus  
**California Proposition 65:** This product contains a chemical known in the State of California to cause cancer.

**Canada Regulatory Information**

**CEPA DSL/NDSL Status:** All components are listed on or are exempt from listing on the Canadian Domestic Substances List.  
**WHMIS hazard class:** D.1.B, D.2.A, D.2.B, E

**16. OTHER INFORMATION**

**This material safety data sheet contains changes from the previous version in sections:** New Material Safety Data Sheet format.

**Prepared by:** Mark Mau, Regulatory Affairs Specialist

**DISCLAIMER:** The data contained herein are furnished for information only and are believed to be reliable. However, Henkel Corporation does not assume responsibility for any results obtained by persons over whose methods Henkel Corporation has no control. It is the user's responsibility to determine the suitability of Henkel's products or any production methods mentioned herein for a particular purpose, and to adopt such precautions as may be advisable for the protection of property and persons against any hazards that may be involved in the handling and use of any of Henkel Corporation's products. In light of the foregoing, Henkel Corporation specifically disclaims all warranties, express or implied, including warranties of merchantability and fitness for a particular purpose, arising from sale or use of Henkel Corporation's products. Henkel Corporation further disclaims any liability for consequential or incidental damages of any kind, including lost profits.

### **DELOMONOPOX® AD295**

warmhärtend, Konstruktionsklebstoff

#### **Basis**

- Epoxidharz, Konstruktionsklebstoff
- einkomponentig, warmhärtend, gefüllt

#### **Verwendung**

- für Verklebungen von allen Metallen, temperaturbeständigen Kunststoffen, Ferrit, Keramik
- besonders für hochfeste, zähnharte Verbindungen mit sehr hoher statischer sowie dynamischer Belastbarkeit, auch bei hohen Temperaturen
- gutes Fließverhalten
- hervorragende chemische Beständigkeit
- sehr hohe Temperaturfestigkeit
- das Produkt wird üblicherweise im Temperaturbereich von -40 °C bis +200 °C eingesetzt; anwendungsbezogen können andere Grenzen sinnvoll sein
- erfüllt die Anforderungen des Thermo-Vakuum-Ausgasungstests für die Auswahl von Raumfahrtmaterialien nach ECSS Q-70-02
- konform zu RoHS Direktive 2002/95/EC

#### **Verarbeitung**

- zur Aufheizung der Bauteile können auch höhere Temperaturen angewendet werden
- die Aufheizzeit der Bauteile muss zur eigentlichen Aushärtungszeit hinzugezählt werden
- die zur Aushärtung des Klebstoffs geforderte Temperatur muss direkt in der Klebschicht vorliegen
- in Abhängigkeit der eingesetzten Klebstoffmenge entsteht exotherme Reaktionswärme, die ggf. zur Überhitzung führen kann; in diesen Fällen ist die Aushärtungstemperatur entsprechend niedriger anzusetzen
- der Klebstoff ist im Anlieferungszustand gebrauchsfertig, bei Kühlung ist darauf zu achten, dass das Gebinde vor dem Einsatz auf Raumtemperatur konditioniert ist
- die Konditionierung der Gebinde erfolgt bei Raumtemperatur (max. +25 °C); die Konditionierungszeit beträgt ca. 1 h für Gebinde bis 50 ml und ca. 2 h für Gebinde bis 310 ml; eine zusätzliche Wärmezufuhr ist nicht zulässig
- der Klebstoff lässt sich aus dem Originalgebilde oder mit DELO-Dosiergeräten sehr gut verarbeiten
- zu verklebende Oberflächen sollen trocken, staub- und fettfrei sowie frei von anderen Verunreinigungen sein
- zur Klebflächenreinigung DELOTHEN-Reiniger verwenden
- durch Sandstrahlen, Schleifen oder Beizen kann eine Verbesserung der Klebstoffhaftung am Werkstück erreicht werden
- enthaltene Füllstoffe können bei Verarbeitung über Dosieranlagen eine abrasive Wirkung zeigen

## **Aushärtung**

- erfolgt bei Temperaturen zwischen +130 und +180 °C
- höhere Temperaturen verkürzen, niedrigere Temperaturen verlängern den Aushärtungsprozess und ändern ggf. die Eigenschaften des ausgehärteten Produkts

## **Technische Daten**

Farbe	hell-beige
Füllstoff	Mineralien
Dichte [g/cm <sup>3</sup> ] DELO-Norm 13 bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	1,6
Viskosität [mPas] bei 23 °C, Brookfield Sp/U 7/5	230000
Verarbeitungszeit bei Raumtemperatur (max. 25 °C)	4 Wochen
Verarbeitungszeit bei +36°C	4 Tage
Aushärtungszeit bis zur Endfestigkeit [min] bei +150 °C im Umluftofen	40
Zugscherfestigkeit Al/Al [MPa] DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm nach 40 min bei +150 °C	30
Rollenschälwiderstand St/St [N/mm] DELO-Norm 38, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,5 mm	10
Temperaturfestigkeit Al/Al bei +100 °C [MPa] in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm	26
Temperaturfestigkeit Al/Al bei +150 °C [MPa] in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm	9
Temperaturfestigkeit Al/Al bei +200 °C [MPa] in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm	3
Zugfestigkeit [MPa] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	50
Reißdehnung [%] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	1,4
E-Modul [MPa] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	5500
Shore Härte D In Anlehnung an DIN EN ISO 868 nach 40 min bei +150 °C	84
Zersetzungstemperatur [°C] DELO-Norm 36	300

Glasübergangstemperatur [°C] Rheometer	134
Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K] TMA, im Temperaturbereich: +30 bis +90 °C	42
Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K] TMA, im Temperaturbereich: +130 bis +180 °C	147
Schrumpf [Vol. %] DELO-Norm 13	2,5
Wasseraufnahme [Gew. %] in Anlehnung an DIN EN ISO 62 nach 40 min bei +150 °C	0,12
Spezifischer Durchgangswiderstand [ $\Omega$ cm] VDE 0303, Teil 3	>1xE13
Oberflächenwiderstand [ $\Omega$ ] VDE 0303, Teil 3	>1xE13
Durchschlagfestigkeit [kV/mm] DIN IEC 60243-1 bei 50 Hz	20
Lagerstabilität bei Raumtemperatur (max. 25 °C) im ungeöffneten Originalgebände	4 Wochen
Lagerstabilität bei 0 °C bis +8 °C im ungeöffneten Originalgebände	6 Monate

## **Hinweise und Ratschläge**

### **Allgemeines**

Die angegebenen Daten und Informationen beruhen auf Untersuchungen unter Laborbedingungen. Verlässliche Aussagen über das Verhalten des Produktes unter Praxisbedingungen und dessen Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck können hieraus nicht getroffen werden.

Viele Produkteigenschaften sind temperaturabhängig und können sich insbesondere bei hohen Temperaturen dauerhaft verändern. Die Eignung des Produktes für den vorgesehenen Verwendungszweck und Temperaturbereich ist unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen jeweils vom Anwender selbst zu testen. Die Art und die physikalischen sowie chemischen Eigenschaften der mit dem Produkt zu verarbeitenden Materialien sowie die während Transport, Lagerung, Verarbeitung und Verwendung konkret auftretenden Einflüsse können Abweichungen des Verhaltens des Produktes im Vergleich zu seinem Verhalten unter Laborbedingungen verursachen. Die angegebenen Daten sind typische Mittelwerte oder einmalig ermittelte Kennwerte, die unter Laborbedingungen gemessen wurden.

Die angegebenen Daten und Informationen stellen deshalb keine Garantie oder Zusicherung bestimmter Produkteigenschaften oder die Eignung des Produktes für einen konkreten Verwendungszweck dar.

### **Gebrauchsanweisung**

Die Gebrauchsanweisung zu DELOMONOPOX finden Sie im Internet unter [www.DELO.de](http://www.DELO.de). Auf Wunsch senden wir Ihnen die Gebrauchsanweisung auch gerne zu.

### **Arbeits- und Gesundheitsschutz**

siehe Sicherheitsdatenblatt

### **Spezifikation**

siehe QS-Prüfprotokoll



# Hysol<sup>®</sup> 9497<sup>TM</sup>

Februar 2008

## PRODUKTBESCHREIBUNG

Hysol<sup>®</sup> 9497<sup>TM</sup> besitzt die folgenden Produkteigenschaften:

<b>Technologie</b>	Epoxidharz
Chemische Basis	Epoxidharz
Aussehen Harz	Weiß, flüssig <sup>LMS</sup>
Aussehen Härter	Grau, flüssig <sup>LMS</sup>
Komponenten	Zwei Komponenten - Mischen erforderlich
Mischungsverhältnis, Volumen - Harz : Härter	2 : 1
Mischungsverhältnis, Gewicht - Harz : Härter	100 : 50
<b>Aushärtung</b>	Härtet bei Raumtemperatur
<b>Anwendung</b>	Kleben

Hysol<sup>®</sup> 9497<sup>TM</sup> ist ein mittelviskoser, zweikomponentiger, Epoxidharzklebstoff, der nach dem Mischen bei Raumtemperatur aushärtet. Er ist einsetzbar für viele Werkstoffe und somit als Universalklebstoff geeignet. Hysol<sup>®</sup> 9497<sup>TM</sup> ist ideal für wärmeleitfähige Klebeanwendungen, wie das Kleben von Metallblechen zur guten Wärmeableitung und den Verguß elektronischer Komponenten. Er ist gut geeignet für Anwendungen mit hohen Druckkräften, wie auch für Anwendungen, bei denen ein hoher Tg für anspruchsvolle Hochtemperaturfestigkeiten erforderlich sind.

## MATERIALEIGENSCHAFTEN

### Eigenschaften Harz

Spez. Dichte bei 25°C 2,05 bis 2,13<sup>LMS</sup>  
 Casson Viskosität, Kegel-Platte Rheometer, Pa·s:  
 Temperatur: 25 °C, Schergeschwindigkeit: 0 bis 40 s<sup>-1</sup> 5 bis 16<sup>LMS</sup>  
 Flammpunkt - siehe Sicherheitsdatenblatt

### Eigenschaften Härter

Spez. Dichte bei 25°C 2,02 bis 2,1<sup>LMS</sup>  
 Casson Viskosität, Kegel-Platte Rheometer, Pa·s:  
 Temperatur: 25 °C, Schergeschwindigkeit: 0 bis 40 s<sup>-1</sup> 8 bis 24<sup>LMS</sup>  
 Flammpunkt - siehe Sicherheitsdatenblatt

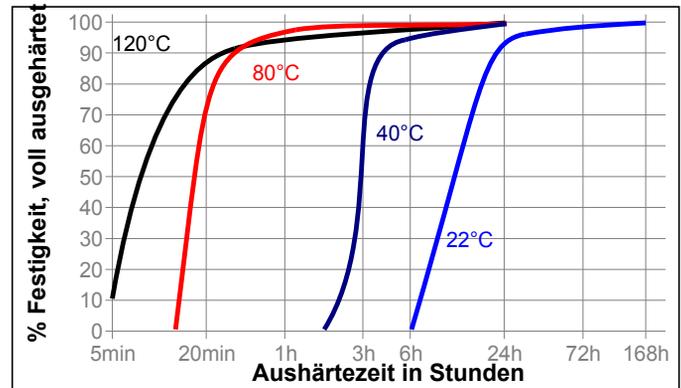
### Eigenschaften Mischung

Verarbeitungsdauer bei 25°C, Minuten:  
 267 g Harz / 133 g Härter 165 bis 255<sup>LMS</sup>

## TYPISCHE AUSHÄRTEEIGENSCHAFTEN

### Aushärtegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur

Die Aushärtegeschwindigkeit ist abhängig von der Umgebungstemperatur. Das untenstehende Diagramm zeigt die zeitliche Entwicklung der Scherfestigkeit bei sandgestrahlten Zugscherproben aus Stahl bei unterschiedlichen Temperaturen. Geprüft gemäß ISO 4587.



### Handfestigkeit

Die Zeit zur Erreichung der Handfestigkeit bezeichnet die Zeitspanne, die erforderlich ist, um eine Scherfestigkeit von 0,1 N/mm<sup>2</sup> zu entwickeln.

Handfestigkeit, ISO 4587, bei 22°C, Stunden 8

## TYPISCHE EIGENSCHAFTEN IM AUSGEHÄRTETEN ZUSTAND

Ausgehärtet für 7 Tage bei 22°C

### Physikalische Eigenschaften:

Wärmeleitfähigkeitskoeffizient, ISO 8302, W/(m·K)	1,4
Wärmeausdehnungskoeffizient, ASTM D 696, K <sup>-1</sup> :	
Unterhalb Tg	50×10 <sup>-6</sup>
Oberhalb Tg	104×10 <sup>-6</sup>
Schrumpf, ISO 1675, %	0,73
Zugfestigkeit, ASTM D 412	N/mm <sup>2</sup> 52,6 (psi) (7.640)
E-Modul, ASTM D 412	N/mm <sup>2</sup> 2.420 (psi) (351.000)
Druckfestigkeit	N/mm <sup>2</sup> 112,5 (psi) (16.300)
Dehnung, ASTM D 412, %	2,9
Shore-Härte, ASTM D 2240, Durometer D	83
Glasübergangstemperatur, ISO 11359-2, °C	67

### Elektrische Eigenschaften:

Dielektrizitätskonstante / Verlustfaktor, IEC 60250:	
1 kHz	5,5 / 0,038
1 MHz	5,0 / 0,001
10 MHz	2,5 / 0,983
Spezifischer Durchgangswiderstand, IEC 60093, Ω·cm	41×10 <sup>15</sup>
Oberflächenwiderstand, IEC 60093, Ω	75×10 <sup>15</sup>

Ausgehärtet über 24 Stunden bei 22°C gefolgt von 30 Minuten bei 80°C.

### Physikalische Eigenschaften:

Glasübergangstemperatur, ASTM E 831, °C 97



Ausgehärtet über 24 Stunden bei 22°C gefolgt von 15 Minuten bei 120°C.

