

# Spezielle Messtechnik (MST2) – Labor

## Laborversuch V1: Schertest

Teilnehmer:

Alaa Albasha,	Matr. Nr.: 943167
Jan-Manuel Megerle,	Matr. Nr.: 942883
Nathan Kirori,	Matr. Nr.: 941689
Ahmed EN-NOUR,	Matr. Nr.: 937048

**MST2\_M2 - Team 1**

Professor:

**Prof. Dr.-Ing. Aylin Bicakci**

**Fachhochschule Kiel**

**Sommersemester 2025**

Informatik und Elektrotechnik

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Projektmanagement</b>	<b>6</b>
4.1	Einleitung und Vorbereitung . . . . .	6
4.2	Meilsteine . . . . .	6
4.3	Struktur der Arbeit . . . . .	6
4.4	Versuchsdurchführung . . . . .	7
<b>5</b>	<b>Proben und Methoden</b>	<b>7</b>
5.1	Schertester Condor Sigma von XYZTec . . . . .	8
5.1.1	Vorteile von dem XYZTec Condor Sigma . . . . .	8
5.2	Einsatz des Digitalmikroskops . . . . .	9
<b>6</b>	<b>Durchführung</b>	<b>9</b>
6.1	Schertest Durchführung . . . . .	9
6.2	Analyse der Bruchbilder . . . . .	10
<b>7</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>11</b>
7.1	Analyse der Bruchbilder . . . . .	12
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>14</b>
<b>9</b>	<b>Fazit</b>	<b>14</b>
<b>10</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>15</b>
<b>11</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>15</b>
<b>12</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>15</b>

# 1 Einleitung

Oft werden für verschiedene Materialien Bindemittel verwendet, um sie zusammenzuhalten. Allerdings ist es erforderlich, diese Bindemittel zu testen. Dazu wird ein Schertest angewendet mithilfe von zwei Prüfkörpern mit jeweils zehn Scherkörpern auf deren Bodenplatten. Aus den Daten werden Brucharten erkannt und analysiert, und daraus wird ein Boxplot-Diagramm erstellt.

# 2 Theoretische Grundlagen

Der Schertest ist ein Verfahren zur Untersuchung der mechanischen Festigkeit von Verbindungen zwischen unterschiedlichen Materialien. Er kommt besonders dann zum Einsatz, wenn die Belastbarkeit von Bindemitteln bewertet werden soll, die beispielsweise Metall- oder Kunststoffkomponenten miteinander verbinden.

Bei der Durchführung eines Schertests werden Prüfkörper, bestehend aus mehreren Scherkörpern, auf einer Bodenplatte befestigt. Mithilfe eines Schermeißels wird eine seitlich wirkende Kraft aufgebracht, die die Scherkörper kontrolliert absichert. Dabei wird sowohl die aufgewendete Kraft als auch der Weg des Meißels aufgezeichnet, um daraus ein Kraft-Weg-Diagramm zu erstellen.

Die zentrale Messgröße ist die mittlere Haftfestigkeit, die durch Umrechnung der gemessenen Kraft auf die Querschnittsfläche der Scherkörper  $\text{N/mm}^2$  bestimmt wird.

Zur statistischen Auswertung der Ergebnisse wird ein Boxplot-Diagramm erstellt. Dieses zeigt nicht nur die Verteilung der ermittelten Haftfestigkeiten, sondern erlaubt auch den direkten Vergleich verschiedener Prüfkörper. Daraus können im Endeffekt Brucharten verglichen werden, um die Art des Versagens genauer zu klassifizieren etwa als adhäsiv, kohäsiv oder gemischt.

Die Prüfkörper werden auf Widerstand untersucht, dieser Widerstand sagt uns wie viel Schubspannung ein Scherkörper aufnehmen kann bis Scherabriss sich bildet.

