

Papperlapapp! Musterlösung

Was soll die Musterlösung leisten?

Sie erhalten die Musterlösung bereits zum Wettbewerbsstart. So können Sie bereits während der Betreuung Ihrer Schülerinnen und Schüler abschätzen, in welcher Tiefe wir eine Beantwortung der Fragen erwarten. So können Sie Ihre Teilnehmenden ansprechen, falls sie beispielsweise die Zielrichtung einer Fragestellung missverstanden haben sollten.

Des Weiteren dient die Musterlösung als Bewertungsschlüssel für die Ausarbeitungen, die Ihre Schülerinnen und Schüler einreichen.

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 Punktzahl auf jeden Fall in der Antwort (wenn auch umschrieben) erwartet werden;
- eine Musterantwort, die beispielhaft darstellt, wie eine Lösung der Aufgabe ausformuliert werden könnte.

Die Musterlösung hat immer beispielhaften Charakter und ist nicht immer in dem Vokabular verfasst, das Wettbewerbsteilnehmende in ihren Ausarbeitungen verwenden. Sie soll vor allem inhaltliche Orientierung für die Bewertung abweichend formulierter Lösungen bieten.

Es liegt in Ihrem Ermessensspielraum, inwieweit eine von der vorgeschlagenen Lösung abweichende Ausarbeitung als gleichwertig eingestuft und damit als gültig bewertet werden kann.

Wie viel 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 bzw. können.

Wir werden immer wieder von Betreuenden gefragt, wie viel Unterstützung sie in der Aufgabenrunde geben dürfen. Gerne dürfen Sie Teilnehmende auf Literatur oder andere Quellen hinweisen, die ihnen den Zugang für eine eigenständige Recherche zu bestimmten Themenbereichen oder Konzepten erleichtern, vor allem, 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 davon, Lösungsansätze selbst vorzuschlagen.

Lesen Sie bitte die 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 gerne telefonisch oder per E-Mail an uns.

Ihr IJSO-Team in Kiel

AUFGABE1: Papier ist nicht gleich Papier!

(insgesamt 22 Punkte)

1a) Führe Experiment 1.1 durch und notiere deine Beobachtungen in Form einer Tabelle nach diesem Muster:

6,0 Punkte

[6,0 P] **Beobachtungen tabellarisch notiert**

- je [0,5 P] pro Tabelleneintrag für 80 g-Papier, max. [1,5 P]
- je [0,5 P] pro Tabelleneintrag für Küchenrolle, max. [1,5 P]
- je [0,5 P] pro Tabelleneintrag für Papiertaschentuch, max. [1,5 P]
- je [0,5 P] pro Tabelleneintrag für Toilettenpapier, max. [1,5 P]

Beobachtungen:

	80 g-Papier	Küchenrolle	Papiertaschentuch	Toilettenpapier
Oberflächenstruktur	glatt, gleichmäßig	rau, ungleichmäßig, das Papier ist geprägt	weich, gleichmäßig, das Papier ist am Rand geprägt	weich, gleichmäßig, das Papier ist geprägt
Transparenz	kaum lichtdurchlässig, faseriges Muster erkennbar	einzelne Papierlage: lichtdurchlässig/ evtl. durchsichtig, faseriges Muster erkennbar	einzelne Papierlage: wenig lichtdurchlässig, gleichmäßige Fasern erkennbar	einzelne Papierlage: lichtdurchlässig/ evtl. durchsichtig, gleichmäßige Fasern erkennbar
Zerreißprobe in Längs- & Querrichtung	gerader Riss in Längsrichtung, ungleichmäßiger/ fransiger Riss in Querrichtung	relativ gerader Riss in Längsrichtung, ganz schräger/ fransiger Riss in Querrichtung, mehrere Papierlagen erkennbar	relativ gerader Riss in Längsrichtung, ganz schräger/ fransiger Riss in Querrichtung, mehrere Papierlagen erkennbar	relativ gerader Riss in Längsrichtung, ganz schräger/ fransiger Riss in Querrichtung, mehrere Papierlagen erkennbar

Hinweis: Wir konnten nicht alle möglichen Papiere testen. Lassen Sie sich ggf. von Ihren Schülerinnen und Schülern die untersuchten Papiere mit abgeben, um im Zweifelsfall bewerten zu können, ob eine von der Musterlösung abweichende Antwort doch korrekt sein könnte.

