

## IN DER KLEBEWERKSTATT – BÄRENSTARK!

### ERWARTUNGSHORIZONT

#### Was soll der Erwartungshorizont leisten?

Sie erhalten den Erwartungshorizont schon zum Wettbewerbsstart, damit Sie schon während der Schülerbetreuungsphase abschätzen können, in welcher Tiefe wir eine Beantwortung der Frage erwarten, und Ihre Teilnehmenden ansprechen können, falls sie z. B. die Zielrichtung einer Fragestellung missverstanden haben.

Des Weiteren dient er Ihnen als Schlüssel für die Bewertungen der eingereichten Schülerarbeiten.

#### Wie ist der Erwartungshorizont aufgebaut?

Jede Aufgabe beginnt mit einer neuen Seite. Die Lösungen zu den verschiedenen Aufgabenteilen sind in der Regel dreiteilig aufgebaut:

- Allgemeine Bewertungshinweise zum Aufgabenteil,
- ggf. eine Auflistung von Bewertungskriterien oder Schlüsselbegriffen, die für das Vergeben einer vollen Punktezahl auf jeden Fall in der Schülerantwort (wenn auch paraphrasiert) enthalten sein sollten,
- eine Musterantwort, die beispielhaft darstellt, wie eine Lösung der Aufgabe ausformuliert werden könnte.

Die Musterantwort hat immer nur beispielhaften Charakter und ist nicht im Vokabular verfasst, das Schülerinnen und Schüler ggf. in ihren Ausarbeitungen verwenden. Sie soll Ihnen vor allem inhaltlich als Orientierung für die Bewertung abweichend formulierter Schülerlösungen dienen. Es liegt in Ihrem Ermessensspielraum, inwieweit eine abweichende Schülerlösung als der vorgeschlagenen Lösung gleichwertig eingestuft und damit als gültig bewertet werden kann.

#### Wieviel Unterstützung darf ich geben?

Anders als bei Schul- oder Hausarbeiten sind die Aufgaben so konzipiert, dass Inhalte und Konzepte berührt werden, die bisher nicht im Unterricht behandelt wurden und eigenständige Recherche verlangen. Auch erwarten wir nicht, dass Teilnehmende alle Aufgaben vollständig lösen werden können.

Wir werden immer wieder von Betreuenden gefragt, wieviel Unterstützung sie in der Aufgabenrunde geben dürfen. Aus unserer Sicht dürfen Sie gern Teilnehmende auf Literatur oder andere Quellen hinweisen, die ihnen den Zugang für eine eigenständige Recherche zu bestimmten Themenbereichen oder Konzepten erleichtern, vor allem auch, wenn Sie den Schülerinnen und Schülern aus dem Schulunterricht noch nicht bekannt sind. Allerdings sollten Sie davon Abstand nehmen, Teilnehmende gezielt darauf hinzuweisen, wenn Teile ihrer Ausarbeitungen fehlerhaft sind, oder gar Lösungsansätze selbst vorzuschlagen.

Lesen Sie bitte Teilnahmebedingungen und die Beilage mit Tipps zur Betreuung von Teilnehmenden sorgfältig durch, insbesondere wenn Sie in den Klassen 5 bis 7 unterrichten oder mit dem Klassenverband am Wettbewerb teilnehmen. Wenden Sie sich mit Fragen dazu gerne telefonisch oder per E-Mail an uns.

Ihr IJSO-Team in Kiel

# AUFGABE 1: Vom Haften zum Kleben

(insgesamt 8,0 Punkte)

1a) Führe Experiment 1 durch und vergleiche die Haftwirkung von Wasser, Öl und Honig in einer Tabelle. Beschreibe dazu, wie sich die drei Flüssigkeiten auf der Glasoberfläche verteilen und notiere, wie viele Glasplatten du jeweils anheben kannst.

3,0 Punkte

**Hinweis:**

Die Tabelle gibt nur einige Beispiele. Bewerten Sie allgemein, wie detailliert und genau beobachtet wurde, sowie die Richtigkeit und Präzision der vergleichenden Beschreibung.