#### Physikalische Eigenschaften:

Glasübergangstemperatur, ASTM E 831, °C 116

### FUNKTIONSEIGENSCHAFTEN IM AUSGEHÄRTETEN ZUSTAND

Ausgehärtet über 7 Tage bei 22°C

Zugscherfestigkeit, ISO 4587:

Baustahl (sandgestrahlt)	N/mm <sup>2</sup>	20
	(psi)	(2.900)
Edelstahl	N/mm <sup>2</sup>	9
	(psi)	(1.300)
Aluminium	N/mm <sup>2</sup>	7
	(psi)	(1.000)
Aluminium (geschmirgelt)	N/mm <sup>2</sup>	15
	(psi)	(2.170)
Messing	N/mm <sup>2</sup>	5
	(psi)	(750)
Kupfer	N/mm <sup>2</sup>	5
	(psi)	(750)
Zinkdichromat	N/mm <sup>2</sup>	5
	(psi)	(750)
ABS	N/mm <sup>2</sup>	6
	(psi)	(900)
Polycarbonat	N/mm <sup>2</sup>	4
	(psi)	(700)
Polymethylmethacrylat	N/mm <sup>2</sup>	1
	(psi)	(150)
Glasfaserverstärkte Epoxidmatrix	N/mm <sup>2</sup>	8
	(psi)	(1.200)
Hartholz (Teak)	N/mm <sup>2</sup>	12
	(psi)	(1.700)
Weichholz (Kiefer)	N/mm <sup>2</sup>	8
	(psi)	(1.200)

### BESTÄNDIGKEIT GEGEN UMGEBUNGSEINFLÜSSE

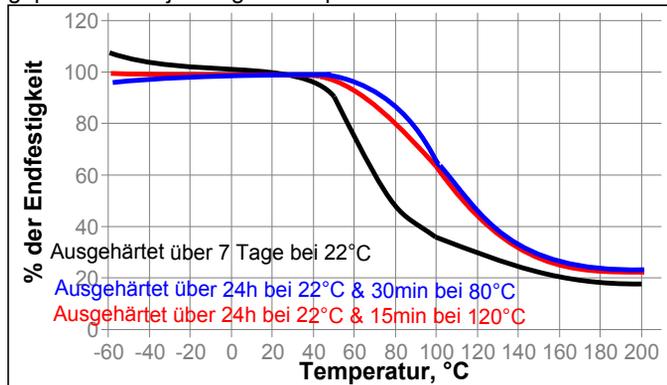
Ausgehärtet über 7 Tage bei 22°C

Zugscherfestigkeit, ISO 4587:

Baustahl (sandgestrahlt)

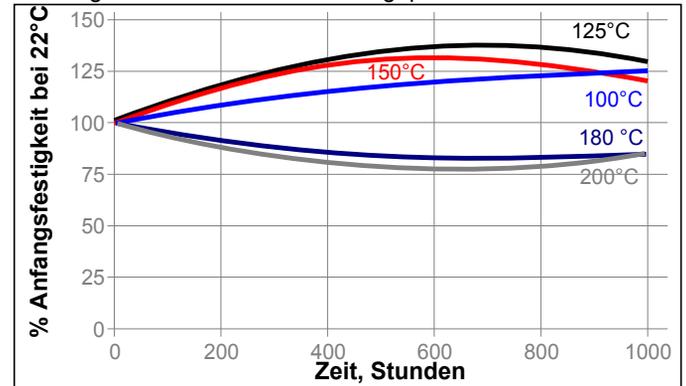
#### Temperaturfestigkeit

geprüft bei der jeweiligen Temperatur



#### Wärmealterung

Alterungstest wie beschrieben und geprüft bei 22°C.



#### Beständigkeit gegen Medien

Alterungstest wie beschrieben und geprüft bei 22°C

Medium	°C	% Anfangsfestigkeit	
		500 h	1000 h
Wasser	60	100	110
Wasser	90	135	135
Motoröl	40	105	105
Aceton	22	115	110
98% rel. LF	40	125	120
Bleifreies Benzin	22	90	95
Kochsalzlösung, 7,5%	22	105	100
Wasser/Glycol 50/50	87	110	120
Essigsäure, 10%	22	85	100
Natriumhydroxid, 4%	22	105	80

#### ALLGEMEINE INFORMATION

Dieses Produkt ist nicht geeignet für reinen Sauerstoff und/oder sauerstoffangereicherte Systeme und sollte nicht als Dichtstoff für Chlor oder stark oxidierende Medien gewählt werden.

Sicherheitshinweise zu diesem Produkt entnehmen Sie bitte dem Sicherheitsdatenblatt.

#### Gebrauchshinweise

- Um beste Ergebnisse zu erzielen sollten die Oberflächen trocken, sauber und fettfrei sein. Bei hochfesten strukturellen Klebungen kann die Klebefestigkeit und die Beständigkeit durch spezielle Oberflächenvorbehandlungen verbessert werden.
- Harz und Härter müssen vor Gebrauch gemischt werden. Aus Großgebinden entnommenes Produkt im empfohlenen Verhältnis nach Volumen oder Gewicht gründlich durchmischen – siehe Abschnitt Produktbeschreibung. Beim Mischen von Hand die gewünschten Mengen Harz und Härter abwägen oder abmessen und gründlich durchmischen. Nach Erzielung einer homogenen Durchfärbung ca. 15 Sekunden weiter mischen.
- Keine Mengen über 4 kg mischen, da die Gefahr übermäßiger Wärmeentwicklung besteht. Durch kleinere Ansatzmengen wird die Wärmebildung minimiert.

4. Klebstoffmischung so schnell wie möglich auf eine Fügefläche auftragen. Für maximale Klebefestigkeit Klebstoff gleichmäßig auf beide Oberflächen auftragen. Bauteile sollten nach dem Klebstoffauftrag sofort gefügt werden.
5. Die Verarbeitungsdauer des gemischten Klebstoffs beträgt 3 bis 4 Stunden bei 22°C. Höhere Temperaturen und größere Mengen verringern die Verarbeitungszeit.
6. Teile während der Aushärtung gegeneinander fixieren. Bevor die Bauteile voll belastet werden, Klebung vollständig aushärten lassen.
7. Überschuß von nicht ausgehärtetem Klebstoff kann mit organischen Lösungsmitteln entfernt werden (z.B. Aceton).
8. Misch- und Dosiergeräte sollten nach Gebrauch und vor Aushärtung des Klebstoffs mit heißer Seifenlauge gereinigt werden.

#### Loctite Material-Spezifikation<sup>LMS</sup>

LMS vom November 22, 2007 (Harz) und LMS vom Dezember 07, 2007 (Härter). Prüfberichte über die angegebenen Eigenschaften sind für jede Charge erhältlich. LMS-Prüfberichte enthalten ausgewählte, im Rahmen der Qualitätskontrolle festgelegte Prüfwerte, die als relevant für Kunden-Spezifikationen erachtet werden. Darüber hinaus sind umfassende Kontrollmaßnahmen in Kraft, die eine gleichbleibend hohe Produktqualität gewährleisten. Spezifikationen unter Berücksichtigung von speziellen Kundenwünschen können über die Qualitätsabteilung von Henkel koordiniert werden

#### Lagerung

Produkt im ungeöffneten Behälter in trockenen Räumen lagern. Hinweise zur Lagerung können sich auf dem Etikett des Produktbehälters befinden.

**Optimale Lagerung: 8 °C bis 21 °C Durch Lagerung unter 8°C und über 28°C können die Produkteigenschaften nachteilig beeinflusst werden.**

Aus dem Gebinde entnommenes Produkt kann beim Gebrauch verunreinigt worden sein. Deshalb keine Produktreste in den Originalbehälter zurückschütten. Henkel kann keine Haftung für Material übernehmen, das verunreinigt oder in einer Weise gelagert wurde, die von den oben aufgeführten Bedingungen abweicht. Wenn Sie weitere Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an Ihren zuständigen technischen Service oder den Kundenbetreuer vor Ort.

#### Umrechnungsfaktoren

(°C x 1.8) + 32 = °F  
 kV/mm x 25.4 = V/mil  
 mm / 25.4 = inches  
 N x 0.225 = lb  
 N/mm x 5.71 = lb/in  
 N/mm<sup>2</sup> x 145 = psi  
 MPa x 145 = psi  
 N·m x 8.851 = lb·in  
 N·m x 0.738 = lb·ft  
 N·mm x 0.142 = oz·in  
 mPa·s = cP

#### Hinweis

Die hierin enthaltenen Daten dienen lediglich zur Information und gelten nach bestem Wissen als zuverlässig. Wir können jedoch keine Haftung für Ergebnisse übernehmen, die von anderen erzielt wurden, über deren Methoden wir keine Kontrolle haben. Der Anwender selbst ist dafür verantwortlich, die Eignung von hierin erwähnten Produktionsmethoden für seine Zwecke festzustellen und Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen, die zum Schutz von Sachen und Personen vor den Gefahren angezeigt wären, die möglicherweise bei der Handhabung und dem Gebrauch dieser Produkte auftreten. Dementsprechend **lehnt die Firma Henkel im besonderen jede aus dem Verkauf oder Gebrauch von Produkten der Firma Henkel entstehende ausdrücklich oder stillschweigend gewährte Garantie ab, einschließlich aller Gewährleistungsverpflichtungen oder Eignungsgarantien für einen bestimmten Zweck. Die Firma Henkel lehnt im besondern jede Haftung für Folgeschäden oder mittelbare Schäden jeder Art ab, einschließlich entgangener Gewinne.** Die Tatsache, dass hier verschiedene Verfahren oder Zusammensetzungen erörtert werden, soll nicht zum Ausdruck bringen, dass diese nicht durch Patente für andere geschützt sind, bzw. unter Patenten der Firma Henkel lizenziert sind, die solche Verfahren oder Zusammensetzungen abdecken. Wir empfehlen jedem Interessenten, die von ihm beabsichtigte Anwendung vor dem serienmäßigen Einsatz zu testen und dabei diese Daten als Anleitung zu benutzen. Dieses Produkt kann durch eines oder mehrere in- oder ausländische Patente oder Patentanmeldungen geschützt sein.

#### Verwendung von Warenzeichen

HYSOL® ist ein Warenzeichen der Firma Henkel.

Referenz 0.1



## Sicherheitsdatenblatt gemäß (EG) Nr. 1907/2006

Seite 1 von 8

Loctite 9497 A&B 50ml-KitComp A

SDB-Nr. : 229731  
V002.1  
überarbeitet am: 18.03.2011  
Druckdatum: 23.03.2012

### 1. Bezeichnung des Stoffs bzw. des Gemischs und des Unternehmens

**Produktidentifikator:**

Loctite 9497 A&B 50ml-KitComp A

**Relevante identifizierte Verwendungen des Stoffs oder Gemischs und Verwendungen, von denen abgeraten wird:**

Vorgesehene Verwendung:

Epoxidharz

**Einzelheiten zum Lieferanten, der das Sicherheitsdatenblatt bereitstellt:**

Henkel AG & Co. KGaA

Henkelstr. 67

40191 Düsseldorf

Deutschland

Tel.: +49 (211) 797-0

ua-productsafety.de@henkel.com

**Notrufnummer:**

Für Notfälle steht Ihnen die Henkel-Werkfeuerwehr unter der Telefon-Nr. +49-(0)211-797-3350 Tag und Nacht zur Verfügung.

### 2. Mögliche Gefahren

**Einstufung des Stoffs oder Gemischs:**

**Einstufung (DPD):**

Xi - Reizend

R36/38 Reizt die Augen und die Haut.

Sensibilisierend

R43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.

N - Umweltgefährlich

R51/53 Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.

**Kennzeichnungselemente (DPD):**

Xi - Reizend

N - Umweltgefährlich

**R-Sätze:**

R36/38 Reizt die Augen und die Haut.

R43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.

R51/53 Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.

**S-Sätze:**

S24 Berührung mit der Haut vermeiden.

S26 Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren.

S28 Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel Wasser und Seife.

S37 Geeignete Schutzhandschuhe tragen.

S61 Freisetzung in die Umwelt vermeiden. Besondere Anweisungen einholen/Sicherheitsdatenblatt zu Rate ziehen.

**Besondere Kennzeichnung:**

Enthält epoxidhaltige Verbindungen. Hinweise des Herstellers beachten.

**Enthält:**

1,4-Bis(2,3-epoxypropoxy)butan,

Reaktionsprodukt: Bisphenol-F-Epichlorhydrinharze mit durchschnittlichem Molekulargewicht &lt;= 700,

Reaktionsprodukt: Bisphenol-A-Epichlorhydrinharze mit durchschnittlichem Molekulargewicht &lt;= 700

**Sonstige Gefahren:**

Keine bei bestimmungsgemäßer Verwendung.