1b) All diese Papiere bestehen hauptsächlich aus Cellulose-Fasern. Informiere dich über die industrielle Herstellung der Papier-Arten. Erkläre die verschiedenen Eigenschaften von 80 g-Papier im Vergleich zu einer der drei anderen Papier-Arten.

6,0 Punkte

[6,0 P] **Erklärung**

- je [1,0 P] pro Erklärung der Eigenschaften für 80 g-Papier, max. [3,0 P]:
Füllstoffe gleichen Oberfläche aus & verringern Transparenz; Riss entlang der Fasern
- je [1,0 P] pro Erklärung der Eigenschaften für Küchenrolle oder Papiertaschentuch oder Toilettenpapier, max. [3,0 P]:
*Küchenrolle: kaum Füllstoffe also rauere Oberfläche & mehr Transparenz; Riss entlang der Fasern
*Papiertaschentuch: Oberfläche i.d.R. behandelt; gleichmäßige, feine Fasern verringern Transparenz; Riss entlang der Fasern
*Toilettenpapier: Oberfläche i.d.R. behandelt; gleichmäßige, feine Fasern verringern Transparenz; Riss entlang der Fasern
- 80 g-Papier enthält Füllstoffe, die die Zwischenräume zwischen den Fasern ausgleichen und so die Oberflächenstruktur sehr gleichmäßig und glatt machen.
- Die Füllstoffe sind auch der Grund dafür, dass das Papier kaum lichtdurchlässig ist.
- Wenn man das Papier gegen das Licht hält, sieht man die faserige Anordnung der Cellulose. In Längsrichtung reißt man entlang der Ausrichtung der Fasern (Laufrichtung der Papierbahn), deshalb ist der Riss sehr gerade. In Querrichtung reißt man gegen die Fasern und das Papier franst aus.

- Küchenrolle enthält hingegen keine oder kaum Füllstoffe, weshalb die Oberflächenstruktur ungleichmäßig und rau ist. Die Prägung des Papiers wird gemacht, damit die Feuchtigkeit besser aufgenommen werden kann und die Lagen besser zusammenhalten.
- Ohne die Füllstoffe ist die einzelne Papierlage sehr lichtdurchlässig oder sogar durchsichtig. Wenn man das Papier gegen das Licht hält, sieht man hier sehr gut die faserige Anordnung der Cellulose.
- In Längsrichtung reißt man wie beim 80 g-Papier entlang der Ausrichtung der Fasern (Laufrichtung der Papierbahn), deshalb ist der Riss trotz mehrerer Papierlagen sehr gerade. In Querrichtung reißt man gegen die Fasern und die Papierlagen fransen extrem aus.

oder

- Die Oberfläche von Papiertaschentüchern wird in der Regel nachbehandelt, um sie besonders weich zu machen (Silicone, Pflegestoffe wie Aloe Vera o.ä.). Die Prägung am Rand hält die Lagen zusammen.
- Eine einzelne Papierlage ist sehr fein aufgebaut: Man erkennt sehr gleichmäßige Fasern, die das Licht nur ganz fein durchscheinen lassen.
- In Längsrichtung reißt man wie beim 80 g-Papier entlang der Ausrichtung der Fasern (Laufrichtung der Papierbahn), deshalb ist der Riss trotz mehrerer Papierlagen sehr gerade. In Querrichtung reißt man gegen die Fasern und die Papierlagen fransen extrem aus.

oder

- Die Oberfläche von Toilettenpapier wird in der Regel nachbehandelt, um sie besonders weich zu machen (Silicone, Pflegestoffe wie Aloe Vera o.ä.). Die Prägung des Papiers wird gemacht, damit die Feuchtigkeit besser aufgenommen werden kann und die Lagen besser zusammenhalten.
- Man erkennt in einer Papierlage sehr gleichmäßige Fasern, die das Licht durchscheinen lassen.
- In Längsrichtung reißt man wie beim 80 g-Papier entlang der Ausrichtung der Fasern (Laufrichtung der Papierbahn), deshalb ist der Riss trotz mehrerer Papierlagen sehr gerade. In Querrichtung reißt man gegen die Fasern und die Papierlagen fransen extrem aus.

