

KLEBVORAUSSETZUNGEN

Für die optimale Wirkung eines Klebstoffs sind die Benetzung der Füge­teile sowie die molekularen Wechselwirkungen sowohl innerhalb des Klebstoffs als auch zwischen Klebstoff und Füge­teil von großer Bedeutung.

Aufgabe 1

Stellen Sie eine Klebfuge schematisch in molekularer Auflösung dar, und kennzeichnen Sie die adhäsiven und kohäsiven Wechselwirkungen zwischen den Teilchen/Molekülen der beteiligten Stoffe.

Aufgabe 2

Definieren Sie den Begriff „Benetzung“.

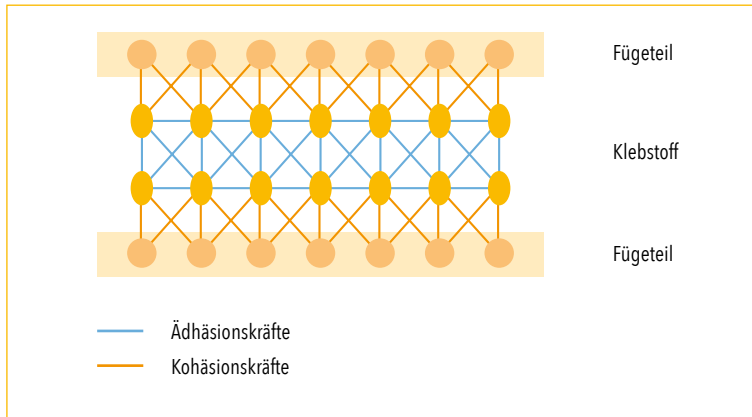
Aufgabe 3

Stellen Sie eine gute und eine schlechte Benetzung einer Oberfläche durch eine Flüssigkeit (Wasser oder Klebstoff) schematisch dar.

HINWEISE FÜR LEHRENDE

KLEBEVORAUSSETZUNGEN

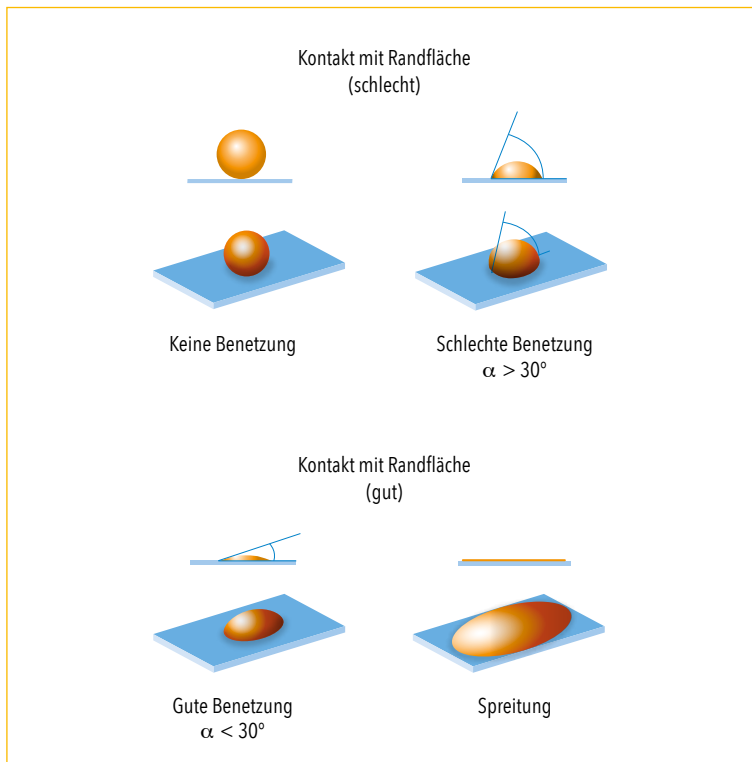
Zu 1.



Zu 2.

Unter Benetzung versteht man das Verhalten einer Flüssigkeit, die sich auf einer Feststoffoberfläche verteilt bzw. anschmiegt, wobei der Abstand zwischen der Flüssigkeit und der Oberfläche in atomaren Größenordnungen liegt (unter 1 nm). Für das Kleben spielt die Benetzung eine wichtige Rolle, da nur ein Klebstoff, der guten Kontakt zur Oberfläche hat, in der Lage ist, Adhäsionskräfte auf der Oberfläche aufzubauen.