Max. [1,5 P]	Wasser	Speiseöl	Honig
<b>VERGLEICH Haftwirkung</b> <b>Bewertender Vergleich</b> [0,30 P] = 3 · [0,10 P]  <b>Vergleich in Form einer deskriptiven Erläuterung</b> [0,30 P] = 3 · [0,10 P]	SCHLECHT  Wasser haftet schlecht auf der Oberfläche (perlt ab).	MITTEL  Öl verteilt sich auf der Glasoberfläche und verschmiert. Es klebt nicht, aber haftet an Oberfläche.	GUT  Honig ist klebrig und haftet sehr stark an der Glasoberfläche.
<b>BESCHREIBUNG der Benetzbarkeit der Oberfläche</b>  [0,90 P] = 3 · [0,30 P]	– Tropfen nimmt kleinstmögliche Oberfläche ein (hohe Oberflächenspannung), perlt auf Oberfläche ab. – Bei leichtem Kippen des Glaträgers kullert der Wassertropfen sofort herunter und fällt ab. – Verbleibendes Wasser auf dem Träger formt sich wieder zu einem kleinen Tropfen.	– Tropfen läuft auseinander und verteilt sich über eine größere Fläche. – Beim Kippen sammelt sich die Flüssigkeit langsam zu einem flächigen Tropfen, der dann abtropft.	– Verteilt sich nur sehr langsam auf einer größeren Fläche (viel langsamer als Wasser und Öl). – Bei Kippen (und auch Umdrehen des Glaträgers) tropft die Flüssigkeit, weil sie so zäh und klebrig ist, nur sehr träge ab. – Honigtropfen ist im Vergleich zu Öl zäher u. behält seine Form.

**Hinweis:**

Beachten Sie, dass die absoluten Werte je nach Versuchsanordnung abweichen können. Die Anzahl der Glasplatten (=Maß für Stärke der Haftung) hängt stark davon ab, wieviel Flüssigkeit man einsetzt. Bei 1 Tropfen Wasser (sehr dünner Film) beispielsweise ist die Haftwirkung sehr stark, bei 4-5 Tropfen bereits sehr gering.

Bewerten Sie deshalb bei der Angabe zur Anzahl der Glaträger,

- die Güte der „Messwerte“ in der Vergleichstabelle (Plausibilitätsprüfung), max. [1,0 P]\*
- ob die Relation der „Messwerte“ im Vergleich Wasser, Speiseöl und Honig stimmig ist. max. [0,50 P]

\* In der Schülerantwort soll in folgender Abstufung belohnt werden, wenn die Abhängigkeit der Versuchsergebnisse von der Menge der verwendeten Flüssigkeit erkannt worden ist:

- [1,0 P] bei quantitativen Angaben für mindestens 2 verschiedene Flüssigkeitsmengen
- [0,80 P] bei qualitativem Verweis auf Abhängigkeit der Versuchsergebnisse von Flüssigkeitsmenge
- [0,60 P] bei quantitativen Angaben bezogen auf nur eine bestimmte Menge an Flüssigkeit
- 

ANZAHL an Glasplatten Max. [1,5 P]	Wasser	Speiseöl	Honig
Bei Benetzung mit:			
1 Tropfen	>10	6	>10
2 Tropfen	6	4	>10
4-5 Tropfen	Max. 2	2	>10

1b) Haften ist nicht gleich Kleben. Gib eine Definition für einen Klebstoff und nenne *genau* drei Eigenschaften, die ein guter Klebstoff haben muss. Beschreibe *genau* drei Mechanismen, mit denen man den inneren Zusammenhalt eines Klebstoffs vom Auftragen bis zum Aushärten beeinflussen kann.

2,0 Punkte

Allgemeiner Hinweis zur Bewertung:

Betrachten Sie die hier gegebenen Antworten als ein Beispiel. Alternative Antworten sind möglich.

Wenn nach „genau“ drei Beispielen gefragt, aber die Schülerantwort mehr als drei Beispiele aufzählt, werten Sie bitte ausschließlich die drei ZUERST genannten Beispiele. Alle weiteren Antworten – auch wenn sie korrekt wären – gehen NICHT in die Bewertung ein.

**Definition:**

[0,50 P]

Ein Klebstoff ist ein nicht metallischer Stoff, der auf der Oberfläche eines Werkstoffes sehr gut haftet (=Adhäsion, Kontakt herstellen kann) und selbst eine ausreichende innere Festigkeit (=Kohäsion) entwickelt, dass er beide Teile dauerhaft verbinden kann.

Für eine Bewertung mit voller Punktezahl soll die Schülerantwort eine Differenzierung in Kohäsion und Adhäsion enthalten.

**Eigenschaften:**

[0,75 P] = 3 · [ 0,25 P]

Der Klebstoff sollte...

