

# Punkteverteilung 2026



Auftrag	Inhalt	Punkte	Hinweise
Schritt 1-2	Quellung & Flotation	2	Erwartet werden jeweils: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Durchführung</b> Es genügen Ergänzungen zu den Infos in der Aufgabenstellung.</li> <li>▪ <b>Beobachtungen</b> Die Kategorien „Erfolge“ und „Schwierigkeiten“ werden nur bei Bedarf erwartet und können auch in den Beobachtungen integriert sein. Ausnahme: In Schritt 10 ist anstelle der Beobachtung die Kreativität entscheidend.</li> <li>▪ <b>zwei Fotos pro Schritt: wichtige Voraussetzung</b> Fehlen die zwei Fotos, sind sie KI-generiert oder haben mehrere Gruppen dieselben Fotos (ggf. aus verschiedener Perspektive) verwendet, wird der gesamte Schritt mit 0 P bewertet. Wird nur ein Foto geboten, kann zu diesem Schritt nur die halbe Punktzahl erreicht werden. <i>Sonderfälle:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zu den in der Wertung kombinierten Schritten (also 1-2 sowie 5-6) werden nur zwei Fotos insgesamt erwartet.</li> <li>- Zu den Schritten, die in zwei Positionen aufgeteilt sind (also 3 sowie 8), werden beim Fehlen der beiden Fotos anstelle der möglichen 4 P nur 0 P gegeben.</li> </ul> </li> </ul>
Schritt 3 a	Schöpfrahmen-Bau	2	
3 b	Papierschöpfen	2	
Schritt 4	Gautschen & Pressen	2	
Schritt 5-6	Trocknen & Glätten	2	
Schritt 7	Leimung & Tests	2	
	Zusatzpunkte: quantifizierte Tests	+ 2	
Schritt 8 a	Färben des Leims	2	
8 b	Färben der Pulpe	2	
* Schritt 9	Bleichen	2	
Schritt 10	Gestalten (Kreativität)	2	
Theorie a)	Spülmittel: Funktion	2	Die Erläuterungen müssen möglichst konkret auf die Flotation bezogen werden. Falls nur allgemein z. B. die waschaktive Wirkung von Spülmittel erläutert wird (ohne Bezug zu Flotation bzw. Druckfarbe), werden 0 P erteilt.
Theorie b)	Leimungsarten	2	Fehlt der Bezug zum eigenen Experiment, führt dies zu 0 P.
Theorie c)	Statistik	2	Für die Statistik müssen folgende Kriterien erfüllt werden: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Statistik muss <i>sinnvoll</i> ausgewählt sein.</li> <li>▪ Sie muss – im Zusammenhang mit der Fragestellung – <i>erläutert</i> werden.</li> <li>▪ Die <i>Quelle</i> muss irgendwo angegeben werden.</li> <li>▪ Die <i>Daten</i> müssen grafisch dargestellt werden.</li> </ul> Jeder fehlende Aspekt führt zu 1 P Abzug, insgesamt keine Minuspunkte (z. B. 0 P bei drei fehlenden Aspekten).
äußere Form	Sorgfalt nicht: Fotos	2	Die ordentliche Anfertigung bezieht sich auf die gesamte Dokumentation. Hierzu gehören auch Deckblatt mit persönlichen Daten und Inhaltsverzeichnis. Handschriftliche Aufzeichnungen führen nicht zum Punktabzug.  <i>Die Fotos werden hier nicht noch einmal bewertet.</i>
extra	Zusatzpunkte (maximal)	+ 1 + 3	für Klassenstufen 5, 6 und 9 für Gesamtschulen (Klassen 9 - 10) und Realschulen plus
<b>Gesamt</b>		<b>26 / 28</b>	<b>für Klassen 5 - 8 / 9 - 10 (exklusive Zusatzpunkte)</b>

## Hinweise zur Punkteverteilung

### Beschreibung der Einstufungen:

In obiger Tabelle sind die maximal erreichbaren Punkte (jeweils 2 Punkte) angegeben. Die Punktevergabe pro Kategorie erfolgt *bis zur Maximalzahl in drei Stufen*, d. h.: Es können entweder 2 oder 1 oder 0 Punkte, jedoch keine Zwischenwerte vergeben werden. Die mit \* markierten, hellgrau unterlegten Aufgaben werden nur von 9. und 10. Klasse bearbeitet.

Bei der Entscheidung für 2, 1 oder 0 Punkte spielt der Gesamteindruck pro Kategorie die maßgebliche Rolle, etwa gemäß folgender Einstufung:

**2 Punkte:** sehr gute, ausführliche, differenzierte Darstellung (höchstens mit wenigen kleinen Fehlern)

**1 Punkt:** mittelmäßige Darstellung (teilweise lücken- oder fehlerhaft)

**0 Punkte:** schwache Darstellung (zu knapp oder mit gravierenden Fehlern)

### Wichtige Vorbemerkung zur Bewertung der Fotos:

Sind zu einem der zehn praktischen Schritte keine Fotos vorhanden oder sind sie KI-generiert, erhält man für diesen Schritt 0 Punkte, auch wenn ein Text vorliegt. Sollte nur ein statt zwei Fotos abgebildet sein, kann maximal 1 Punkt vergeben werden (genaues Vorgehen: siehe Punkteverteilung).

Auf diese Weise soll – so gut wie möglich – garantiert werden, dass die Versuche tatsächlich durchgeführt wurden und die Ausarbeitungen nicht ausschließlich KI-erzeugt sind. Gleiches gilt, wenn dieselben Fotos (oder Aufnahmen desselben Experiments aus unterschiedlichen Perspektiven) von mehr als drei Schülerinnen und Schülern genutzt werden: Auch dann werden für den jeweiligen Schritt keine Punkte vergeben (allerdings spricht nichts dagegen, wenn die Fotos in verschiedenen Arbeiten auftauchen, solange es sich insgesamt um höchstens drei Teilnehmende handelt).

Umgekehrt ist klar: Die Anwesenheit von zwei Fotos pro Schritt führt noch nicht zu einem Punkt. Die verbalen Erläuterungen sind notwendig für die Bewertung.

### Welche Urkunde gibt es mit welcher Punktzahl?

	5. bis 8. Klasse	9. bis 10. Klasse
Ehrenurkunde	26 – 19 Punkte	28 – 23 Punkte
Siegerurkunde	18 – 11 Punkte	22 – 13 Punkte
Teilnahmeurkunde	10 – 3 Punkte	12 – 4 Punkte
Teilnahmebestätigung	2 – 0 Punkte	3 – 0 Punkte

## Quellen und Literaturhinweise (Stand der Links: 5.3.2026)

- [1] Experimentalwettbewerbe „Chemie – mach mit!“ (Aufgabe 49, 2025), „Chemkids“ (Aufgabe 1-2025/26), „Chemie entdecken“ (Aufgabe 1-2014), „Experimente antworten“ (Runde 2025/26 I) und „NATEX“ (Aufgabe 1-2025/2026)
- [2] UPM-Kymmene Corporation; So entsteht Qualitätspapier (2005)
- [3] VERBAND DEUTSCHER PAPIERFABRIKEN (Hrsg.); Papier Schule - Arbeitsmaterialien für Fachunterricht und Projektarbeit; Bonn (2015)
- [4] BLUME, KUNZE, MELOEFSKI, OBST, ROSSA, SCHÖNEMANN; Chemie für Gymnasien; Cornelsen, Berlin (1996)
- [5] <https://www.youtube.com/watch?v=1ZmWvdxXSRo> (Video zu Papierschöpfen)
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=XHS1PJnCu0c> (Video zu Papierschöpfen)
- [7] [https://www.youtube.com/watch?v=q6EeDxwM80E&pp=0gcJCfcAhR29\\_xXQ](https://www.youtube.com/watch?v=q6EeDxwM80E&pp=0gcJCfcAhR29_xXQ) (Video zu Papierschöpfen)
- [8] <http://nabu-zukunftsgarten.de/aktuelles/papier-schoepfen-aus-altpapier/>
- [9] <https://www.stiftung-kinder-forschen.de/praxisanregungen/experimente-fuer-kinder/experiment/recyclingpapier-selber-machen/>
- [10] [https://utopia.de/ratgeber/papier-schoepfen-anleitung-zum-selbermachen\\_260684/](https://utopia.de/ratgeber/papier-schoepfen-anleitung-zum-selbermachen_260684/)
- [11] <https://www.regenwald-schuetzen.org/projekte/bildungs-projekte/abgeschlossene-projekte/projekte-fuer-die-sekundarstufe-1-2/projekte-zu-erdkunde-und-biologie/recyclingpapier-im-unterricht/unterrichtsmaterial-rund-um-papier> (Materialien aus 2017)
- [12] Wikipedia, insbesondere zu Deinking und Flotation

## Was ist mit Erwartungshorizont gemeint?

Folgende Hinweise zur Lösung sind nicht als Optimal- oder Standardlösung zu verstehen. Bewusst sind einige Aufgaben (wie das Gauschen oder die kreative Gestaltung) so offen formuliert, dass die Experimente (inklusive der Materialien und Mengen) eigenständig entwickelt bzw. recherchiert werden müssen, was zu abweichenden und unterschiedlich ausgeprägten Beobachtungen und Ergebnissen führen kann. Die Ursachen für solche Diskrepanzen können auch in diversen Produktmarken und Geräten liegen (z. B. unterschiedlich bedruckte Zeitungen, Gerät zum Mixen bei der Flotation). Entscheidend ist daher, dass die Tendenzen sowie Schlussfolgerungen nachvollziehbar dargelegt sind und die Experimente kritisch reflektiert werden.