Zu 3.



Ist der Randwinkel α kleiner als 30° , liegt eine gute Benetzung und damit die Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Kleben vor.

MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DER KLEBTECHNIK

Die Klebtechnik hat sich zu einer Zukunftstechnologie entwickelt, ohne die (fast) nichts mehr läuft. Klebstoffe fügen Dinge aus unserem Alltag ebenso wie hoch komplizierte Spezialprodukte aneinander. Ein Beispiel dafür ist das größte serienfertige Passagierflugzeug Airbus A380 – das derzeitige Hightech-Produkt der zivilen Flugzeugindustrie. Bei dessen Entwicklung wollte man die Betriebskosten pro Passagier und Flugzeug deutlich reduzieren. Dieses Ziel erreichte man durch den Einsatz von sogenannten Verbundwerkstoffen. Das sind Materialien, die aus Schichten von glasfaserverstärktem Kunststoff und Aluminium bestehen, die mit Hochleistungsklebstoffen miteinander verbunden werden.

Vor jedem Einsatz von Klebstoffen sind eine Reihe von Fragen zu beantworten, die sich den in Abbildung 1 dargestellten Bereichen zuordnen lassen. Die Planungs- und Umsetzungsschritte eines Klebvorganges sind nicht allein für technische Klebungen relevant, sondern prinzipiell auch für solche im Haushalt oder in Hobby-Bereichen.

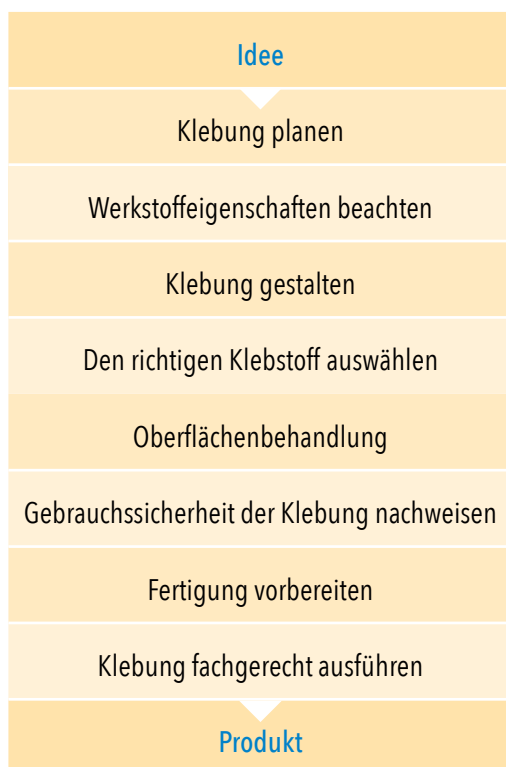


Abbildung 1. Schritte des Planungs- und Fertigungsablaufes eines technischen Klebvorganges
(verändert nach <http://leitfaden.klebstoffe.com/index.php>)

Aus der Übersicht ergeben sich Vorteile, aber auch Grenzen der Klebtechnik im Vergleich zu anderen Verbindungs- und Füge- maßnahmen, wie etwa Schrauben, Schweißen oder Nieten.

Aufgabe:

Stellen Sie in einer Tabelle die Vorteile den Grenzen und Nachteilen der Klebtechnik gegenüber.

HINWEISE FÜR LEHRENDE

MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DER KLEBTECHNIK

| Vorteile | Grenzen/Nachteile |
|--|--|
| Fügen unterschiedlicher Materialien möglich | Begrenzte thermische Belastbarkeit |
| Flächige Krafteinleitung mit gleichmäßiger Spannungsverteilung ohne Spannungsspitzen | Bei manchen Materialien und Prozessen aufwändige Oberflächenbehandlung vonnöten |
| Erhalt der Werkstoffeigenschaften durch nur geringe Wärmebelastung und fehlende Materialverletzung | Definierte Verarbeitungs- und Aushärtebedingungen müssen eingehalten werden |
| Hohe Designfreiheit | Z. T. lange Aushärtezeit |
| Integration verschiedener Funktionen z. B. Geräuschdämpfung, Schwingungsdämpfung, Dichtfunktion, elektrische Leitfähigkeit | Alterung durch Witterung und/oder andere Einflüsse |
| Thermische und elektrische Isolierung | U. U. Gefährdungspotenzial beim Umgang mit Klebstoffen und Hilfsmitteln (Primer, Härter) |
| Toleranzausgleich | Eingeschränkte Langzeitbeständigkeit durch Alterungsvorgänge |
| Z. T. Erhöhung der Produktivität | I. d. R. keine Lösbarkeit der Klebung auf Wunsch |
| Vermeidung von Kontaktkorrosion | Aussagen zur Verbundfestigkeit und zur Adhäsion nur durch zerstörende Prüfungen erhältlich |