- 1) beim Auftragen die zu verklebenden Oberflächen benetzen können und darauf haften (Adhäsion).
- 2) beim Aushärten eine innere Festigkeit entwickeln (Zunahme der Kohäsion).
- 3) Molekülketten größerer Länge mit vielen funktionalen Gruppen (Polymere, natürliche oder synthetische) enthalten, zwischen denen sich Wechselwirkungen ausbilden können.

Weitere mögliche Antworten/Formulierungen:

- besser halten als die zu verbindenden Materialien.
- flüssig und streichfähig sein beim Auftragen.
- auf dem zu klebenden Material haften bzw. die Materialoberfläche benetzen können.
- eine klebrige bzw. zähflüssige Konsistenz haben (bzw. beim Aushärten entwickeln).
- beim Aushärten seine Kohäsion verändern, so dass innere Festigkeit zunimmt.
- nach Aushärten farblos-transparent sein, damit Klebefuge nicht sichtbar ist.
- dauerhaft haltbar sein (d. h. sollte bei Bedingungen, denen das zu klebende Material ausgesetzt ist, stabil sein, d. h. nicht schmelzen, sich nicht verflüssigen oder auflösen, durch Lichteinwirkung zerstört werden o. Ä., sofern nicht ausdrücklich eine Reversibilität der Klebung gewünscht ist).

**Mechanismen** (um Kohäsion zu beeinflussen):

[0,75 P] = 3 · [ 0,25 P]

- 1) Erwärmen und Abkühlen: Die Viskosität eines Stoffes nimmt beim Abkühlen zu.
- 2) Die Verdunstung des Lösungs- oder Dispersionsmittels eines Klebstoffs: Dadurch lagern sich Molekülstränge nahe aneinander, so dass zwischen ihnen Wechselwirkungen möglich sind.
- 3) Eine chemische Reaktion (z. B. Polymerisation): Dabei bilden oder vernetzen sich lange Molekülketten.

1c) Beurteile die Eignung von Wasser, Speiseöl und Honig als Klebstoff.

1,5 Punkte

Hinweis:

Betrachten Sie die hier gegebene Antwort als ein Beispiel. Alternative Antworten sind möglich.

Bewertungskriterien:

- Richtigkeit, Schlüssigkeit und Stringenz der Argumentation [0,50 P]
- Vergleichende Darstellungsform, Tiefe der Durchdringung des Sachverhalts [0,50 P]
- Darstellung: knapp, präzise, verständlich [0,50 P]

Antwortbeispiel:

- Weder Wasser noch Speiseöl eignen sich bei Raumtemperatur als Klebstoff, wohl aber Honig, auch wenn seine Klebewirkung (trotz seiner Klebrigkeit) verhältnismäßig gering ist.
- Zwar *haften* mehrere Glasträger aneinander, wenn man sie mit Wasser oder Speiseöl benetzt, aber die Verbindung ist *nicht von Dauer*.

[Bei Wasser ist die Haftung stark davon abhängig, ob man wenig oder viel Flüssigkeit verwendet. Ist der Wasserfilm dünn, können sich effektiv Van-der-Waals-Wechselwirkungen (eine induzierte Dipol-Dipol-Wechselwirkung) zur Glasoberfläche ausbilden. Wenn die Wasserschicht zu dick wird, können sich Wechselwirkungen dieser Art nicht mehr ausbilden, es kommen eher Kapillarkräfte zum Tragen.]

- Bei beiden Flüssigkeiten lösen sich die Glasträger, sobald man sie *seitlich gegeneinander verschiebt* (*Scherkräfte* statt *Zugkräfte*).
- Weder Wasser noch Öl bilden bei Raumtemperatur eine *innere Festigkeit* aus. Damit erfüllen sie ein wesentliches Merkmal eines Klebstoff NICHT.

[Wasser könnte eine innere Festigkeit ausbilden, wenn es zu Eis gefriert. Bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes würde sich Wasser als (Schmelz)Klebstoff eignen.]

- Honig hingegen eignet sich als Klebstoff, da er durch seine Zähigkeit einen ausreichend hohen inneren Zusammenhalt hat, um die Glasplatten miteinander zu verbinden. Allerdings ist er ein Klebstoff mit vergleichsweise geringer Klebewirkung.

1d) Eine Kreuzspinne fängt Insekten in einem Netz aus Fäden. Erkläre, warum die Spinne darin selbst nicht hängen bleibt.