Die eingebetteten „Anmerkungen“ werden von den Wettbewerbsteilnehmenden nicht erwartet, sondern dienen nur der Information. So werden zu manchen Aufgaben mehrere mögliche Experimente als Alternative vorgeschlagen oder weiterführende theoretische Hintergründe ergänzt.

## PRAXIS

### *Aufgabenstellung:*

Stelle jeden der zehn Schritte auf dem Weg zum neuen Papier mit Hilfe von Materialien aus dem Haushalt nach. Beschreibe zu deinen Versuchen die Durchführung, Beobachtungen, Erfolge und ggf. Schwierigkeiten.

### *Wichtig:*

Veranschauliche jeden der zehn Schritte zusätzlich mit jeweils mindestens zwei Fotos deiner Experimente.

## 1. Quellung

Weiche in einem Eimer zerkleinertes Zeitungspapier 10 Minuten in warmem Wasser ein (empfohlenes Mengenverhältnis: acht DIN A3-Seiten in ca. 1 L Wasser).

### *Durchführung:*

In diesem Schritt wird zunächst das in kleine Stücke gerissene Altpapier in Wasser eingeweicht (siehe Aufgabenstellung, dort auch Angabe des Mischungsverhältnisses: ca. 1 L Wasser mit acht DIN A3-Seiten, entsprechend zwei Doppelbögen einer großen Tageszeitung).

### *Beobachtungen:*

Das Papier saugt sich voll, um es in Schritt 2 leichter zu einem feinen Brei zerkleinern zu können.

## 2. Flotation

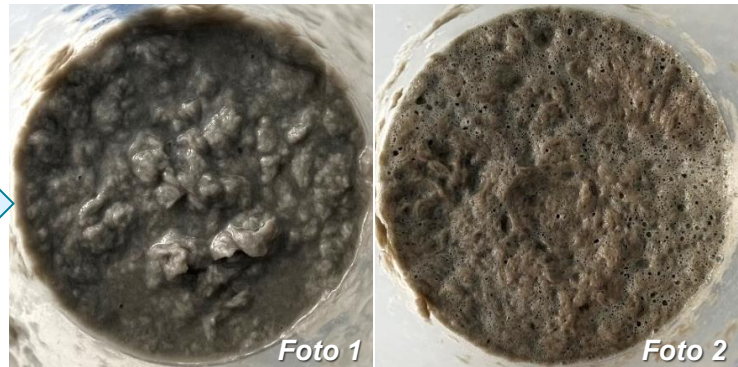
Gib 1 Teelöffel Spülmittel zur Mischung aus Schritt 1. Zerkleinere diese so lange, bis ein feiner Brei (die „Pulpe“) entsteht: mit einem Handrührgerät plus Knethaken oder mit einem Stabmixer (schwieriger zu reinigen). Schöpfe den sich bildenden Schaum zwischendurch ab.

### Durchführung:

In diesem Schritt wird die Schnipsel-Mischung nach Zugabe von Spülmittel gemixt und zerkleinert, bis das Papier-Wasser-Gemisch eine breiige Konsistenz hat und die Papierschnipsel nicht mehr erkennbar sind (siehe Aufgabenstellung). Der Eimer und ebenso der Schaum selbst dienen nebenbei gleichzeitig als Spritzschutz (zur Funktion des Spülmittels: siehe theoretische Aufgabe a).

### Beobachtungen:

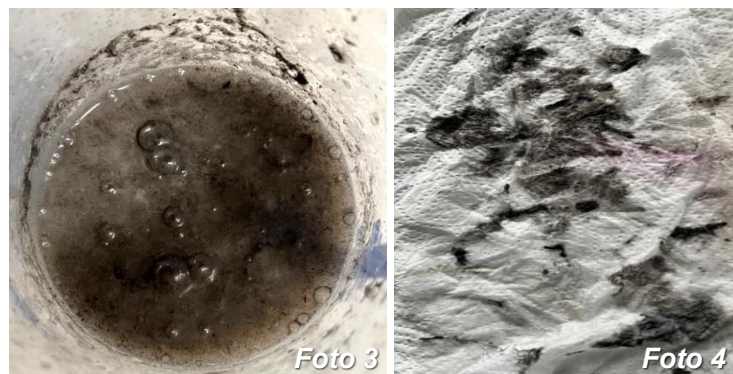
Es entsteht ein Papierbrei. Während des Mixens bildet sich immer mehr Schaum, der zwischendurch abgeschöpft wird, damit man ordentlich weiter rühren kann.



**unterschiedlich fein zerkleinerte Papierbreie  
(Foto links: gröber, Foto rechts: feiner)**

### Schwierigkeiten:

Der Schaum lässt sich zwar abschöpfen, aber abgelöste Farbe sammelt sich meist nicht. Nur ein einziges Mal in unseren Versuchen blieben an den Seifenblasen schwarze Teilchen hängen, die sich zum Teil als schwarzer Rand an der Gefäßwand absetzten (s. Foto 3). Zur Ansicht wurden diese schwarzen Ablagerungen auf weißes Küchenpapier übertragen (s. Foto 4). Sie werden keinesfalls von den Wettbewerbsteilnehmenden erwartet.



**schwarze Ablagerungen  
(Foto links: am Rand des Gefäßes,  
Foto rechts: auf Küchenpapier übertragen)**

### Anmerkung:

*Deinking* bezeichnet man das Entfernen von Druckfarben aus bedrucktem Altpapier während des Papierrecyclings, oft mittels Flotation erzeugt (wie im Experiment), um dadurch hellere Papiere zu erhalten (s. theoretische Aufgabe a).

Schwierigkeiten durch die Wahl des Mixgeräts: Der Stabmixer hat gegenüber dem Handrührgerät plus Knethaken Vor- und Nachteile: Mit dem Stabmixer funktioniert die Zerkleinerung zwar wesentlich schneller und feiner. Dafür allerdings ist die Reinigung nachher kniffliger. Zudem ist die Chance, dass sich die schwarzen Ablagerungen mit der Zeit bilden und nach oben gespült werden, beim Knethaken größer. (Anmerkung: Prinzipiell kann man an das Handrührgerät auch einen Rührbesen anschließen, allerdings spritzt dann die Mischung beim Rühren stärker.)

## 3. Schöpfen

### a) Schöpfrahmen-Bau

Baue selbst einen Schöpfrahmen, z. B. indem du Fliegengitter über einen kleinen, alten Bilderrahmen aus Holz (maximal 13 x 18 cm) sehr straff spannst und mit Reißzwecken befestigst. Den Rahmen kannst du dir auch selbst aus Holzlatten bauen.

#### *Durchführung:*

Als Netz, das man (z. B.) über einen Bilderrahmen spannt, eignen sich neben dem Fliegengitter prinzipiell auch eine alte Strumpfhose oder andere feine Netze, allerdings sind die Fäden im Fliegengitter härter und stabiler als bei einer Strumpfhose, so dass das Papier beim Schöpfvorgang weitgehend waagrecht stabilisiert werden kann und nicht einsackt.

Das Fliegengitter sollte rundherum etwas größer als die Innenfläche des Rahmens sein. Befestigen kann man es mit Reißzwecken – wie in der Aufgabenstellung vorgeschlagen. Es funktioniert aber ebenso mit Nägeln, durch Tackern, vorübergehend auch mit festem Klebeband. Schon während des Befestigens zieht man das Netz immer wieder straff, damit es keine Falten wirft und nicht einsackt.