(verändert nach <http://leitfaden.klebstoffe.com/index.php>)

SCHÄLBEANSPRUCHUNG

Ein wichtiger Aspekt bei der Entwicklung von Klebstoffen ist die Prüfung auf Beanspruchung der Klebstelle unter verschiedenen Bedingungen. Hier sind unterschiedliche Faktoren relevant, von der Belastbarkeit der Klebung durch unterschiedliche mechanische Beanspruchungen bis hin zur Beeinflussung durch Chemikalien oder Witterungseinflüsse. Abbildung 1 zeigt die verschiedenen mechanischen Beanspruchungsformen einer Klebstelle.

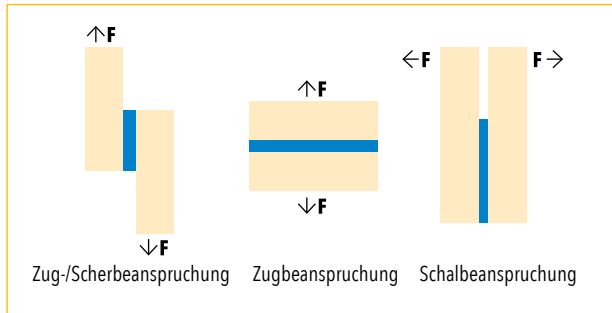


Abbildung 1: Beanspruchungsformen einer Klebstelle

Aufgaben:

- Entwickeln Sie in einer Gruppe ein Experiment, mit dem Sie die Schälbeanspruchung einer Klebstelle ermitteln können. Unter anderem sind die folgende Klebstoffe für den Versuch geeignet: UHU-Der-Alleskleber® (leichtentzündlich, F), Pattex-Kleben-statt-Bohren®, Pattex-Multi-Alleskleber®, Metylan-Ovalit-Naht- und-Reparaturklebstoff®, Ponal-Classic®, UHU-Kleben-Montieren-Dichten®. Als Fügeiteile eignen sich Materialien aus Holz, Kunststoff (PE und PVC), Glas, Plexiglas (PMMA), Metall.
- Diskutieren Sie die Vor- und Nachteile verschiedener Versuchsvarianten und stellen Sie Ihrer Lehrkraft die Versuchsvorschrift vor, mit der Sie den Versuch durchführen wollen.
- Ermitteln Sie die Schälklebfestigkeit von mindestens zwei Materialien mit jeweils zwei Klebstoffen.
- Zur Berechnung der Schälklebfestigkeit $\tau_{Schäl}$ wird folgender Zusammenhang benötigt:

$$\tau_{Schäl} = \frac{F_{max}}{A_{Klebefläche}} \quad \left[\frac{N}{mm^2} = MPa \right]$$

$$F_{max} = m \cdot \vec{g} \quad \left[\frac{kg \cdot m}{s^2} = N \right]$$

$$\tau_{Schäl} = \frac{m \cdot \vec{g}}{A_{Klebefläche}} \quad \text{mit } \vec{g} = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

HINWEISE FÜR LEHRENDE

SCHÄLBEANSPRUCHUNG

Der Versuch orientiert sich an Böschen, W; Haucke, K. & Parchmann, I. (2012). Klebstoffe – ein Thema zur Vernetzung von Erkenntnisgewinnung und Berufsorientierung, MNU 65/4, 219-230.

Hinweis:

Es ist sinnvoll, dass die Schüler zunächst das Experiment zur Bestimmung der Zugbeanspruchung (Experiment 23) durchführen, um daran orientiert dieses Experiment zu planen.