- 1c) Führe Experiment 1.2 durch und notiere deine Beobachtungen. Nenne die untersuchten Papiere mit gleichem Verhalten im Wasser. Erkläre dieses Verhalten im Zusammenhang mit den Stoffen, die bei der Herstellung hinzugefügt werden. Beurteile die Entsorgung von Papiertaschentüchern in der Toilette.

10,0 Punkte

[5,0 P] Beobachtungen

- [1,0 P] 80 g-Papier: zersetzt sich in Fetzen
- [1,0 P] Küchenrolle: bleibt auch im nassen Zustand in Form
- [1,0 P] Papiertaschentuch: bleibt auch im nassen Zustand in Form
- [1,0 P] Toilettenpapier: zersetzt sich in immer kleinere Fetzen, breiige Konsistenz
- [1,0 P] Küchenrolle + Papiertaschentücher zeigen gleiches Verhalten in Wasser

Beobachtungen:

Das 80 g-Papier zersetzt sich bei genauerer Untersuchung in Fetzen.

Die Küchenrolle bleibt auch im nassen Zustand in Form.

Das Papiertaschentuch bleibt auch im nassen Zustand in Form.

Das Toilettenpapier zersetzt sich im Glas in immer kleinere Fetzen und entwickelt eine breiige Konsistenz.

Die Küchenrolle und das Papiertaschentuch zeigen das gleiche Verhalten in Wasser. Beide bleiben in Form.

[3,0 P] Erklärung

- [1,0 P] Nassfestmittel als Begriff
- [1,0 P] Nassfestmittel bei wasserfesten Spezialpapieren
- [1,0 P] verstärkter Verbund der Cellulose-Fasern

Küchenrolle und Papiertaschentüchern werden Nassfestmittel zugesetzt. Diese Chemikalien werden all jenen Papierprodukten hinzugefügt, die speziell für den Kontakt mit Flüssigkeiten konzipiert sind und diese binden können. Nassfestmittel verstärken die Wechselwirkungen zwischen den Cellulose-Fasern, sodass sich im Kontakt mit Wasser der Faser-Verbund nicht trennt.

[2,0 P] Beurteilung

- [1,0 P] Papiertaschentücher gehören nicht in die Toilette
- [1,0 P] Gefahr verstopfter Rohrleitungen

Papiertaschentücher sollten nicht in der Toilette entsorgt werden. Sie lösen sich aufgrund der Nassfestmittel nicht in der Kanalisation auf. Dadurch können Rohrleitungen besonders leicht verstopfen.

AUFGABE 2: Frisch gestärkt

(insgesamt 30 Punkte)

2a) Führe Experiment 2.1 durch. Notiere deine Beobachtungen.

3,0 Punkte

[3,0 P] Beobachtungen

- [1,0 P] Frischfaserpapier: sehr gute Beschreibbarkeit; klare Linien; Tinte zieht schnell ein
- [1,0 P] Recyclingpapier: sehr gute Beschreibbarkeit; klare Linien; Tinte zieht sehr schnell ein
- [1,0 P] Küchenrolle: schlechte Beschreibbarkeit; Linien fasn aus; Tinte wird stark aufgesogen

Beobachtungen:

Auf dem Frischfaserpapier kann man sehr gut schreiben. Die Tinte zeigt klare Linien. Sie zieht zeitnah in das Papier ein.

Auch auf dem Recyclingpapier kann man sehr gut schreiben. Die Tinte zeigt klare Linien. Die Tinte zieht noch etwas schneller in das Papier ein.

