



Papier FORSCHER HEFT

IDEENGEBER UND AUTOREN



Prof. Hans Eck, MA

Unterrichtete Fachdidaktik für Naturwissenschaften am Institut für Professionalisierung in der Elementar- und Primarpädagogik an der Pädagogischen Hochschule Steiermark und war Lehrender bei den Universitätslehrgängen „Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer-Naturwissenschaften in der Grundschule und in der Sekundarstufe“, Universität Klagenfurt.

Kontakt: hans.eck@ainet.at



Dr. rer. nat. DI Birgit Pudelski

Als Team-Mitglied von proHolz Steiermark ist Birgit Pudelski das direkte Bindeglied zwischen den Papierbetrieben und den Schulen und Kindergärten. Sie arbeitet mit großem Engagement mit Kindern, Jugendlichen und Pädagogen und bringt ihnen bei Workshops, Fortbildungen oder bei Veranstaltungen die Themen Wald, Holz und Papier näher. Als passionierte Biologin und Naturwissenschaftlerin bringt sie ihre Leidenschaft für das Experimentieren und Forschen in das Papierforscherheft ein.

Kontakt: pudelski@proholz-stmk.at



Mag. Petra Seebacher

Petra Seebacher ist vom ersten Tag an als Mitarbeiterin von proHolz Steiermark bei der Initiative „Papier macht Schule“ mit dabei. Als aktive Netzwerkerin ist sie Drehscheibe zwischen den pädagogischen Institutionen, Schulen und den Papierbetrieben. Unter ihrer Federführung entstanden in Kooperation mit der Pädagogischen Hochschule Steiermark zahlreiche Lehr- und Lernmittel, die von den Bildungseinrichtungen bestens angenommen werden.

Kontakt: seebacher@proholz-stmk.at



Dr. Erich Reichel

Lehramtsstudium für die Fächer Physik u. Mathematik, Doktorat aus Biophysik an der Univ. Graz. Professor am BG/BRG Seebachergasse, Graz und an den Pädagog. Akademien des Bundes und der Diözese Graz Seckau. Mitarbeiter im Auftrag des Bundesministeriums für Bildungsstandards Physik. Hochschulprofessor am Projekt Fachdidaktik in der naturwissenschaftlich-technischen Bildung an der Pädagog. Hochschule Steiermark. Gründer und Leiter des Fachdidaktikzentrums für naturwissenschaftlich-technische Bildung (NATech) an der Pädagog. Hochschule Steiermark.

Kontakt: erich.reichel@phst.at



Prof. Eduard Schittelkopf

Institut für Sekundarstufe Allgemeinbildung der Pädagogischen Hochschule Steiermark; Hochschullehrer für Physik und Chemiedidaktik (im Ruhestand)

Kontakt: eduard.schittelkopf@aon.at

VORWORT

- » **Warum saugen Küchenrolle oder Taschentücher Flüssigkeiten besonders schnell auf?**
- » **Welches Holz wird für die Papierproduktion verwendet?**
- » **Warum ist die Fichte besonders gut für die Papierherstellung geeignet?**
- » **Was haben Wespen mit Papier zu tun?**
- » **Was hat „Sauerkraut“ mit der Papiererzeugung zu tun?**
- » **Kann man den „Stoffauflauf“ essen?**
- » **Wie kommt das Wasserzeichen in den Geldschein?**



FRAGEN DIR DEINE SCHÜLER AUCH LÖCHER IN DEN BAUCH?

Genau deshalb haben wir von „Papier macht Schule“ dieses Papierforscherheft entwickelt. Die Fragen, die damit beantwortet werden, stammen aus zahlreichen Fortbildungen, Pädagogen-Workshops und natürlich von der langjährigen Arbeit mit den Kindern und Jugendlichen.

Wir laden euch ein, mit diesem Heft Papier und Karton einmal von einer ganz neuen Seite kennen zu lernen und die Materialien mit spannenden Experimenten zu erforschen. Viele der Experimente sind auch Inhalt von Fortbildungen, die an mehreren Pädagogischen Hochschulen in Österreich angeboten werden. Wir wünschen euch viel Spaß beim Lesen, Forschen und Experimentieren und freuen uns, wenn ihr uns eure Anregungen und Erfahrungen unter info@papiermachtschule.at weitergebt.