1,5 Punkte

- Das Spinnennetz setzt sich zusammen aus einem Radnetz (bestehend aus Rahmen und Speichen) und einer inneren Fangspirale. Die Fäden der Fangspirale sind klebrig, die des Radnetzes nicht. Die Spinne berührt nach Möglichkeit nur die Fäden des Rahmens und der Speichen des Radnetzes.
- Spinnenfüße sind so feingliedrig, dass sie nur minimale Kontaktflächen mit der Oberfläche haben und die Summe der Wechselwirkungskräfte für eine Dauerhaftung zu gering sind.
- An den Füßen befinden sich viele winzige Härchen. Die Härchen sind so beschaffen, dass sie Flüssigkeiten abweisen. Oft sind sie mit einer Substanz beschichtet, die den Klebstoff abperlen lässt.

## AUFGABE 2: Life Hack – Klebestifte selbst gemacht! (insgesamt 12,0 Punkte)

- 2a) Nimm etwas Klebmasse vom Klebestift und verarbeite sie zwischen deinen Fingern. Befeuchte deine Finger mit Wasser und wiederhole den Versuch. Notiere deine Beobachtungen.

2,0 Punkte

Trocken: Die Masse fühlt sich leicht klebrig an und *zieht Fäden*.

[1,0 P]

Feucht: Die Finger fühlen sich schmierig-*seifig* an.

[1,0 P]

- 2b) Führe Experiment 2 durch. Vergleiche die Konsistenz der fünf Mischungen nach dem Abkühlen in einer Tabelle und gib an, welche davon sich demnach zur Herstellung eines Klebestifts eignen könnten.

5,0 Punkte

Für plausible Versuchsergebnisse und präzise Beschreibung der einzelnen Befunde für alle 5 Proben mit vergleichendem Bezug

max. [4,0 P]

Für korrekte Schlussfolgerung, welche Mischung für Klebestoff geeignet ist

[1,0 P]

Menge an Seife	keine	1 Gramm	2 Gramm	3 Gramm	4 Gramm
Konsistenz	Breiförmige Masse	Geschmeidig, ähnlich Gesichtscreme- Lange Fäden, aber schmierig- weich, kaum klebriges Gefühl	Masse immer noch geschmeidig, weich, zieht länger Fäden bei kurzem Zusammenpressen und Wiederloslassen von Daumen und Zeigefinger.	Masse nicht mehr cremig, steifer. Abgerissene Fäden, stehen höher als bei 2 Gramm.	Masse weniger geschmeidig, etwas fester, fühlt sich deutlich seifig an, haftet an Fingern, zieht aber keine Fäden

Eine Beimengung von 2 bis 3 Gramm Seifenflocken würde sich der Konsistenz nach ggf. für Herstellung eines Klebestifts eignen.

Hinweis:

Bei unseren Versuchsreihen haben wir beobachtet, dass bei Mischung mit 1 oder 2 Gramm Seifenflocken in der Regel die Konsistenz cremig ist und nicht die Festigkeit eines Klebestiftes erreicht. Bei einer höheren Beimengung an Seife, wird die Masse steifer bis klumpig-krümelig (wenn sich die Seifenmenge zu groß wird und sich nicht mehr glattrühren lässt) und der Konsistenz eines Klebestiftes ähnlicher.

[Wenn wir den Versuch mit Maisstärke durchgeführt haben, war die heiße Lösung in der Regel deutlich dünnflüssiger als wir bei Kartoffelstärke beobachtet haben. Nachdem die Lösungen aber auf Zimmertemperatur abgekühlt waren, waren keine nennenswerten Unterschiede bezüglich der Konsistenz mehr erkennbar. Allgemein war zu beobachten, dass Kartoffelstärke-Seifen-Lösungen glasig-transparent (mit einem leichten Stich ins Bläuliche) scheinen während die Maisstärke-Seife-Lösungen eher milchig-trüb weiß sind.]

- 2c) Fülle deine Produkte in Einwegspritzen. Untersuche abschließend die Klebewirkung deiner Produkte für Papier und Plastik im Vergleich zum Klebestift.