Wenn man keinen alten Bilderrahmen zur Hand hat, kann man den Schöpfrahmen auch selbst bauen (siehe Foto 1): Dazu sägt man vier schmale Holzlatten auf die gewünschte Größe zu, legt sie zu einem Rechteck aneinander und fixiert sie (z. B. durch Tackern, Kleben, Schrauben, Winkelverbinder, ...).



Foto 1

#### *Anmerkung:*

Ein käufliches Schöpfrahmenset besteht aus zwei Einzelrahmen:  
- einem Gitterrahmen, der mit dem Fliegengitter bespannt wird, und  
- einem Formgebungsrahmen, der auf dem Gitterrahmen aufliegt und dafür sorgt, dass das geschöpfte Papier eine Begrenzung erhält. Auch dieser zweite Rahmen ließe sich selbst bauen (siehe Foto 2). Am besten klebt man ihn noch mit dicken Filzstreifen, damit beim Schöpfen kein Fasermaterial zwischen die Rahmen geschwemmt wird und dadurch ausgefranzte Papierbögen entstehen.

Übrigens: Man kann das Papier auch mit einem geformten Küchensieb aus der Wanne sieben, dann auf ein ausgebreitetes Küchenpapiertuch stülpen und mit einem Schaber gleichmäßig verteilen.

*Die Beobachtungen (samt Erfolge und Schwierigkeiten) können mit dem nächsten Teilschritt „Papierschöpfen“ zusammengefasst werden.*



Foto 2

Fotonachweis: [10]

## b) Papierschöpfen

Verdünne 0,5 L deiner Pulpe mit ca. 2 L Wasser. Wähle zum Schöpfen eine Wanne in geeigneter Größe (bei zu geringer Eintauchtiefe: weiter verdünnen und bei Bedarf mehr Pulpe verwenden, ggf. Wanne wechseln). Richte deinen Schöpfrahmen beim Eintauchen in die Pulpe so aus, dass das Gitternetz nach oben weist.

### *Durchführung:*

Zunächst ist die Größe der Schöpfwanne zu beachten: Man benötigt ein Gefäß (z. B. eine Wanne oder Schüssel), das hoch und groß genug ist, um genügend Pulpe einfüllen und später den Schöpfrahmen darin noch gut hin und her bewegen zu können. In diesem Gefäß mischt man den Papierbrei mit Wasser und rührt gut um. Dabei muss man das *Mischungsverhältnis* von Pulpe zu Wasser austarieren (siehe unter „Erfolge“, Punkt 1). Nun wird versucht, aus dem Papierbrei eine dünne Papierschicht auf dem Schöpfrahmen zu erzeugen. Hierzu taucht man ihn, mit dem Netz nach oben und seitlich flach, in die Papierbrei-Suppe ein. Man bewegt und schüttelt den Rahmen leicht hin und her, damit sich der Papierbrei gut auf dem Gitter verteilt. Dann hebt man ihn langsam und waagrecht wieder aus der Pulpe heraus. Anschließend lässt man das meiste Wasser über der Wanne abtropfen.

### *Beobachtungen:*

Auf dem Gitternetz bleibt eine dünne Papierschicht liegen. Es sollte sich um eine geschlossene Schicht ohne Lücken handeln.

### *Erfolge:*

Die Beschaffenheit der Papierschicht hängt von mehreren Faktoren ab:

- Die Papierdicke ist davon abhängig, wie konzentriert der Papierbrei ist. Hier gilt es auszuprobieren: Wenn das Papier zu dünn und dann häufig auch zu löchrig bzw. rissig ist, schöpft man etwas Wasser ab oder fügt mehr Pulpe hinzu. Andernfalls gibt man mehr Wasser hinzu.
- Je regelmäßiger man den Rahmen in der Wanne geschüttelt hat, desto gleichmäßiger ist die Schichtdicke. Man sollte also darauf achten, dass sich die Pulpe nicht zu klumpig absetzt.
- Die Textur, Körnung bzw. Glätte des Papiers ist davon abhängig, wie fein der Papierbrei zuvor gemixt wurde.

Falls das erste Ergebnis nicht gefällt, gibt man einfach den Brei wieder in die Wanne zurück, verändert die Mischung und startet einen weiteren Versuch.

### *Schwierigkeiten:*

Wie bereits beschrieben, muss man das Mischungsverhältnis von Papierbrei zu Wasser sowie die Maße der Wanne im Verhältnis zum Schöpfrahmen austarieren. Außerdem sollte beim Schöpfen darauf geachtet werden, das Netz möglichst straff zu spannen.



## 4. Gautschen und Pressen

ohne Angabe in der Aufgabenstellung

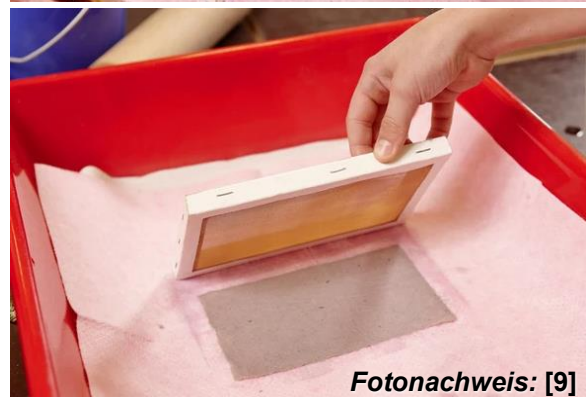
*Durchführung: Hier wird eine Beschreibung erwartet.*

### Gautschen

Beim Gautschen handelt es sich um den Arbeitsschritt, bei dem der frisch geschöpfte Papierbogen vom Rahmen auf eine Unterlage übertragen und entwässert wird. Konkret lässt sich dies im Haushalt beispielsweise so umsetzen:

Wenn man den Schöpfrahmen aus der Wanne gehoben hat und beim Abtropfen kaum noch Wasser herausdringt, legt man ein Küchen- oder Vliestuch sorgsam über die Papierschicht und dreht das Ganze um. Man stürzt es also so, dass der Holzrahmen mit der Papierseite nach unten auf dem ausgebreiteten Tuch auf einer glatten, ebenen Unterlage liegt. An dieser Stelle wird auch klar, warum man in Schritt 3 den Schöpfrahmen so in die Pulpe eintauchen sollte, dass das Gitternetz nach oben weist.

Mit einem Schwamm oder Küchentuch tupft man nun das Gitternetz mehrmals sanft von oben (also im Inneren des Rahmens) ab, um überschüssiges Wasser wegzuwischen. Schwamm bzw. Küchentuch wringt man zwischendurch immer wieder aus. Anschließend hebt man achtsam den Rahmen an, wobei die Papierschicht auf dem Küchen-/Vliestuch liegen bleiben soll. Wenn das Papier am Schöpfrahmen klebt, kann man vorsichtig entweder an den Seiten mit den Fingern bzw. einem Messer oder von oben mit einem Tuch bzw. durch Pusten nachhelfen.



### Pressen

Das entstandene Papier ist oft noch sehr feucht. Man kann es mit verschiedenen Methoden weiter vom Wasser befreien, z. B.:

- Das Wasser wird mit einem Küchenpapiertuch vorsichtig abgetupft bzw. aufsaugt.
- Das Papier wird zum Schutz mit einem Tuch abgedeckt und weiteres Wasser mit einem Gegenstand (z. B. mit der flachen Hand, mit einem Holzbrett oder Nudelholz) sanft herausgepresst.
- Man legt das Papier zwischen zwei Holzbretter und stellt sich dann selbst auf die Bretter.



### Beobachtungen und Erfolge:

Insgesamt wird im Schritt 4 überschüssiges Wasser aus dem Papier entfernt: beim Gautschen durch Abtupfen des Wassers im Rahmen, beim Pressen durch mechanischen Druck außerhalb des Rahmens. Während dieses Prozesses dringt mehr Wasser aus dem Papier, als man denkt.

Zu diesem Zeitpunkt ist die Papiermasse, bedingt durch die Restfeuchte, noch nicht so hell, wie sie nach dem Trocknen (Schritt 5) erscheint. Zudem ist sie noch weich bzw. nicht reißfest, aber sie lässt sich gut auf die Handfläche nehmen und Wasser tropft nicht mehr heraus.

## 5. Trocknen

ohne Angabe in der Aufgabenstellung

*Durchführung:* Hier wird eine Beschreibung erwartet.

Der noch feuchte Papierbogen wird vorsichtig von der Unterlage (wie Küchen- oder Vliestuch) entfernt, sofern jene überhaupt verwendet wurde. Aus dem Papierbogen lässt man mit Hilfe thermischer Energie das restliche Wasser bis auf eine geringe Restfeuchtigkeit verdunsten: Das Papier kann auf einer Wäscheleine, in der direkten Sonne, auf ausgelegtem Zeitungspapier, auf der Heizung, mit einem Föhn, im Backofen (bei niedriger Temperatur) oder direkt zusammen mit Schritt 6 (Glätten) getrocknet werden.

