

Modell der Papierherstellung

Milan Kraitr, Jitka Štrofová

Empfohlene Jahrgangsstufe

7. – 9. Klasse

Zeitraumen

2 – 3 × 45

(1 – 2 Wochen für die Ausarbeitung des Projektes)

Themeneinheit

Mensch und Produktion

Lernziele und Kompetenzentwicklung

- ▶ Die Schüler und Schülerinnen sind fähig, der Arbeitsanweisung zu folgen und ein Blatt Papier herzustellen.
- ▶ Das Papier stellt ein übliches Material, dass im Rahmen des Werkunterrichts und auch im Alltag verwendet wird, dar.
- ▶ Die Schülerinnen und Schüler können die Eigenschaften einzelner Papiermuster vergleichen.
- ▶ Durch die Lösung praktischer Aufgaben gewinnen sie Erfahrungen, die es ihnen ermöglicht, die einzelnen Schritte der Papierherstellung kurz zu beschreiben.
- ▶ Die Lernenden können Beispiele der Papierverwendung im Alltag nennen.
- ▶ Sie sind fähig, einfache Labortätigkeiten (Messen, Wiegen, Filtrierung) durchzuführen und die Sicherheitsrichtlinien sowie die hygienischen Maßnahmen einzuhalten..

Fächerübergreifende Beziehungen

- ▶ **MATHEMATIK** Flächengewichtsberechnung
- ▶ **PAPIERGEWICHTSBERECHNUNG INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIEN** Informationssuche und Informationsverarbeitung

Theoretische Einführung

Papier und Papierprodukte sind eine der wichtigsten in Massen produzierten Verbrauchsgüter. Weltweit werden sie nur von Baumaterialien, Motorbrennstoffen und Stahl überholt. Die Weltproduktion von Papiergütern ist mit der Kunststoffproduktion vergleichbar. Deswegen ist es angemessen, die Schülerinnen und Schüler im Rahmen vom Werkunterricht mit der Papierherstellung bekanntzumachen. Papier wird doch im Alltag sehr oft verwendet.

Heutzutage werden weltweit 400 Mio. Tonnen Papier und Pappe produziert. Pro Kopf werden weltweit jährlich durchschnittlich etwa 55 kg Papier verbraucht. Der Papierverbrauch stellt einen wichtigen Indikator des materiellen und kulturellen Niveaus der Gesellschaft dar. Papier und Pappe werden unter anderem als Verpackungsmaterialien, zur Herstellung von Hygienegütern und zum Schreiben und Druck (sog. „grafische Papiere“) verwendet.

Im Schulunterricht fehlt eine anschauliche Darstellung der Papierherstellung, deren Ausgangspunkt mechanische Operationen darstellen, sodass schon Schülerinnen und Schüler der fünften Klasse dieses verstehen können. Viele von den gegenwärtigen Herstellungsabläufen sind sehr kompliziert und „unübersichtlich“, sodass sie für die Lernenden schwer nachvollziehbar sind. Dies gilt auch, wenn die Lernenden die Möglichkeit bekommen, ein Papierwerk zu besichtigen.

Das Prinzip der Papierherstellung kann, im Unterschied zu Herstellungsprinzipien vieler anderer im Alltag verwendeter Materialien, im Unterricht sehr einfach modelliert werden. Es ist dazu keine außergewöhnliche materielle Ausstattung nötig. Der Ausgangspunkt der praktischen Aufgaben ist das Modell der Fabrikherstellung. Die Grundlage dafür sind mechanische Operationen. Das heißt, dass die Schülerinnen und Schüler manuelle Operationen durchführen und somit ihre Fertigkeiten stärken. Die Lernenden können zwischen einer einfacheren Arbeitsweise, die die klassische Papierherstellung modelliert, und dem Modell der maschinellen Erzeugung wählen. Auch hier sind aber manuelle Fertigkeiten unumgänglich. Die hier vorgeschlagenen Zusatzaufgaben können wahlweise ausgearbeitet werden. Sie ergänzen die Grundaufgaben, die auf die mechanische Papierherstellung ausgerichtet sind. Es handelt sich um die Herstellung von Papierarten mit speziellen Eigenschaften (Farbpapier). Anschließend werden die Papiereigenschaften bewertet.

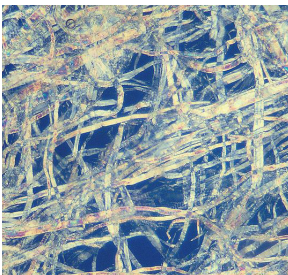


Abb. 1 Zellstoff – 200mal vergrößert

Quelle: cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Zellstoff_200_fach_Polfilter.jpg

Methodischer Teil für Lehrerinnen und Lehrer

THEMENZIELE Das Ziel ist, mithilfe von praktischen Aufgaben die Schülerinnen und Schüler mit dem Prinzip der industriellen Papierherstellung bekanntzumachen.

DAS PRINZIP DER PAPIERHERSTELLUNG Das Papier wird von einer Wassersuspension (Faserbrei), die auch Papierbrei genannt wird, hergestellt. Die Fasern werden verfilzt, entwässert und getrocknet. Die bei der Papierherstellung verwendeten Faserrohstoffe (Zellstoffe – siehe Abbildung 1) enthalten Zellulose, d.h. einen Stoff mit großen Molekülen. Der Papierbrei entsteht durch das Zerfasern

und Zermahlen von Faserrohstoffen. Eventuell werden Zutaten, die die Papiereigenschaften beeinflussen, zugegeben.

Beim Zerfasern und Zermahlen von Faserrohstoffen werden die Zellulosefasern gespaltet. Der Prozess ist dem Aufflechten eines Seils ähnlich. Dadurch entstehen sehr feine Fasern mit einer großen spezifischen Oberfläche (siehe dazu die Abbildung 2a). Im trockenen Papier sind diese miteinander relativ gut verbunden (Abbildung 2b). Wenn aber das Papier nass wird, werden die Fasern von Wasser durchdrungen. Dies ist möglich, weil sich Wasser leicht an die Faseroberfläche bindet. Gerade deswegen ist das nasse Papier wenig fest.