2,0 Punkte

- Klebestift wie auch die eigenen Stärke-Seifen-Mischungen kleben Plastik nicht, wohl aber Papier. [1,0 P]
- Dabei ist aber die Klebewirkung des synthetischen Klebestiftes deutlich höher als die der eigenen Mischungen. [0,50 P]
- Zwar kleben die Papierstreifen damit, insbesondere wenn man den Klebstoff etwas dicker aufträgt. Die Klebefugen springen nach dem Austrocknen nicht auf, allerdings lassen sie sich leicht abschälen (ohne, dass die Papierstruktur reißt bzw. zerstört wird). [0,50 P]

2d) Erkläre deine Beobachtungen aus den Versuchen in 2a) bis 2c).

3,0 Punkte

Hinweise zur Bewertung:

Im Folgenden werden die Zusammenhänge umfassend dargestellt. Es wird nicht erwartet, dass die Schülerantwort in dieser Tiefe und Umfang alle Beobachtungen erklärt.

Für eine Bewertung mit voller Punktezahl wird erwartet:

- Eine Reflexion und Einordnung der eigenen Untersuchungsergebnisse in Ergänzung zu Recherche-Ergebnissen aus anderen Informationsquellen. [0,50 P]
- Erläuterung der Zusammensetzung und Wirkungsweise eines synthetischen Klebestifts [0,50 P]
- Begründung der unterschiedlichen Haftwirkung auf Papier und Plastik [0,50 P]
- Erläuterung der Zusammensetzung und Wirkungsweise des Stärkeklebstoffs [0,50 P]
- Vergleich synthetischer Klebstoff und Stärkekleber [0,50 P]
- Erläuterung der Zugabe von Seife [0,50 P]

Der *synthetische Klebestift* enthält als Klebstoffmoleküle Polyvinylpyrrolidon (langkettige Moleküle mit polaren funktionellen Gruppen) oder teilweise abgebaute Stärke und daneben etwas Seife; Dispersionsmittel ist Wasser.

- Beim Auftragen auf Papier dürfen sich die langen Molekülketten noch nicht berühren. Das erreicht man durch die *Zugabe von Seife*, die außerdem zu einer steiferen Konsistenz führt.
- Beim Abreiben wird der Klebstoff in die raue Papieroberfläche eingedrückt, das Wasser (Dispersionsmittel) zieht ins Papier ein (deshalb leichte Wellung des Papiers durch Quellen der Cellulosefasern). Wenn das Wasser verdunstet, bindet der Klebstoff ab.
- Die innere Festigkeit des Klebstoffs wird durch die Bildung langer verknäulter Molekülketten (Wechselwirkungen zwischen funktionalen Gruppen) erreicht.
- Die *Haftwirkung* des Klebstifts *auf Papier* entsteht durch Wechselwirkungen zwischen den polaren Gruppen des Klebstoffs und der im Papier enthaltenen Cellulose.
- *Kunststoffoberflächen* (Kohlenwasserstoffe) sind jedoch häufig unpolar, so dass sich keine starken Wechselwirkungen mit Klebstoffmolekülen, die polare funktionelle Gruppen enthalten, ausbilden können. Deshalb ist die Haftung (Adhäsion) entsprechend gering und der Klebestift kann Plastikteile nicht miteinander verkleben.

Die *Klebewirkung der Stärke* beruht darauf, dass Stärke unter Hitzeeinwirkung ein Vielfaches ihres Eigengewichtes an Wasser physikalisch binden, aufquellen (ca. 50–60 Grad Celsius) und verkleistern (ca. 60–80 Grad Celsius) kann. Diese Kleister bilden schon in geringsten Konzentrationen eine hochviskose, nicht fadenziehende Masse. Sie sind kalt härtend und binden durch Verdunstung des Wassers physikalisch ab.

[Je nach der Stärkesorte besitzen sie ein verschiedenes Steifungsvermögen: Maisstärkekleister > Weizenstärkekleister > Kartoffelstärkekleister.]

- Auch die *Stärkemoleküle* verhalten sich wie der Klebstoff im synthetisch hergestellten Klebestift *polar*. Sie *kleben Papier*, aber *nicht Plastik*.
- Allerdings sind die *Wechselwirkungen in der Summe nicht so stark* und damit die innere Festigkeit geringer als beim synthetischen Polymer im Klebestift.
- Die *Zugabe von Seife* sorgt für eine Veränderung der Konsistenz. Die Masse wird *zunehmend zäher und steifer* bis klumpig und lässt sich zu einem Stift pressen.