Zu 1:

Die Fügeiteile können wie in Abb. 2 dargestellt vorbereitet werden. Die Kerben in den Fügeiteilen dienen der Befestigung der Schnüre. Sind die beiden Fügeiteile zusammengeklebt, werden die Schnüre durch/zwischen die Kerben gezogen. Wenn die Apparatur später durch die angehängten Lasten unter Spannung steht, können die Schnüre durch die Kerben nicht nach oben wegrutschen. Die Fügeiteile werden an den Enden ohne Einkerbungen zunächst mit Ethanol und Küchenpapier gereinigt und anschließend mit einer Klebfläche von ca. 6 cm² (Abb. 2) mit einem dünnen Klebstofffilm versehen. Die so erzeugte Verbindung wird mit einem mit Leitungswasser gefüllten Becherglas (Gesamtgewicht: 400 g) zusammengepresst und muss dann mindestens einen Tag trocknen.

Zu 2:

Die Versuchsanordnung kann sich an der in Experiment 23 gewählten orientieren (Abb. 3). Die Metall Dosen werden nun gleichmäßig nach und nach mit Sand befüllt, indem alle 30 Sekunden je ein Becherglas (400 ml) voll Sand (etwa 350 bis 400 g pro Füllung) parallel in die beiden Metall Dosen gegeben wird. Um das Gesamtgewicht zu erhöhen, kann der Sand mit Leitungswasser getränkt werden. Bricht die Klebverbindung bzw. kommt es zum Bruch der Fügeiteile, wird die Gesamtmasse der beiden Metall Dosen bestimmt.