Euer Team von „Papier macht Schule“



PS: Aktuelle Fortbildungs- und Veranstaltungstermine, Adressen der Papierausgaberräume, kostenlose Unterrichtsmaterialien und vieles mehr findet ihr auf www.papiermachtschule.at

INHALT



SPANNENDES RUND UM PAPIER

- 8 **Papiergeschichten**
Wer hat das Papier erfunden?
- 11 **Papiervielfalt**
Wie viele Sorten Papier und Karton gibt es?
Papier für spezielle Fälle ...
Wir sind Weltmeister!

KAPITEL I



AM ANFANG WAR DAS HOLZ

- 16 **Der Wald und seine Bäume**
Woher kommt das Holz für die Papierproduktion?
Warum wird der Wald nicht weniger?
Welches Holz wird für die Papiererzeugung verwendet?

KAPITEL II



AB IN DIE ZELLE

- 20 **Woraus besteht Holz?**
Versuch: Wir bauen eine Zellwand
- 22 **Eine Reise durch das Holz**
- 24 **Papierproduktions-Überblick**

KAPITEL III



VOM HOLZ ZUR FASER

- 26 **Kurze Fasern, lange Fasern**
- 28 **Herstellung von Holzstoff**
- 31 **Herstellung von Zellstoff**
- 34 **Altpapier: aus Alt mach Neu**
Warum man Papier nur sieben Mal recyceln kann
- 38 **Was kann man aus 100 kg Holz machen?**

KAPITEL IV



VON DER FASER ZUM GANZSTOFF

- 40 **Faserstoff: die richtige Mischung**
- 42 **Papier – mehr als nur Fasern und Wasser?**
Leimung: Füll- und Hilfsstoffe
- 44 **Was ist Ganzstoff überhaupt?**

KAPITEL V



IN DER PAPIER MASCHINE

- 46 **Papiermaschine und Handschöpfen im Vergleich**
Versuch: Mikropapierschöpfen
- 48 Stoffauflauf und Siebpartie
- 52 Pressenpartie
- 54 Trockenpartie
- 56 Leimung
- 58 Veredelung / Ausrüstung
- 60 **Transport: eine echte Herausforderung**

KAPITEL VI



PAPIER EXPERIMENTE

- 63 **Saugfähigkeit**
Versuch: Klettermax und Schwerkraft-Stürmer
- 64 *Versuch:* Wassertropfen-Mandala
- 65 *Versuch:* Der Trick mit dem Knick – Zauberblumen
- 71 *Versuch:* Eine Brücke aus Papier
- 72 *Versuch:* Saugfähigkeit und Drucken
- 73 **Elektrostatik**
Versuch: Springende Seidenpapiermännchen
- 74 *Versuch:* Tanzende Sterne / schwimmende Schiffe
- 76 *Versuch:* Papierrollen-Rennen
- 77 *Versuch:* Seidenpapier-Igel
- 78 **Zugkraft und Reißfestigkeit**
Versuch: Hält Papier, was es verspricht?

KAPITEL VII



PAPIER UND UMWELT

- 82 **Papier und Wasser**
- 83 **Papier und Energie**
- 85 **Papier und Klima**
- 86 **Bioökonomie im Trend**

KAPITEL VII



WEITERE INFORMATIONEN

- 88 **Österreichische Papier- und Zellstofffabriken**
- 90 **Berufe in der Papier- und Zellstoffindustrie**
- 92 **Ausbildung und Fortbildung**
- 93 **Forschung und Entwicklung**
- 94 **Papier – Lehrstoff der begeistert**



SO ARBEITEST DU MIT DIESEM HEFT

1. Die wichtigsten, interessantesten und spannendsten Fakten zum Weg des Papieres kennen lernen!

Lies unbedingt zuerst die Kapitel I (Spannendes rund um Papier), Kapitel II (Am Anfang war das Holz...), Kapitel III (Ab in die Zelle...), Kapitel IV (Vom Holz zur Faser), Kapitel V (Von der Faser zum „Ganzstoff“) und Kapitel VI (In der Papiermaschine) durch.