Es gibt verschiedene **Zutaten, die dem Papierbrei** zugefügt werden. Sie hängen von der Papierart ab. Heutzutage gibt es eine große Auswahl. Die meisten Papiere enthalten Naturharz-**Leim**. Der Leim „beklebt“ die Papieroberfläche und erhöht die Beständigkeit des Papiers gegen Wasser. Viele Papierarten, vor allem Druckpapiere, enthalten **Füllkaolin** und andere Füller, die viel von den Papiereigenschaften modifizieren. Das Papier wird zum Beispiel, poröser. Bei Herstellung von Farbpapieren werden üblicherweise **Farbstofflösungen**, die sich an die Faseroberfläche binden, zugefügt. Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts wurden bei der Papierherstellung die Fasern gezogen und aus dem Papierbrei durch einen manuell gesteuertes Sieb abgeschöpft. (Auch heutzutage gibt es das Luxusprodukt **händisch hergestellten Papiers**). Heute wird das Papier aber fast ausschließlich durch kontinuierlich arbeitende Papiermaschinen hergestellt.

Der verdünnte Papierbrei, der mehr als 99 Prozent Wasser enthält, fließt in den nassen Teil der Papiermaschine. **Die Entwässerung des Papierbreis und das Filzen der Fasern** geschieht am unendlichen länglichen Netz (analog dem Förderband) mit einer Quervibration. Zuerst wird der Brei abgeseiht, dann wird Unterdruck

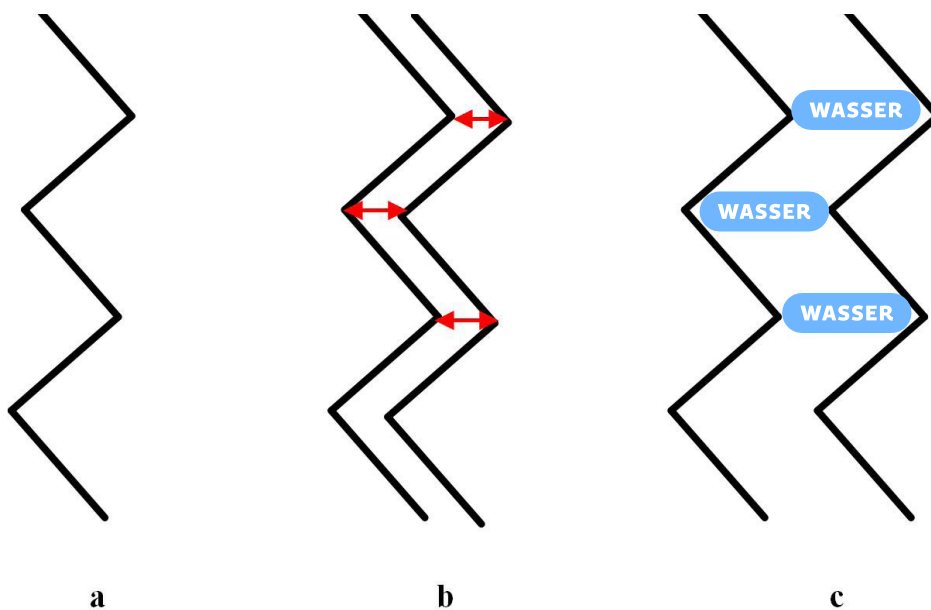


Abb. 2 Verbindungen im Papier:

- a – Zellulosefaser
- b – Zellulosefasern im trockenen Papier
- c – Zellulosefasern im nassen Papier

angewandt, um das restliche Wasser abzusaugen. Die nasse Papierbahn wird zwischen den Zylindern der Papiermaschine gepresst und dann an den beheizten Trockenzylindern bei einer Höchsttemperatur von 70 – 120 °C getrocknet. Bei der **Trocknung** in der Papiermaschine werden vom Papier die letzten Wasserreste entfernt. Hier entsteht das oben erwähnte System von Faserverbindungen,

das auf der Abbildung 2b zu sehen ist. Bei der Trocknung werden außerdem die Leimpartikel zerschmolzen und dadurch das Leimen abgeschlossen.

In dem einführenden Unterrichtsteil führt die Lehrkraft mit den Schülerinnen und Schülern ein Gespräch. Die Lernenden nennen alltägliche Beispiele der Papierverwendung. Außerdem nennen sie verschiedene Papierarten, die sie kennen. In diesem Gespräch werden die Schülerinnen und Schüler kurz die einzelnen Schritte der Papierherstellung kennenlernen. Der Schwerpunkt des Unterrichts liegt auf der Ausarbeitung der praktischen Aufgaben. Diese sollten den Lernenden helfen, das Prinzip der Papierherstellung zu verstehen.

Wir schlagen insgesamt 8 Aktivitäten vor. Die Aktivitäten 1 – 4 stellen verschiedene Varianten des Papierherstellungsmodells vor. Die Aktivität 5 fokussiert sich auf ausgewählte Papiereigenschaften. Die restlichen Aktivitäten sind ergänzend.

Bei der Auswahl der Aktivität soll die Lehrkraft die materielle Ausstattung der Schule, die zur Verfügung stehende Zeit und das Alter der Schülerinnen und Schüler berücksichtigen. Unabhängig von diesen Bedingungen sollten aber mindestens 2 Aktivitäten, nämlich das Erstellen eines Papierblattes und die anschließende Bewertung seiner Eigenschaften, durchgeführt werden.

AKTIVITÄTEN

- ▶ Aktivität 1 – Erstellen eines Papierblattes
- ▶ Aktivität 2 – Erstellen eines Farbpapierblattes
- ▶ Aktivität 3 – Modell der händischen Papierherstellung
- ▶ Aktivität 4 – Modell der händischen Farbpapierherstellung
- ▶ Aktivität 5 – Bewerten der Papiereigenschaften
- ▶ Aktivität 6 – Berechnen der Papierblattgröße
- ▶ Aktivität 7 – Berechnen des Flächengewichts oder wie viel wiegt das Papier
- ▶ Aktivität 8 – Projekt mit dem Thema „Papier“

In der Tabelle 1 wird eine Übersicht aller Aktivitäten und der notwendigen Ausstattung angeführt.

Aktivität 1 (45 Min.)