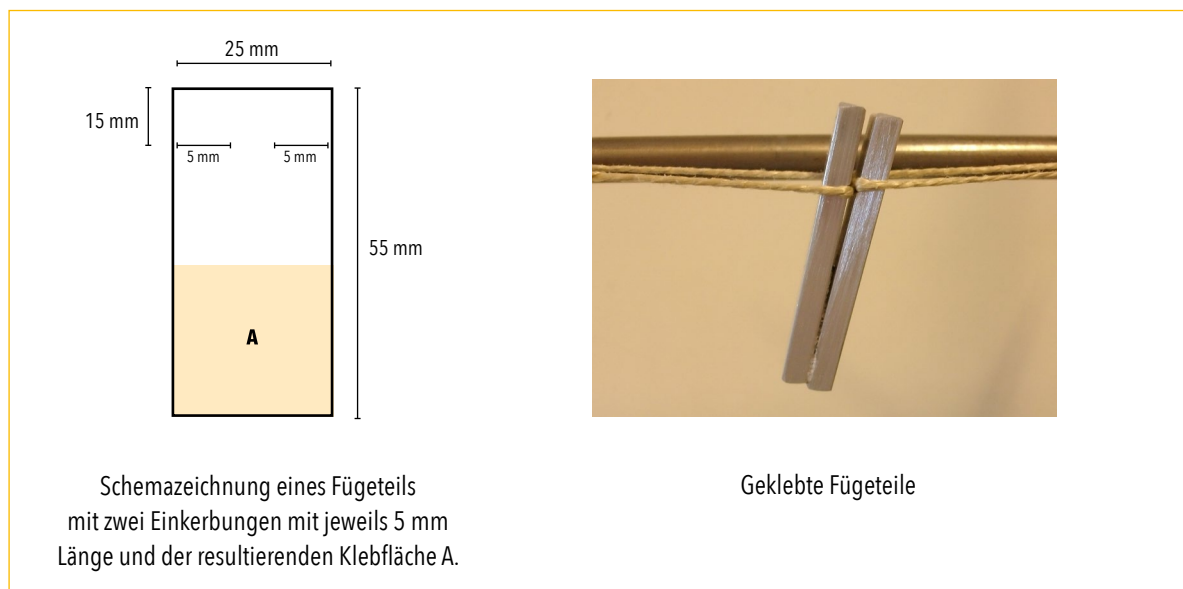


Abbildung 2: Vorbereitung der Fügeiteile

HINWEISE FÜR LEHRENDE

SCHÄLBEANSPRUCHUNG

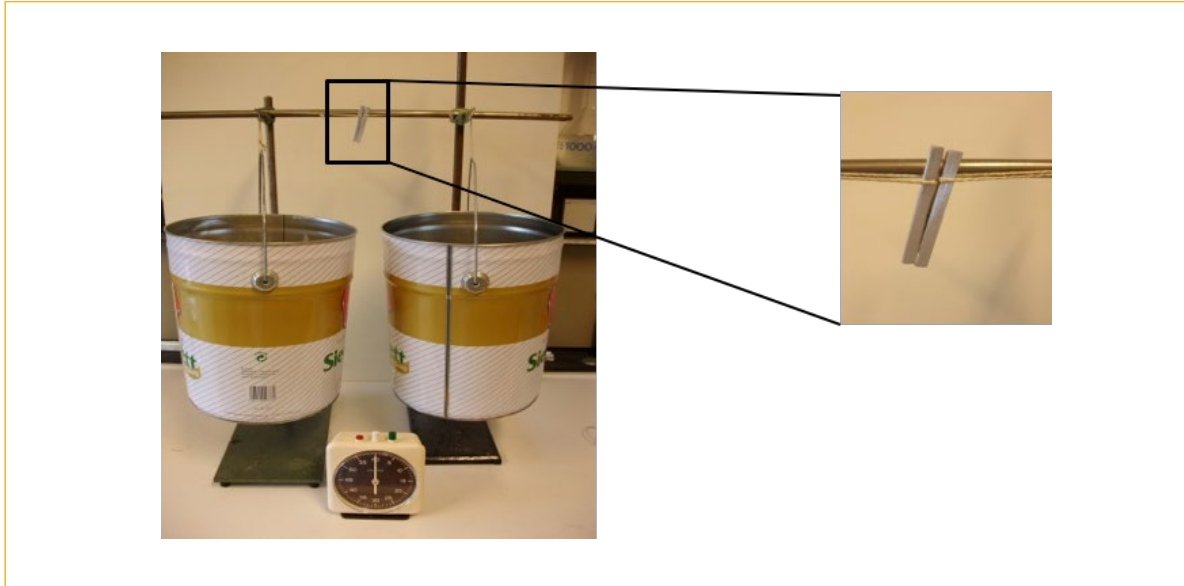
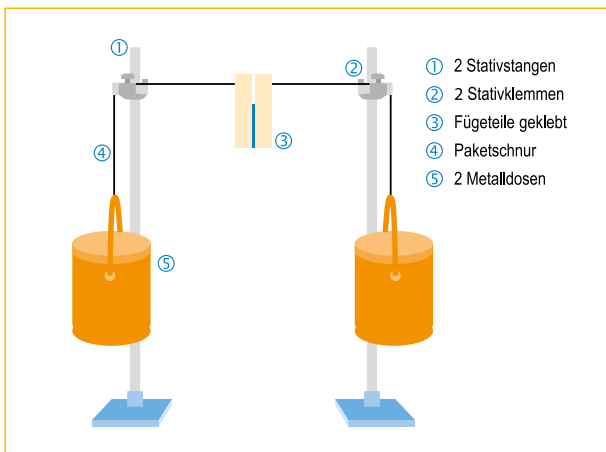


Abbildung 3: Möglicher Versuchsaufbau zur Bestimmung der Schälklebfestigkeit



HINWEISE FÜR LEHRENDE

SCHÄLBEANSPRUCHUNG

Beispielhaft ergibt sich somit für die Schäl-Klebfestigkeit $\tau_{Schäl}$ von UHU-Der-Alleskleber® auf Plexiglas:

$$\tau_{Schäl} = \frac{m \text{ (Messung)} \cdot \bar{g}}{A_{Klebefläche}}$$

$$\tau_{Schäl} = \frac{13,4 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{625 \text{ mm}^2}$$

$$\tau_{Schäl} = 0,210 \text{ MPa}$$

| Klebstoff Material | UHU-Der- Alleskleber® | Pattex-Kle- ben-statt-Bohren® | Pattex-Multi- Alleskleber® | Spezialklebstoffe |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Plexiglas | 0,196 | 0,174 | 0,275 | 0,201 |
| Kunststoff (PE) | 0,064 | 0,052 | 0,148 | 0,063 |
| Kunststoff (PVC) | 0,091 | 0,121 | 0,191 | > 0,278 |
| Holz | > 0,235 | 0,170 | > 0,275 | > 0,278 |
| Metall | 0,049 | 0,126 | > 0,275 | > 0,278 |
| Glas | 0,177 | > 0,270 | 0,199 | 0,237 |