Diese Inhalte sind eine wichtige Grundlage, um die nachfolgenden Experimente zu verstehen. Weitere Informationen und Materialien findest du übrigens unter www.papiermachtschule.at

2. Experimentieren und forschen!

Führe mit deinen Schülern/Kindergartenkindern die Experimente aus dem Heft durch. Eine genaue Anleitung findest du im Kapitel VII. Einige Experimente sind auch in den anderen Kapiteln eingebaut und mit dem Wort „VERSUCH“ gekennzeichnet.

WEITERBILDEN

Die Papier-Experimente sind Inhalt von Fortbildungen an verschiedenen Pädagogischen Hochschulen. Im Zuge der Fortbildung erhalten die Teilnehmer kostenlos sogenannte „Papier-Experimenteboxen“, die alle relevanten Materialien zur Durchführung der Versuche in Klassen-/Gruppenstärke enthalten. Termine findest du in PH-Online bzw. unter www.papiermachtschule.at.

Wenn sich mehrere Personen oder ganze Institutionen für eine Fortbildung interessieren, besteht die Möglichkeit mit den Vortragenden direkt einen Termin zu vereinbaren. Anfragen bitte an info@papiermachtschule.at

FRAGEN

Die Autoren stehen natürlich für deine Fragen zur Verfügung! Schreibe uns einfach ein kurzes Mail und wir werden dich gerne unterstützen!

Spannendes RUND UM PAPIER

WEISST DU,

- ... wer das Papier erfunden hat?
- ... wieso man Papiermühle sagt?
- ... was „Lumpengeld“ ist?
- ... was die Spanier, die Italiener und die Holländer gemeinsam haben?
- ... was Wespen mit Papier zu tun haben?
- ... wie ein Tag ohne Papier aussehen würde?
- ... wo Geldscheine gedruckt werden und ob sie wirklich aus „echtem“ Papier sind?

01 Papiergeschichte(n)

WARUM HEISST PAPIER EIGENTLICH PAPIER?

Ganz einfach: Weil die alten Ägypter erste papierähnliche „Rollen“ aus den Stängeln der Papyrus-Staude (*Cyperus papyrus* genannt), gefertigt haben. Sie haben diese Stängel in lange Streifen geschnitten, diese kreuzweise übereinandergelegt und zu dünnen „Blättern“ geklopft. Der Pflanzensaft, der beim Klopfen aus den Stängeln ausgetreten ist, war wie eine Art „Leim“ und hielt das Papier (also damals noch „Papyrus“) zusammen.



Papyrus (*Cyperus papyrus*)

WER HAT DAS PAPIER ERFUNDEN?

Es waren die Chinesen ...

Die ersten Menschen, die Papier erzeugten, waren die Chinesen vor über 2.000 Jahren. Tsai Lun, ein chinesischer Hofbeamter, berichtete über die Papierherstellung aus verschiedenen Pflanzenfasern unter Mitverwendung von „Hadern“. Unter „Hadern“ verstand man damals wahrscheinlich die Verwendung von Seidenresten, die bei der Herstellung von Seidenstoffen anfielen.

Die Fasern wurden mit Mörsern zerkleinert und mit Sieben geschöpft.



Tsai Lun

Dann kamen die Araber ...

Um 750 nach Christus tobte ein Krieg zwischen Chinesen und Arabern, den China verlor. Unter den chinesischen Kriegsgefangenen waren auch „Papiermacher“. Sie brachten das Know-how über die Papierherstellung nach Arabien. Der Besitz des Papiers ließ dort das Schreib- und Buchwesen aufblühen. Erste Bibliotheken entstanden.

Die ersten Europäer waren die Spanier ...

Während der Feldzüge, die die Araber von Nordafrika bis nach Spanien führten, brachten sie die Papiermacherkunst in das südliche Europa. Im Jahr 1144 wurde in Spanien das erste Papier auf europäischem Boden hergestellt. 1276 wird die erste „Papiermühle“ in Fabriano (Nähe Ancona) in Italien urkundlich erwähnt.