*Beobachtungen (können mit Schritt 6 zusammengefasst werden) :*

Die Fasern verfilzen zunehmend und bilden ein festes Blatt.

## 6. Glätten

Du kannst dein Papier z. B. vorsichtig bügeln (auf niedriger Stufe, mit Backpapier / Küchentuch als Schutz).

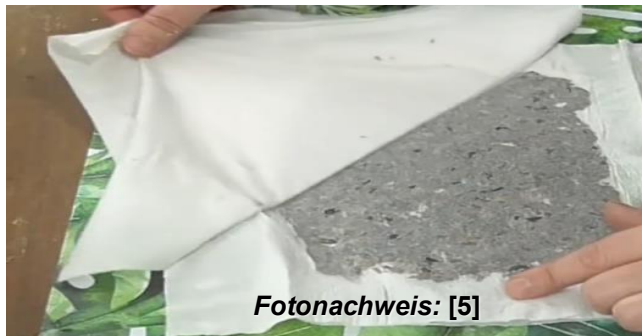
*Durchführung:*

Am einfachsten bügelt man das Papier auf niedriger Heizstufe auf einer harten Unterlage glatt. Zum Schutz legt man zwischen Bügeleisen und Papier ein Tuch (alternativ: Küchen- oder Backpapier). Wenn man möchte, kann man das Papier anschließend mit einer Schere formschön zuschneiden.

*Anmerkungen:*

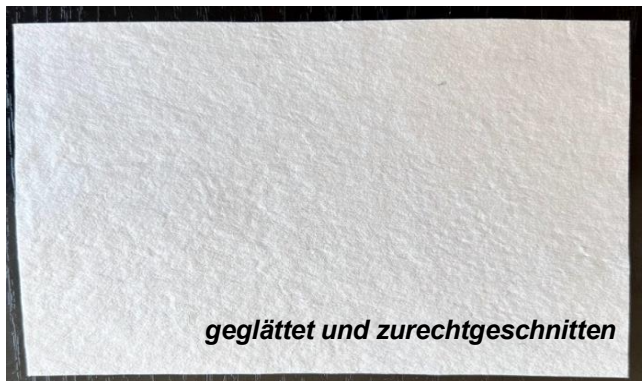
Je häufiger man das Blatt leicht anfeuchtet und wieder trocknet, umso glatter wird die Oberfläche.

Alternativ kann man das Paper auf einer flachen, harte Unterfläche mit einem glatten Stein so lange reiben, bis es glatt ist.



*Beobachtungen:*

Beim Glätten wird eine ebene Oberfläche erzeugt und dabei auch die Papierdicke reduziert.



## 7. Leimung und Tests

Überprüfe zwei der Stoffe Holzleim, Tortenguss bzw. Gelatine (jeweils angerührt) auf ihre Eignung als Leim, indem du sie auf Teilstücke deines selbst hergestellten Papiers aufträgst. Untersuche nach dem Trocknen: Beschreibbarkeit, Reißfestigkeit, Radierfestigkeit und Glanz deiner Papiere. Teste diese Eigenschaften zum Vergleich auch bei anderen Papieren aus dem Alltag (z. B. Küchen-, Back-, Schreibpapier).

### **Wichtig für die Bewertung:**

- *Da sich die entscheidenden Beobachtungen und der Erfolg der Leimung erst beim Test der Eigenschaften zeigen, liegt dort auch der Schwerpunkt der Bewertung und nicht bei dem Auftragen des Leims an sich. Für die vier Eigenschaftstests samt Leimung kann man 2 Punkte erzielen. Hierfür genügen einfache, intuitive Tests.*
- *Darüberhinaus kann man hier 2 Zusatzpunkte erhalten, falls mindestens bei einem der vier Eigenschaftstests eine differenzierte, quantifizierte Methode entwickelt worden ist. Exemplarisch werden sie im Folgenden aufgegriffen, jeweils mit einer geschweiften Klammer markiert.*

### **Auftragung des Leims**

#### *Durchführung:*

Aus zwei der genannten Stoffe stellt man jeweils zunächst eine wässrige Lösung her (bzw. man dekantiert eine Suspension ab). Diesen Leim trägt man am besten mit einem Pinsel auf die Oberfläche des Papiers auf.

### **Überprüfung der Eigenschaften**

#### **1. Beschreibbarkeit**

##### *Durchführung:*

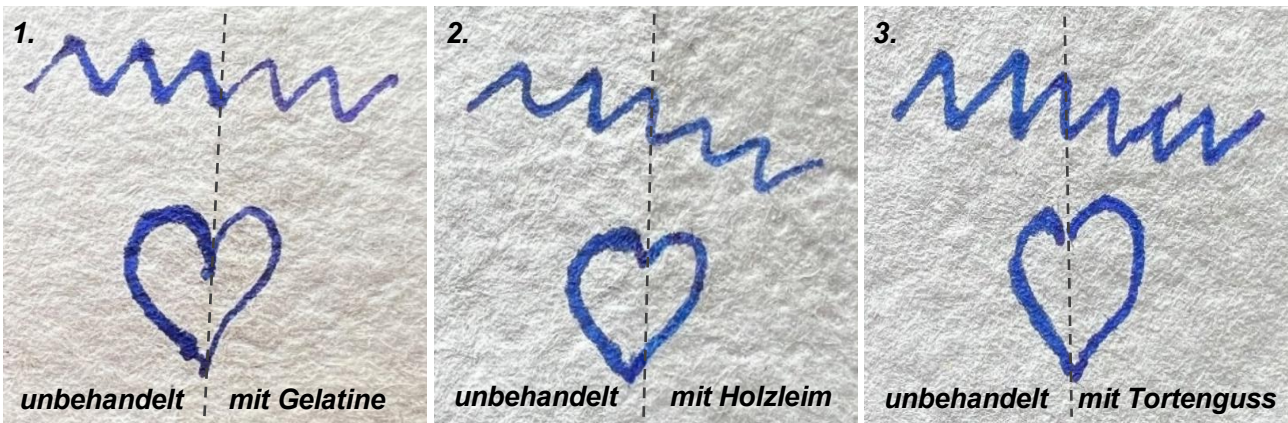
Die Beschreibbarkeit überprüft man beispielsweise, indem man mit einem Füllfederhalter Tintenstriche auf dem Papier zieht oder den Tropfen einer farbigen wässrigen Lösung aufbringt. Letztlich überprüft man damit die Saugfähigkeit.

##### *Vergleichsprobe:*

Um den Effekt möglichst objektiv einschätzen zu können, trägt man die Tinte bzw. farbige Lösung zum Vergleich auf andere Papiere aus dem Haushalt auf, z. B.:  
Küchenpapier (hohe Wasseraufnahme bzw. Saugfähigkeit) vs. Backpapier (wasserabweisend).

##### *Beobachtungen:*

Die Leimung erbringt bei allen drei Stoffen (Holzleim, Tortenguss, Gelatine) eine bessere Beschreibbarkeit des Papiers und verringert das Verlaufen der Tinte. Auf dem Recycling-Papier sieht man also einen klaren Unterschied zwischen den beiden Bereichen, von denen einer geleimt wurde und der andere unbehandelt blieb (Fotos: s. u.). In der Technik muss man zwar aufpassen, dass das Papier nicht ganz wasserabstoßend gemacht wird, damit Tinte wenigstens im erforderlichen Maße eindringen kann. Mit unseren Stoffen jedoch war eine Übertreibung in diese Richtung nicht zu beobachten.



**Erfolge - Unser Ranking hinsichtlich Beschreibbarkeit:**

Gelatine ist der Favorit, gefolgt von Holzleim und schließlich Tortenguss. Bei der Beurteilung muss berücksichtigt werden, dass das selbst hergestellte Recyclingpapier eine grobe und relativ schlecht beschreibbare Oberflächenstruktur hat.

Im Vergleich dazu verläuft die Tinte auf Backpapier fast gar nicht (siehe Foto). Sie dringt auch nicht ein, sondern perlt teilweise ab, so dass sie sich leicht abwischen lässt oder sofort verschmiert, wenn man mit dem Finger über das beschriebene Backpapier streicht.

Umgekehrt sieht es bei Küchen- oder Filterpapier aus: Auf diesen läuft die Tinte extrem auseinander, so dass kein sauberes Schriftbild entsteht, was das Schreiben und Lesen deutlich erschwert.