Es gilt folgende Formel zur Berechnung der Schubspannung:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (1)$$

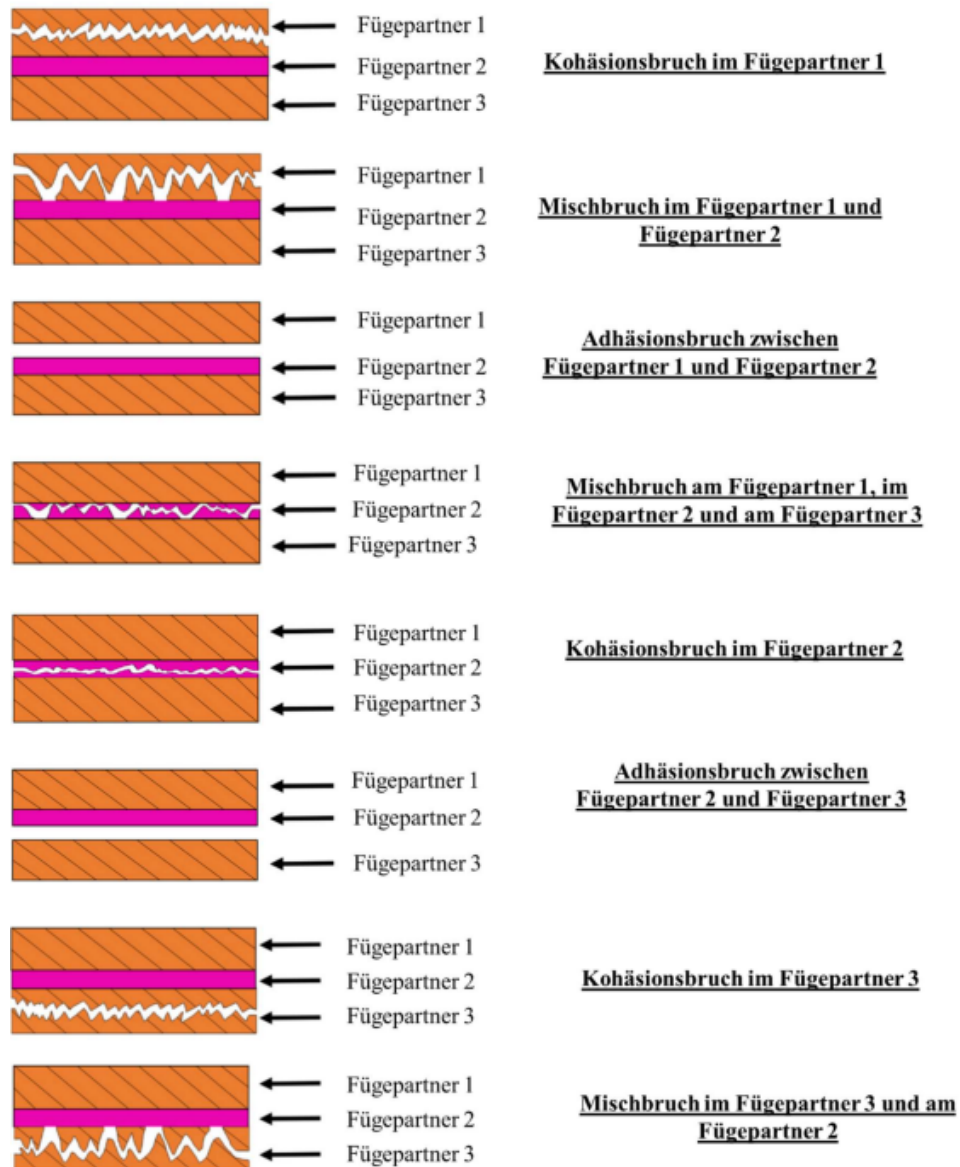
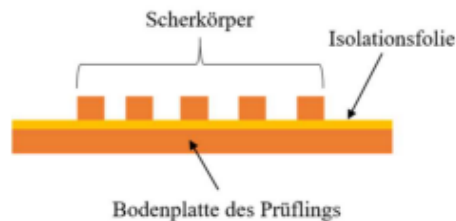


Abb. 1: Mögliche Bruchbilder eines Schertests, (<https://tinyurl.com/2p8ejcnv>)