**3. Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen****Allgemeine chemische Charakterisierung:**

Komponente A des 2-komponentigen Klebstoffs

**Inhaltsstoffangabe gemäß CLP (EG) Nr 1272/2008:**

Gefährliche Inhaltsstoffe CAS-Nr.	EG-Nummer REACH-Reg. No.	Gehalt	Einstufung
Reaktionsprodukt: Bisphenol-F-Epichlorhydrinharze mit durchschnittlichem Molekulargewicht <= 700 9003-36-5	500-006-8	10- 20 %	
Reaktionsprodukt: Bisphenol-A-Epichlorhydrinharze mit durchschnittlichem Molekulargewicht <= 700 25068-38-6	500-033-5	10- 20 %	Chronische aquatische Toxizität 2 H411 Augenreizung 2 H319 Reizwirkung auf die Haut 2 H315 Sensibilisierung der Haut 1 H317
1,4-Bis(2,3-epoxypropoxy)butan 2425-79-8	219-371-7	1- 5 %	Akute Toxizität 4; inhalativ H332 Augenreizung 2 H319 Sensibilisierung der Haut 1 H317 Akute Toxizität 4; Dermal H312 Reizwirkung auf die Haut 2 H315

**In dieser Tabelle werden nur gefährliche Inhaltsstoffe genannt für die bereits eine CLP Einstufung verfügbar ist. Vollständiger Wortlaut der H-Sätze und anderer Abkürzungen siehe Kapitel 16 'Sonstige Angaben'. Für Stoffe ohne Einstufung können länderspezifische Arbeitsplatzgrenzwerte vorhanden sein.**

**Inhaltsstoffangabe gemäß DPD (EG) Nr 1999/45:**

Gefährliche Inhaltsstoffe CAS-Nr.	EG-Nummer REACH-Reg. No.	Gehalt	Einstufung
Reaktionsprodukt: Bisphenol-F- Epichlorhydrinharze mit durchschnittlichem Molekulargewicht <= 700 9003-36-5	500-006-8	10 - 20 %	Xi - Reizend; R36/38 Xi - Reizend; R43 N - Umweltgefährlich; R51/53
Reaktionsprodukt: Bisphenol-A- Epichlorhydrinharze mit durchschnittlichem Molekulargewicht <= 700 25068-38-6	500-033-5	10 - 20 %	N - Umweltgefährlich; R51, R53 R43 Xi - Reizend; R36/38
1,4-Bis(2,3-epoxypropoxy)butan 2425-79-8	219-371-7	1 - 5 %	Xn - Gesundheitsschädlich; R20/21 R43 Xi - Reizend; R36/38

**Vollständiger Wortlaut der R-Sätze, die als Kürzel aufgeführt werden, siehe Kapitel 16 'Sonstige Angaben'. Für Stoffe ohne Einstufung können länderspezifische Arbeitsplatzgrenzwerte vorhanden sein.**

#### 4. Erste-Hilfe-Maßnahmen

##### Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen:

###### Einatmen:

Frische Luft.  
Bei Beschwerden Arzt aufsuchen.

###### Hautkontakt:

Spülung mit fließendem Wasser und Seife.  
Arzt konsultieren.

###### Augenkontakt:

Spülung unter fließendem Wasser (10 Minuten lang), ggf. Arzt aufsuchen.

###### Verschlucken:

Spülung der Mundhöhle, trinken von 1-2 Gläsern Wasser, kein Erbrechen auslösen.  
Arzt konsultieren.

##### Wichtigste akute und verzögert auftretende Symptome und Wirkungen:

Haut: Hautausschlag, Nesselsucht.

##### Hinweise auf ärztliche Soforthilfe oder Spezialbehandlung:

Siehe Kapitel: Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen

#### 5. Maßnahmen zur Brandbekämpfung

##### Löschmittel:

###### Geeignete Löschmittel:

Schaum, Löschpulver, Kohlensäure.

###### Aus Sicherheitsgründen ungeeignete Löschmittel:

Keine bekannt

##### Besondere vom Stoff oder Gemisch ausgehende Gefahren:

Bei Erhitzen oder im Brandfall ist die Bildung giftiger Gase möglich.  
Kohlenstoffoxide, Stickstoffoxide, reizende organische Dämpfe.

**Hinweise für die Brandbekämpfung:**

Umgebungsluftunabhängigen Atemschutz tragen.  
Persönliche Schutzausrüstung tragen.

**6. Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung****Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstungen und in Notfällen anzuwendende Verfahren:**

Augenkontakt und Hautkontakt vermeiden.  
Für ausreichende Be- und Entlüftung sorgen.  
Hinweise in Kap.8 beachten

**Umweltschutzmaßnahmen:**

Nicht in die Kanalisation gelangen lassen.

**Methoden und Material für Rückhaltung und Reinigung:**

Kontaminierte Oberfläche gründlich mit Seife und Wasser oder Reinigungsmittel waschen.  
Bis zur Entsorgung in einem teilweise gefüllten, geschlossenen Behälter aufbewahren.  
Kontaminiertes Material als Abfall nach Kap. 13 entsorgen.

**7. Handhabung und Lagerung****Schutzmaßnahmen zur sicheren Handhabung:**

Haut- und Augenkontakt vermeiden  
Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen

**Hygienemaßnahmen:**

Gute industrielle Hygienebedingungen sind einzuhalten

**Bedingungen zur sicheren Lagerung unter Berücksichtigung von Unverträglichkeiten:**

Behälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort aufbewahren.

**Spezifische Endanwendungen:**

Epoxidharz

**8. Begrenzung und Überwachung der Exposition/Persönliche Schutzausrüstungen****Zu überwachende Parameter:****Begrenzung und Überwachung der Exposition:****Atemschutz:**

Für ausreichende Be- und Entlüftung sorgen.  
Explosions- und Brandgase nicht einatmen.

**Handschutz:**

Die Benutzung chemikalienresistenter Handschuhe, wie z. B. aus Nitrilgummi, wird empfohlen.  
Bitte beachten Sie, dass die Verwendbarkeit chemikalienresistenter Handschuhe aufgrund zahlreicher Einflussfaktoren (wie z. B. Temperatur) deutlich verkürzt sein kann. Entsprechende Evaluierung des Risikopotenzials sollte von den Benutzern durchgeführt werden. Bei sichtbaren Rissen oder Anzeichen von Verschleiss sollten die Handschuhe ausgetauscht werden. Chemikalienbeständige Schutzhandschuhe (EN 374).  
Geeignete Materialien bei kurzfristigem Kontakt bzw. Spritzern (Empfohlen: Mindestens Schutzindex 2, entsprechend > 30 Minuten Permeationszeit nach EN 374):  
Nitrilkautschuk (NBR;  $\geq 0,4$  mm Schichtdicke)  
Geeignete Materialien auch bei längerem, direktem Kontakt (Empfohlen: Schutzindex 6, entsprechend > 480 Minuten Permeationszeit nach EN 374):  
Nitrilkautschuk (NBR;  $\geq 0,4$  mm Schichtdicke)  
Die Angaben basieren auf Literaturangaben und Informationen von Schuhherstellern oder sind durch Analogieschluß von ähnlichen Stoffen abgeleitet. Es ist zu beachten, dass die Gebrauchsdauer eines Chemikalienschutzhandschuhs in der Praxis auf Grund der vielen Einflußfaktoren (z.B. Temperatur) deutlich kürzer als die nach EN 374 ermittelte Permeationszeit sein kann. Bei Abnutzungserscheinungen ist der Handschuh zu wechseln.

**Augenschutz:**

Dicht schließende Schutzbrille  
Augenkontakt vermeiden.

**Körperschutz:**

Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung tragen.

## 9. Physikalische und chemische Eigenschaften

**Angaben zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Eigenschaften:**

Aussehen	flüssig weiß
Geruch	charakteristisch
pH-Wert	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Siedebeginn	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Flammpunkt	93,0 °C (199,4 °F)
Zersetzungstemperatur	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Dampfdruck	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Dichte ( )	2,1200 g/cm <sup>3</sup>
Schüttdichte	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Viskosität	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Viskosität (kinematisch)	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Explosive Eigenschaften	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Löslichkeit qualitativ (Lsm.: Wasser)	unlöslich
Erstarrungstemperatur	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Schmelzpunkt	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Entzündbarkeit	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Selbstentzündungstemperatur	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Explosionsgrenzen	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Verteilungskoeffizient: n-Octanol/Wasser	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Verdampfungsgeschwindigkeit	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Dampfdichte	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Oxidierende Eigenschaften	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar

**Sonstige Angaben:**

Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar

## 10. Stabilität und Reaktivität

**Reaktivität:**

Reaktion mit starken Säuren.  
Reaktion mit starken Laugen  
Reaktion mit starken Oxidationsmitteln.

**Chemische Stabilität:**

Stabil unter angegebenen Lagerungsbedingungen.

**Möglichkeit gefährlicher Reaktionen:**

Siehe Abschnitt Reaktivität

**Zu vermeidende Bedingungen:**

Nicht zusammen mit inkompatiblen Materialien lagern.  
Übermäßige Wärme.

**Unverträgliche Materialien:**

Keine Daten vorhanden.

**Gefährliche Zersetzungsprodukte:**

Bei erhöhter Temperatur oder in Anwesenheit von inkompatiblen Materialien kann Polymerisation auftreten.  
Schnelle Polymerisation kann zu übermäßiger Hitze- und Druckentwicklung führen.

## 11. Toxikologische Angaben

### Allgemeine Angaben zur Toxikologie:

Die Zubereitung ist auf Grundlage der konventionellen Methode nach Artikel 6(1)(a) der Richtlinie 1999/45/EG eingestuft. Relevante verfügbare Informationen zu Gesundheits- und ökologischen Aspekten der Substanzen aus Kapitel 3 werden im Folgenden bereit gestellt.

### Akute orale Toxizität:

Kann Verdauungsorgane reizen.  
Die Aufnahme großer Mengen kann zu einer Schädigung der Leber oder Nieren führen.

### Akute inhalative Toxizität:

Kann eine Reizung der Atemwege hervorrufen

### Hautreizung:

Es reizt und sensibilisiert die Haut

### Augenreizung:

Reizt die Augen.

### Keimzell-Mutagenität:

Gefährliche Inhaltsstoffe CAS-Nr.	Ergebnis	Studientyp / Verabreichungsro- ute	Metabolische Aktivierung/ Expositionszeit	Spezies	Methode
Reaktionsprodukt: Bisphenol-A- Epichlorhydrinharze mit durchschnittlichem Molekulargewicht <= 700 25068-38-6	positiv	bacterial reverse mutation assay (e.g Ames test)	mit und ohne		
1,4-Bis(2,3- epoxypropoxy)butan 2425-79-8	positiv	bacterial reverse mutation assay (e.g Ames test)	mit und ohne		

## 12. Umweltbezogene Angaben

### Allgemeine Angaben zur Ökologie:

Giftig für Wasserorganismen.  
Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.  
Nicht in die Kanalisation / Oberflächenwasser / Grundwasser gelangen lassen.  
Die Zubereitung ist auf Grundlage der konventionellen Methode nach Artikel 6(1)(a) der Richtlinie 1999/45/EG eingestuft. Relevante verfügbare Informationen zu Gesundheits- und ökologischen Aspekten der Substanzen aus Kapitel 3 werden im Folgenden bereit gestellt.

### Toxizität:

Gefährliche Inhaltsstoffe CAS-Nr.	Werttyp	Wert	Studie der akuten Toxizität	Exposition sdauer	Spezies	Methode
1,4-Bis(2,3- epoxypropoxy)butan 2425-79-8	LC50	24 mg/l	Fish	96 h	Brachydanio rerio (new name: Danio rerio)	OECD Guideline 203 (Fish, Acute Toxicity Test)
1,4-Bis(2,3- epoxypropoxy)butan 2425-79-8	EC50	75 mg/l	Daphnia	24 h	Daphnia magna	OECD Guideline 202 (Daphnia sp. Acute Immobilisation Test)

### Persistenz und Abbaubarkeit:

Gefährliche Inhaltsstoffe CAS-Nr.	Ergebnis	Aufnahmeweg	Abbaubarkeit	Methode
--------------------------------------	----------	-------------	--------------	---------

1,4-Bis(2,3-epoxypropoxy)butan 2425-79-8		37 %	OECD Guideline 301 B (Ready Biodegradability: CO2 Evolution Test)
---	--	------	---

### 13. Hinweise zur Entsorgung

#### Verfahren der Abfallbehandlung:

Entsorgung des Produktes:

Gemäß einschlägiger örtlicher und nationaler Vorschriften entsorgen.

Entsorgung ungereinigter Verpackung:

Nach Gebrauch sind Tuben, Gebinde und Flaschen, die noch Restanhaftungen des Produktes enthalten, als Sondermüll zu entsorgen.

Abfallschlüssel

08 04 09 Klebstoff- und Dichtmassenabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten

### 14. Angaben zum Transport

#### Straßentransport ADR:

Klasse: 9  
 Verpackungsgruppe: III  
 Klassifizierungscode: M6  
 Nr. zur Kennz. der Gefahr: 90  
 UN-Nr.: 3082  
 Gefahrzettel: 9  
 Techn. Name: UMWELTGEFÄHRDENDER STOFF, FLÜSSIG, N.A.G.  
 (Bisphenol-F-Epichlorhydrinharz,Bisphenol-A-Epichlorhydrinharz)  
 Tunnelcode: (E)

#### Bahntransport RID:

Klasse: 9  
 Verpackungsgruppe: III  
 Klassifizierungscode: M6  
 Nr. zur Kennz. der Gefahr: 90  
 UN-Nr.: 3082  
 Gefahrzettel: 9  
 Techn. Name: UMWELTGEFÄHRDENDER STOFF, FLÜSSIG, N.A.G.  
 (Bisphenol-F-Epichlorhydrinharz,Bisphenol-A-Epichlorhydrinharz)  
 Tunnelcode:

#### Binnenschifftransport ADN:

Klasse: 9  
 Verpackungsgruppe: III  
 Klassifizierungscode: M6  
 Nr. zur Kennz. der Gefahr: 90  
 UN-Nr.: 3082  
 Gefahrzettel: 9  
 Techn. Name: UMWELTGEFÄHRDENDER STOFF, FLÜSSIG, N.A.G.  
 (Bisphenol-F-Epichlorhydrinharz,Bisphenol-A-Epichlorhydrinharz)

#### Seeschifftransport IMDG:

Klasse: 9  
 Verpackungsgruppe: III  
 UN-Nr.: 3082  
 Gefahrzettel: 9  
 EmS: F-A ,S-F  
 Meeresschadstoff: Meeresschadstoff  
 Proper shipping name: ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, LIQUID,  
 N.O.S. (Bisphenol-F Epichlorhydrine resin,Bisphenol-A Epichlorhydrin resin)

**Lufttransport IATA:**

Klasse:	9
Verpackungsgruppe:	III
Packaging-Instruction (passenger)	964
Packaging-Instruction (cargo)	964
UN-Nr.:	3082
Gefahrzettel:	9
Proper shipping name:	Environmentally hazardous substance, liquid, n.o.s. (Bisphenol-F Epichlorhydrine resin,Bisphenol-A Epichlorhydrin resin)

<b>15. Rechtsvorschriften</b>
-------------------------------

**Vorschriften zu Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz/spezifische Rechtsvorschriften für den Stoff oder das Gemisch:**

VOC-Gehalt (1999/13/EC)	< 3,00 %
----------------------------	----------

**Nationale Vorschriften/Hinweise (Deutschland):**

WGK:	WGK = 2, wassergefährdendes Produkt. Einstufung gemäß Anhang 2 der VwVwS vom 27.Juli 2005 bzw. KBwS-Beschluß.
Lagerklasse nach VCI:	10

<b>16. Sonstige Angaben</b>
-----------------------------

Die Kennzeichnung des Produktes ist in Kapitel 2 aufgeführt. Vollständiger Wortlaut aller Abkürzungen im vorliegenden Sicherheitsdatenblatt sind wie folgt:

- R20/21 Gesundheitsschädlich beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.
- R36/38 Reizt die Augen und die Haut.
- R43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.
- R51 Giftig für Wasserorganismen.
- R51/53 Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.
- R53 Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.