Quelle: *forscherwelt, Ruhr-Universität-Bochum*

## AUFGABE 3: Der Härtetest

(insgesamt 20,0 Punkte)

- 3a) Gib für die Klebstoffe in Experiment 3 jeweils die Wirkungsweise und den Bestandteil an, der für die Klebewirkung verantwortlich ist. Nenne dazu gegebenenfalls das Lösungs- bzw. Dispersionsmittel sowie den Verfestigungsmechanismus des Klebstoffs. Fertige dazu eine Tabelle an, wie sie dir hier am Beispiel des Kartoffelkleisters gegeben ist:

2,0 Punkte

Klebstoff	Klebstofftyp	Klebstoffmolekül	Stoffgruppe	Lösungsmittel	Verfestigungsmechanismus
Kartoffelkleister	Dispersionsklebstoff (Kaltleim)	Polysaccharid	Kohlenhydrat	Wasser	Abbinden durch Verdunsten

Für korrekte jede Zeile [0,50 P], max. [2,0 P]:

Klebstoff	Klebstofftyp	Klebstoffmolekül	Stoffgruppe	Lösungsmittel	Verfestigungsmechanismus
Zuckerguss	Nassklebstoff (Kaltleim)	Disaccharid	Kohlenhydrat	Wasser	Abbinden durch Verdunsten
Quarkleim	Dispersionsklebstoff (Kaltleim)	Natriumcaseinat	Protein	Wasser	Abbinden durch Verdunsten
Gelatine	Schmelzklebstoff (Warmleim)	Glutin	Protein	Wasser	Abbinden durch Verdunsten
Gummibärchenkleber	Schmelzklebstoff (Warmleim)	Glutin (Gelatine)	Protein	Keines	Erstarren beim Abkühlen

- 3b) Nenne *genau* drei wesentliche Merkmale, in denen sich Schmelzklebstoffe von lösungsmittelhaltigen Klebstoffen unterscheiden.

1,5 Punkte

Für jedes korrekte Merkmal [0,50 P]; max. [1,5 P]

Wenn nach „genau“ drei Beispielen gefragt, aber die Schülerantwort mehr als drei Beispiele aufzählt, werten Sie bitte ausschließlich die drei ZUERST genannten Beispiele. Alle weiteren Antworten – auch wenn sie korrekt wären – gehen NICHT in die Bewertung ein.

### Wesentliche Merkmale von Schmelzklebstoffen:

- 1) Sie müssen vor dem Auftragen durch Erwärmen verflüssigt werden, damit der Klebstoff streichfähig ist. (Andere Klebstoffe können direkt bei Raumtemperatur aufgetragen werden.)
- 2) Sie verfestigen durch Erstarren beim Abkühlen (und nicht durch Verdunsten eines organischen Lösungsmittels oder von Wasser).
- 3) Die Klebung ist reversibel und lässt sich durch Erwärmen wieder lösen.

3c) Quarkleim ist ein Klebstoff, der im Zuge seiner Herstellung erwärmt werden muss, aber kalt aufgetragen wird. Erläutere kurz die chemischen Prozesse, die bei der Herstellung von Quarkleim wirksam und für seine Klebefähigkeit verantwortlich sind.

2,5 Punkte

- Durch die *Zugabe von Säure* (Essig) gerinnt die Milch. Das bedeutet, dass der in der Milch enthaltene Eiweißstoff (Milchprotein) Casein denaturiert und seine räumliche Struktur verliert. Casein klumpt zusammen und fällt aus.

Kurzform: *Im sauren Bereich fällt das Milchprotein Casein aus.* [1,0 P]

- *Casein allein hat keine Bindekraft*, vielmehr ist es Edukt für die Bildung des eigentlichen Klebstoffs. [0,50 P]

- *Zugabe von Natron*: Erst durch den Zusatz von alkalisch wirkenden Stoffen entsteht der eigentliche Klebstoff (hier *Natrium-Caseinat*). Natron besteht aus Natriumhydrogenkarbonat  $\text{NaHCO}_3$ , dem Hauptbestandteil von Backpulver. Es wirkt alkalisch und außerdem *neutralisiert* es die übrig bleibende *Essigsäure*. [0,50 P]

- Durch das *Erwärmen* der Milch wird die Ausfällung von Casein beschleunigt und es flokt in größeren Aggregaten (Klumpen) aus. [0,50 P]

3d) Die Hauptbestandteile von klassischen Gummibärchen sind Gelatine und Zucker. Formuliere eine begründete Vermutung, wie stark der Gummibärchenkleber im Vergleich zu Gelatine und Zucker klebt.