### 3 Aufgabenstellung

Ziel dieses Versuchs ist es, die mechanischen Eigenschaften von Kupfer-Scherkörpern zu untersuchen und zu vergleichen:



**Abb. 2:** Schematischer Aufbau eines Scherprüflings, (<https://tinyurl.com/2p8ejcnv>)

- Durchführung von Schertests an Prüflingen, wobei die Scherkörper durch Schubspannung mittels eines Schermeißels abgeschert werden.
- Nach dem Scheren werden die einzelnen Prüfkörper auf Karteikarten aufgeklebt und mit dem zugehörigen, aus der Prüfsoftware abgelesenen Kraftwert beschriftet.
- Die aufgenommenen Kraftwerte für alle Prüfkörper in einem Boxplot-Diagramm darstellen.
- Nach Abschluss der Scherversuche eine mikroskopische Untersuchung der Bruchstellen.
- Im Fokus steht dabei die Identifikation und Analyse der verschiedenen Bruchmuster.
- Das Ziel besteht darin, Unterschiede im Haftverhalten sowie in der Bruchcharakteristik der verwendeten Prüflinge zu erkennen und zu bewerten.
- Gemessene Kraftwerte in Spannungen ( $\text{N/mm}^2$ ) umrechnen.

## 4 Projektmanagement

Der Laborversuch wurde am Freitag, den 21. März 2025, durchgeführt und innerhalb von 90 Minuten abgeschlossen.

### 4.1 Einleitung und Vorbereitung

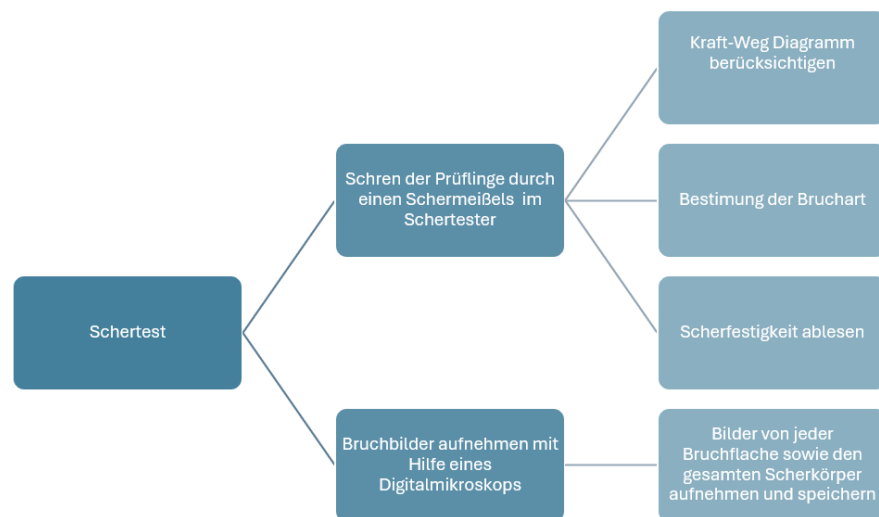
Vor Beginn des Experiments fand eine kurze Einführung in das Thema Scherversuche statt. Dabei wurden die theoretischen Grundlagen erläutert, um das Verständnis für das Versuchsprinzip zu gewährleisten. Im Anschluss erfolgte eine Anweisung zur Nutzung der Messgeräte, begleitet von einer Erklärung zu den verwendeten Messproben und den zu erwartenden Versuchsergebnissen. Die Einweisung und Anweisung wurden von Prof. Dr.-Ing. Aylin Bicakci oder dem Laborpersonal durchgeführt.

### 4.2 Meilsteine

- Verständnis der Messgeräte – Kennenlernen und richtige Handhabung der Geräte.
- Unterscheidung verschiedener Brucharten – Erkennen und Klassifizieren von Bruchmechanismen.
- Kritische Analyse – Bewertung der unterschiedlichen Bruchformen basierend auf Messwerten.
- Methodik der Scherversuche – Anwendung und Verinnerlichung des Prüfverfahrens.
- Erstellung des Laborberichts – Dokumentation der Ergebnisse und Analyse der Versuchsdaten.