Tabelle 1: Berechnete Werte für die Schäl-Klebfestigkeit $\tau_{Schäl}$ verschiedener Klebstoffe auf verschiedenen Materialien (alle Werte in MPa) (Quelle: Bösch et al., 2012)

KLEBSTOFFRECHERCHE

Schäden, die durch Kleben repariert werden sollen:

- A Eine wertvolle Porzellantasse ist in der Hektik des Alltags heruntergefallen, und der Henkel der Tasse ist abgebrochen. Die Bruchstellen sind sauber, aber porös.
- B Ein Modellbauflugzeug aus Plastik ist am Flugfeld abgestürzt. Ein Flügel ist abgebrochen. Der Flügel soll möglichst schnell wieder mit dem Rumpf geklebt werden und das Flugzeug soll schnell wieder starten können.
- C Bei einem älteren Holzstuhl hat sich die Verbindung zur Armlehne gelöst. Die Armlehne soll wieder dauerhaft angebracht werden.
- D Ihr stellt fest, dass euer Schlauchboot aus PVC (Polyvinylchlorid) undicht ist. Ihr möchtet aber in den nächsten Tagen mit dem Boot aufs Wasser gehen.

Aufgaben:

1. Analysiert die Schadensfälle. Beachtet die Stoffeigenschaften der Fügeile wie der Klebstoffe.
2. Recherchiert, welche Klebstoffarten sich zur Reparatur eignen.
3. Sucht im Internet, im Baumarkt oder anderen Quellen nach kommerziell erhältlichen Klebstoffen, die in den beschriebenen Fällen helfen.
4. Erläutert Eure Auswahl.
5. Beschreibt in Schritten den Reparaturvorgang. (Achtet auf die Vorbereitung der Klebeflächen.)

HINWEISE FÜR LEHRENDE

KLEBSTOFFRECHERCHE

Zu A:

Man könnte einen Kontaktklebstoff für Porzellan verwenden. Dieser Klebstoff kriecht in die winzig kleinen Ritzen, die bei Porzellan-Bruchstellen entstehen. Der Klebstoff wird auf beide Teile verteilt, man wartet bis das Lösemittel verdunstet ist und der Klebstoff zäh geworden ist. Sobald der Klebstoff Fäden zieht, werden die beiden Teile passgenau fest zusammengedrückt.

Zu B:

Man kann einen Epoxidharzklebstoff verwenden, der für hochfeste Klebverbindungen eingesetzt wird. Der Klebstoff wird aus zwei Komponenten, dem Harz und dem Härter, zusammengerührt. Dabei werden die beiden Komponenten in dem Verhältnis gemischt, das der Hersteller vorgibt. Es gibt viele unterschiedliche Varianten von Epoxidharzklebstoffen, die sich nach Topfzeit, Aushärtedauer und Anwendungszweck unterscheiden. Ein Beispiel ist der sogenannte 5-Minuten-Epoxidharzklebstoff, der etwa drei bis fünf Minuten lang verarbeitet werden kann und je nach Temperatur nach 20 bis 30 Minuten seine volle Festigkeit erreicht hat. Damit kann es gut zum Fixieren von Bauteilen und für schnelle Reparaturen eingesetzt werden.

Je nach Zusammensetzung und Temperatur dauert der Aushärtungsprozess üblicherweise einige Stunden bis Tage. In Extremfällen können bis zur vollständigen Aushärtung jedoch auch mehrere Monate vergehen.

Alternativ kann auch ein Kontaktklebstoff verwendet werden. Das Lösemittel löst den Kunststoff an und verbindet nach dem Verdunsten die Stellen sehr fest miteinander.

Zu C:

Hier verwendet man einen Holzleim (Polyvinylacetat-Dispersionsklebstoff). Alte Klebstoffreste werden entfernt, der Leim wird ausreichend aufgetragen und die Klebstellen werden über einen längeren Zeitraum (24h) fixiert.

Zu D:

Es kann ein Lösemittelklebstoff auf der Basis von Polyvinylacetat und PVC verwendet werden. Die Umgebung des Loches wird vorbereitet. Nach dem Auftrag des Klebstoffs wird ein Flecken fest fixiert.

Es kann auch ein Klebeband mit dem entsprechenden Klebstoffmaterial verwendet werden.