TIPP

Besuchen Sie das Papiermachermuseum Steyrmühl (OÖ)!
Nähere Informationen:
<http://papierwelten.co.at/>

Aha

Die Fasern, also die Rohstoffe der Papiererzeugung, wurden immer schon mit Mörsern gestampft oder in „Mühlen“ mit Mahlsteinen gemahlen, bevor sie weiterverarbeitet werden konnten. Darum werden die Papierfabriken auch „Papiermühlen“ genannt. Im Englischen ist bis heute der Ausdruck „paper mill“ (mill = Mühle) geblieben.



Die Fasern für die Papiererzeugung wurden in Mühlen gemahlen

Auch die Italiener prägten das Papier ...

Die Italiener erfanden um 1250 die „Leimung“ des Papiers. „Leimung“ hat in diesem Fall aber nichts mit dem heutigen Begriff „Leim“ (= Kleber) zu tun. Sie verwendeten Tierleim (ähnlich der heutigen Gelatine), um die Eigenschaften des Papiers zu beeinflussen – zum Beispiel um das Papier noch besser beschreibbar zu machen.

Der Prozess des „Leimens“ ist bis heute erhalten: „Leim“ kann entweder gleich zu Beginn der Papiererzeugung der Fasermasse beigemischt oder eher am Ende des Produktionsprozesses auf das fast fertige Papier gestrichen werden (um es besser bedruckbar zu machen und die Saugfähigkeit zu beeinflussen). Der heutige „Leim“ wird aber nicht mehr aus tierischen Produkten hergestellt. Mehr dazu auf den Seiten 43 und 56.

Weiters haben die Italiener das Wasserzeichen erfunden. Das Wasserzeichen war damals eine Kennzeichnung der herstellenden Papiermühle oder eine Art „Absender“ für die Verfasser von Briefen oder Schriftstücken. Auch heute werden noch Wasserzeichen eingesetzt – zum Beispiel bei Geldscheinen. Sie werden am „Egoutteur“ der Papiermaschine eingebracht (egoutter = „abtropfen lassen“). Mehr dazu auf Seite 50.



Die Wasserzeichen zeigten, aus welcher Mühle das Papier stammte

Papier in Österreich ...

Urkundlich nachgewiesen sind die ersten österreichischen Papiermühlen zwischen 1469 (Traisen bei St. Pölten) und 1498 (Wiener Neustadt). Papier wurde zu dieser Zeit übrigens aus „Hadern“ (Stoff-Lumpen) hergestellt, die von „Lumpensammlern“ zusammengetragen wurden.

Aha

Aus dieser Zeit stammt auch das Wort „Lumpengeld“ als Synonym für „sehr wenig Geld“ (etwas für ein „Lumpengeld“ – also um ein Spottpreis – kaufen)

Auch die Holländer mischten mit ...

Wenn man sich mit der Papiererzeugung beschäftigt, findet man bis heute immer wieder den Begriff „Holländer“. Damit ist eine zu Beginn des 19. Jahrhunderts erfundene Art der Faserzerkleinerung gemeint, die von den Holländern entwickelt wurde.



Ein alter „Holländer“ im Papiermachermuseum Steyrmühl

Die Franzosen schafften den Sprung zur Industrie ...

1799 erfand der Franzose Nicolas-Luis Robert die erste Papiermaschine. Damit war es erstmals möglich, eine längere, feuchte Papierbahn zu erzeugen und somit kostengünstiger und schneller zu produzieren. Diese Maschine ist die „Urform“ der heutigen Langsiebpapiermaschine, die weltweit im Einsatz ist.

In Folge wurden weitere Arten von Papiermaschinen entwickelt – zum Beispiel die Rundsiebpapiermaschine, die vor allem für die Erzeugung von Wasserzeichenpapieren, Karton und Pappe eingesetzt wurde.

Bis heute arbeiten Forscher an der Weiterentwicklung der Papiermaschinen. Es geht nicht nur darum, die Maschinen noch schneller und leistungsfähiger zu machen, sondern auch darum, die Qualität der Papierprodukte weiter zu erhöhen und möglichst ressourcenschonend zu produzieren.