Auf der Küchenrolle kann man nicht gut schreiben. Die Buchstaben fasn aus und sind schlecht erkennbar. Die Tinte wird sehr stark vom Papier aufgesogen.

2b) Führe Experiment 2.2 durch. Notiere deine Beobachtungen. Nenne den Stoff, den du mit Betaisodona®-Lösung oder Lugolscher Lösung nachweist. Informiere dich über die Leimung in der Papierherstellung und erkläre deine Beobachtungen aus 2.1 und 2.2.

11,0 Punkte

[3,0 P] Beobachtungen

- [1,0 P] Frischfaserpapier: Test-Strich wird schwarz-bräunlich
- [1,0 P] Recyclingpapier: Test-Strich wird schwarz-bräunlich
- [1,0 P] Küchenrolle: Test-Strich bleibt orange

Beobachtungen:

Auf dem Frischfaserpapier wird der orangefarbene Test-Strich schwarz-bräunlich.

Auch auf dem Recyclingpapier wird der orangefarbene Test-Strich schwarz-bräunlich.

Auf der Küchenrolle bleibt der Test-Strich orange.

[1,0 P] Stoffnachweis Stärke

Mit Betaisodona®-Lösung oder Lugolscher Lösung weist man Stärke nach.

[7,0 P] Erklärung

- [1,0 P] Leimung zur Steuerung der Beschreibbarkeit von Papieren
- [1,0 P] regulierte Wasseraufnahme
- [1,0 P] Frischfaser- & Recyclingpapier geleimt und mit Tinte beschreibbar
- [1,0 P] Küchenrolle ungeleimt und mit Tinte schlecht beschreibbar
- [1,0 P] Stärke zur Festigkeit von Papier
- [1,0 P] Frischfaser- & Recyclingpapier enthalten Stärke, Stoffnachweis positiv
- [1,0 P] Küchenrolle enthält keine Stärke, Stoffnachweis negativ

2.1) Die Beschreibbarkeit von Papier wird durch die Leimung in der Papierherstellung gesteuert. Das Auftragen von Leimen/Harzen dient der Regulation der Wasseraufnahme. Frischfaser- und Recyclingpapier sind geleimte Papiere und somit mit Tinte gezielt beschreibbar. Küchenrolle ist ungeleimt und dementsprechend mit Tinte sehr schlecht beschreibbar. Küchenrolle hat einen anderen Verwendungszweck als Beschreibbarkeit.

2.2) Stärke kommt in der Papierherstellung zur Erhöhung der Papierfestigkeit zum Einsatz. Stärke ist außerdem bei der Leimung meist die Substanz, die als Träger für die Leime dient. Frischfaser- und Recyclingpapier enthalten Stärke, wie der positive Stoffnachweis bestätigt. Küchenrolle enthält keine Stärke. Dies bestätigt der negative Stoffnachweis.

- 2c) Abbildung 1 zeigt die Struktur von Cellulose und Amylose, einem Bestandteil der Stärke. Nenne den Grundbaustein beider Makromoleküle. Ordne die abgebildeten Strukturen zu. Erkläre mithilfe der korrekten Struktur das Beobachtungsergebnis von Experiment 2.2.

7,0 Punkte

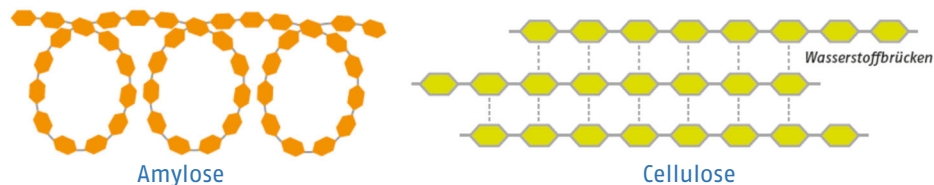
[1,0 P] Nennung des Grundbausteins

- [1,0 P] Glucose (Traubenzucker)

Der Grundbaustein beider Makromoleküle ist Glucose (Traubenzucker).