- ▶ **ERSTELLEN EINES PAPIERBLATTES**
- ▶ **UNTERRICHTSRÄUME** Üblicher Unterrichtsraum mit Wasserleitung, damit die Wasserstrahlpumpe angeschlossen werden kann.
- ▶ **HILFSMITTEL** Zellstoff (in Medizin verwendet, Zellstoff-Toilettenpapier, Aqua Tube Zewa usw.), Schere, Becherglas (250 – 500 ml), Glasstäbchen, Filterpapier, Stabmixer, Nutsche (Durchmesser 9 – 12,5 cm) mit einer Saugflasche (500 – 1000 cm³), Wasserstrahlpumpe, Rolle

Aktivität 2 (45 Min.)

- ▶ **ERSTELLEN EINES FARBPAPIERBLATTES**
- ▶ **UNTERRICHTSRÄUME** Üblicher Unterrichtsraum mit Wasserleitung, damit die Wasserstrahlpumpe angeschlossen werden kann.
- ▶ **HILFSMITTEL** Wie bei Punkt 1. + Farbstoff (Tinte, Blaubeersaft, Brombeersaft, Früchtetee mit Hibiskus, usw.)

Aktivität 3 (45 Min.)

- ▶ **MODELL DER HÄNDISCHEN PAPIERHERSTELLUNG**
- ▶ **UNTERRICHTSRÄUME** Üblicher Unterrichtsraum
- ▶ **HILFSMITTEL** Zellstoff (in Medizin verwendet, Zellstoff-Toilettenpapier, Aqua Tube Zewa usw.), Schere, 2 Bechergläser oder andere Gläser (250 – 400 cm³), Teelöffel, Filterpapier, Kunststoff- oder Metallteesieb (Durchmesser 6 – 8 cm), beliebige Wärmequelle (Trockner, Heizkörper, Haartrockner, Warmluftofen, usw.)

Aktivität 4 (45 Min.)

- ▶ **MODELL DER HÄNDISCHEN FARBPAPIERHERSTELLUNG**
- ▶ **UNTERRICHTSRÄUME** Üblicher Unterrichtsraum
- ▶ **HILFSMITTEL** Wie bei Punkt 4. + Farbstoff (Tinte, Blaubeersaft, Brombeersaft, Früchtetee mit Hibiskus, usw.)

Aktivität 5 (15 – 20 Min.)

- ▶ **BEWERTEN DER PAPIEREIGENSCHAFTEN**
- ▶ **UNTERRICHTSRÄUME** Üblicher Unterrichtsraum
- ▶ **HILFSMITTEL** Proben von dem in den vorigen Aufgaben erstellten Papier, Blautinte, Füller (Durchmesser 0,5 – 2 mm), Filterpapier

Aktivität 6 (10 – 15 Min.)

- ▶ **BERECHNEN DER PAPIERBLATTGRÖSSE**
- ▶ **UNTERRICHTSRÄUME** Üblicher Unterrichtsraum
- ▶ **HILFSMITTEL** Blatt Papier DIN A4, Lineal (30cm), Taschenrechner

Aktivität 7 (10 – 15 Min.)

- ▶ **BERECHNEN DES FLÄCHENGEWICHTS ODER WIE VIEL WIEGT DAS PAPIER**
- ▶ **UNTERRICHTSRÄUME** Üblicher Unterrichtsraum
- ▶ **HILFSMITTEL** Druckpapier, Zeichenpapier, Pappe, Lineal, Taschenrechner, Waage

Aktivität 8 (1 – 2 Wochen)

- ▶ **LANGFRISTIGES PROJEKT, DAS ZU HAUSE DURCHGEFÜHRT WIRD**

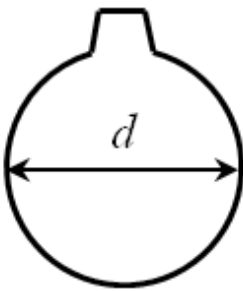


Abb. 3 Papierunterlage für die Nutsche

Alternative mit Hilfsmitteln

Für Schulen mit einer besseren materiellen Ausstattung sind die Aktivitäten 1, 2, 5 – 8. bestimmt.

Bemerkungen zu den einzelnen Aktivitäten

Aktivität 1 – (Erstellen eines Papierblattes) und Aktivität 2 (Erstellen eines Farbpapierblattes) sind für jüngere Schülerinnen und Schüler bestimmt und stellen den grundlegenden Ablauf der Herstellung eines Papierblattes vor. In der ersten Aktivität erstellen die Lernenden ein weißes, in der zweiten Aktivität ein buntes Blatt Papier. Die Lernenden arbeiten in Zweier- oder Dreiergruppen. Entweder führen alle Schülerinnen und Schüler eine der zwei Aktivitäten durch, oder den Gruppen werden verschiedene Aktivitäten zugeteilt. Da in den weiteren Aktivitäten (Aktivität 5) die Eigenschaften des hergestellten Papiers bewertet werden, ist es empfehlenswert, beide Aktivitäten durchzuführen. Je nachdem, wie groß die zur Verfügung stehende Nutsche ist, muss die Menge des Zellstoffes berechnet werden. Für eine Fläche von 1 dm^2 braucht man etwa $0,8 \text{ g}$ Zellstoff, was einem Filterpapier von $8 \times 8 \text{ cm}$ bzw. einem Stück des in der Medizin verwendeten Zellstoffs von $8 \times 5 \text{ cm}$ (kann in einer Apotheke oder im Sanitätsfachhandel gekauft werden) entspricht. Die Menge von Toilettenpapier bzw. der Aqua-Tube-Rolle muss man im Vorfeld bedenken. Bereiten Sie vor dem Unterricht eine Pappenschablone, die die Schülerinnen und Schüler als Muster beim Schneiden von den Unterlagen für die Nutsche verwenden, vor (Abbildung 3). Lassen Sie an der Unterlage einen Griff überstehen, der es später einfacher macht, das nasse Filterpapier aus der Nutsche rauszunehmen. Abschließend wird das Blatt getrocknet. Falls ihnen keine Trockenanlage, kein Heizkörper bzw. kein Warmluftofen zur Verfügung steht, können Sie das Papier bis zu der nächsten Unterrichtsstunde trocknen lassen.