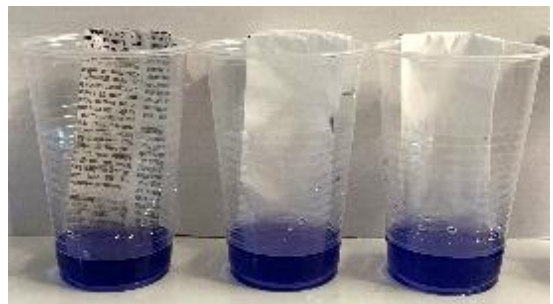


**Anmerkung: quantifizierte Methode**

Anstelle der Beschreibbarkeit können die Wettbewerbsteilnehmenden auch die damit korrelierende Saugfähigkeit untersuchen.

Beispiel:

Jeweils ein gleich großer Streifen der verschiedenen Papiere, darunter das selbstergestellte, werden gleich hoch (z. B. 5 mm) in Wasser (für die Beobachtung besser: in gefärbtes Wasser) eingetaucht und befestigt (z. B. am Becher). Man misst im Abstand von 30 Sekunden die Steighöhe des Wassers, bis keine Veränderung mehr zu beobachten ist.



Quelle: [1], „Experimente antworten“

## 2. Reißfestigkeit

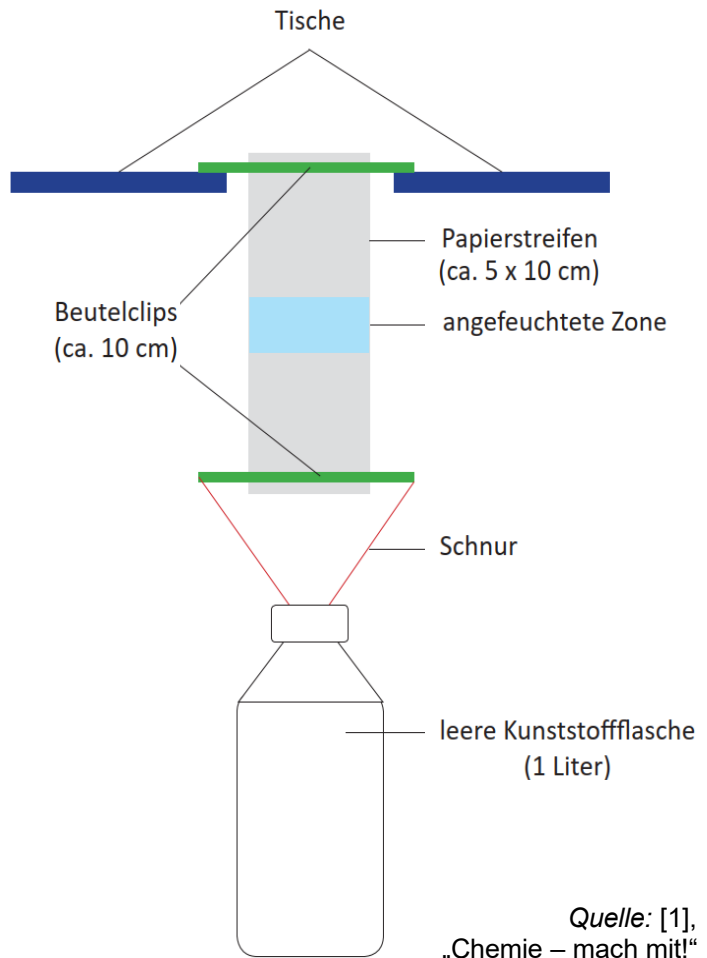
Bereits beim Reißen mit der Hand lassen sich Unterschiede in der Reißfestigkeit feststellen. Neben der Sensorik kann man auch die Risskanten mit den Augen oder noch genauer mit einer Lupe untersuchen.

### Beobachtungen:

Ohne Leimung reißt das Papier leichter, also mit geringerem Kraftaufwand. Auch die Kante an der Seite, an der das Papier auseinandergerissen wurde, ist ohne Leimung unsauberer.

### Anmerkung: quantifizierte Methode

Genauer kann man die Reißfestigkeit durchs Anhängen von Gewichten testen, indem man z. B. gemäß Skizze vorgeht: Die Papierstreifen müssen immer gleich groß sein. Man feuchtet eine ca. 2 cm hohe Zone über die gesamte Breite des Papierstreifens mit Wasser an. Dann füllt man sukzessive die Flasche mit Wasser (man erhöht also ihr Gewicht), bis das Papier reißt, und notiert das Volumen des bis zu diesem Zeitpunkt zugesetzten Wassers.



## 3. Radierfestigkeit

Man schreibt mit einem Bleistift auf die verschiedenen geleimten Bereiche des Papiers sowie zum Vergleich wieder auf den unbehandelten Teil sowie auf andere käufliche Papiere. Die Radierfestigkeit kann man dann leicht mit einem Radiergummi überprüfen.

### Beobachtungen:

Zwar lässt sich mit einem Radiergummi in allen Fällen der Bleistift entfernen, aber die imprägnierte Fläche ist besser geschützt, da man – um ein vergleichbares Ergebnis zu erhalten – den Radiergummi mit geringerem Druck ansetzen kann und die Papieroberfläche dadurch nachher nicht aufgeraut ist. Wie schon bei der Beschreibbarkeit zeigt sich dieser Vorteil vor allem bei der Gelatine und dem Holzleim.

## 4. Glanz

Der Glanz lässt sich sofort mit dem Auge erkennen, wenn man das geleimte Papier im Licht wendet.

### Beobachtungen:

Alle geleimten Papiere erhalten einen leichten Glanz.

## 8. Färben

### a) Färben des Leims

Gib einen farbigen, ungiftigen Stoff deiner Wahl zum favorisierten Leim aus Schritt 7 und trage diesen auf ein selbst hergestelltes Papierstück auf.

#### *Durchführung:*

Man kann verschiedene Farbstoffe dem Leim zugeben, am besten *Pigmente*. Erwartet wird, dass ein Farbstoff verwendet wird, der sich recht gut mit dem Leim mischen lässt.

Wir stellen im Folgenden einige Beispiele vor (jeweils in Tortenguss und Holzleim aufgetragen):

Currypulver, Paprika-Gewürzpulver, Deckweiß (aus der Tube des Wasserfarbkastens), Tipp-Ex.

Denkbar sind darüber hinaus auch andere Gewürzpulver, Kalk, zermahlene Kreide o. Ä.

Weiß wird also hier als Farbe akzeptiert.