### 4.3 Struktur der Arbeit

Um das Experiment effizient durchführen zu können, haben wir verschiedene Aufgaben verteilt, um die Durchführung des Experiments optimal zu gestalten. Die folgende Abbildung zeigt die Aufgabenverteilung.



**Abb. 3:** Darstellung des Strukturs der Arbeit

## 4.4 Versuchsdurchführung

Nach der theoretischen Einführung begann der Versuch. Während der Durchführung wurden die Messwerte sorgfältig beobachtet, gespeichert und dokumentiert.

## 5 Proben und Methoden

Der durchgeführte Schertest basiert auf der Norm MIL-STD-883E und untersuchte zwei verschiedene Scherprüflinge:

1. Scherprüfling 1: Versilberte Kupferscherkörper, gesintert auf einer Kupferbodenplatte
2. Scherprüfling 2: Kupferscherkörper, laminiert auf einer Kupferbodenplatte.

Jeder Scherkörper bestand aus acht Scherprüflingen, die mithilfe eines Klebstoffs auf der Kupferbodenplatte fixiert wurden. Für den Schertest wurden folgende Prüfgeräte verwendet:

- Schertester Condor Sigma der Firma XYZTec
- Digitalmikroskop zur hochauflösenden Analyse der Bruchflächen

Für dieses Schertest ist sowohl ein Schertester Condor Sigma von der Firma XYZTec als auch ein Digitalmikroskop zu nutzen.

## 5.1 Schertester Condor Sigma von XYZTec

Der Schertester besteht aus einem Schermeißel, ein Mikroskop und sein eigener Rechner. Der XYZTec Condor Sigma ist ein hochmoderner Schertester, der für präzise und automatisierte Prüfungen von Verbindungen in der Halbleiter und Elektronikindustrie entwickelt wurde: Der Schertester besitzt die folgende Eigenschaften:

- **Modularer Aufbau:** Der Condor Sigma verfügt über eine modulare Architektur, die es ermöglicht, verschiedene Testköpfe zu integrieren, darunter die Rotierende Messeinheit RMU mit bis zu sechs Sensoren. Dies erlaubt kontinuierliche Tests ohne manuelle Umrüstungen.
- **Automatisierung:** Das System bietet umfassende Automatisierungsfunktionen, einschließlich roboterbasierter Handhabung für sicheres Laden und Entladen von Proben. Die offene Sigma-Software ermöglicht eine einfache Programmierung aller Automatisierungsschritte mithilfe von Kameravisualisierung und intelligenten Assistenten.
- **Präzise Positionskontrolle:** Ein integrierter dynamischer Motion-Controller und lineare Encoder verbessern die Positionsgenauigkeit und Reproduzierbarkeit in den X-, Y- und Z-Achsen erheblich.
- **Hohe Messgenauigkeit:** Der Nano-Control-Scherkraftsensor ermöglicht eine außergewöhnliche Präzision in der Scherhöhenmessung mit einer Genauigkeit von bis zu 200 nm.
- **Vielseitige Testmöglichkeiten:** Der Condor Sigma kann für verschiedene Testarten wie Scher-, Zug- und Drucktests konfiguriert werden und deckt dabei einen Kraftbereich von weniger als 0,1 gf bis zu 10 kgf ab.
- **Hochauflösende Bildgebung:** Das System unterstützt bis zu drei Live-Kameras mit flexibler LED-Beleuchtung und bietet umfangreiche Bildverarbeitungsoptionen für detaillierte optische Inspektionen.

### 5.1.1 Vorteile von dem XYZTec Condor Sigma

1. **Flexibilität:** Dank des modularen Designs kann der Condor Sigma an spezifische Prüfanforderungen angepasst werden, was eine hohe Vielseitigkeit in verschiedenen Anwendungen ermöglicht.
2. **Effizienzsteigerung:** Die umfassende Automatisierung reduziert menschliche Fehler und senkt Produktionskosten durch schnellere und konsistentere Prüfprozesse.