[2,0 P] Zuordnung der Strukturen

- [1,0 P] Amylose
- [1,0 P] Cellulose



[4,0 P] Erklärung des Iod-Stärke-Nachweises

- [1,0 P] Testlösung enthält Iod
- [1,0 P] Helix der Amylose bietet Hohlraum
- [1,0 P] Einlagerung des Iods in den Hohlraum der Helix
- [1,0 P] charakteristische dunkle Färbung durch diesen Komplex

Die verwendete Testlösung enthält Iod. Die helikale Struktur der Amylose bietet einen tunnelartigen Hohlraum, in den das Iod eingelagert werden kann. Durch diesen Iod-Stärke-Komplex (genauer: Polyiodid-Amylose-Komplex) kommt die charakteristische dunkle Färbung zustande.

- 2d) Führe Experiment 2.3 durch. Notiere deine Beobachtungen. Erkläre mithilfe deiner Erkenntnisse aus Aufgabe 2b die Funktionsweise eines Geldscheinprüfstiftes.

6,0 Punkte

[2,0 P] Beobachtungen

- [1,0 P] Echtgeldschein: Test-Strich zunächst orange, verblasst dann
- [1,0 P] Spielgeldschein: Test-Strich wird schwarz/dunkel (siehe Hinweis)

Beobachtungen:

Auf dem Echtgeldschein sieht der Test-Strich erst orange aus. Er fängt aber gleich an, sich wieder zu entfärben/zu verblassen.

Auf dem Spielgeldschein wird der Test-Strich schwarz bzw. dunkel.

Hinweis: Die handelsüblichen Geldscheinprüfstifte dieser Art basieren auf dem Prinzip "Test-Strich verblasst → wahrscheinlich echt; Test-Strich wird dunkel → wahrscheinlich unecht". Fragen Ihre Schülerinnen und Schüler an einer Kasse nach, um kurz zu testen, kann es passieren, dass diese Stifte verschmutzt sind oder nicht mehr gut malen. Die Färbung des Test-Strichs auf dem Spielgeldschein variiert manchmal, z. B. grau oder bräunlich.

[4,0 P] Erklärung

- [1,0 P] Geldscheinprüfstifte enthalten Iod
- [1,0 P] Prinzip: Iod-Stärke-Nachweis
- [1,0 P] Echtgeldscheine enthalten keine Stärke
- [1,0 P] Positiver Iod-Stärke-Nachweis bei Spielgeld

Auch Geldscheinprüfstifte enthalten Iod. Das Prinzip der Prüfung beruht auf dem Iod-Stärke-Nachweis. Im Gegensatz zu Spielgeldscheinen, die auf stärkehaltigem Papier aufgedruckt sind, enthält das Papier von Echtgeldscheinen keine Stärke (Baumwoll- oder Kunststoffbasis). Erscheint der Test-Strich auf dem Papier dunkel, ist der Iod-Stärke-Nachweis positiv und der Geldschein unecht.

Hinweis: Der Test könnte falsch positiv sein, wenn der Echtgeldschein vorher mit Stärke in Kontakt gekommen war.

2e) In Pflanzenzellen wird sowohl Cellulose als auch Stärke gebildet. Beschreibe die unterschiedliche Funktion dieser Biomoleküle in der Pflanze.

3,0 Punkte

[3,0 P] Beschreibung

- [1,5 P] Cellulose: Stabilität der pflanzlichen Zellwände
- [1,5 P] Stärke: Energiespeicher

Cellulose bildet in Form von Fibrillen (faserartigen Strängen) den wesentlichen Bestandteil der pflanzlichen Zellwände. Die Funktion besteht darin, dass die pflanzlichen Zellen aufgrund der Cellulose-Fibrillen eine sehr hohe Stabilität aufweisen.

Stärke wird von Pflanzen während der Fotosynthese in den Chloroplasten gebildet und in Wurzeln, Samen oder Knollen eingelagert. Stärke ist ein Reservestoff, denn in diesem Molekül ist Energie gespeichert, welche die Pflanze in nährstoffarmen Zeiten nutzen kann, indem sie die Verbindung enzymatisch spaltet.