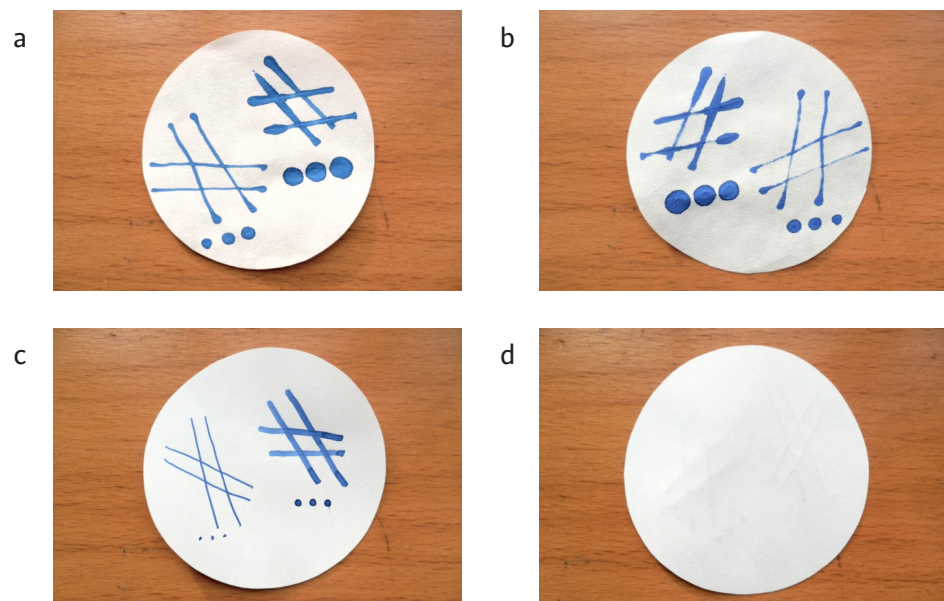


Abb. 4 Vergleich vom Papier mit und ohne Leim
 a – Papier ohne Leim, rechte Seite;
 b – Papier ohne Leim, linke Seite;
 c – Papier mit Leim, rechte Seite;
 d – Papier mit Leim, linke Seite

Ein (weißes oder buntes) Blatt Papier wird im Rahmen einer Unterrichtsstunde erstellt. Für die folgende Unterrichtsstunde kann man die **Aktivität 5 (Bewerten der Papiereigenschaften)** einplanen. Die Schülerinnen und Schüler vergleichen

die Eigenschaften von Papier mit und ohne Leim und vom weißen und farbigen Papier. Die Muster vom eigenhändig erstellten Papier ohne zugefügten Leim werden mit gekauftem Leimpapier verglichen. Es kann übliches Schreibpapier oder Druckpapier und Kopierpapier verwendet werden. Auf der Abbildung 4 wird der Vergleich der Papiere mit und ohne Leim abgebildet. Die dünneren Linien entsprechen der Strichdicke 0,5 mm Durchmesser, wobei die dickeren Linien der Strichdicke 2,5 mm Durchmesser entsprechen.

Aktivität 6 und **Aktivität 7** sollten die Schülerinnen und Schüler selbständig durchführen. Diese zwei Aktivitäten können wahlweise ausgearbeitet werden. Die Entscheidung, ob die Aktivität 8 (das Projekt) zur Pflicht wird oder nur wahlweise ausgearbeitet werden kann, ist von der Lehrkraft zu treffen. Die Lehrkraft ist auch für die Art und den Schwerpunkt der Aktivität verantwortlich.

Alternative ohne Hilfsmittel

Für Schulen mit schlechterer materiellen Ausstattung sind die Aktivitäten 3 – 8 bestimmt.

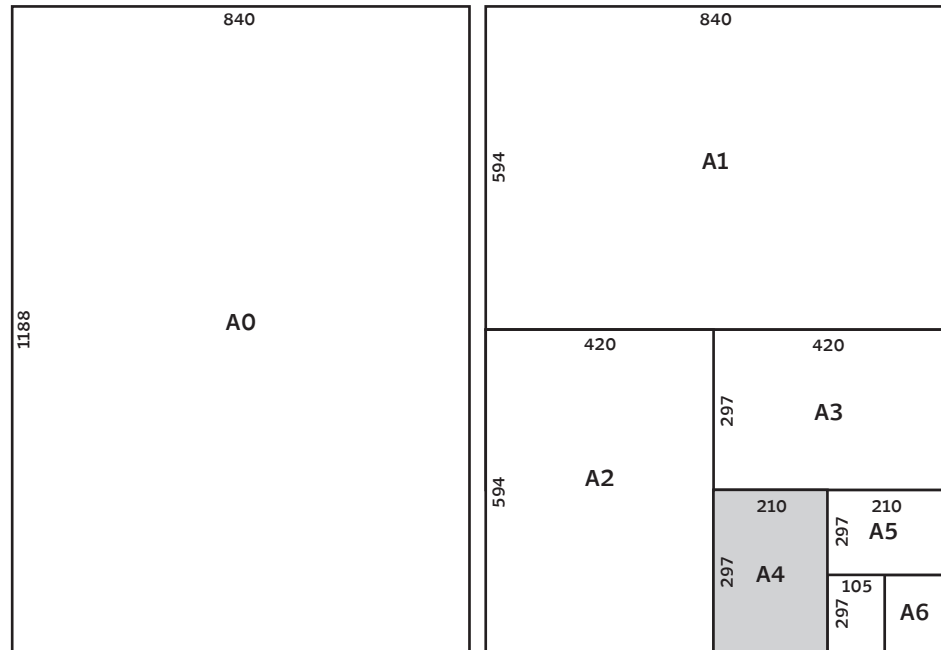
Bemerkungen zu den einzelnen Aktivitäten

Aktivität 3 (Modell der händischen Papierherstellung) stellt eine vereinfachte Variante der Aktivität 1 dar. Die hier vorgeschlagene Vorgehensweise kann in einem üblichen Unterrichtsraum mit einer minimalen Ausstattung (siehe dazu die Tabelle 1) durchgeführt werden. In diesem Fall brauchen wir keinen Stabmixer und keine Wasserstrahlpumpe. Der Zellstoff muss sorgfältig in möglichst kleine Stücke gerissen werden. Das beste Material ist hier die Aqua-Tube-Rolle vom Zewa-Toilettenpapier. Diese zerfällt nämlich spontan im Wasser. Der Papierbrei wird direkt in das Sieb gegossen. Es ist wichtig, dass das Sieb gleichmäßig gefüllt wird. Wenn das überflüssige Wasser abtropft, werden 2 – 3 Papierunterlagen (siehe die Abbildung 3) auf den Papierbrei gelegt. Diese erleichtern das Rausnehmen des nassen Blattes Papier aus dem Sieb.