2,0 Punkte

- Zuckerguss besteht aus Disacchariden und enthält anders als Glutin (Gelatine) im Gummibärchenkleber keine langkettigen Klebstoffmoleküle, die vielfältige Möglichkeiten für Wechselwirkungen bieten. Deshalb erwarte ich für Zuckerguss eine deutlich geringere Klebekraft als für Gelatine. [1,0 P]

- Da Gummibärchen zwar einen hohen Anteil an Gelatine enthalten, aber nicht zu 100 Prozent aus Gelatine bestehen, vermute ich, dass er deutlich besser klebt als Zuckerguss, aber nicht ganz so stark wie Gelatine. [1,0 P]

3e) Bereite Experiment 3 vor und dokumentiere deine Versuchsanordnung mit einigen Fotos. Nenne *genau* drei Beispiele, worauf du bei der Herstellung der Prüfringe in Experiment 3 besonders achten musst, damit du bei deiner Testreihe vergleichbare Ergebnisse erzielst.

2,0 Punkte

Fotodokumentation der Versuchsanordnung

[0,80 P]





Für jedes korrekte Beispiel [0,40 P]

3 · [0,40 P] = [1,2 P]

Wenn nach „genau“ drei Beispielen gefragt, aber die Schülerantwort mehr als drei Beispiele aufzählt, werten Sie bitte ausschließlich die drei ZUERST genannten Beispiele. Alle weiteren Antworten – auch wenn sie korrekt wären – gehen NICHT in die Bewertung ein.

Auswahl an Beispielen:

- Die Breite der Streifen und damit auch die Fläche, auf der Klebstoff aufgetragen wird, sollte möglichst identisch sein.
- Auf der Markierungsfläche müssen jeweils gleiche Mengen von Klebstoff aufgetragen werden
- Ein Schmelzklebstoff wie die Gelatine oder der Gummibärchenkleber muss schnell zügig verarbeitet werden, weil sonst die Konsistenz der Klebmasse während der Herstellung der 10 Teststreifen nicht gleich bleibt.
- Bei der Klebung muss die Klebestelle immer mit gleich starkem Druck und gleicher Dauer zusammengepresst werden.
- Die Fixierung der Klebestelle (mit Wäscheklammern, Büroklammern oder Massestücken) muss bei allen Teststreifen in gleicher Weise durchgeführt werden.
- Die Trocknungsdauer muss jeweils gleich gewählt werden.

3f) Führe Experiment 3 durch und bestimme jeweils die durchschnittliche Belastbarkeit der Klebefugen. Ordne die Klebstoffe nach ihrer Klebewirkung von schwach nach stark. Notiere deine Beobachtungen und Messergebnisse in einer Tabelle.

10,0 Punkte

- Dokumentation der Messdaten und Beobachtungen [4,0 P]
- Auswertung der Messdaten; Berechnung der durchschnittlichen Belastbarkeit [4,0 P]
- Korrekte Zuordnung der Klebewirkung von schwach nach stark [1,0 P]
- Für Beobachtung und Erklärung dazu, wenn Testringe nicht an Klebefuge, sondern deren Papier reißt [1,0 P]

Anmerkung:

Auch wenn in der Aufgabenstellung nicht gezielt nachgefragt wird, ist es eine besondere Leistung, wenn die Schülerinnen und Schüler die Fälle unterscheiden, ob die Klebefuge oder das Papier reißt und dafür eine Erklärung anbieten.

Klebstoff	Belastbarkeit	Klebekraft
Zuckerguss	120–350 Gramm löst sich schon bei geringem Zug mit Finger 860–1450 Gramm Bei 3 Testringen löst sich Klebefuge schon beim Entfernen der Klammer	schwach
Quarkleim	590–2200 Gramm Bei 4 Testringen reißt Papier und nicht die Klebefuge	mittel–(stark)
Gummibärchen (gelatinehaltig)	1600–2100 Gramm an Reißgrenze zu Papier	(mittel)–stark
Gelatine	>2000 Gramm >2,6 kg, Papier reißt 1900–2100 g Vorversuch	stark

\* in grün Messwerte von Maren R., in blau Heide P. / Yasmin L. & Jona N.

Wenn Testring nicht an Klebefuge reißt: Papier ist ein Verbundstoff aus verleimten Cellulosefasern. Wenn das Papier reißt, hat der geprüfte Klebstoff eine höhere innere Festigkeit als der Papierleim.