AUFGABE 3: Die Welle macht's

(insgesamt 34 Punkte)

3a) Führe Experiment 3 durch. Dokumentiere deinen Versuchsaufbau mit deinen Belastungsobjekten mit ein bis zwei Fotos. Fertige eine Tabelle mit deinen Messwerten zur Belastungsgrenze an. Bestimme für die drei Brückentypen jeweils den Mittelwert der Belastungsgrenze.

12,0 Punkte

[5,0 P] Foto(s)

- [2,0 P] Foto(s) (angemessene Größe und Darstellung)
- [1,0 P] funktionaler und akkurater Versuchsaufbau erkennbar (z. B. gleich aufliegende Seiten)
- [1,0 P] gleichmäßig gefaltete Papierbrücke erkennbar
- [1,0 P] funktionale Belastungsobjekte erkennbar

Foto:



Hinweis: Volle Bepunktung gibt es, wenn erkennbar ist, dass der Versuchsaufbau funktional und akkurat ist, dass eine gleichmäßig gefaltete Papierbrücke vorliegt und dass die Belastungsobjekte funktional eingesetzt werden. Dafür kann ein Foto allein aussagekräftig sein (wie in unserem Beispiel links) oder es bedarf zweier Fotos (z. B. mit Front- und Seitenansicht).

[7,0 P] Tabelle

- [1,0 P] Beschriftung
- je [0,5 P] pro dokumentiertem Messwert, 3 Messwerte/Zackenanzahl, max. [4,5 P]
- je [0,5 P] pro korrektem Mittelwert für jede Zackenanzahl, max. [1,5 P]

Beispielhafte Tabelle (Messwerte individuell):

	3 Zacken	5 Zacken	10 Zacken
Belastungs- grenze	1023 g 947 g 1061 g	1719 g 1579 g 1511 g	2188 g 1929 g 2165 g
Mittelwert	1010 g	1603 g	2094 g

- 3b) Beschreibe die Unterschiede im Einsturzverhalten. Nenne genau fünf Aspekte, die zu Messungenauigkeiten geführt haben könnten.

8,0 Punkte

[3,0 P] Beschreibung

- [1,0 P] Zusammendrücken oder seitliches Wegrutschen der Zacken
- [1,0 P] gleichmäßiges Einstürzen vs. "Kettenreaktion"
- [1,0 P] unterschiedliche Knick-Stellen

Die Papierbrücken stürzen bei den Messungen unterschiedlich ein. Die Zacken werden entweder mittig zusammengedrückt oder "driften" seitlich weg. Entweder die Brücke stürzt gleichmäßig ein oder das Einstürzen beginnt an einer Stelle und setzt sich dann wie bei einer Kettenreaktion fort. Der Knick beim Einstürzen ist entweder mittig unter der Last oder seitlich an einer Druckstelle des Gewichtes.

[5,0 P] Fehleranalyse

- je [1,0 P] pro Aspekt, max. [5,0 P]

Aspekte, die zu Messungenauigkeiten geführt haben (Auswahl an Beispielen):

- Gewichte nicht fein/kleinschrittig genug
- Faltungen ungenau
- Kleber ungenau aufgetragen/verlaufen
- Formverlust des Papiers beim Falten
- Ungleichmäßige Belastung
- Ungleichmäßige Auflagefläche an den Seiten
- Faktor Zeit: ggf. zu schnell weiterbelastet

- 3c) Leite aus deinen Versuchsergebnissen einen Zusammenhang für die Belastungsgrenzen der Papierbrücken ab (nach dem Schema „Je...desto...“).

2,0 Punkte

[2,0 P] Benennung des Zusammenhangs

Je mehr Zacken die Brücke auf gleicher Fläche aufweist, desto stabiler ist sie.

- 3d) Wellpappe weist einen ähnlichen Aufbau auf, aber mit Wellen statt Zacken. Beschreibe genau zwei Vorteile, die die Wellenform gegenüber der geknickten Form hat. Beziehe dich dabei auch auf deine konkreten Versuchsbeobachtungen.