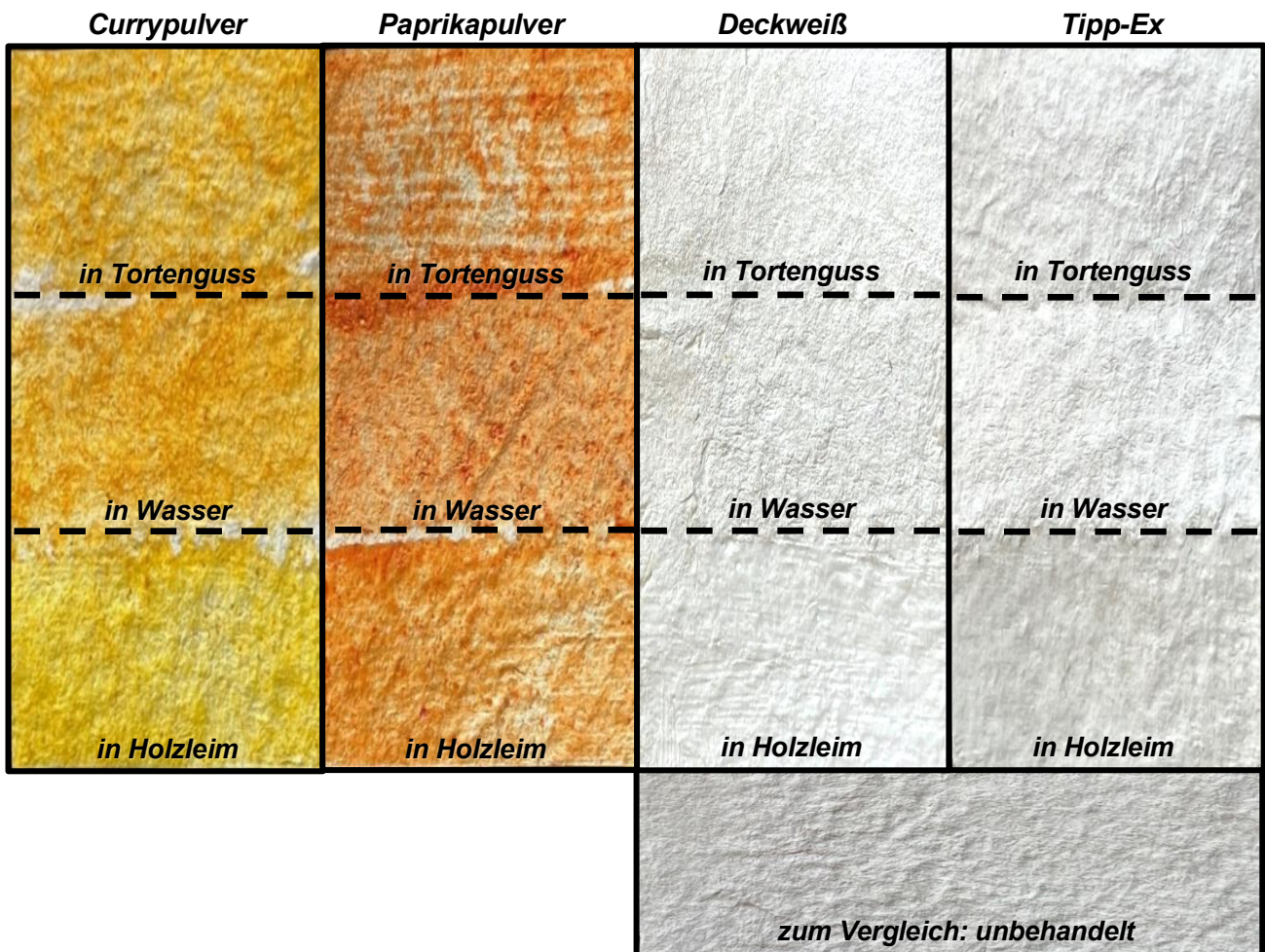
#### *Beobachtungen:*

Von den beiden Gewürzpulvern verteilt sich das Currypulver besser im Leim, während beim Paprika die Pigment-Anteile deutlich zu erkennen sind und dadurch beim Auftragen auf dem Papier Streifen und Unregelmäßigkeiten entstehen (v. a. mit dem Tortenguss).

Tipp-Ex in Holzleim (auch Currypulver in Holzleim) ergeben eine recht regelmäßig gefärbte Fläche. Unebenheiten resultieren weiterhin aus der gegebenen Struktur des Papiers.

#### *Anmerkungen:*

Hinsichtlich der Färbung erweist sich der Holzleim als geeignetster Oberflächenleim. Aber auch Tortenguss und Gelatine lassen sich verwenden. Für die Wettbewerbsteilnehmenden ist der Vergleich der Oberflächenleime jedoch irrelevant, da sie in diesem Schritt ohnehin nur einen - nämlich den favorisierten - verwenden. Zum Vergleich haben wir außerdem die entsprechende Farbe mit Wasser (statt Leim) vermischt (siehe Fotos). Dies wird ebenfalls nicht erwartet.



## b) Färben der Pulpe

Versetze 0,5 L deiner Pulpe mit einem farbigen, flüssigen Stoff (z. B. Tinte, Lebensmittelfarbe, geeignetem Fruchtsaft, ...). Setze dann die Schritte 3 bis 6 fort.

### *Durchführung:*

In die Pulpe direkt kann man wässrige Farblösungen geben, während hier wasserunlösliche Pigmente ungünstig sind. Beispiele: Tinte, Lebensmittelfarbe, Rotkohl-Extrakt, Johannisbeersaft.

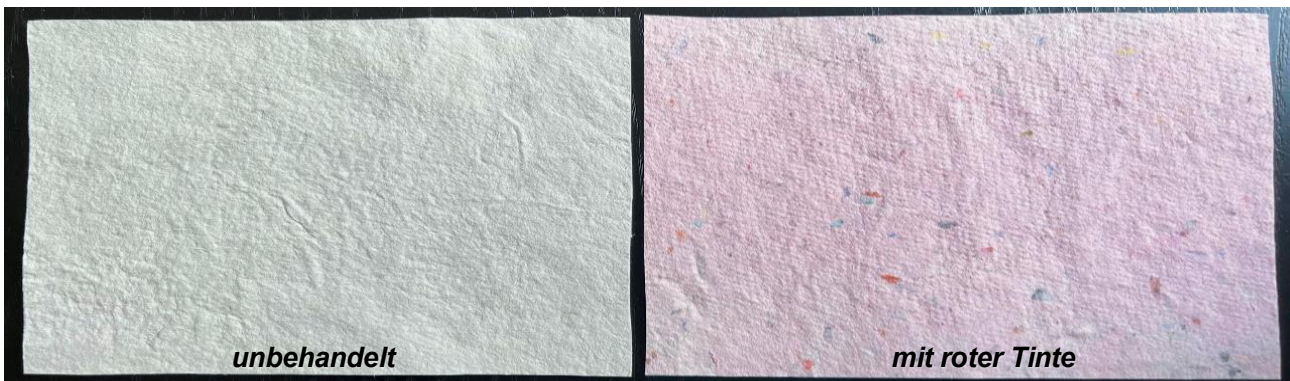
### *Beispiel 1: Rote Tinte*

Der Inhalt einer Tintenpatrone (ca. 15 Tropfen) werden zu 0,5 L Pulpe gegeben. Das Papier schöpft man dann wieder wie gehabt (Schritte 3 bis 6).

Neben der Schutzbrille sind hier unbedingt Schutzhandschuhe zu tragen und alte Gefäße zu verwenden.

### *Beobachtung:*

Das Papier erhält einen schönen rosafarbenen Ton, der beständig ist.



### *Beispiel 2: Johannisbeersaft*

50 mL 100 %-igen Johannisbeersaft haben wir zu 0,5 L Pulpe gegeben.

### *Beobachtung:*

Das Papier erhält einen dunkleren Grauton, der leicht ins Bläuliche übergeht. Auf dem Foto ist der Effekt nicht so deutlich wie in der Realität zu erkennen. Daher wurde die Aufnahme in einem Raum ohne einfallendes Sonnenlicht wiederholt. Allerdings wird das Papier nicht so tiefrot, wie man es aufgrund der Saftfarbe zunächst vermuten würde. Außerdem ist die Farbe nicht lichtecht und mit der Zeit nimmt deren Intensität im Sonnenlicht wieder ab.



## 9. Bleichen (nur für 9./10. Klasse)

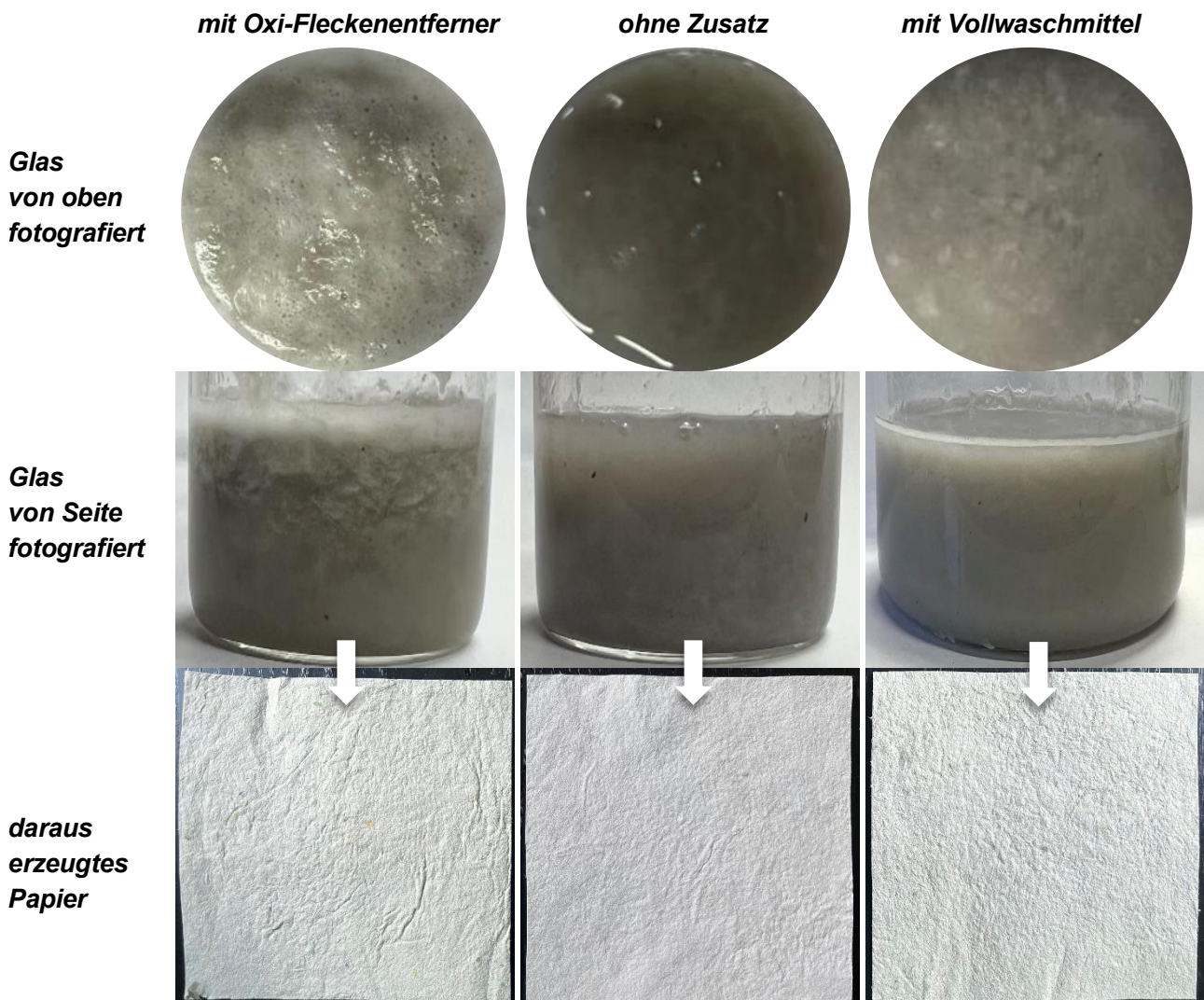
Versetze 0,5 L deiner Pulpe mit etwa so viel Oxi-Power bzw. Oxi-Fleckenentferner (oder Vollwaschmittel) als Pulver, wie laut Verpackung für einen Hauptwaschgang empfohlen wird. Beachte unbedingt die Sicherheitshinweise. Lass die Mischung über Nacht stehen (wähle wegen der Schaumbildung ein großes, offenes Gefäß). Spüle danach die Mischung über einem Sieb mit Wasser aus. Setze dann die Schritte 3 bis 6 fort.