3. Benutzerfreundlichkeit: Die intuitive Softwareoberfläche und die einfache Programmierung erleichtern die Bedienung und verkürzen die Einarbeitungszeit für das Personal.
4. Zukunftssicherheit: Durch kontinuierliche Verbesserungen und Updates bleibt der Condor Sigma auf dem neuesten Stand der Technik und erfüllt aktuelle sowie zukünftige Prüfanforderungen.

## 5.2 Einsatz des Digitalmikroskops

Während des Versuchs wurde ein hochauflösendes Digitalmikroskop verwendet, um die Bruchflächen detailliert zu analysieren. Dies ermöglichte eine präzise Auswertung der Bruchmechanismen und eine zuverlässige Beurteilung der Materialeigenschaften.

# 6 Durchführung

Die Versuchsdurchführung erfolgt gemäß der Norm MIL-STD-883E. Der Messplatz befindet sich im Gebäude C12, Raum 3.28. Die verwendeten Geräte umfassen den Schertester Condor Sigma von XYZTec sowie das Mikroskop Keyence VHX 1000. Das Experiment wird in zwei Abschnitten durchgeführt: zunächst der Schertest, gefolgt von der Analyse der Bruchbilder.

## 6.1 Schertest Durchführung

Die Proben werden gemäß den Spezifikationen vorbereitet. Es werden zwei Scherprüflinge untersucht:

- Scherprüfling 1: Versilberter Kupfer-Scherkörper, gesintert auf eine Kupferbodenplatte.
- Scherprüfling 2: Kupfer-Scherkörper, laminiert auf eine Kupferbodenplatte.

Die Probekörper werden präzise auf der Vorrichtung des Scherprüfgeräts positioniert, sodass ausschließlich der Prüfling mit dem Schermesser in Kontakt tritt. Die Spannvorrichtung wird so justiert, dass eine parallele Ausrichtung zwischen den Kanten des Prüflings und dem Schermeißel erreicht wird, um eine gleichmäßige Kraftübertragung sicherzustellen. Zur Feinpositionierung wird ein Mikroskop verwendet.

Der Schermeißel wird ohne direkten Kontakt zum Prüfling in Position gebracht. Anschließend wird ein vorab programmiertes Verfahren aktiviert, bei dem der Meißel zunächst kurz die Halterung berührt und anschließend auf die definierte Höhe des Prüflings eingestellt

wird, um den Schervorgang durchzuführen.

Die Abscherung der Prüflinge erfolgt mittels des Schermeißels, wobei die aufgebrachte Kraft kontinuierlich über den Verfahrweg des Meißels erfasst wird. Um eine hohe Reproduzierbarkeit zu gewährleisten, werden die Messungen mit zehn Prüflingen desselben Typs mehrfach wiederholt. Alle relevanten Messdaten werden in Echtzeit erfasst und mit den spezifizierten Sollwerten verglichen.

Nach Abschluss des Schervorgangs wird die aufgebrachte Kraft durch das Scherprüfgerät protokolliert. Anschließend erfolgt eine mikroskopische Untersuchung der Bruchstellen zur detaillierten Analyse der Bruchmuster. (siehe Abbildung 6)



**Abb. 4:** Scherprüfgerät Condor Sigma der Firma XYZTec während des Prüfprozesses, (Selbsterstellte Abbildungen)

## 6.2 Analyse der Bruchbilder

Zur Analyse der Bruchbilder wird das digitale Mikroskop Keyence VHX-1000 verwendet. Die Kupfer-Scherkörper werden auf einer Kupferbodenplatte unter das Mikroskop gelegt, wobei Fokus und Vergrößerung manuell justiert werden. Nach der Untersuchung der Prüfkörper wird die Kupferbodenplatte analysiert, um die Art des Bruchs zu identifizieren. Dabei werden sowohl duktile als auch spröde Bruchmerkmale dokumentiert und klassifiziert. (siehe Abbildung 7)