Aktivität 4 (Modell der händischen Farbpapierherstellung) stellt eine vereinfachte Variante der Aktivität 2 dar. Weiter gelten dieselben Empfehlungen als in der vorigen Aktivität. Auch hier ist es empfehlenswert, dass eine Gruppe ein weißes und eine andere Gruppe ein buntes Blatt Papier erstellt.

Die Hinweise zu den Aktivitäten 5 – 8 bleiben in der Alternative ohne Hilfsmittel gleich.





LÖSUNG DER AKTIVITÄT 6 Eine **Exkursion** in eine Fertigungsstelle, wo Papier händisch hergestellt wird, stellt eine geeignete Ergänzung dieses Themas dar. Das Papier wird hier sehr einfach hergestellt und seine Herstellung entspricht den hier vorgestellten praktischen Aktivitäten. In Mitteleuropa gibt es ein paar Manufakturen, wo Papier händisch hergestellt wird. In der Regel handelt es sich um geschützte technische Denkmale. Oft handelt es sich um lebendige Museumsexpositionen, die für Schulexkursionen ausgestattet sind, sodass die Bedingungen ideal für Schulen von der naheliegenden Umgebung sind. Die Schulen, die weiter entfernt sind, können eine solche Exkursion im Rahmen eines Schulausflugs absolvieren.

Ausgewählte Beispiele der Papierfertigungsstellen

- ▶ **Deutschland** Technisches Museum Papiermühle Niederzwonitz (Sachsen)
- ▶ <http://www.zwoenitz.de/stadtleben/kultur-freizeit/museen/papiermuehle/>
- ▶ **Tschechien** Händische Papierfertigungsstelle Velké Losiny://www.rpvl.cz/en
- ▶ **Slowakei** Papier PETRUS, Prietrž, Landkresi Senica
- ▶ <http://www.rucnypapier.sk/index.php?lang=en&op=exkurzie>

Materialien und Links

- [1] https://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Zellstoff_200_fach_Polfilter.jpg
- [2] Blažej, A., Krkoška, P.: Technologija výroby papiera. Alfa, Bratislava 1989.
- [3] Hnětkovský, V.: Zkoušení papíru. SNTL, Praha 1977.

Papier und seine Herstellung

Papier besteht aus Zellulosefasern. **Zellulose** ist ein Naturstoff und Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellen. Sie besteht aus großen Molekülen, die zu feinen Bänden gebündelt sind. Durch ihre Verbindungen entstehen die Zellulosefasern.

Der Grundrohstoff der Papierherstellung ist der sogenannte **Zellstoff**. Der Zellstoff besteht aus Zellulose und kleinen Mengen anderer Stoffe. Zellstoffe werden durch eine Kombination von mechanischen und chemischen Abläufen aus Holz oder einjährigen Pflanzen (Gräsern usw.) gewonnen.

Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts wurde Papier manuell hergestellt. Heutzutage stellt das händisch hergestellte Papier ein Luxusprodukt dar. Heutzutage wird Papier industriell hergestellt durch eine kontinuierlich funktionierende Papiermaschine.

Die Papierherstellung kann in 4 Phasen geteilt werden:

1. Papierbreivorbereitung und Papierbreibearbeitung
2. Entwässerung
3. Pressen
4. Trocknen

PAPIERBREIVORBEREITUNG UND PAPIERBREIBEARBEITUNG Durch **Zerfasern und Zermahlen des Zellstoffes** entsteht eine Wassersuspension (ein Brei). Diese wird auch Papierbrei genannt. Dies stellt die erste Herstellungsphase dar. Je nachdem, welche Art Papier hergestellt wird, werden verschiedene Zutaten zugegeben. Es können z.B. **Leime**, die das Papier beständiger gegen Wasser machen, zugegeben werden. Oder es können **Farbstoffe** zugegeben werden. Dies ist bei Herstellung von buntem Papier der Fall. Eine andere Möglichkeit stellt der **Füllkaolin** dar. Dieser erleichtert das Bedrucken von Papier.

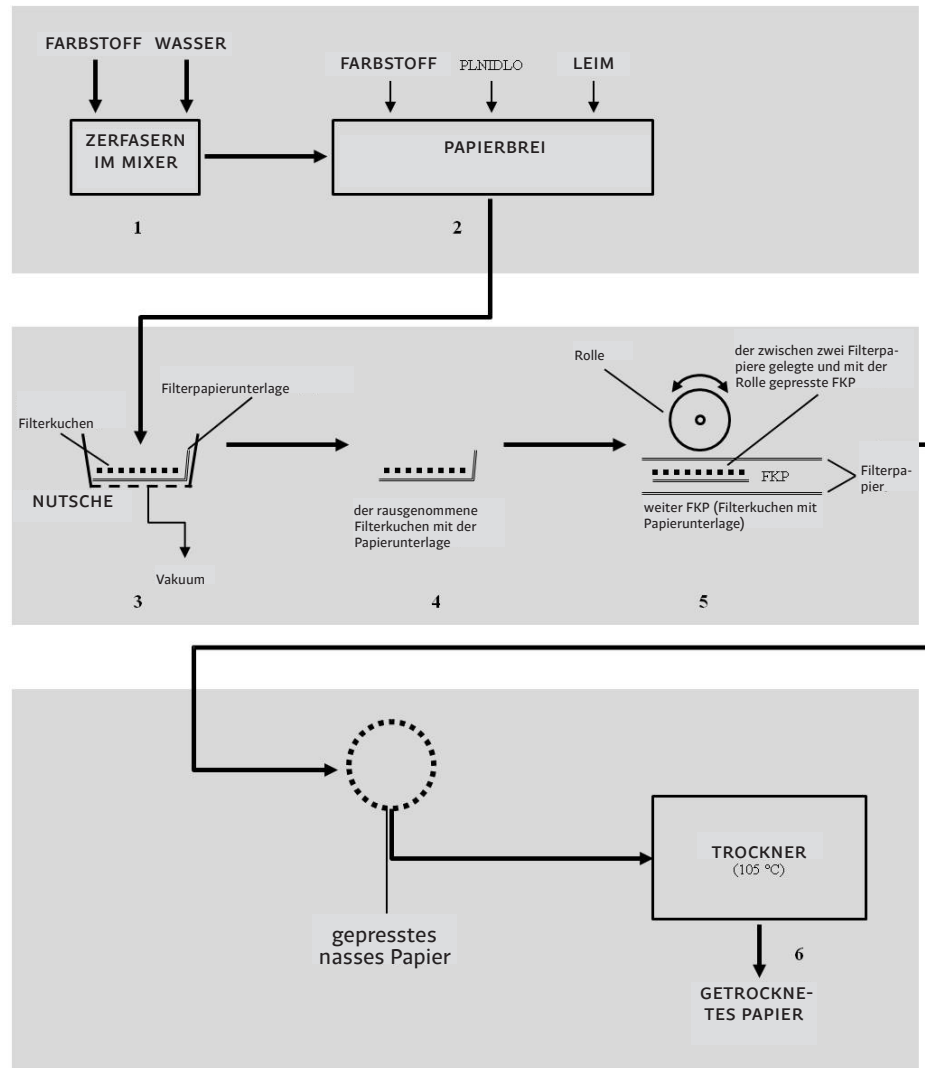
ENTWÄSSERUNG Der Papierbrei wird mit Wasser verdünnt, sodass er auf das vibrierende Sieb der Papiermaschine fließt. Hier wird er entwässert. Zuerst ist die Gravitation dafür verantwortlich, dass das überflüssige Wasser abfließt. Das restliche Wasser wird später durchs Vakuum abgesaugt.