6,0 Punkte

[6,0 P] zwei Vorteile der Wellenform

- je [2,0 P] pro Beschreibung eines Vorteils, max. [4,0 P]
- je [1,0 P] pro Bezug zu den Versuchsbeobachtungen, max. [2,0 P]
- Vorteil 1: Auf die Welle kann die Last bzw. können die wirkenden Kräfte gleichmäßig verteilt werden. Das führt zu einer erhöhten Stabilität.
Im Experiment war zu beobachten, dass die Zacken seitlich weggedrückt/ausgebeult wurden und die Kräfte nicht gleichmäßig verteilt werden konnten.
- Vorteil 2: Die Klebefläche an der Welle ist größer im Gegensatz zur Klebekante einer Zacke. Die Welle haftet somit besser an der Deckschicht an.
Im Experiment ist der Kleber durch die minimale Klebefläche an den Zackenspitzen oftmals verlaufen oder verwischt und haftete nicht gut an.

- 3e) Die auf einen Bogen einwirkenden Kräfte führen dazu, dass der Bogen eine erhebliche Kraft auf die Stützkonstruktion ausübt (siehe Abbildung 3). Bestimme für eine Kraft von $F = 10000 \text{ N}$ und einen Winkel $\alpha = 35^\circ$ die Komponenten der Kraft in x- und y-Richtung (F_x und F_y). Nenne den Fachbegriff für die x-Komponente in der Architektur. Diese hohe Krafteinwirkung in x-Richtung stellt für die Stabilität vieler Gebäude ein Problem dar. Nenne ein Beispiel für eine bauliche Gegenmaßnahme.

6,0 Punkte

Hinweis: F_x und F_y können entweder rechnerisch oder grafisch bestimmt werden.

Variante 1:

[4,0 P] **Rechnung**

- [1,0 P] F_x Rechenweg
- [1,0 P] F_x Ergebnis
- [1,0 P] F_y Rechenweg
- [1,0 P] F_y Ergebnis

F_x	F_y
$\cos(\alpha) = \frac{F_x}{F} \Leftrightarrow F_x = \cos(\alpha) \times F$ $F_x = \cos(35^\circ) \times 10000 \text{ N} = 8192 \text{ N}$	$\sin(\alpha) = \frac{F_y}{F} \Leftrightarrow F_y = \sin(\alpha) \times F$ $F_y = \sin(35^\circ) \times 10000 \text{ N} = 5736 \text{ N}$

Variante 2:

[4,0 P] **grafische Lösung**

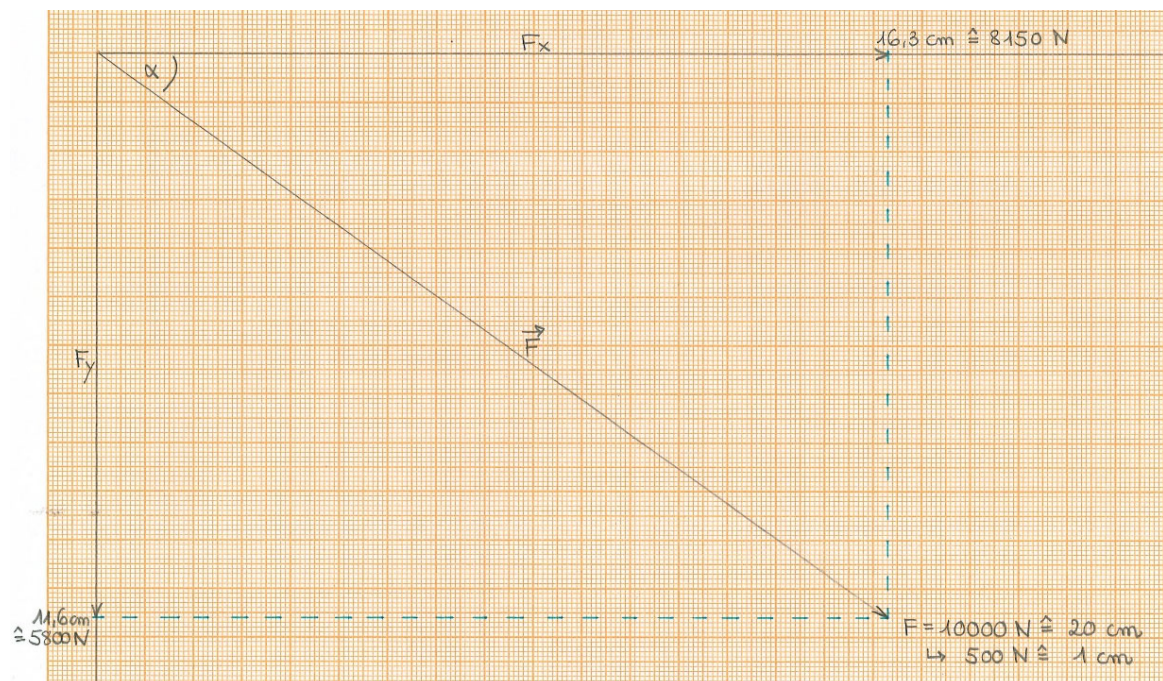
- [1,0 P] Beschriftung der Kräfte und des Winkels
- [1,0 P] sinnvolle Skalierung
- [1,0 P] F_x Ergebnis
- [1,0 P] F_y Ergebnis