- H312 Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt.
- H315 Verursacht Hautreizungen.
- H317 Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
- H319 Verursacht schwere Augenreizung.
- H332 Gesundheitsschädlich bei Einatmen.
- H411 Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung..

**Weitere Informationen:**

Die Angaben stützen sich auf den heutigen Stand unserer Kenntnisse und beziehen sich auf das Produkt im Anlieferungszustand. Sie sollen unsere Produkte im Hinblick auf Sicherheitserfordernisse beschreiben und haben somit nicht die Bedeutung, bestimmte Eigenschaften zuzusichern. Dieses Sicherheitsdatenblatt wurde in Uebereinstimmung mit Verordnung 67/548/EU und nachfolgender Novellen sowie Verordnung 1999/45/EU erstellt.



## Sicherheitsdatenblatt gemäß (EG) Nr. 1907/2006

Seite 1 von 9

Loctite 9497 A&B 50ml-KitComp B

SDB-Nr. : 229736  
V002.1  
überarbeitet am: 26.04.2011  
Druckdatum: 23.03.2012

### 1. Bezeichnung des Stoffs bzw. des Gemischs und des Unternehmens

**Produktidentifikator:**

Loctite 9497 A&B 50ml-KitComp B

**Relevante identifizierte Verwendungen des Stoffs oder Gemischs und Verwendungen, von denen abgeraten wird:**

Vorgesehene Verwendung:  
Epoxidhärter

**Einzelheiten zum Lieferanten, der das Sicherheitsdatenblatt bereitstellt:**

Henkel AG & Co. KGaA  
Henkelstr. 67  
40191 Düsseldorf

Deutschland

Tel.: +49 (211) 797-0

ua-productsafety.de@henkel.com

**Notrufnummer:**

Für Notfälle steht Ihnen die Henkel-Werkfeuerwehr unter der Telefon-Nr. +49-(0)211-797-3350 Tag und Nacht zur Verfügung.

### 2. Mögliche Gefahren

**Einstufung des Stoffs oder Gemischs:**

**Einstufung (DPD):**

C - Ätzend

R34 Verursacht Verätzungen.

Xi - Reizend

R43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.

N - Umweltgefährlich

R51/53 Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.

**Kennzeichnungselemente (DPD):**

C - Ätzend



N - Umweltgefährlich

**R-Sätze:**

- R34 Verursacht Verätzungen.
- R43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.
- R51/53 Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.

**S-Sätze:**

- S24/25 Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden.
- S37/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
- S45 Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt zuziehen (wenn möglich, dieses Etikett vorzeigen).

**Enthält:**

- C36 Dimerfettsäure Tallölfettsäure Triethylentetramin Polymer,
- Triethylentetramin,
- 4,4'-Methylenbis(cyclohexylamin)

**Sonstige Gefahren:**

- Keine bei bestimmungsgemäßer Verwendung.

**3. Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen****Allgemeine chemische Charakterisierung:**

Komponente B des 2-komponentigen Klebstoffs

**Inhaltsstoffangabe gemäß CLP (EG) Nr 1272/2008:**

Gefährliche Inhaltsstoffe CAS-Nr.	EG-Nummer REACH-Reg. No.	Gehalt	Einstufung
C36 Dimerfettsäure Tallölfettsäure Triethylentetramin Polymer 68082-29-1		10- 20 %	
Triethylentetramin 112-24-3	203-950-6	1- 5 %	Ätzwirkung auf die Haut 1B H314 Sensibilisierung der Haut 1 H317 Chronische aquatische Toxizität 3 H412 Akute Toxizität 4; Dermal H312
4,4'-Methylenbis(cyclohexylamin) 1761-71-3	217-168-8	>= 10- <= 20 %	

**In dieser Tabelle werden nur gefährliche Inhaltsstoffe genannt für die bereits eine CLP Einstufung verfügbar ist. Vollständiger Wortlaut der H-Sätze und anderer Abkürzungen siehe Kapitel 16 'Sonstige Angaben'. Für Stoffe ohne Einstufung können länderspezifische Arbeitsplatzgrenzwerte vorhanden sein.**

**Inhaltsstoffangabe gemäß DPD (EG) Nr 1999/45:**

Gefährliche Inhaltsstoffe CAS-Nr.	EG-Nummer REACH-Reg. No.	Gehalt	Einstufung
C36 Dimerfettsäure Tallölfettsäure Triethylentetramin Polymer 68082-29-1		10 - 20 %	Xi - Reizend; R38, R41
Triethylentetramin 112-24-3	203-950-6	1 - 5 %	Xn - Gesundheitsschädlich; R21 C - Ätzend; R34 R52, R53 R43
4,4'-Methylenbis(cyclohexylamin) 1761-71-3	217-168-8	>= 10 - <= 20 %	N - Umweltgefährlich; R51/53 C - Ätzend; R34 Xn - Gesundheitsschädlich; R22 Xi - Reizend; R43

**Vollständiger Wortlaut der R-Sätze, die als Kürzel aufgeführt werden, siehe Kapitel 16 'Sonstige Angaben'.  
Für Stoffe ohne Einstufung können länderspezifische Arbeitsplatzgrenzwerte vorhanden sein.**

#### 4. Erste-Hilfe-Maßnahmen

**Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen:****Einatmen:**

Frische Luft.  
Bei Beschwerden Arzt aufsuchen.

**Hautkontakt:**

Spülung mit fließendem Wasser und Seife.  
Bei anhaltenden Beschwerden Arzt aufsuchen.

**Augenkontakt:**

Spülung unter fließendem Wasser (10 Minuten lang), ggf. Arzt aufsuchen.

**Verschlucken:**

Spülung der Mundhöhle, trinken von 1-2 Gläsern Wasser, kein Erbrechen auslösen.  
Arzt konsultieren.

**Wichtigste akute und verzögert auftretende Symptome und Wirkungen:**

Haut: Hautausschlag, Nesselsucht.

**Hinweise auf ärztliche Soforthilfe oder Spezialbehandlung:**

Siehe Kapitel: Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen

#### 5. Maßnahmen zur Brandbekämpfung

**Löschmittel:****Geeignete Löschmittel:**

Kohlendioxid, Schaum, Pulver

**Aus Sicherheitsgründen ungeeignete Löschmittel:**

Keine bekannt

**Besondere vom Stoff oder Gemisch ausgehende Gefahren:**

keine  
keine

**Hinweise für die Brandbekämpfung:**

Umgebungsluftunabhängigen Atemschutz tragen.  
Persönliche Schutzausrüstung tragen.

#### 6. Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung

**Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstungen und in Notfällen anzuwendende Verfahren:**

Für ausreichende Be- und Entlüftung sorgen.  
Augenkontakt und Hautkontakt vermeiden.  
Persönliche Schutzausrüstung tragen.  
Hinweise in Kap.8 beachten

**Umweltschutzmaßnahmen:**

Nicht in die Kanalisation gelangen lassen.

**Methoden und Material für Rückhaltung und Reinigung:**

Bei großen verschütteten Mengen mit reaktionsträgem Absorptionsmaterial aufsaugen und für die Entsorgung in einen dicht verschlossenen Behälter geben.  
Schutzkleidung, Handschuhe und Sicherheitsbrille tragen.  
Kontaminiertes Material als Abfall nach Kap. 13 entsorgen.

## 7. Handhabung und Lagerung

**Schutzmaßnahmen zur sicheren Handhabung:**

Augenkontakt und Hautkontakt vermeiden.  
Nur in gut belüfteten Räumen verwenden.  
Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen

**Hygienemaßnahmen:**

Gute industrielle Hygienebedingungen sind einzuhalten

**Bedingungen zur sicheren Lagerung unter Berücksichtigung von Unverträglichkeiten:**

In geschlossenen Originalgebinden lagern.  
Behälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort aufbewahren.

**Spezifische Endanwendungen:**

Epoxidhärter

## 8. Begrenzung und Überwachung der Exposition/Persönliche Schutzausrüstungen

**Zu überwachende Parameter:****Begrenzung und Überwachung der Exposition:****Atemschutz:**

Für ausreichende Be- und Entlüftung sorgen.  
Explosions- und Brandgase nicht einatmen.

**Handschutz:**

Die Benutzung chemikalienresistenter Handschuhe, wie z. B. aus Nitrilgummi, wird empfohlen.  
Bitte beachten Sie, dass die Verwendbarkeit chemikalienresistenter Handschuhe aufgrund zahlreicher Einflussfaktoren (wie z. B. Temperatur) deutlich verkürzt sein kann. Entsprechende Evaluierung des Risikopotenzials sollte von den Benutzern durchgeführt werden. Bei sichtbaren Rissen oder Anzeichen von Verschleiss sollten die Handschuhe ausgetauscht werden. Chemikalienbeständige Schutzhandschuhe (EN 374).  
Geeignete Materialien bei kurzfristigem Kontakt bzw. Spritzern (Empfohlen: Mindestens Schutzindex 2, entsprechend > 30 Minuten Permeationszeit nach EN 374):  
Nitrilkautschuk (NBR;  $\geq 0,4$  mm Schichtdicke)  
Geeignete Materialien auch bei längerem, direktem Kontakt (Empfohlen: Schutzindex 6, entsprechend > 480 Minuten Permeationszeit nach EN 374):  
Nitrilkautschuk (NBR;  $\geq 0,4$  mm Schichtdicke)  
Die Angaben basieren auf Literaturangaben und Informationen von Schuhherstellern oder sind durch Analogieschluß von ähnlichen Stoffen abgeleitet. Es ist zu beachten, dass die Gebrauchsdauer eines Chemikalienschutzhandschuhs in der Praxis auf Grund der vielen Einflußfaktoren (z.B. Temperatur) deutlich kürzer als die nach EN 374 ermittelte Permeationszeit sein kann. Bei Abnutzungserscheinungen ist der Handschuh zu wechseln.

**Augenschutz:**

Dicht schließende Schutzbrille  
Augenkontakt vermeiden.

Körperschutz:  
Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung tragen.

## 9. Physikalische und chemische Eigenschaften

### Angaben zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Eigenschaften:

Aussehen	flüssig
Geruch	grau aminartig
pH-Wert	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Siedebeginn	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Flammpunkt	90,0 °C (194 °F)
Zersetzungstemperatur	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Dampfdruck	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Dichte	2,1000 g/cm <sup>3</sup>
( )	
Schüttdichte	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Viskosität	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Viskosität (kinematisch)	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Explosive Eigenschaften	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Löslichkeit qualitativ	unlöslich
(Lsm.: Wasser)	
Erstarrungstemperatur	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Schmelzpunkt	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Entzündbarkeit	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Selbstentzündungstemperatur	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Explosionsgrenzen	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Verteilungskoeffizient: n-Octanol/Wasser	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Verdampfungsgeschwindigkeit	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Dampfdichte	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar
Oxidierende Eigenschaften	Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar

### Sonstige Angaben:

Keine Daten vorhanden / Nicht anwendbar

## 10. Stabilität und Reaktivität

### Reaktivität:

Reaktion mit Wasser: Wärmeentwicklung.

### Chemische Stabilität:

Stabil unter angegebenen Lagerungsbedingungen.

### Möglichkeit gefährlicher Reaktionen:

Siehe Abschnitt Reaktivität

### Zu vermeidende Bedingungen:

Unter normalen Lagerungs- und Anwendungsbedingungen stabil.  
Kontakt mit Säuren und Oxidationsmitteln vermeiden.  
Kontakt mit Wasser vermeiden.

### Unverträgliche Materialien:

Keine Daten vorhanden.

### Gefährliche Zersetzungsprodukte:

Kohlenoxide

## 11. Toxikologische Angaben

### Allgemeine Angaben zur Toxikologie:

Die Zubereitung ist auf Grundlage der konventionellen Methode nach Artikel 6(1)(a) der Richtlinie 1999/45/EG eingestuft. Relevante verfügbare Informationen zu Gesundheits- und ökologischen Aspekten der Substanzen aus Kapitel 3 werden im Folgenden bereit gestellt.

### Akute orale Toxizität:

Kann Verdauungsorgane reizen.  
Die Aufnahme großer Mengen kann zu einer Schädigung der Leber oder Nieren führen.

### Hautreizung:

Verursacht Verätzungen.

### Augenreizung:

ätzend

### Sensibilisierung:

Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.