### Durchführung:

In der Aufgabenstellung ist bereits die Angabe des Mischungsverhältnisses angegeben: Werden beim Oxi-Fleckenentferner beispielsweise zwei Dosierlöffel für den Hauptwaschgang empfohlen, so wird im Experiment genau ein Dosierlöffel Pulver zu 0,5 L der Pulpe zugefügt.

### Beobachtungen:

Das Recyclingpapier wird sowohl mit dem Oxi-Fleckenentferner (Oxi-Power) als auch mit Vollwaschmittel etwas heller als ohne Zusatz. Aber das Färben in Schritt 8 ist effektiver. Ein strahlend weißes Papier darf man hier durch das Bleichen also nicht erwarten. Mit dem bloßen Auge ist der Effekt gut zu erkennen, wenn man die beiden Recyclingpapiere (mit und ohne Zusatz) nebeneinanderlegt. Auf dem Foto dagegen tritt dieser Effekt nicht so deutlich wie in der Realität hervor.



### Anmerkungen:

- Beim Farbvergleich ist zu beachten, dass die Mischung mit dem Fleckenentferner Schaum geschlagen hat und auch dadurch schon heller wirkt. Es ist zudem sehr schwer, die Farbunterschiede im Foto festzuhalten.
- Übrigens: Ein Bleichen mit Flecken-Vorwaschspray oder mit Oxidationsmittel zum Färben der Haare hat keine deutlichen Ergebnisse gebracht.

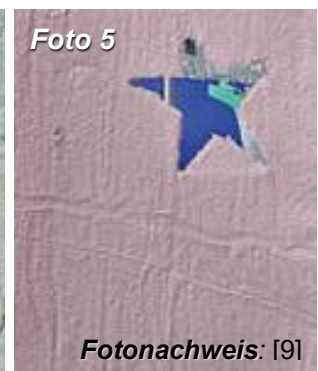
# 10. Gestaltung

Deine Kreativität ist gefragt, indem du deine hergestellten Papiere oder überschüssige Pulpe weiterverarbeitest, z. B.: zu einer verzierten und beschrifteten Grußkarte, zu einem dekorativen Papier mit eingearbeiteten Objekten (z. B. Blüten, Duftstoffe), zu einem Chromatogramm, zu einem dreidimensionalen kunstvollen Gebilde (einer „Plastik“) oder ...

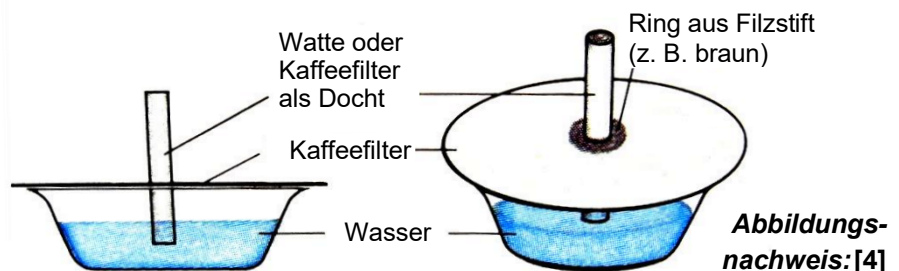
**Durchführung:**

Bei diesem Schritt kann man sich kreativ austoben. Daher werden Ideen hier nur angedeutet:

- Aus dem eigenen Papier kann eine dekorative Gruß-, Geburtstags-, Platzkarte oder ein ästhetisches Lesezeichen hergestellt werden.
- Es lassen sich Grashalme, Kräuter oder kleine Fetzen farbiger Servietten zum Verzieren bzw. Veredeln auf das noch nasse Papier geben. Diese Beimischungen sorgen für Veränderungen in Farbe und Struktur (siehe Foto 1). Komplette, zuvor gepresste Blüten und Blätter lassen sich ebenso zur Dekoration einarbeiten (siehe Fotos 2 und 3).
- Auch Düfte kann man ausprobieren, indem man z. B. Kräuter, Tee oder Duftöle hinzufügt.
- Weitere Farbmuster bzw. Kunstwerke können z. B. mit einem Schwamm aufgetupft, durch Kartoffeldruck aufgebracht oder mit der Frottage-Technik (Gegenstand unter das Papier legen und mit Stift waagrecht darüber reiben) auf das Papier übertragen werden.
- In das Papier kann man Eindrücke (z. B. aus Münzen) gestalten oder Löcher stanzen (siehe Fotos 4 und 5)
- Aus dem eigenen Papier kann durch Origami ein dreidimensionales Objekt (wie ein Papierboot) oder im Sinne des Upcyclings ein Alltagsgegenstand (wie ein Portemonnaie) gefaltet werden.
- Aus überschüssiger Pulpe lässt sich ein dreidimensionales Gebilde (eine „Plastik“) formen.



- Das selbst hergestellte Recycling-Papier eignet sich aufgrund seiner Saugfähigkeit für eine Papierchromatografie.



## THEORIE a) Funktion des Spülmittels

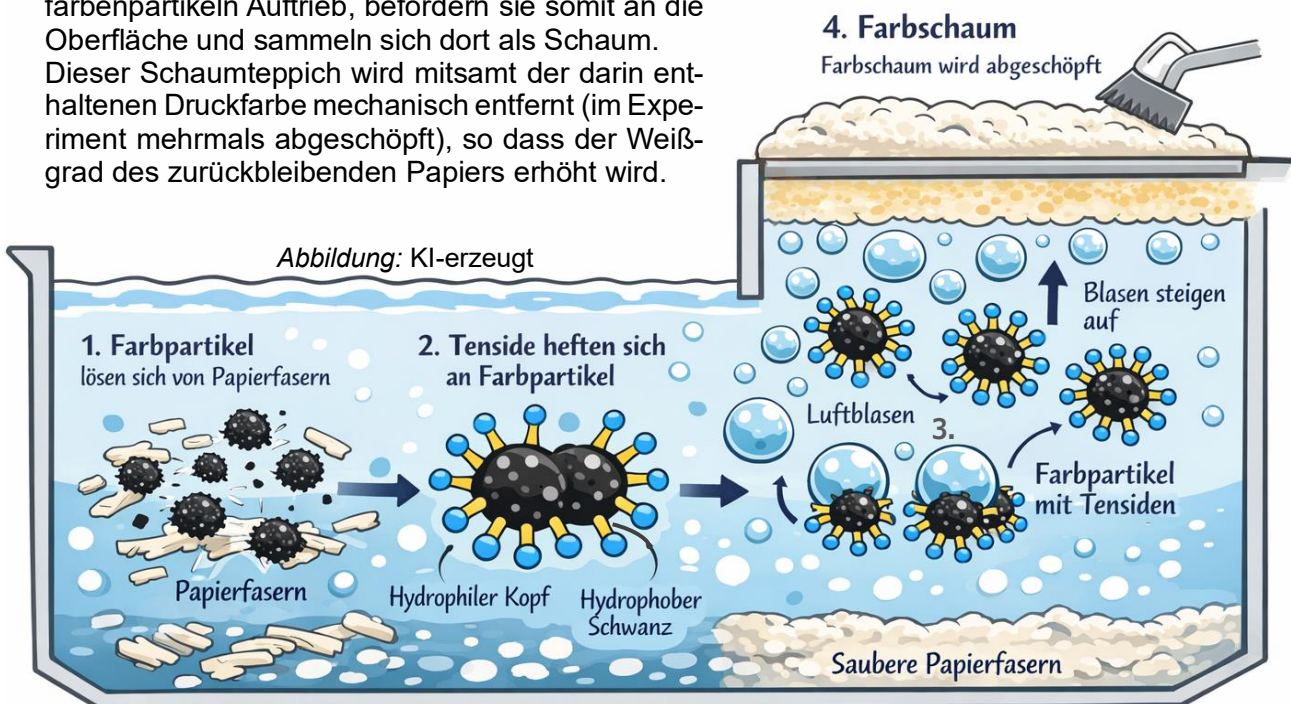
Erkläre in einer dir verständlichen Sprache die Funktion des Spülmittels bei der von dir durchgeführten Flotation.