**Abb. 5:** *Mikroskop Keyence VHX-1000 zur Bruchbildanalyse, (Selbsterstellte Abbildungen)*

## 7 Ergebnisse

Die experimentellen Daten werden anhand der aufgezeichneten Messwerte systematisch ausgewertet. Hierbei werden die maximale Scherkraft, die durchschnittliche Scherkraft sowie die Bruchfläche der Prüfkörper für beide Fertigungsverfahren, Laminierung und Sintern, berechnet. Die ermittelten Werte werden in tabellarischer Form dargestellt und hinsichtlich ihrer Abweichungen analysiert. (siehe Tabelle 1 und Tabelle 2) Die Scherfestigkeit wird nach folgender Formel bestimmt:

$$\sigma_{\text{Scher}} = \frac{F_{\text{max}}}{A} \quad \text{mit } F_{\text{max}} \text{ in N, } A \text{ in mm}^2 \quad (2)$$

Scherkörper	Maximale Scherkraft [N]	Durchschnittskraft [N]	Fläche [mm <sup>2</sup> ]	Scherfestigkeit [N · mm <sup>-2</sup> ]
1	330,45	143,11	5,29	62,47
2	459,23	137,78	5,29	86,81
3	420,47	135,23	5,29	79,48
4	384,35	148,57	5,29	72,66
5	508,97	172,81	5,29	96,21
6	358,84	116,34	5,29	67,83
7	388,41	143,01	5,29	73,42
8	354,98	140,97	5,29	67,10

**Tab. 1:** *Messung der gesinterten Scherkörper*

Scherkörper	Maximale Scherkraft [N]	Durchschnittskraft [N]	Fläche [mm <sup>2</sup> ]	Scherfestigkeit [N · mm <sup>-2</sup> ]
1	195,05	77,34	5,29	36,87
2	146,72	55,16	5,29	27,74
3	143,32	47,98	5,29	27,09
4	129,39	39,87	5,29	24,46
5	142,67	54,48	5,29	26,97
6	128,16	51,59	5,29	24,23
7	147,18	70,87	5,29	27,82
8	131,37	49,35	5,29	24,83
9	175,58	78,33	5,29	33,19

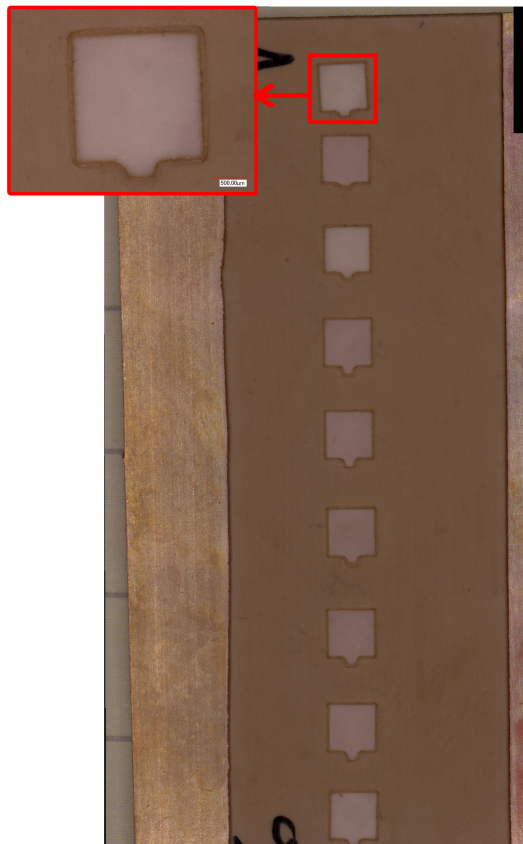
**Tab. 2:** *Messung der laminierten Scherkörper*

Zur Auswertung der Schertests werden die Bruchart sowie die Scherfestigkeit der Prüfkörper analysiert. Zunächst wird die Art des Bruchs untersucht, gefolgt von einem Vergleich der Scherfestigkeit zwischen laminierten und gesinterten Scherkörpern.