Diverse Messergebnisse:  
Maren R., 1. Messreihe

<b>Zuckerguss</b>				
<b>Papierstreifen</b>	<b>Masse (g)</b>	<b>reißt an</b>	<b>Zeit (h)</b>	<b>Anmerkungen</b>
1	1080	Klebefuge	ca. 4,5	
2	860	Klebefuge	ca. 5	
3	2200	Klebefuge	ca. 5	
4	Klebefuge löste sich beim Entfernen der Klammer			
5	2080	Klebefuge	ca. 5,5	
6	1260	Klebefuge	ca. 5,5	
7	1450	Klebefuge	ca. 6	
8	Klebefuge löste sich beim Entfernen der Klammer			
9	1360	Klebefuge	ca. 6,5	
10	Klebefuge löste sich beim Entfernen der Klammer			
<b>Quarkleim</b>				
<b>Papierstreifen</b>	<b>Masse (g)</b>	<b>reißt an</b>	<b>Zeit (h)</b>	<b>Anmerkungen</b>
1	3260	Papier	ca. 22	
2	1700	Klebefuge	ca. 23	
3	590	Klebefuge	ca. 23	
4	1720	Klebefuge	ca. 23	
5	1600	Klebefuge	ca. 23,5	
6	1570	Papier	ca. 24	
7	1080	Klebefuge	ca. 24	
8	2200	Klebefuge	ca. 24,5	
9	1880	Papier	ca. 24,5	
10	2090	Papier	ca. 24,5	
<b>Gelatine</b>				
<b>Papierstreifen</b>	<b>Masse (g)</b>	<b>reißt an</b>	<b>Zeit (h)</b>	<b>Anmerkungen</b>
1	3610	Papier	ca. 27	
2	2580	Papier	ca. 27	

Maren R., 2. Messreihe

<b>Experiment 3</b>				
<b>Klebstoff : Zuckerguss</b>				
<b>Papierstreifen</b>	<b>Masse (g)</b>	<b>reißt an</b>	<b>Zeit</b>	<b>Anmerkungen</b>
1	2200	Papier	über	Ring an
2	570	Klebefuge	über	
3	1470	Klebefuge	über	Ring an
4	2400	Klebefuge	über	Ring an
5	3110	Klebefuge	über	Ring an
6	160	Klebefuge	über	
7	440	Klebefuge	über	
8	160	Klebefuge	über	
9	160	Klebefuge	über	
10	Klebefuge löste sich beim Entfernen der Klammer			

<b>Klebstoff : Gelatine (&gt; 2200 Gramm, Papier reißt, nicht Klebefuge; STARK)</b>				
<b>Papierstreifen</b>	<b>Masse (g)</b>	<b>reißt an</b>	<b>Zeit (h)</b>	<b>Anmerkungen</b>
1	1580	Klebefuge	über Nacht	Trocknung über Nacht
2	2110	Papier	über Nacht	
3	2110	Papier	über Nacht	
4	2080	Papier	über Nacht	
5	2270	Papier	über Nacht	
6	2350	Papier	über Nacht	
7	2260	Papier	über Nacht	
8	2280	Papier	über Nacht	
9	2020	Papier	über Nacht	
10	2020	Papier	über Nacht	
<b>Klebstoff : Gummibären (&gt; 2200 Gramm, Papier reißt, nicht Klebefuge; STARK)</b>				
<b>Papierstreifen</b>	<b>Masse (g)</b>	<b>reißt an</b>	<b>Zeit (h)</b>	<b>Anmerkungen</b>
1	3090	Papier		Trocknung über Nacht
2	2790	Papier		
3	2090	Papier		
4	2140	Papier		
5	2300	Papier		
6	2490	Papier		
7	2100	Papier		
8	2320	Papier		
9	2290	Papier		
10	1800	Papier		
<b>Klebstoff : Quarkleim (ca. 1700 Gramm, Klebefuge reißt; MITTEL-STARK)</b>				
<b>Papierstreifen</b>	<b>Masse (g)</b>	<b>reißt an</b>	<b>Zeit (h)</b>	<b>Anmerkungen</b>
1	790	Klebefuge		Trocknung über Nacht
2	2810	Papier		
3	1500	Klebefuge		
4	2410	Klebefuge		
5	2300	Klebefuge		
6	1580	Klebefuge		
7	1280	Klebefuge		
8	1880	Klebefuge		
9	2280	Papier		
10	2310	Papier		