### Keimzell-Mutagenität:

Gefährliche Inhaltsstoffe CAS-Nr.	Ergebnis	Studientyp / Verabreichungsro- ute	Metabolische Aktivierung/ Expositionszeit	Spezies	Methode
Triethylentetramin 112-24-3	positiv	bacterial reverse mutation assay (e.g Ames test)	mit und ohne		

## 12. Umweltbezogene Angaben

### Allgemeine Angaben zur Ökologie:

Giftig für Wasserorganismen.  
Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.  
Die Zubereitung ist auf Grundlage der konventionellen Methode nach Artikel 6(1)(a) der Richtlinie 1999/45/EG eingestuft. Relevante verfügbare Informationen zu Gesundheits- und ökologischen Aspekten der Substanzen aus Kapitel 3 werden im Folgenden bereit gestellt.

### Toxizität:

Gefährliche Inhaltsstoffe CAS-Nr.	Werttyp	Wert	Studie der akuten Toxizität	Exposition sdauer	Spezies	Methode
Triethylentetramin 112-24-3	LC50	570 mg/l	Fish	96 h	Poecilia reticulata	OECD Guideline 203 (Fish, Acute Toxicity Test)
Triethylentetramin 112-24-3	EC50	31 mg/l	Daphnia	48 h	Daphnia magna	OECD Guideline 202 (Daphnia sp. Acute Immobilisation Test)
Triethylentetramin 112-24-3	EC50	20 mg/l	Algae	72 h	Selenastrum capricornutum (new name: Pseudokirchnerella subcapitata)	OECD Guideline 201 (Alga, Growth Inhibition Test)
4,4'- Methylenbis(cyclohexylamin) 1761-71-3	LC50	46 - 100 mg/l	Fish	96 h	Leuciscus idus	OECD Guideline 203 (Fish, Acute Toxicity Test)
4,4'- Methylenbis(cyclohexylamin) 1761-71-3	EC50	6,84 mg/l	Daphnia	48 h	Daphnia magna	OECD Guideline 202 (Daphnia sp. Acute Immobilisation Test)
4,4'- Methylenbis(cyclohexylamin) 1761-71-3	EC50	140 - 200 mg/l	Algae	72 h		OECD Guideline 201 (Alga, Growth Inhibition Test)

**Persistenz und Abbaubarkeit:**

Gefährliche Inhaltsstoffe CAS-Nr.	Ergebnis	Aufnahmeweg	Abbaubarkeit	Methode
4,4'- Methylenbis(cyclohexylamin) 1761-71-3	under test conditions no biodegradation observed		0 %	

**Bioakkumulationspotenzial / Mobilität im Boden:**

Gefährliche Inhaltsstoffe CAS-Nr.	LogKow	Biokonzentrations faktor (BCF)	Expositions dauer	Spezies	Temperatur	Methode
Triethylentetramin 112-24-3	-2,65					

### 13. Hinweise zur Entsorgung

**Verfahren der Abfallbehandlung:**

Entsorgung des Produktes:

Gemäß einschlägiger örtlicher und nationaler Vorschriften entsorgen.

Entsorgung ungereinigter Verpackung:

Nach Gebrauch sind Tuben, Gebinde und Flaschen, die noch Restanhaftungen des Produktes enthalten, als Sondermüll zu entsorgen.

Abfallschlüssel

08 04 09 Klebstoff- und Dichtmassenabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten

### 14. Angaben zum Transport

**Straßentransport ADR:**

Klasse: 8  
 Verpackungsgruppe: III  
 Klassifizierungscode: C7  
 Nr. zur Kennz. der Gefahr: 80  
 UN-Nr.: 2735  
 Gefahrzettel: 8  
 Techn. Name: AMINE, FLÜSSIG, ÄTZEND, N.A.G. (4,4-methylenbis-cyclohexylamin,Triethylentetramin)  
 Tunnelcode: (E)  
 Zusätzliche Stoffeigenschaft: Umweltgefährdend

**Bahntransport RID:**

Klasse: 8  
 Verpackungsgruppe: III  
 Klassifizierungscode: C7  
 Nr. zur Kennz. der Gefahr: 80  
 UN-Nr.: 2735  
 Gefahrzettel: 8  
 Techn. Name: AMINE, FLÜSSIG, ÄTZEND, N.A.G. (4,4-methylenbis-cyclohexylamin,Triethylentetramin)  
 Tunnelcode:  
 Zusätzliche Stoffeigenschaft: Umweltgefährdend

**Binnenschifftransport ADN:**

Klasse:	8
Verpackungsgruppe:	III
Klassifizierungscode:	C7
Nr. zur Kennz. der Gefahr:	
UN-Nr.:	2735
Gefahrzettel:	8
Techn. Name:	AMINE, FLÜSSIG, ÄTZEND, N.A.G. (4,4-methylenbis-cyclohexylamin,Triethylenetetramin)
Zusätzliche Stoffeigenschaft:	Umweltgefährdend

**Seeschifftransport IMDG:**

Klasse:	8
Verpackungsgruppe:	III
UN-Nr.:	2735
Gefahrzettel:	8
EmS:	F-A ,S-B
Meeresschadstoff:	Meeresschadstoff
Proper shipping name:	AMINES, LIQUID, CORROSIVE, N.O.S. (4,4-methylenebis-cyclohexylamine,Triethylenetetramine)

**Lufttransport IATA:**

Klasse:	8
Verpackungsgruppe:	III
Packaging-Instruction (passenger)	852
Packaging-Instruction (cargo)	856
UN-Nr.:	2735
Gefahrzettel:	8
Proper shipping name:	Amines, liquid, corrosive, n.o.s. (4,4-methylenebis-cyclohexylamine,Triethylenetetramine)

**15. Rechtsvorschriften****Vorschriften zu Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz/spezifische Rechtsvorschriften für den Stoff oder das Gemisch:**

VOC-Gehalt (1999/13/EC)	< 3,00 % A/B zusammen
----------------------------	-----------------------

**Nationale Vorschriften/Hinweise (Deutschland):**

WGK:	2, wassergefährdendes Produkt. (VwVwS vom 17. Mai 1999 )
Lagerklasse nach VCI:	10

## 16. Sonstige Angaben

Die Kennzeichnung des Produktes ist in Kapitel 2 aufgeführt. Vollständiger Wortlaut aller Abkürzungen im vorliegenden Sicherheitsdatenblatt sind wie folgt:

- R21 Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut.
- R22 Gesundheitsschädlich beim Verschlucken.
- R34 Verursacht Verätzungen.
- R38 Reizt die Haut.
- R41 Gefahr ernster Augenschäden.
- R43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.
- R51/53 Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.
- R52 Schädlich für Wasserorganismen.
- R53 Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.

- H312 Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt.
- H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.
- H317 Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
- H412 Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

### Weitere Informationen:

Die Angaben stützen sich auf den heutigen Stand unserer Kenntnisse und beziehen sich auf das Produkt im Anlieferungszustand. Sie sollen unsere Produkte im Hinblick auf Sicherheitserfordernisse beschreiben und haben somit nicht die Bedeutung, bestimmte Eigenschaften zuzusichern. Dieses Sicherheitsdatenblatt wurde in Übereinstimmung mit Verordnung 67/548/EU und nachfolgender Novellen sowie Verordnung 1999/45/EU erstellt.



# Scotch-Weld™ DP 760

## Zweikomponenten-Konstruktionsklebstoff auf Epoxidharzbasis für das EPX-System

Produkt-Information

03/2009

### Beschreibung

Scotch-Weld DP 760 ist ein nicht fließender Zweikomponenten-Konstruktionsklebstoff, der bei Raumtemperatur härtet. Er wurde für das Kleben von Metallen entwickelt, die in der Anwendung durch hohe Temperatur belastet werden (siehe Tabelle Seite 2).

Ausgezeichnete Festigkeiten, Alterungs- und chemische Beständigkeit zeichnen das Produkt neben einfacher Verarbeitung aus.

### Physikalische Daten

	<b>Basis</b>	<b>Härter</b>
<b>Basis</b>	mod. Epoxidharz	mod. Polyamin
<b>Farbe</b>	weiß	weiß
<b>Konsistenz</b>	pastös	pastös
<b>Viskosität (bei RT)*,**</b>	300.000 mPa.s	80.000 mPa.s
<b>Festkörper</b>	100%	
<b>Spez. Gewicht*</b>	1,26 g/cm <sup>3</sup>	0,82 g/cm <sup>3</sup>
<b>Mischungsverhältnis : Vol.</b>	2	1
<b>Gew.</b>	100	32

\* Durchschnittswerte

\*\* Brookfield RVF, Spindel 6, 10 Upm

### Verarbeitungs- merkmale

<b>Methode</b>	Fließen, EPX-Auftragssystem
<b>Verarbeitungszeit*</b>	45-60 Minuten
<b>Weiterverarbeitungszeit</b>	4-6 Stunden
<b>Härtung</b>	7 Tage bei 23° C 1 Tag bei 23° C + 1 Std. bei 80° C 2 Std. bei 65° C

\* für 10 g Mischung

### Produkt- merkmale

<b>Temperatureinsatzbereich</b>	siehe Tabelle Seite 2
<b>Glasübergangstemperatur * Tg</b>	147°C
<b>Wasserbeständigkeit</b>	gut
<b>Witterungsbeständigkeit</b>	gut
<b>Alterungseigenschaften</b>	gut

\* DSC, Perkin Elmer, 10°C/Min.

**Festigkeiten**

Die Festigkeitswerte stellen Durchschnittswerte auf geätztem Aluminium (2024 T3 clad) bei unterschiedlicher Härtung mit einem Anpressdruck von 100 KPa gemäß der Norm dar. Die Klebstoffschichtdicke wurde bei allen Prüfkörpern durch Einmischen von 1 % Glasperlen (150 µm) kontrolliert.

**Rollenschälfestigkeit (DIN 53289/AECMA EN 2243-2)**

Die Rollenschälfestigkeit wurde gemäß obiger Norm an Prüfkörpern aus 1,6 und 0,5 mm dicken Aluminium (2024 T3 clad) ermittelt. In allen Fällen wurde Kohäsionsbruch im Klebstoff erzielt.

Härtung			
Prüftemperatur	7 Tage bei 23° C	2 Std. bei 65° C	24 Std. bei 23°C +1 Std. bei 80° C
23° C	184 N/25mm	159 N/25mm	154 N/25mm

**Zugscherfestigkeiten (DIN 53283/AECMA EN 2243-1)**

Die Zugscherfestigkeit wurde gemäß obiger Norm an Prüfkörpern aus 1,6 mm dicken Aluminium (2024 T3 clad) ermittelt.

Härtung			
Prüftemperatur	7 Tage bei 23° C	2 Std. bei 65° C	24 Std. bei 23°C +1 Std. bei 80° C
- 55° C	19,4 MPa	21,9 MPa	17,4 MPa
23° C	28,2 MPa	30,4 MPa	29,1 MPa
80° C	24,1 MPa	25,9 MPa	24,2 MPa
120° C	16,2 Mpa	15,4 Mpa	16,1 Mpa
150° C	10,4 MPa	10,3 MPa	11,3 MPa
175° C	7,6 MPa	7,5 MPa	7,3 MPa
205° C	4,9 MPa	5,3 MPa	5,2 MPa
230° C	2,9 MPa	3,5 MPa	3,0 MPa

Bruchbild: in allen Fällen kohäsiv

**Alterungsdaten**

Einlagerung	Zugscherfestigkeit
Kontrollwert	18,8 MPa
30 Tage Wasser, 23° C	29,1 MPa
30 Tage Düsentreibstoff JP4, 23 ° C	28,9 MPa
30 Tage Maschinenöl, 23° C	27,8 MPa
30 Tage Hydrauliköl, 23° C	27,2 MPa
30 Tage 150° C	21,4 MPa
30 Tage Salzsprühtest (5 % NaCl) bei 35°C	28,1 MPa
30 Tage 50° C/ 95 % r.F.	24,9 MPa*

Klebstoffhärtung: 7 Tage bei RT mit 100 KPa Anpressdruck

Bruchbild: in allen Fällen kohäsiv

\* Keine Korrosion in der Grenzfläche

**Feuchtebeständigkeit**

Die Prüfungen wurden an Zugscherprüflingen aus geätztem Aluminium (2024 T3 clad und bare) durchgeführt. Die Auslagerung erfolgte über 750 Stunden in einem Klima 70°C / 95 % rel. Feuchte.

Test-temperatur	Kontrollwerte		Nach Auslagerung	
	Al-clad	Al-bare	Al-clad	Al-bare
-55°C	18,8 MPa*	18,6 MPa*	22,9 MPa*	-
23°C	28,7 MPa*	28,8 MPa*	24,8 MPa*	19,0 MPa***
80°C	22,9 MPa*	21,9 MPa*	16,5 MPa*	18,0 MPa*
120°C	16,5 MPa*	14,6 MPa*	8,3 MPa***	12,8 MPa*
150°C	10,4 MPa*	10,0 MPa*	5,6 MPa***	9,0 MPa*
175°C	7,9 MPa**	6,9 MPa*	3,7 MPa***	-

Klebstoffhärtung: 7 Tage bei RT mit 100 KPa Anpressdruck

- \* Kohäsionsbruch
- \*\* Kohäsionsbruch/Grenzfläche
- \*\*\* Mischbruch

**Oberflächen-vorbehandlung**

Die Oberflächen müssen trocken, frei von Staub, Öl, Trennmitteln und anderen Verunreinigungen sein. Die Art der Oberflächenvorbehandlung hängt von dem jeweiligen Anforderungsprofil (Festigkeit, Alterung etc.) ab.

Für die meisten Anwendungen reichen normalerweise Vorbehandlungen aus, die auf Metallen einen geschlossenen Wasserfilm an der Oberfläche ergeben.

Sowohl für metallische als auch nichtmetallische Werkstoffe wird eine mechanische Oberflächenvorbehandlung mit Schleifvlies wie Scotch Brite 7447 empfohlen, die durch Vor- und Nachreinigen mit werkstoffverträglichen Lösemitteln unterstützt wird.

**Anwendung**

Die günstigste Verarbeitungstemperatur für Konstruktionsklebstoff und Werkstoff liegt zwischen 20°C und 25°C.