Flotation (von englisch to float – aufschwimmen) ist allgemein ein physikalisch-chemisches Trennverfahren für feinkörnige Feststoffe, welches auf der unterschiedlichen Oberflächenbenetzbarkeit der Partikel basiert. Das Verfahren findet in einer Flüssigkeit (hier Wasser) und unter Zufuhr von Gas (hier Luft, bedingt durchs permanente Mixen) statt. Dabei werden die an der Faser (hier Papierfaser) haftenden Partikel (hier Farbpartikel) abgetrennt bzw. die in Wasser dispergierten, suspendierten Stoffe durch anhaftende Gasblasen an die Wasseroberfläche transportiert und dort entfernt.

Die Moleküle der Tenside im Spülmittel tragen zwei unterschiedliche Teile: einen hydrophilen Kopf (wasseranziehend) und einen hydrophoben Schwanz (wasserabstoßend). Durch diesen Aufbau können Tenside gleichzeitig mit Wasser und mit den hydrophoben Druckfarbenpartikeln wechselwirken. Hieraus ergibt sich die Funktion des Spülmittels bei der Flotation, welche mit der waschaktiven Wirkung von Tensiden bei der Schmutzablösung von Kleidung vergleichbar ist.

Die Wettbewerbsteilnehmenden können die folgenden Prozesse auch einfacher formulieren:

- **Ablösen der Druckfarbe von den Fasern**  
Die hydrophoben Teile der Tenside lagern sich an die hydrophoben Druckfarbenpartikel an. Dadurch wird die Haftung der Farbe an den Papierfasern reduziert und die Farbpartikel lösen sich von den Fasern. Unterstützt wird dies durch die mechanische Beanspruchung beim Rühren.
- **Hydrophobierung der Farbpartikel**  
Die Tenside richten sich so aus, dass ihre hydrophoben Enden zur Farbe zeigen und ihre hydrophilen Köpfe ins Wasser. Dadurch werden die Farbpartikel stabil in der Suspension verteilt, bleiben aber gleichzeitig gut an Luftblasen anheftbar (siehe folgender Schritt).
- **Anlagerung an Luftblasen**  
Beim Einblasen von Luft entstehen viele kleine Blasen. Bei der Flotation macht man sich zunutze, dass sich die Gasblasen leicht an hydrophobe Oberflächen, also an die Druckfarbenpartikel, anlagern. Voraussetzung ist, dass sich das verwendete Gas (Sauerstoff) selbst schwer in Wasser löst.
- **Schaumbildung und Entfernung der Druckfarbe**  
Die Luftblasen verleihen den hydrophoben Druckfarbenpartikeln Auftrieb, befördern sie somit an die Oberfläche und sammeln sich dort als Schaum. Dieser Schaumteppich wird mitsamt der darin enthaltenen Druckfarbe mechanisch entfernt (im Experiment mehrmals abgeschöpft), so dass der Weißgrad des zurückbleibenden Papiers erhöht wird.



## THEORIE b) Leimungsarten

Beschreibe kurz und prägnant unterschiedliche Vorgehensweisen der Leimung in der Papierindustrie. Erläutere, welche davon du selbst in Schritt 7 genutzt hast.

Es gibt prinzipiell zwei Vorgehensweisen der Leimung, die u. a. zu einer Verbesserung der Beschreibbarkeit führen:

### 1. *Masseleimung*

Das Leimungsmittel wird bereits dem Papierbrei (also der Pulpe) vor dem Schöpfen zugegeben.

### 2. *Oberflächenleimung*

Das Papier wird mit Leim beschichtet oder man zieht die Papiere durch den Leim, so dass die Oberfläche des Papiers damit benetzt wird. Die Oberflächenporen werden durch diese Imprägnierung des Blattes verschlossen. Statt des Begriffes Leimung kann daher sinngemäß der Begriff Imprägnierung verwendet werden.

### **Zusammenhang zum Experiment:**

Im Experiment des Wettbewerbs wurde die Oberflächenleimung erprobt, da die Blattoberfläche mit dem Leim bestrichen wurde. Übrigens: Auch in der Praxis werden häufig Gelatine oder Stärke-derivate eingesetzt.

# THEORIE c) Statistik zur Notwendigkeit des Papierrecyclings

Suche aktuelle Daten (mit Quellenangabe) heraus, mit denen du die Notwendigkeit des Papierrecyclings verdeutlichst, und veranschauliche sie in einem Diagramm. Begründe deine Auswahl.

Mögliche Themen wären beispielsweise:

- Holz-, Wasser- oder Energieverbrauch bei der Herstellung von weißem Papier (ohne Recyclinganteil) und im Vergleich zu Umweltschutzpapier  
Die Einsparungen von Holz, Wasser und Energie durch den Einsatz von Recyclingpapier lassen sich auch durch Vergleiche aus dem Alltag veranschaulichen (z. B. Recyclingpapier spart bei drei DIN A4-Blättern so viel Energie, wie zum Kochen einer Kanne Kaffee benötigt wird, und bezogen auf den jährlichen Verbrauch spart man so viel Wasser, dass damit sechs Badewannen gefüllt werden könnten, siehe [11]).
- Konkretisierung des Holzverbrauchs:  
Wie viel Bäume müssen für eine bestimmte Papiermenge, z. B. für den durchschnittlichen Papierverbrauch einer in Deutschland lebenden Person pro Jahr, gefällt werden?
- Waldrodung:  
Wie groß ist die Regenwaldfläche, die für die Zellstoffproduktion weichen müsste, um daraus den weltweiten Papierverbrauch in einem Jahr zu ermöglichen?
- Einsatzquoten an Altpapier - im Vergleich zum Anteil an Frischfaser bei - für verschiedene, im Haushalt verwendete Papierarten  
(Hinweis: Unterschieden wird Recyclingpapier in drei Qualitätsstufen, je nach Anteil des Altpapiers. Die unteren und mittleren Sorten werden vor allem als Verpackungsmaterial verwendet.)
- Entwicklung des Anteils des Altpapiers an der gesamten Papierproduktion in Deutschland über die Jahre hinweg
- jährlicher Papierverbrauch in Deutschland (oder weltweit) über die Jahre hinweg:  
Zur Verdeutlichung der Menge könnte man sie – wie oben – in greifbare Größen umrechnen, z. B.: Wie hoch wäre der Papierstapel, wenn das gesamte Papier als DIN A4-Format vorläge, und wie häufig könnte man den entstehenden Stapel um den Äquator legen?
- Einwegverpackungen:  
Wie hat sich der jährlicher Papierverbrauch alleine in Deutschland entwickelt, der nur für Einwegverpackungen (wie Pizzakartons, Kaffeebecher, Bäckereitüten, ...) benötigt wird?
- Anteile des exportierten und importierten Altpapiers (Vergleich verschiedener Länder)
- Einsatz von Altpapier als Energieträger in Müllverbrennungsanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung (Entwicklung über die Jahre hinweg):  
Dieses energetisch genutzte Altpapier steht nämlich der Papierindustrie nicht mehr als Rohstoff zur Verfügung.