PRESSEN Die nasse Papierbahn wird zwischen Zylinder aus Filzstoff gepresst.

TROCKNEN Das Papier wird an den beheizten Trockenzylindern bei einer Temperatur über 100 °C getrocknet. In dieser Phase wird das restliche Wasser entfernt. Außerdem wird das Leimen abgeschlossen, da bei höheren Temperaturen die Leimpartikel schmelzen.

Die Tätigkeiten, die die einzelnen Phasen der Papierherstellung modellieren, sind schematisch auf der Abbildung 5 abgebildet. Die folgenden praktischen Aufgaben stellen das Modell der Papierherstellung dar. Sie erlauben es euch, die einzelnen Phasen der Papierherstellung kennenzulernen. Ihr werdet ein eigenes Blatt Papier herstellen und seine Eigenschaften erkunden.

Abb. 5 Schema der Vorführung der Papierherstellung 1–2 Papierbreivorbereitung, 2–5 Nass-Partie der Papiermaschine, 6 Trocknung in der Papiermaschine



Aktivität 1 – Erstellen eines Papierblattes (grundlegende Vorgehensweise)

HILFSMITTEL Zellstoff (in Medizin verwendet, Zellstoff-Toilettenpapier, Aqua Tube Zewa usw.), Schere, Becherglas (250 – 500 ml), Glasstäbchen, Filterpapier, Stabmixer, Nutsche (Durchmesser 9 – 12,5 cm) mit einer Saugflasche (500 – 1000 cm³), Wasserstrahlpumpe, Rolle

VORGEHENSWEISE

1. Zerreißt oder zerschneidet den Zellstoff in kleine Stücke, gebt sie in das Becherglas und übergießt sie mit 70 – 100 cm³ Wasser.
2. Schneidet der Schablone nach aus dem Filterpapier eine Einlage für die Nutsche aus.
3. Mixt den Zellstoff sorgfältig mit dem Wasser in dem Becherglas. Verdünnt den entstandenen Brei mit Wasser, sodass 100 – 150 cm³ Brei entstehen.
4. Setzt die Nutsche mit der Einlage an die Saugflasche an. Rührt die Wassersuspension mit dem Glasstäbchen und gießt sie in die Nutsche. Schüttelt das Becherglas, damit sich die Suspension in der Nutsche gleichmäßig verteilt.
5. Setzt die Saugpumpe an. Erhöht schrittweise den Druck und saugt das überflüssige Wasser ab.
6. Nehmt das nasse Blatt Papier zusammen mit der Einlage vorsichtig heraus. Legt es zwischen 2 Filterpapierblätter und presst es mit der Rolle.
7. Löst das entwässerte und gepresste Papier vorsichtig von der Papierunterlage ab. Legt es auf eine trockene Papierunterlage und legt es in den Trockner. Die Temperatur soll auf 105°C eingestellt werden. Falls euch kein Trockner zur Verfügung steht, könnt ihr das nasse Papier auf einem Heizkörper trocknen. Eventuell könnt ihr es auch bis zum nächsten Tag frei trocknen lassen.



2

ARBEITSBLATT

Aktivität 2 – Erstellen eines Farbpapierblattes

HILFSMITTEL Zellstoff (in Medizin verwendet, Zellstoff-Toilettenpapier, Aqua Tube Zewa usw.), Farbstoff (Tinte, Blaubeersaft, Brombeersaft, Früchtetee mit Hibiskus, usw.), Schere, Becherglas (250 – 500 ml), Glasstäbchen, Filterpapier, Stabmixer, Nutsche (Durchmesser 9 – 12,5 cm) mit einer Saugflasche (500 – 1000 cm³), Wasserabsaugpumpe, Rolle

VORGEHENSWEISE

1. Zerreißt oder zerschneidet den Zellstoff in kleine Stücke, gebt sie in das Becherglas und übergießt sie mit 70 – 100 cm³ Wasser.
2. Schneidet der Schablone nach aus dem Filterpapier eine Einlage für die Nutsche aus.
3. Mixt den Zellstoff sorgfältig mit dem Wasser in dem Becherglas.
4. Fügt dem entstandenen Brei (der Suspension) den Farbstoff zu. Die Art des Farbstoffes hängt von dem gewünschten Farbton ab. Verdünnt den Brei mit Wasser, sodass 100 – 150 cm³ Brei entstehen.
5. Setzt die Nutsche mit der Einlage an die Saugflasche an. Rührt die Wassersuspension mit dem Glasstäbchen und gießt sie in die Nutsche. Schüttelt das Becherglas, damit sich die Suspension in der Nutsche gleichmäßig verteilt.
6. Setzt die Saugpumpe an. Erhöht schrittweise den Druck und saugt das überflüssige Wasser ab.
7. Nehmt vorsichtig das nasse Blatt Papier zusammen mit der Einlage vorsichtig heraus. Legt es zwischen 2 Filterpapierblätter und presst es mit der Rolle.
8. Löst das entwässerte und gepresste Papier vorsichtig von der Papierunterlage ab. Legt es auf eine trockene Papierunterlage und legt es in den Trockner. Die Temperatur soll auf 105°C eingestellt werden. Falls euch kein Trockner zur Verfügung steht, könnt ihr das nasse Papier auf einem Heizkörper trocknen. Eventuell könnt ihr es auch bis zum nächsten Tag frei trocknen lassen.