Optimale Festigkeiten werden bei Klebstoffschichtdicken von 0,10-0,15 mm erzielt.

Eine einheitliche Klebstoffschichtdicke kann durch Einlegen von entsprechenden Abstandhaltern, wie z.B. Glasfasern, sichergestellt werden. Die Teile werden zusammengefügt und für die Härtung mit leichtem Druck positioniert/fixiert.

**Auftrag**

Mit dem EPX-Auftragssystem wird der Klebstoff dosiert, gemischt und auf die zu klebenden Werkstoffe aufgetragen.

**Verarbeitungsgeräte**

EPX-Auftragssystem	
50 ml Kartusche	EPX-Handauftragsgerät
400 ml Kartusche	EPX-Druckluftpistole

## Bedienungsanleitung

Kartusche in die Halterung des Auftragsgerätes einsetzen und arretieren. Verschlusskappe entfernen und eine kleine Menge Klebstoff spenden (ausdrücken) bis beide Komponenten frei fließen.

Mischdüse (mind. 20 Elemente) aufsetzen, Auftragsspitze ggf. anwendungsbezogen vergrößern und den Klebstoff auftragen.

Nach dem Klebstoffauftrag Mischdüse entfernen, Austrittsöffnungen an der Kartusche reinigen und Verschlusskappe aufsetzen.

Bleibt die Mischdüse solange auf der Kartusche, daß die Verarbeitungszeit überschritten wird, muß sie durch eine neue ersetzt werden.

## Härtung

Die Härtung des Klebstoffes erfolgt bei Raumtemperatur, kann jedoch durch Wärme beschleunigt werden. Die Festigkeitszunahme ist bei diesem Klebstoff so zügig, daß die Teile nach 4-6 Stunden weiterverarbeitet werden können.

Die Endfestigkeit ist nach ca. 7 Tagen bei RT erreicht.

## Reinigung

Rückstände von nicht gehärtetem Klebstoff und an Verarbeitungsgeräten können mit Lösemitteln wie Ketone oder 3M Industriereiniger entfernt bzw. gereinigt werden. Bei Gebrauch des Reinigungsmittels sind die notwendigen Sicherheitsvorschriften zu beachten.

Gehärteter Klebstoff kann nur mechanisch entfernt werden.

## Lagerung und Handhabung

Die beste Lagerfähigkeit hat der Klebstoff bei einer Temperatur von 4 - 10°C. Höhere Temperaturen verkürzen die normale Lagerfähigkeit. Niedrigere Temperaturen verursachen vorübergehend eine höhere Viskosität.

Umfaßt das Lager Kartuschen aus mehreren Lieferungen, so sollten diese in der Reihenfolge ihres Einganges verarbeitet werden.

## Sicherheitshinweise

<b>Gefahrenklasse nach VbF</b>	-
<b>Flammpunkt</b>	> 100°C
	Bitte beachten Sie die weiteren technischen Informationen bezüglich exothermer Reaktionen und damit zusammenhängender Effekte
<b>Lagerfähigkeit*</b>	6 Monate bei RT 12 Monate bei +5°C

\* ab Versanddatum Werk/Lager

## Gefahrenhinweise / Sicherheitsratschläge

Weitere Informationen zum sicheren Umgang mit diesem Produkt finden Sie im Sicherheitsdatenblatt.

Erhältlich über unsere Sicherheitsdatenblatt-Hotline:

Telefon 0 21 31 / 14 20 42

Oder im Internet unter:

[www.3m.com/search/de/de001/msdssearchform.do](http://www.3m.com/search/de/de001/msdssearchform.do)

## Notizen:

### **Wichtiger Hinweis:**

Alle Werte wurden unter Laborbedingungen ermittelt und sind nicht in Spezifikationen zu übernehmen. Achten Sie bitte selbst vor Verwendung unseres Produktes darauf, ob es sich für den von Ihnen vorgesehenen Verwendungszweck eignet. Alle Fragen einer Gewährleistung und Haftung für dieses Produkt regeln sich nach unseren Verkaufsbedingungen, sofern nicht gesetzliche Vorschriften etwas anderes vorsehen.



**3M Deutschland GmbH**  
**Industrie-Klebebänder, Klebstoffe und Klebebänder**

Carl-Schurz-Straße 1, 41453 Neuss  
Telefon 0 21 31 / 14 33 30, Telefax 0 21 31 / 14 38 17

*Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier*

# FICHA TÉCNICA



Proveedor: **QUIMILOCK, S. A. U.**

## THREE BOND 2285D

### RESINA EPOXI MONOCOMPONENTE

## 1. DESCRIPCIÓN.

Three Bond 2285D es una resina epoxi monocomponente, la cual posee excelentes propiedades, tales como fuerte adhesión, resistencia química, propiedades eléctricas, resistencia mecánica, etc. Contiene más del 99 % de materia no volátil, así que su contracción es mínima mientras cura, garantizando así la seguridad en el entorno laboral, tampoco contiene disolventes.

## 2. VENTAJAS.

- Gran resistencia térmica.
- Excelente resistencia a las altas temperaturas.
- Excelente permeabilidad durante el calentamiento.

## 3. APLICACIÓN.

- Para la impregnación y fijación de las bobinas de motor.

## 4. PROPIEDADES ANTES DEL CURADO

Propiedades	Unidad	Resultados
Aspecto		Pasta lechosa, de color blanco
Viscosidad a 25° C	Pa.s {P}	140 {1400}
Gravedad específica a 25° C		1,56
Contenido no volátil	%	≥

Condiciones de curado normales: 120° C x 60 min.

150° C x 30 min.

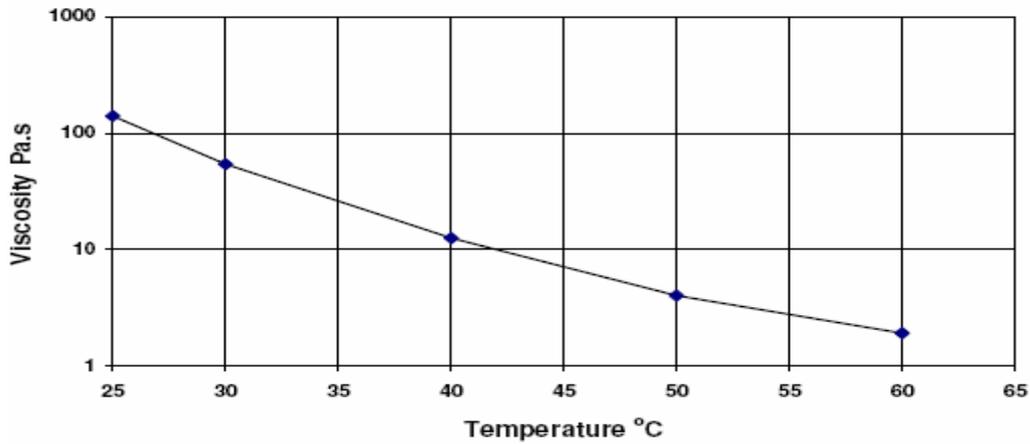
## 5. PROPIEDADES DESPUÉS DEL CURADO

Propiedades	Unidades	Resultados
Resistencia al cizallamiento a 25° C (Acero/Acero)	MPa {kgf/cm <sup>2</sup> }	20,6 {210}
Resistencia al pelado (Tipo – T)	N/m {kgf/25 mm}	628 {1,6}
Dureza (Dureza ‘D’)		94
Temperatura de transición vítrea	° C	180
Coefficiente de expansión térmica		3,3 x 10 <sup>-5</sup>
Absorción del agua (ebullición 1 hr.)	%	+0,47
Resistividad volumétrica	Ω·m {Ω·cm}	2,3 x 10 <sup>18</sup> {2,3 x 10 <sup>16</sup> }
Factor de disipación dieléctrica 1 MHz		0,021
Constante dieléctrica 1 MHz		3,5
Rotura del Voltaje dieléctrico	MV/ {kV/mm}	20 {20}
Resistencia del arco	s	150
Resistencia a los impactos	kJ/m <sup>2</sup> {kgf.cm/cm <sup>2</sup> }	13,48 {13,76}
Resistencia a la compresión	MPa {kgf/cm <sup>2</sup> }	213 {2170}
Vida útil (5° C)		7 meses



Proveedor: QUIMILOCK, S. A. U.

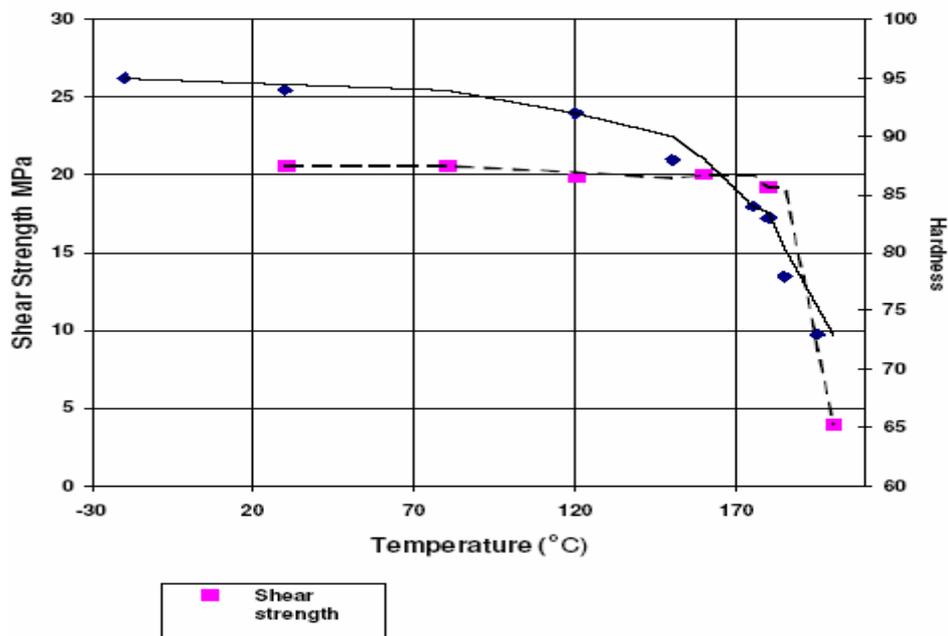
**Cambios de la Viscosidad con la Temperatura**



Variación de la resistencia al cizallamiento y la Dureza con la Temperatura después del curado. Los ensayos se llevaron a cabo para examinar la capacidad de la resina curada para resistir las altas temperaturas. Los siguientes datos fueron los resultados.

Temperatura (° C)	Resistencia al cizallamiento MPa {kg/cm <sup>2</sup> }	Dureza	Observaciones
-20		95	Curado a 150° x 1 h
RT	20,60 {210}	94	
80	20,60 {210}		
120	19,82 {202}	92	
150		88	
160	20,01 {204}		
175		84	
180	19,23 {196}	83	
185		78	
195		73	
200	3,92 {40}		

**Variación de la Resistencia al Cizallamiento y la Dureza con la Temperatura después del curado de TB 2285 D**





**Proveedor: QUIMILOCK, S. A. U.**

## **6. PRECAUCIONES.**

- Es importante eliminar la suciedad la grasa, el aceite, la pintura y el óxido de las superficies que se van a pegar, mediante desengrasado, pulido y/o grabado al ácido. Esto asegurará que se pueda conseguir una fijación óptima. El pegado debe hacerse tan pronto como las superficies estén preparadas.
- Las condiciones de curado están indicadas más arriba, por favor tenga en cuenta las determinadas temperaturas y los tiempos para conseguir una adhesión óptima.
- La temperatura de curado depende del tipo, tamaño y capacidad térmica de los adherentes. Por lo tanto la temperatura de curado no puede fijar uniformemente. Por favor, compruebe las condiciones de curado óptimas antes de la aplicación del producto.
- TB-2285D es un adhesivo epoxi monocomponente. No es aconsejable almacenarlo a altas temperaturas mucho tiempo, ya que se traducirá en la disminución de las propiedades tixotrópicas, aumento de la viscosidad, la sedimentación de material de relleno y la reducción en la habilidad de curado.
- Almacenar en un lugar fresco y oscuro. El periodo de almacenamiento efectivo es de 7 meses a 5~10° C.
- Este compuesto puede causar inflamación cuando entra en contacto con una piel sensible durante un período prolongado. Si el producto entra en contacto con la piel, limpiar con un paño de papel o de tela. Lavar la zona afectada con agua templada, y jabón.
- Solo para uso industrial.

## **7. VIDA ÚTIL.**

7 meses cerrado y almacenado a 5~10° C.

## **8. EMBALAJE.**

TB-2285D, está disponible en bidones de 1 Kg. y de 20 Kg.

## **9. GARANTÍA**

**Solo Para Uso Industrial**

(No apto para uso doméstico)

- Los datos que contiene este informe se obtienen de resultados experimentales, de acuerdo con nuestros métodos de prueba. No asumimos ninguna responsabilidad con respecto a la seguridad. Antes del uso de este producto, juzgue usted mismo si este producto reúne los requisitos que desea. Esto conlleva la responsabilidad de daños. La garantía proporciona el cambio de los productos que son claramente insatisfactorios.
- No asumimos la responsabilidad de lesiones ni daños materiales, resultado del uso inadecuado de este producto.

### **Quimilock, s. a. u.**

-C/Formación, 18 – Pol. Ind. Los Olivos.  
C. P. 28906 Getafe (Madrid).



91.474.03.00/ 91 684 60 00



91.474.16. 87



[quimilock@quimilock.es](mailto:quimilock@quimilock.es)

La información y datos técnicos que aparecen en esta ficha son de carácter orientativo y están sujetos a posibles modificaciones sin previo aviso. Está basada en nuestra experiencia y conocimientos actuales y en los usos y aplicaciones habituales del producto. Los valores especificados pueden sufrir alguna variación en función de: condiciones de puesta en obra, tolerancias de fabricación, ensayos realizados, etc. Por esta razón, nuestra garantía se limita exclusivamente a la calidad del producto suministrado.