Robertmaschine



Moderne Papiermaschine



Wespen sind die ersten „Papiererzeuger“ - hier ein Wespenkrug unter dem Mikroskop

Aha

Die Wespen haben über Jahrtausende ihre Nester aus „Papier“ gebaut. Die damit verbundene Technik hat unter anderem ein armer Weber, Friedrich Gottlob Keller aus Sachsen, genau studiert. Das Problem war nämlich, dass vor rund 200 Jahren der Papierbedarf enorm anstieg, es aber immer weniger „Lumpen“ (Stoffreste) als Rohstoff gab. Friedrich Keller sah, dass die Wespen Holz, welches sie mit ihrem Speichel zu Brei mischten, als Baumasse für ihr papierenes Nest nahmen. Damit war der Grundstock für die Produktion von Papier aus Holz gelegt. Nun konnte Papier auch in großen Mengen hergestellt werden.

Papiervielfalt

WIE VIELE SORTEN PAPIER UND KARTON GIBT ES EIGENTLICH?

Weltweit gibt es rund 3.000 Sorten Papier, Karton und Pappe. Alleine in Österreich stellt fast jede Fabrik eine andere Sorte Papier oder Karton her. Diese Vielfalt spiegelt die zahlreichen Einsatzgebiete von Papierprodukten wider: Hygienepapier, wie Taschentücher oder Toilettenpapier, muss weich und saugfähig sein; Etikettenpapier darf nicht saugen – es muss wasserbeständig

sein; Verpackungskartons müssen Unmengen an Gewicht aushalten gleich wie Kraftpapier für Papiersackerl; grafische Papiere müssen wunderschön aussehen; Druck- und Kopierpapiere müssen ideal für die Druckmaschinen gestaltet werden – ähnlich wie Zeitungsdruck- oder Magazinpapiere.



TIPP

Zum Nachdenken anregen:

- Wo findet ihr bei euch in der Klasse/im Gruppenraum Produkte aus Papier/Pappe/Karton? Wo habt ihr heute schon Papierprodukte benutzt?**
- Welche Eigenschaften müssen diese Papierprodukte haben bzw. welche Eigenschaften kann Papier/Karton überhaupt haben (z.B. Reißfestigkeit, Saugfähigkeit, Durchsichtigkeit, Farbe etc.)?**
- Wie würde ein Tag ohne Papier/Karton aussehen? Was würde fehlen?**

PAPIER FÜR SPEZIELLE FÄLLE ...

In einigen Bereichen kommen ganz spezielle Papiersorten zum Einsatz: Zum Beispiel Pappe für Damenschuhe („Schuhgelenkspappe“) oder für die Innenverkleidungen von Autotüren, Filterpapiere, Karton für Gipsfaserplatten für den

Bau-Bereich, Wabenkarton für billige Möbel und Türen (als „Ersatz“ für Holz), Windeln (Zellstoff), Geldscheine, Teebeutel und vieles mehr. Sogar in manchen Batterien befindet sich Papier, um den Plus- und den Minuspol zu trennen.



Experten-Tipp

In einigen Ländern werden Geldscheine noch auf „echtem“ Papier gedruckt – andere verwenden Kunststoff bzw. Polymer (z.B. Australien oder Kanada). Euro-Banknoten bestehen aus Sicherheitspapier, das aus Baumwoll-Fasern hergestellt wird.

Weltweit gibt es ungefähr 30 Betriebe, meistens Staatsunternehmen, die Sicherheitspapier für Banknoten herstellen. Der Produktionsprozess und die eingesetzten Rohstoffe sind geheim. Das gilt auch für die Konstruktion und den Bau der dazu notwendigen Produktionsanlagen.

Wie das Papier schlussendlich aussieht und welche Eigenschaften es hat, hängt von vielem ab: Zum Beispiel von der Zusammensetzung der Rohstoffe (siehe S. 40) und der Verfahrenstechnik bei der Papierproduktion (siehe S. 45).

TIPP



Zum Thema „Ein Tag ohne Papier“ gibt es rund 30 spannende Kurzfilme, die im Rahmen eines Kurzfilmwettbewerbs bei Papier macht Schule eingereicht wurden. Die Links zu allen Filmen findest du auf www.papiermachtschule.at.

WAS IST DER UNTERSCHIED ZWISCHEN PAPIER, PAPPE UND KARTON?