Aktivität 3 – Modell der händischen Papierherstellung



HILFSMITTEL Zellstoff (in Medizin verwendet, Zellstoff-Toilettenpapier, Aqua Tube Zewa usw.), Schere, 2 Bechergläser oder andere Gläser ($250 - 400 \text{ cm}^3$), Teelöffel, Filterpapier, Kunststoff- oder Metallteesieb (Durchmesser $6 - 8 \text{ cm}$), beliebige Wärmequelle (Trockner, Heizkörper, Haartrockner, Warmluftofen, usw.)

VORGEHENSWEISE

1. Die Zellstoffmenge hängt von der Siebgröße ab. Der Siebdurchmesser von 6 cm entspricht etwa der Hälfte der Aqua-Tube-Rolle vom Zewa-Toilettenpapier. Der Siebdurchmesser von 8 cm entspricht etwa der ganzen Rolle. Falls ihr ein anderes Material (medizinischen Zellstoff, Toilettenpapier) verwendet, wird die Lehrkraft die Menge genauer angeben.
2. Zerreißt oder zerschneidet den Zellstoff in kleine Stücke, gebt sie in das 250 cm^3 große Becherglas und übergießt sie mit $40 - 50 \text{ cm}^3$ Wasser. Falls ihr eine Aqua-Tube-Rolle verwendet, müsst ihr sie nicht zerreißen, da sie von alleine zerfällt. Rührt die entstandene Mischung mit dem Löffel. Falls ihr Toilettenpapier verwendet, müsst ihr die Faserwolken $2 - 3$ Minuten lang intensiv rühren.
3. Schneidet aus dem Filterpapier $2 - 3$ Kreisunterlagen mit einem Zahn aus. Die Größe der Unterlagen muss dem Durchmesser des Siebs entsprechen.
4. Verdünnt die Mischung mit Wasser, sodass $100 - 150 \text{ cm}^3$ entstehen. Rührt die Mischung wieder und gießt die Mischung unter ständigem Schütteln auf das Sieb. Legt während des Gießens ein größeres Becherglas von etwa 400 cm^3 unter das Sieb.
5. Legt das Sieb mit dem Papierbrei auf ein Becherglas und lasst das Wasser abtropfen.
6. Wartet eine Weile ab. Legt die vorbereiteten Unterlagen vom Filterpapier auf die Filzschicht des Papierbreis auf dem Sieb. Drückt sie leicht mit der Hand und nehmt die Unterlagen zusammen mit dem entstandenen Papierblatt vorsichtig aus dem Sieb raus.
7. Trocknet alles mehrmals zwischen Filterpapierblättern.
8. Löst das entstandene Papierblatt vorsichtig von den Papierunterlagen ab. Lasst es trocknen.
9. Ihr könnt das Papier in einem Trockner oder einem Heißluftofen (die Temperatur soll auf 150 °C eingestellt werden) trocknen lassen. Das Papier kann auch auf einem Heizkörper trocknen, eventuell könnt ihr es mit einem Haartrockner trocknen oder bis zum nächsten Tag frei trocknen lassen.

4

ARBEITSBLATT

Aktivität 4 – Modell der händischen Farbpapierherstellung

HILFSMITTEL Zellstoff (in Medizin verwendet, Zellstoff-Toilettenpapier, Aqua Tube Zewa usw.), Farbstoff (Tinte, Blaubeersaft, Brombeersaft, Früchtetee mit Hibiskus, usw.), Schere, 2 Bechergläser oder andere Gläser (250 – 400 cm³), Teelöffel, Filterpapier, Kunststoff- oder Metallteesieb (Durchmesser 6 – 8 cm), beliebige Wärmequelle (Trockner, Heizkörper, Haartrockner, Warmluftofen, usw.)

VORGEHENSWEISE

1. Die Zellstoffmenge hängt von der Siebgröße ab. Der Siebdurchmesser von 6 cm entspricht etwa der Hälfte der Aqua-Tube-Rolle vom Zewa-Toilettenpapier. Der Siebdurchmesser von 8 cm entspricht etwa der ganzen Rolle. Falls ihr ein anderes Material (medizinischen Zellstoff, Toilettenpapier) verwendet, wird die Lehrkraft die Menge genauer angeben.
2. Zerreißt oder zerschneidet den Zellstoff in kleine Stücke, gebt sie in das 250 cm³ große Becherglas und übergießt sie mit 40 – 50 cm³ Wasser. Falls ihr eine Aqua-Tube-Rolle verwendet, müsst ihr sie nicht zerreißen, da sie von alleine zerfällt. Rührt die entstandene Mischung mit dem Löffel. Falls ihr Toilettenpapier verwendet, müsst ihr die Faserwolken 2 – 3 Minuten lang intensiv rühren.
3. Schneidet aus dem Filterpapier 2 – 3 Kreisunterlagen mit einem Griff aus. Die Größe der Unterlagen muss dem Durchmesser des Siebs entsprechen.
4. Fügt den Farbstoff dem entstandenen Brei (der Suspension) zu. Die Art des Farbstoffes hängt von dem gewünschten Farbton ab. Verdünnt den Brei mit Wasser, sodass 100 – 150 cm³ Brei entstehen. Rührt die Mischung wieder und gießt die Mischung unter ständigem Schütteln auf das Sieb. Legt während des Gießens ein größeres Becherglas von etwa 400 cm³ unter das Sieb.
5. Legt das Sieb mit dem Papierbrei auf ein Becherglas und lasst das Wasser abtropfen.
6. Wartet eine Weile ab. Legt die vorbereiteten Unterlagen vom Filterpapier auf die Filzschicht des Papierbreis auf dem Sieb. Drückt sie leicht mit der Hand und nehmt die Unterlagen zusammen mit dem entstandenen Papierblatt vorsichtig aus dem Sieb raus.
7. Trocknet alles mehrmals zwischen Filterpapierblättern.
8. Löst das entstandene Papierblatt vorsichtig von den Papierunterlagen ab. Lasst es trocknen.
9. Ihr könnt das Papier in einem Trockner oder einem Heißluftofen (die Temperatur soll auf 150 °C eingestellt werden) trocknen lassen. Das Papier kann auch auf einem Heizkörper trocknen, eventuell könnt ihr es mit einem Haartrockner trocknen oder bis zum nächsten Tag frei trocknen lassen.