Para cualquier aclaración o duda ponerse en contacto con nuestro departamento técnico

Esta información sustituye a toda la emitida con anterioridad.

## Polymeric PX-313 / PX-313T

### 1K-Bismaleimid-Klebstoff

- **Temperaturbeständig bis 250 °C**
- **Gute Haftung auf Aluminium, Edelstahl**

#### Beschreibung

Polymeric PX-313 ist ein lösungsmittelfreier, heißhärtender Klebstoff mit sehr hoher Temperaturbeständigkeit. Das Produkt ist bei Raumtemperatur hochviskos und kann durch Erwärmen auf 60 bis 80 °C verflüssigt und verarbeitet werden. Dieser Klebstoff eignet sich für hochtemperaturbeständige konstruktive Verklebungen von Metallen, Keramik und temperaturbeständigen Thermoplasten. PX-313T ist eine thixotropierte Variante von PX-313

#### Produktdaten

Farbe	gelb-orange Paste
Konsistenz (23 °C)	hochviskos
Dichte	ca.1.18 g/cm <sup>3</sup>
Lagerfähigkeit (2–35 °C)	6 Monate
Empfohlene Härtung	2h 150 + 2h 200 °C

#### Verarbeitung

##### Oberflächenvorbehandlung

PX-313 sollte vorzugsweise auf sorgfältig entfetteten und vorbehandelten Oberflächen eingesetzt werden. Verbesserte Haftung wird auf mechanisch aufgerauten Oberflächen erreicht, während naßchemisch behandelte Oberflächen die höchsten Klebfestigkeiten ergeben. Hinweise zur Vorbehandlung verschiedener Werkstoffe können dem Informationsblatt „Vorbehandlung von Fügeteilen“ entnommen werden.

##### Klebstoffauftrag

Die Klebstoffpaste kann bei 60–120 °C mit einem Spatel, Spachtel oder ähnlichen Werkzeugen auf die vorbehandelten Klebflächen aufgetragen werden. Ein Heißluftstrom kann bei der Auftragung hilfreich sein. Die Klebstoffvariante PX-313T ist thixotrop modifiziert, die am Ort des Klebstoffauftrags verbleibt und während der Härtung nicht wegfließt.

##### Reinigung der Werkzeuge

Kleine Mengen Klebstoff können mit Aceton oder Ethylacetat entfernt werden. Größere Mengen sind in N-Methylpyrrolidon oder Methylenchlorid löslich. Beachten Sie die Sicherheitsvorschriften beim Arbeiten mit diesen Lösungsmitteln und vermeiden sie Haut- und Augenkontakt.

##### Härtung

PX-313 erfordert eine Härtungstemperatur von 150 °C. Eine Nachhärtung bei 200 °C verbessert das Eigenschaftsbild deutlich und empfiehlt sich zum Erreichen höchster Temperatur- und Medienbeständigkeit. Kleine, dünnwandige und gut wärmeleitfähige Fügeteile können in kürzerer Zeit gehärtet werden. Als Richtwert sollte ein Programm von 2 h bei 150 °C getestet werden. Die Nachhärtung bei 200 °C sollte ebenfalls 2 h andauern. Entsprechende Tests unter praxisnahen Bedingungen sollten vom Anwender durchgeführt werden.

Der Klebstoff PX-313 wird beim Erwärmen auf 120–150 °C zunächst dünnflüssig und kann in kleinste Öffnungen eindringen oder aus Klebefugen ausfließen. Die Variante PX-313T ist zur Vermeidung solcher Effekte thixotrop modifiziert und verbleibt beim Erwärmen am Ort der Auftragung.

### Typische Eigenschaften des gehärteten Produkts

Eigenschaft	Methode / Parameter	Wert
Farbe		bernstein / transparent
Glastemperatur	DMA SC 1 Hz 10 µm 2 K/min Härtung: 2h 200 °C	118 °C
Speichermodul	DMA SC 1 Hz 10 µm 2 K/min Härtung: 2h 200 °C	2000 MPa @ 25 °C 760 MPa @ 200 °C

Klebfestigkeit (Zugscherfestigkeit in Anlehnung an DIN EN 1465)

Substrat	Vorbehandlung	N/mm <sup>2</sup> bei Prüftemp.			
		23 °C	130 °C	160°C	220°C
Edelstahl 1.4301	Ätzen (Oxalsäure/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> O)	18,1		10,4	9,2
Stahl C45	Pyrolyse	14,1			
Stahl C45	Phosphatieren	4,6			
PPS-Gewebeverstärkt	O <sub>2</sub> -Plasma	6,2	3,9	2,9	

### Packungsgrößen

Erhältlich in Dosen zu 50, 100, 250 und 500 g.

### Lagerung

PX-313 sollte in der Originalverpackung im Kühlschrank bei 6–12 °C gelagert werden. Direkte Lichteinstrahlung ist zu vermeiden. Der Klebstoff ist 6 Monate ab Herstellungsdatum lagerfähig. Das Haltbarkeitsdatum ist auf dem Etikett angegeben.

### Entsorgung

Nicht weiter verwendbare Produktrückstände sollten ausgehärtet und unter Beachtung der behördlichen Vorschriften einer Verbrennungsanlage zugeführt werden.

### Sicherheitshinweise

Bei der Arbeit mit dem Klebstoff sollten Schutzbrille und Schutzhandschuhe getragen werden. Angaben im Sicherheitsdatenblatt beachten.

### Polymeric GmbH – Spezialpolymere · Klebstoffe · Polymercharakterisierung

Landsberger Allee 378 · D-12681 Berlin · Fon: +49-30-54378343 · Fax: +49-30-54378345

Internet: [www.polymeric.de](http://www.polymeric.de) · E-Mail: [info@polymeric.de](mailto:info@polymeric.de)

Die vorstehenden Informationen und unsere anwendungstechnische Beratung in Wort, Schrift und durch Versuche erfolgen nach bestem Wissen, gelten jedoch nur als unverbindliche Hinweise, auch in Bezug auf etwaige Schutzrechte Dritter. Die Beratung befreit Sie nicht von einer eigenen Prüfung unserer aktuellen Beratungshinweise – insbesondere unserer Sicherheitsdatenblätter und technischen Informationen – und unserer Produkte im Hinblick auf ihre Eignung für die beabsichtigten Verfahren und Zwecke. Anwendung, Verwendung und Verarbeitung unserer Produkte erfolgen außerhalb unserer Kontrollmöglichkeiten und liegen daher ausschließlich in Ihrem Verantwortungsbereich. Der Verkauf unserer Produkte erfolgt nach Maßgabe unserer jeweils aktuellen Verkaufs- und Lieferbedingungen. Änderungen vorbehalten.

# Polymeric PX-314

## 1K-BMI-Klebstofffilm

- **Temperaturbeständig bis 220 °C**
- **Sehr hohe Klebfestigkeit bei hohen Temperaturen**
- **Ausgezeichnete Klebfestigkeit auf Aluminium und Edelstahl**
- **Einfache und saubere Verarbeitung**

### Beschreibung

Polymeric PX-314 ist ein lösungsmittelfreier, heiß härtender Klebstofffilm mit hoher Temperatur- und Medienbeständigkeit. Der Film ist bei Raumtemperatur nicht klebrig und kann leicht auf die Größe der Klebfläche zugeschnitten werden. Klebrigkeit kann durch Erwärmen auf 120 °C kurz vor der Härtung erreicht werden.

### Produktdaten

Farbe	gelb-grünlicher Film
Filmdicke	90 µm
Viskosität (23 °C)	Flexibler Feststofffilm auf Polyesterträger
Lagerfähigkeit (5–30 °C)	6 Monate

### Verarbeitung

#### Oberflächenvorbereitung

PX-314 sollte vorzugsweise auf sorgfältig entfetteten und vorbehandelten Oberflächen eingesetzt werden. Verbesserte Haftung wird auf mechanisch aufgerauten Oberflächen erreicht (z.B. durch Sandstrahlen), während nasschemisch behandelte Oberflächen die höchsten Klebfestigkeiten ergeben.

#### Anwendung

1. Klebstofffilm auf die Form der Klebfläche zuschneiden
2. Trägerfilm entfernen
3. Klebstoff auf einem Fügeteil platzieren
4. Zweites Fügeteil auflegen und fixieren

#### Alternative Anwendung

1. Fügeteile auf 120 °C erwärmen
2. Beim Kontakt mit dem Fügeteil wird der Klebstoff klebrig und bleibt am Fügeteil haften
3. Trägerfolie abziehen
4. Zweites Fügeteil auflegen und fixieren

#### Härtung

Der Klebstofffilm benötigt eine minimale Härtungstemperatur von 150 °C. Nachhärtung bei 200 °C verbessert seine Eigenschaften, insbesondere die Temperatur- und Chemikalienbeständigkeit. Während der Härtung ist nur leichter Andruck notwendig.

Die Härtungsdauer hängt davon ab, wie schnell der Klebstoff durch die Fügeteile aufgeheizt werden kann. Minimal sollte 30 min. bei 150 °C bzw. 200 °C gehärtet werden. Für erste Tests empfiehlt sich ein Härtungsprogramm von 2h 150 °C + 2h 200 °C. Geeignete Tests sollten vom Anwender durchgeführt werden.

### Typische Eigenschaften des gehärteten Klebstoffs

Eigenschaft	Methode / Parameter	Wert
Farbe	visuell	bernstein / transparent

Zugescherfestigkeit in Anlehnung an DIN EN 1465 (Härtung: 2h 150 + 2h 200 °C), Filmdicke 90 µm

Substrat	Vorbehandlung	N/mm <sup>2</sup> bei Temperatur			
		23 °C	160°C	180°C	220°C
Aluminium AlCuMg1	Beizen nach DIN + Primer H1	11,6	13,4		19,0
Edelstahl 1.4301	Ätzen (Oxalsäure/Schwefelsäure/Wasser)	11,3	8,8		9,5
Edelstahl 1.4301	Ätzen (Oxalsäure/Schwefelsäure/Wasser) *	7,8	7,5		5,5
Stahl C45	Phosphatiert	3,8			
Stahl C45	Pyrolysiert	11,4			

\* Filmdicke 130 µm

### Verfügbarkeit

Erhältlich als Labormuster 60 x 200 mm (max. 60 x 250 mm)

### Lagerung

PX-314 sollte trocken gelagert und vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt gelagert werden. Lagerung bei Raumtemperatur ist möglich (18–25 °C). Das Haltbarkeitsdatum ist auf dem Etikett angegeben.

### Entsorgung

Restmengen sollten gehärtet und entsprechen behördlichen Vorschriften entsorgt werden.

### Sicherheitshinweise

Bei der Handhabung sollten Schutzhandschuhe (Baumwolle oder Latex) getragen werden. Hautkontakt vermeiden. Weitere Hinweise befinden sich im Sicherheitsdatenblatt.

### Polymeric GmbH – Spezialpolymere · Klebstoffe · Polymercharakterisierung

Landsberger Allee 378 · D-12681 Berlin · Tel: +49-30-54378343 · Fax: +49-30-54378345

Internet: [www.polymeric.de](http://www.polymeric.de) · E-Mail: [info@polymeric.de](mailto:info@polymeric.de)

Die vorstehenden Informationen und unsere anwendungstechnische Beratung in Wort, Schrift und durch Versuche erfolgen nach bestem Wissen, gelten jedoch nur als unverbindliche Hinweise, auch in Bezug auf etwaige Schutzrechte Dritter. Die Beratung befreit Sie nicht von einer eigenen Prüfung unserer aktuellen Beratungshinweise – insbesondere unserer Sicherheitsdatenblätter und technischen Informationen – und unserer Produkte im Hinblick auf ihre Eignung für die beabsichtigten Verfahren und Zwecke. Anwendung, Verwendung und Verarbeitung unserer Produkte erfolgen außerhalb unserer Kontrollmöglichkeiten und liegen daher ausschließlich in Ihrem Verantwortungsbereich. Der Verkauf unserer Produkte erfolgt nach Maßgabe unserer jeweils aktuellen Verkaufs- und Lieferbedingungen. Änderungen vorbehalten.