Papier, Pappe und Karton unterscheiden sich durch das sogenannte „Flächengewicht“. Sicher hast du schon einmal auf einer Papierpackung Hinweise wie „80 Gramm“ oder „160 Gramm“ gesehen. Damit ist gemeint, wie schwer ein Quadratmeter des jeweiligen Papierproduktes ist. Meistens gilt: Dünnes Papier ist leicht (z.B. Standard-Kopierpapier hat 80 – 90 Gramm) und dickes Papier (also Karton oder Pappe) ist schwer.

Unter „Karton“ versteht man einen Papierwerkstoff mit einem Flächengewicht von rund 150 bis 500 Gramm pro Quadratmeter. „Pappe“ ist schwerer als Karton (ab 500/600 g/m²). Genaue Grenzen gibt es aber nicht.

In der EU gibt es den Begriff „Karton“ offiziell gar nicht, um den Außenhandel mit anderen Ländern zu erleichtern.



Was steht auf einer Packung Kopierpapier (Beispiele)?



500 Blätter Papier sind enthalten

A4 heißt ein Blatt der Größe 210 mm x 297 mm d.h. 16 Blätter DIN A4 ergeben 1 m²

80g/m² heißt, dass 16 Blätter 80 g wiegen. Das ist die so genannte „Grammatur“.

Print on this side first: Manche Blätter sind auf einer Seite „gestrichen“, d.h. besser bedruckbar. Der Hersteller gibt einen Hinweis darauf wie sie optimal in den Drucker eingelegt werden. Informationen zum „Streichen“ findest du auf Seite 58.



Wichtige Informationen auf einer Packung Kopierpapier

TIPP

Welche Grammaturen haben die Papiersorten in eurer Schule? 500 Blätter sind in einer Packung enthalten. Wieviel wiegen diese 500 Blätter? (500/16*80=2.500g also 2,5 kg). In einem Karton sind 5 Packungen. Wieviel wiegt ein Karton? (5*2.5kg=12.5kg)

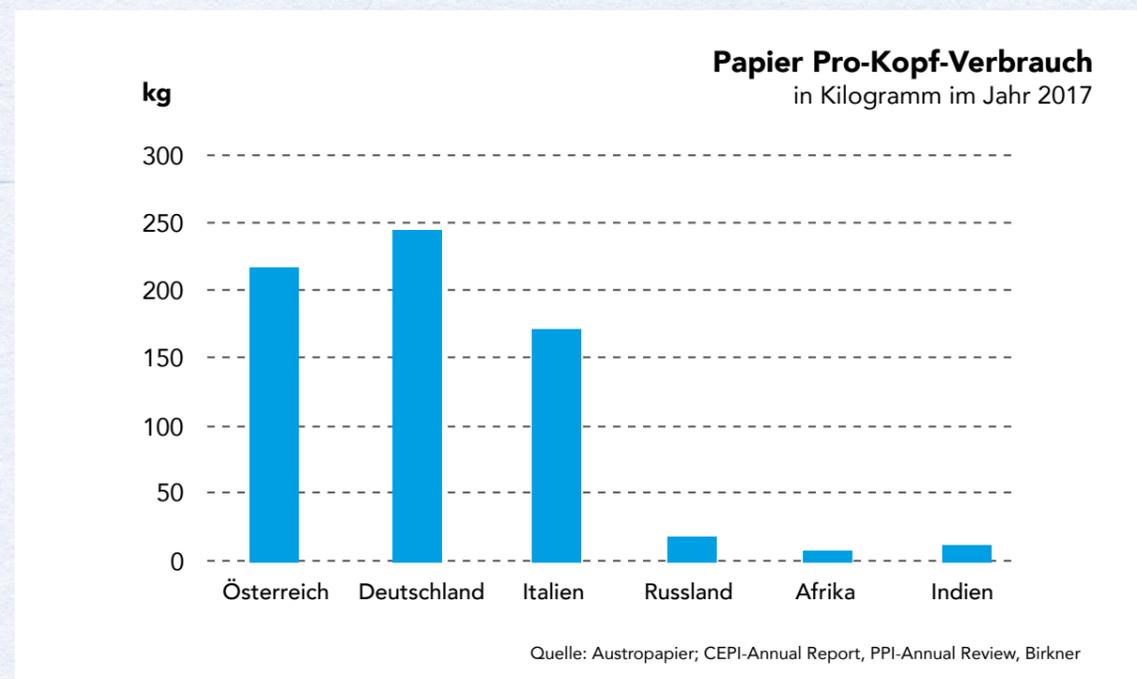
WIE VIEL PAPIER, KARTON UND PAPPE WERDEN IN ÖSTERREICH HERGESTELLT? WIE VIEL WIRD VERBRAUCHT?