Aktivität 5 – Bewerten der Papiereigenschaften

Vergleicht die Eigenschaften vom Papier mit und ohne zugegebenen Leim

- a) Vergleicht die Eigenschaften vom Papier mit und ohne zugegebenen Leim.
- b) Erprobt, wie stark der Farbstoff auf dem Papier hält.

HILFSMITTEL Proben von in den vorigen Aufgaben erstelltem Papier, Blautinte, Füller (Durchmesser 0,5 – 2 mm), Filterpapier

VORGEHENSWEISE

- a) **Vergleicht die Eigenschaften vom Papier mit und ohne zugegebenen Leim**

Der Unterschied kann sehr einfach festgestellt werden. Schreibt mit dem Füller mit blauer Tinte ein paar parallele und diagonale Linien auf die Probe des mit Leim angereicherten Papiers. Schreibt dasselbe Muster auf das Papier ohne zugegebenen Leim. Vergleicht die beiden Papierproben.

- b) **Wie stark hält der Farbstoff auf dem Papier?**

Taucht die Probe des getrockneten Farbpapiers kurz in Wasser ein. Nehmt sie raus und legt sie auf ein sauberes Blatt Filterpapier. Wie stark wurde der Farbstoff ins Wasser ausgeschwemmt? Ist an dem weißen Filterpapier eine farbige Spur geblieben?

6

ARBEITSBLATT

Aktivität 6 – Berechnen der Papierblattgröße

Es gibt verschiedene Papiergrößen, sogenannte Papierformate. Sie werden durch große Buchstaben und eine Nummer gekennzeichnet, zum Beispiel DIN A4, DIN A5, DIN B2 oder DIN C2. Die Grundformatreihe ist die A-Reihe, in der das Verhältnis zwischen den Seitenlängen $1 : \sqrt{2}$ beträgt. Das DIN A0 stellt das Grundformat dar. Seine Fläche beträgt 1 m^2 . Das DIN A1 Format und alle weiteren Formate entstehen dadurch, dass die längere Seite halbiert wird. Die genaue Vorgehensweise wird auf der Abbildung 6 gezeigt. Die Seitenlängen werden auf ganze Millimeter abgerundet.



Bemesst die Seitenlängen eines DIN A4 Blattes. Berechnet die Größen der restlichen Formate und ergänzt diese in der Abbildung 6. Gebt die Größen in Millimeter an.

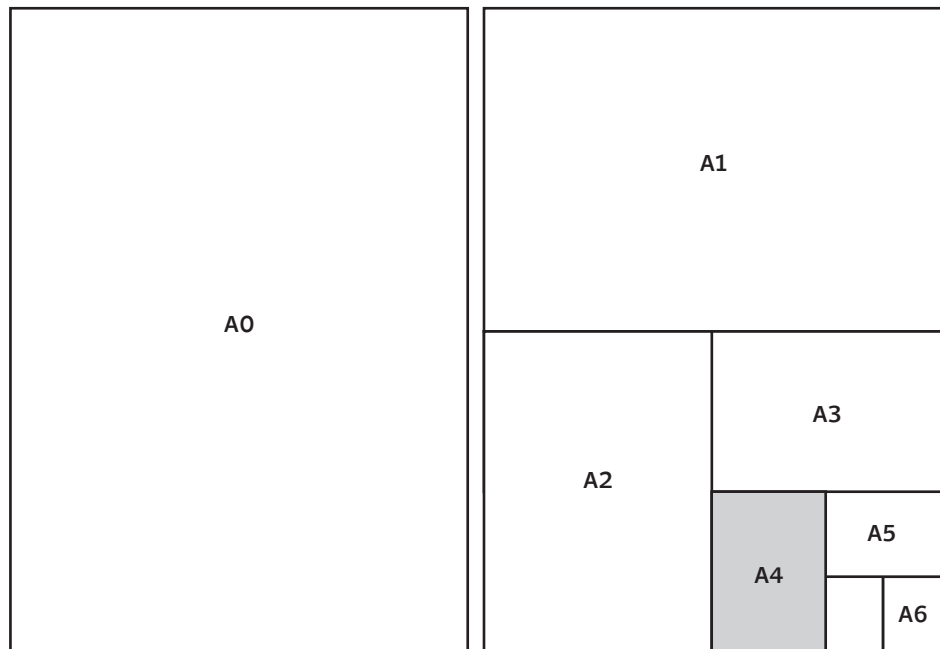


Abb. 6 Papierformat – Reihe DIN A

Aktivität 7 – Berechnen des Flächengewichts oder wie viel wiegt das Papier

Die Papierblätter können unterschiedlich groß aber auch unterschiedlich dick sein. Für unterschiedliche Papierarten wird das Papiergewicht, also das Flächengewicht angegeben. Dieses wird auf die Fläche von 1 Quadratmeter bezogen. Je höher das Papiergewicht, desto stärker das Papier.

Bereitet euch verschiedene Papierproben – übliches Druckpapier, Zeichenpapier, Pappe usw. vor. Bemesst die Größe jeder Probe und berechnet die Fläche. Wiegt dann die Proben und berechnet das Flächengewicht (in g/m^2). Ergänzt die berechneten Angaben in der folgenden Tabelle:



Papierart	Größe, cm x cm	Fläche, cm^2	Fläche, m^2	Gewicht, g	Papiergewicht, g/m^2
Druckpapier					
Zeichenpapier					

Aktivität 8 – Projekt mit dem Thema „Papier“



Sucht in der Literatur und im Internet Informationen über Papierherstellung, Papierarten und alltägliche Papierverwendung. Sortiert die Informationen, ergänzt den Text mit Bildern und Proben von unterschiedlichen Papierprodukten. Bearbeitet das Projekt auf einem Plakat (Zeichenpapier DIN A3 und größer).