Hinweis: Bei der grafischen Lösung darf es zu einer Abweichung von +/-100 N im Vergleich zur rechnerischen Lösung kommen:

$$F_x = 8192 \text{ N} \pm 100 \text{ N}$$

$$F_y = 5736 \text{ N} \pm 100 \text{ N}$$

Grafische Lösung:



[1,0 P] **Benennung Bogenschub**

Die x-Komponente wird in der Architektur als Bogenschub bezeichnet.

[1,0 P] **Bezug auf Architektur: Beispiel für eine bauliche Gegenmaßnahme**

Eine bauliche Gegenmaßnahme ist – eine äußere Stützkonstruktion (Steine, Pfeiler, Mauer o. Ä.)

- das Anbringen von Metallklammern
- das Anbringen eines Stahlgugbandes.

AUFGABE 4: Noch Fragen offen?

(insgesamt 4 Punkte)

- 4) Du hast jetzt alle Experimente durchgeführt. Welche Fragen sind dir beim Experimentieren „über den Weg gelaufen“ oder was würdest du gerne noch genauer wissen und untersuchen? Formuliere genau zwei Forschungsfragen zum Projekt *Papperlapapp*.

4,0 Punkte

[2,0 P] je angemessen formulierter Forschungsfrage, max. [4,0 P]

Hinweis: Es werden ausschließlich die beiden erstgenannten Forschungsfragen gewertet.

Einige Beispiele für Forschungsfragen:

Aufgabe 1:

- Welche anderen Spezialpapiere gibt es und welche Eigenschaften haben sie?
- Wie verhalten sich die Papiere in anderen Flüssigkeiten (z. B. Seifenwasser)?
- Kann man feuchtes Toilettenpapier in der Toilette entsorgen?

Aufgabe 2:

- Wie verläuft der Iod-Stärke-Nachweis mit anderen Testobjekten (z. B. Brot, Kartoffeln, Obst)?
- Funktioniert der Iod-Stärke-Nachweis mit diesen anderen Testobjekten auch mit einem Geldscheinprüfstift?
- Wie kann ich Geldscheine noch auf ihre Echtheit prüfen?

Aufgabe 3:

- Wem gelingt es, die Papierbrücke herzustellen, die der höchsten Belastung standhält? (kompetitiv mit anderen Schülerinnen und Schülern)
- Wie sind Verpackungskartons aus Wellpappe genau aufgebaut?
- Wie viel Belastung halten Kartons stand? (z. B. Brückenexperiment mit verschiedenen Kartonstücken durchführen)
- Wie konstruiert man einen Bogen in der Architektur (Brücke, Kirchengewölbe o. Ä.)?