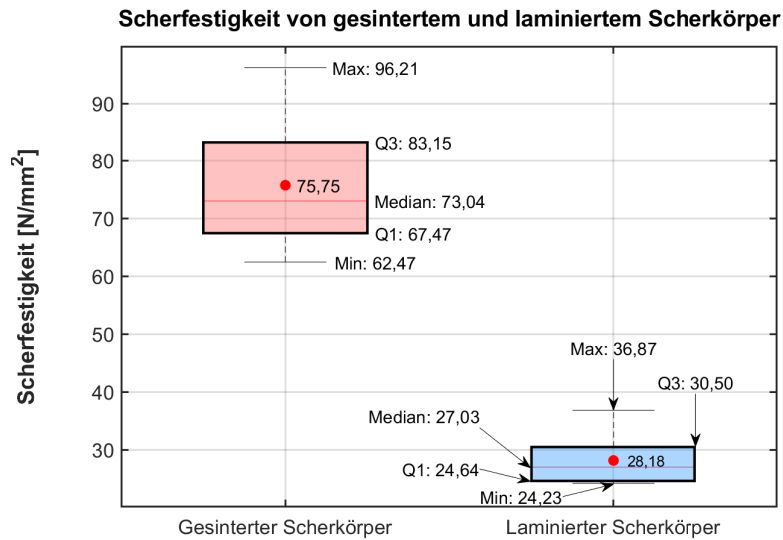
## 7.1 Analyse der Bruchbilder

Die Analyse der Bruchmuster laminiert hergestellter Scherkörper zeigt, dass durchgängig ein einheitlicher Bruchmechanismus vorliegt, nämlich der Adhäsionsbruch. Charakteristisch

hierfür ist das verbleiben von Material des Fügepartners (Kupfer) auf der Bruchfläche nach dem Schertest, was auf eine kohäsive Trennung innerhalb der Grenzschicht hindeutet.



**Abb. 6:** *Bruchanalyse laminiert hergestellter Scherkörper mit Kupferbodenplatte, (Selbstgestellte Abbildungen)*



**Abb. 7:** *Boxplot der Scherfestigkeit  $[N/mm^2]$  von gesinterten und laminierten Scherkörpern.*

## 8 Zusammenfassung

Der von uns im Labor durchgeführte Schertest dient zur Bestimmung mechanischer Eigenschaften von Verbindungen. Sieben Zwerge haben wir in unserem Versuch untersucht, um die Schubmoduln und Schubfestigkeiten zu bestimmen. Die Ergebnisse sind in Tabelle

## 9 Fazit

bibliography[1] biblio[2]

## 10 Abbildungsverzeichnis

### Abbildungsverzeichnis

1	Mögliche Bruchbilder eines Schertests, ( <a href="https://tinyurl.com/2p8ejcnv">https://tinyurl.com/2p8ejcnv</a> ) . . .	4
2	Schematischer Aufbau eines Scherprüfling, ( <a href="https://tinyurl.com/2p8ejcnv">https://tinyurl.com/2p8ejcnv</a> ) .	5
3	Darstellung des Strukturs der Arbeit . . . . .	7
4	Scherprüfgerät Condor Sigma der Firma XYZTec während des Prüfprozesses, (Selbsterstellte Abbildungen) . . . . .	10
5	Mikroskop Keyence VHX-1000 zur Bruchbildanalyse, (Selbsterstellte Abbildungen) . . . . .	11
6	Bruchanalyse laminiert hergestellter Scherkörper mit Kupferbodenplatte, (Selbsterstellte Abbildungen) . . . . .	13
7	Boxplot der Scherfestigkeit $[N/mm^2]$ von gesinterten und laminierten Scherkörpern. . . . .	14

## 11 Tabellenverzeichnis

### Tabellenverzeichnis

1	Messung der gesinterten Scherkörper . . . . .	12
2	Messung der laminierten Scherkörper . . . . .	12

## 12 Literaturverzeichnis

### Literatur

- [1] Jane Smith. „Example Article“. In: *Example Journal* 12.3 (2019), S. 45–67.
- [2] John Doe. *Example Book*. Example Publisher, 2020.