# DELO

## Technische Information

### **DELOMONOPOX® 1197**

warmhärtend, Konstruktionsklebstoff

#### **Basis**

- Epoxidharz, Konstruktionsklebstoff
- einkomponentig, warmhärtend, gefüllt

#### **Verwendung**

- für Verklebungen von allen Metallen, temperaturbeständigen Kunststoffen, Ferrit, Keramik
- besonders für hochfeste, zähnharte Verbindungen mit sehr hoher statischer sowie dynamischer Belastbarkeit, auch bei hohen Temperaturen
- für Verklebungen, die hohe Ablauffestigkeit erfordern
- das Produkt wird üblicherweise im Temperaturbereich von -55 °C bis +200 °C eingesetzt; anwendungsbezogen können andere Grenzen sinnvoll sein
- konform zu RoHS Direktive 2002/95/EC

#### **Verarbeitung**

- zur Aufheizung der Bauteile können auch höhere Temperaturen angewendet werden
- die Aufheizzeit der Bauteile muss zur eigentlichen Aushärtungszeit hinzugezählt werden
- die zur Aushärtung des Klebstoffs geforderte Temperatur muss direkt in der Klebschicht vorliegen
- in Abhängigkeit der eingesetzten Klebstoffmenge entsteht exotherme Reaktionswärme, die ggf. zur Überhitzung führen kann; in diesen Fällen ist die Aushärtungstemperatur entsprechend niedriger anzusetzen
- der Klebstoff ist im Anlieferungszustand gebrauchsfertig, lässt sich aus dem Originalgebinde oder mit DELO-Dosiergeräten sehr gut verarbeiten
- zu verklebende Oberflächen sollen trocken, staub- und fettfrei sowie frei von anderen Verunreinigungen sein
- zur Klebflächenreinigung DELOTHEN-Reiniger verwenden
- durch Sandstrahlen, Schleifen oder Beizen kann eine Verbesserung der Klebstoffhaftung am Werkstück erreicht werden

#### **Aushärtung**

- erfolgt bei Temperaturen zwischen +130 und +180 °C
- höhere Temperaturen verkürzen, niedrigere Temperaturen verlängern den Aushärtungsprozess und ändern ggf. die Eigenschaften des ausgehärteten Produkts

#### **Technische Daten**

Farbe	silbergrau
Füllstoff	Aluminium
Dichte [g/cm <sup>3</sup> ] bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	1,4

**DELO** Industrie Klebstoffe  
DELO-Allee 1  
86949 Windach · Deutschland  
Telefon +49 8193 9900-0  
Telefax +49 8193 9900-144  
info@DELO.de · www.DELO.de

**Viskosität [mPas]**  
bei 23 °C, Brookfield Sp/U 7/5

pastös

**Verarbeitungszeit**  
bei Raumtemperatur (max. 25 °C)

6 Wochen

**Aushärtungszeit bis zur Endfestigkeit [min]**  
bei 130°C im Umluftofen

75

**Aushärtungszeit bis zur Endfestigkeit [min]**  
bei +150 °C im Umluftofen

40

**Aushärtungszeit bis zur Endfestigkeit [min]**  
bei +180 °C im Umluftofen

15

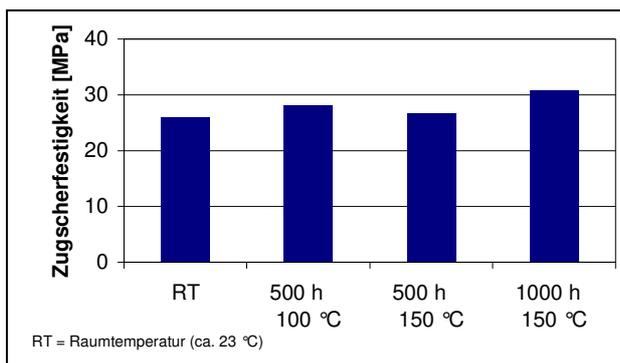
**Zugscherfestigkeit Al/Al [MPa]**  
DIN EN 1465, sandgestrahlt  
Fügeteildicke: 1,6 mm  
nach 40 min bei +150 °C

26

**Zugscherfestigkeit Al/Al [MPa]**  
DELO-Norm 39, sandgestrahlt  
Fügeteildicke: 6 mm  
nach 40 min bei +150 °C

55

**Zugscherfestigkeit Al/Al**  
DIN EN 1465, sandgestrahlt  
Fügeteildicke: 1,6 mm  
Aushärtung: 40 min bei +150 °C



**Rollenschälwiderstand St/St [N/mm]**  
DELO-Norm 38, sandgestrahlt  
Fügeteildicke: 1,5 mm

12

**Temperaturfestigkeit Al/Al bei +50 °C [MPa]**  
in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt  
Fügeteildicke: 1,6 mm

33

**Temperaturfestigkeit Al/Al bei +100 °C [MPa]**  
in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt  
Fügeteildicke: 1,6 mm

22

**Temperaturfestigkeit Al/Al bei +150 °C [MPa]**  
in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt  
Fügeteildicke: 1,6 mm

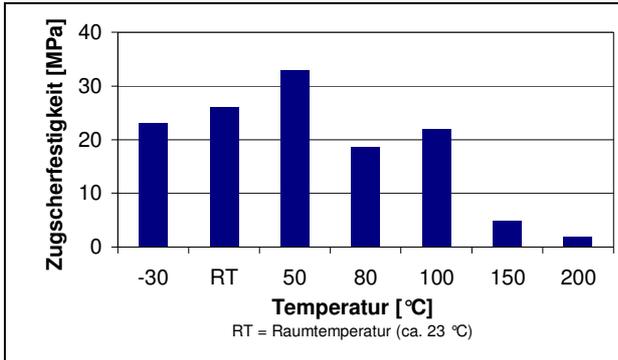
5

## Temperaturfestigkeit Al/Al

in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt

Fügeteildicke: 1,6 mm

Aushärtung: 40 min bei +150 °C



### Zugfestigkeit [MPa]

In Anlehnung an DIN EN ISO 527

Schichtdicke: 2 mm

nach 40 min bei +150 °C

40

### Reißdehnung [%]

In Anlehnung an DIN EN ISO 527

Schichtdicke: 2 mm

nach 40 min bei +150 °C

1,4

### E-Modul [MPa]

In Anlehnung an DIN EN ISO 527

Schichtdicke: 2 mm

nach 40 min bei +150 °C

3300

### Shore Härte D

In Anlehnung an DIN EN ISO 868

nach 40 min bei +150 °C

67

### Zersetzungstemperatur [°C]

DELO-Norm 36

280

### Kugeldruckhärte [MPa]

ISO 2039, Teil 1

95

### Glasübergangstemperatur [°C]

Rheometer

140

### Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K]

TMA, im Temperaturbereich: +25 bis +140 °C

93

### Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K]

TMA, im Temperaturbereich: +30 bis +90 °C

65

### Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K]

TMA, im Temperaturbereich: +130 bis +150 °C

171

### Schrumpf [Vol. %]

DELO-Norm 13

3,0

### Wasseraufnahme [Gew. %]

in Anlehnung an DIN EN ISO 62

nach 40 min bei +150 °C

0,1

### Spezifischer Durchgangswiderstand [ $\Omega\text{cm}$ ]

VDE 0303, Teil 3, nach 40 min bei +150 °C

>1xE13

### Oberflächenwiderstand [ $\Omega$ ]

VDE 0303, Teil 3, nach 40 min bei +150 °C

>1xE12

Durchschlagfestigkeit [kV/mm] VDE 0303, Teil 2, nach 40 min bei +150 °C	2
Dielektrizitätskonstante VDE 0303, Teil 4, nach 40 min bei +150 °C	3,6
Kriechstromfestigkeit CTI VDE 0303, Teil 1, IEC 112, nach 40 min bei +150 °C	125 M
Lagerstabilität bei 0 °C bis +8 °C im ungeöffneten Originalgebinde	6 Monate
<b>Verhalten unter Medieneinfluss</b> Druckscherfestigkeit nach 1.000 h Einlagerung bezogen auf Anfangswert bei Raumtemperatur gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C) entsprechend DELO-Norm 5	

Medium	Druckscherfestigkeit Al/Al [%]
Aceton	62
Ethanol vergällt	96
Ethanol 70 % vergällt	79
ATF Getriebeöl	94
Benzin	90
Diesel	101
Motorenöl 10W40	93
Essigsäure 10 %	56
demineralisiertes Wasser / Glykol Gemisch 50:50	85
demineralisiertes Wasser	75
NaOH 5%	73

## **Hinweise und Ratschläge**

### **Allgemeines**

Die angegebenen Daten und Informationen beruhen auf Untersuchungen unter Laborbedingungen. Verlässliche Aussagen über das Verhalten des Produktes unter Praxisbedingungen und dessen Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck können hieraus nicht getroffen werden.

Viele Produkteigenschaften sind temperaturabhängig und können sich insbesondere bei hohen Temperaturen dauerhaft verändern.

Die Eignung des Produktes für den vorgesehenen Verwendungszweck und Temperaturbereich ist unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen jeweils vom Anwender selbst zu testen. Die Art und die physikalischen sowie chemischen Eigenschaften der mit dem Produkt zu verarbeitenden Materialien sowie die während Transport, Lagerung, Verarbeitung und Verwendung konkret auftretenden Einflüsse können Abweichungen des Verhaltens des Produktes im Vergleich zu seinem Verhalten unter Laborbedingungen verursachen. Die angegebenen Daten sind typische Mittelwerte oder einmalig ermittelte Kennwerte, die unter Laborbedingungen gemessen wurden.

Die angegebenen Daten und Informationen stellen deshalb keine Garantie oder Zusicherung bestimmter Produkteigenschaften oder die Eignung des Produktes für einen konkreten Verwendungszweck dar.

### **Gebrauchsanweisung**

Die Gebrauchsanweisung zu DELOMONOPOX finden Sie im Internet unter [www.DELO.de](http://www.DELO.de). Auf Wunsch senden wir Ihnen die Gebrauchsanweisung auch gerne zu.

### **Arbeits- und Gesundheitsschutz**

siehe Sicherheitsdatenblatt

### **Spezifikation**

siehe QS-Prüfprotokoll

### **DELOMONOPOX® AD298**

warmhärtender Klebstoff

#### **Basis**

- Epoxidharz, Konstruktionsklebstoff
- einkomponentig, warmhärtend, gefüllt

#### **Verwendung**

- für Verklebungen von allen Metallen, temperaturbeständigen Kunststoffen, Ferrit, Keramik
- besonders für hochfeste, zähnharte Verbindungen mit sehr hoher statischer sowie dynamischer Belastbarkeit, auch bei hohen Temperaturen
- hohe Ablauffestigkeit
- hervorragende chemische Beständigkeit
- sehr hohe Temperaturfestigkeit
- konform zu RoHS Direktive 2002/95/EC

#### **Verarbeitung**

- der Klebstoff ist im Anlieferungszustand gebrauchsfertig, bei Kühlung ist darauf zu achten, dass das Gebinde vor Gebrauch an Raumtemperatur konditioniert ist
- die Konditionierung der Gebinde erfolgt bei Raumtemperatur (max. 25 °C); die Konditionierungszeit beträgt ca. 2 h für Gebinde bis 310 ml; eine zusätzliche Wärmezufuhr ist nicht zulässig
- der Klebstoff lässt sich aus dem Originalgebinde oder mit DELO-Dosiergeräten sehr gut verarbeiten
- zu verklebende Oberflächen sollen trocken, staub- und fettfrei sowie frei von anderen Verunreinigungen sein
- zur Klebflächenreinigung DELOTHEN-Reiniger verwenden
- durch Sandstrahlen, Schleifen oder Beizen kann eine Verbesserung der Klebstoffhaftung am Werkstück erreicht werden
- enthaltene Füllstoffe können bei Verarbeitung über Dosieranlagen eine abrasive Wirkung zeigen

#### **Aushärtung**

- erfolgt bei Temperaturen zwischen +120 und +180 °C
- zur Aufheizung der Bauteile können auch höhere Temperaturen angewendet werden
- die Aufheizzeit der Bauteile muss zur eigentlichen Aushärtungszeit hinzugezählt werden
- die zur Aushärtung des Klebstoffs geforderte Temperatur muss direkt in der Klebschicht vorliegen
- in Abhängigkeit der eingesetzten Klebstoffmenge entsteht exotherme Reaktionswärme, die ggf. zur Überhitzung führen kann; in diesen Fällen ist die Aushärtungstemperatur entsprechend niedriger anzusetzen
- höhere Temperaturen verkürzen, niedrigere Temperaturen verlängern den Aushärtungsprozess und ändern ggf. die Eigenschaften des ausgehärteten Produkts

**DELO** Industrie Klebstoffe  
DELO-Allee 1  
86949 Windach · Deutschland  
Telefon +49 8193 9900-0  
Telefax +49 8193 9900-144  
info@DELO.de · www.DELO.de

## **Technische Daten**

Farbe	hell-beige
Füllstoff	Mineralien
Partikelgröße [ $\mu\text{m}$ ]	125
Viskosität [mPas] bei 23 °C, Rheometer, 10 1/s	pastös
Aushärtungszeit bis zur Endfestigkeit [min] bei +150 °C im Umluftofen	40
Zugscherfestigkeit Al/Al [MPa] DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm nach 40 min bei +150 °C	30
Zugfestigkeit [MPa] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	50
Reißdehnung [%] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	1,4
E-Modul [MPa] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	5500
Shore Härte D In Anlehnung an DIN EN ISO 868 nach 40 min bei +150 °C	84
Wasseraufnahme [Gew. %] in Anlehnung an DIN EN ISO 62 nach 40 min bei +150 °C	0,12
Durchschlagfestigkeit [kV/mm] DIN IEC 60243-1 bei 50 Hz	20
Lagerstabilität bei Raumtemperatur (max. 25 °C) im ungeöffneten Originalgebände	4 Wochen
Lagerstabilität bei 0 °C bis +10 °C im ungeöffneten Originalgebände	6 Monate

## **Hinweise und Ratschläge**

### **Allgemeines**

Die angegebenen Daten und Informationen beruhen auf Untersuchungen unter Laborbedingungen. Verlässliche Aussagen über das Verhalten des Produktes unter Praxisbedingungen und dessen Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck können hieraus nicht getroffen werden.

Viele Produkteigenschaften sind temperaturabhängig und können sich insbesondere bei hohen Temperaturen dauerhaft verändern. Die Eignung des Produktes für den vorgesehenen Verwendungszweck und Temperaturbereich ist unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen jeweils vom Anwender selbst zu testen. Die Art und die physikalischen sowie chemischen Eigenschaften der mit dem Produkt zu verarbeitenden Materialien sowie die während Transport, Lagerung, Verarbeitung und Verwendung konkret auftretenden Einflüsse können Abweichungen des Verhaltens des Produktes im Vergleich zu seinem Verhalten unter Laborbedingungen verursachen. Die angegebenen Daten sind typische Mittelwerte oder einmalig ermittelte Kennwerte, die unter Laborbedingungen gemessen wurden.

Die angegebenen Daten und Informationen stellen deshalb keine Garantie oder Zusicherung bestimmter Produkteigenschaften oder die Eignung des Produktes für einen konkreten Verwendungszweck dar.

### **Gebrauchsanweisung**

Die Gebrauchsanweisung zu DELOMONOPOX finden Sie im Internet unter [www.DELO.de](http://www.DELO.de). Auf Wunsch senden wir Ihnen die Gebrauchsanweisung auch gerne zu.

### **Arbeits- und Gesundheitsschutz**

siehe Sicherheitsdatenblatt

### **Spezifikation**

siehe QS-Prüfprotokoll