Wir sind Weltmeister!

In Österreich gibt es 24 Betriebe, die jährlich rund 5 Millionen Tonnen Papier, Karton und Pappe erzeugen. Jeder Österreicher verbraucht durchschnittlich 235 Kilogramm Papier und Karton pro Jahr. Damit zählen wir zu den größten Papierverbrauchern weltweit. Eine Vergleichszahl dazu: Die rund 80



Millionen Deutschen brauchen mehr Papier als ganz Afrika und Südamerika (mit insgesamt 1,5 Milliarden Einwohnern) zusammen. Dazu muss aber gesagt werden, dass der Großteil des verbrauchten Papiers in Mitteleuropa recycelt und wiederverwendet wird. Österreich ist also nicht nur einer der größten Papiernutzer, sondern auch Weltmeister, was das Altpapierrecycling betrifft.



Am Anfang WAR DAS HOLZ



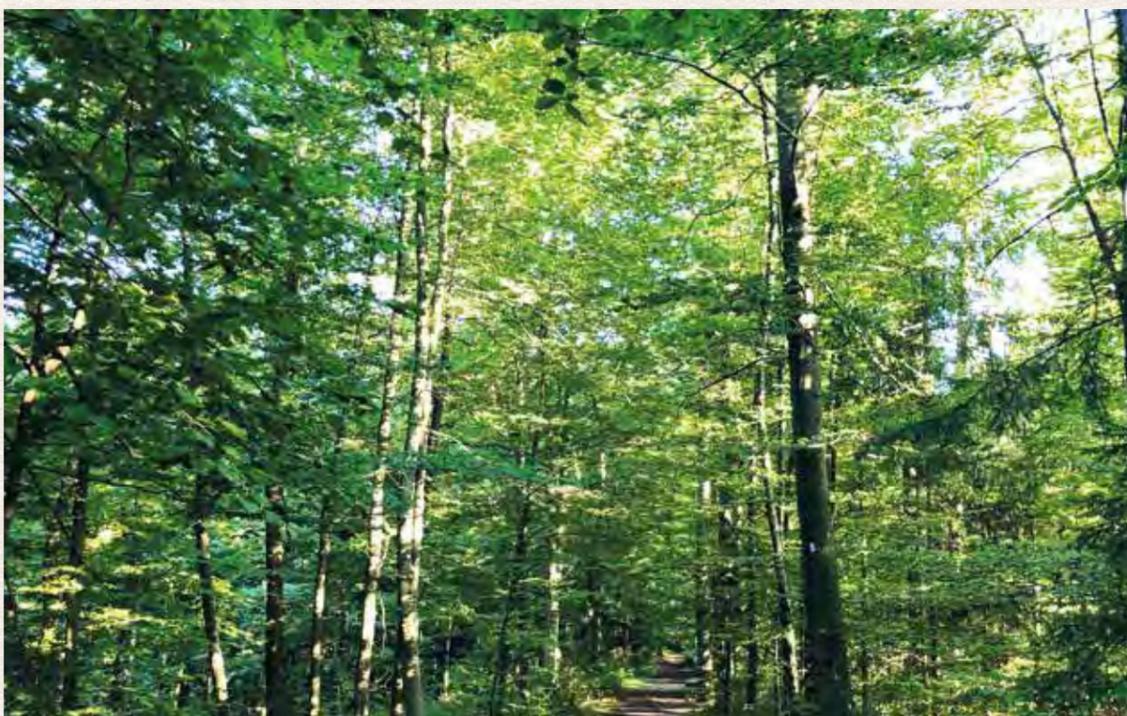
WEISST DU,

- ... welches Holz für die Papiererzeugung verwendet wird?
- ... wie sich die Waldfläche in Österreich verändert?
- ... was Sägewerke mit Papierfabriken zu tun haben?
- ... was die „Durchforstung“ ist?

02 Der Wald & seine Bäume

WORAUS WIRD PAPIER UND KARTON HERGESTELLT?

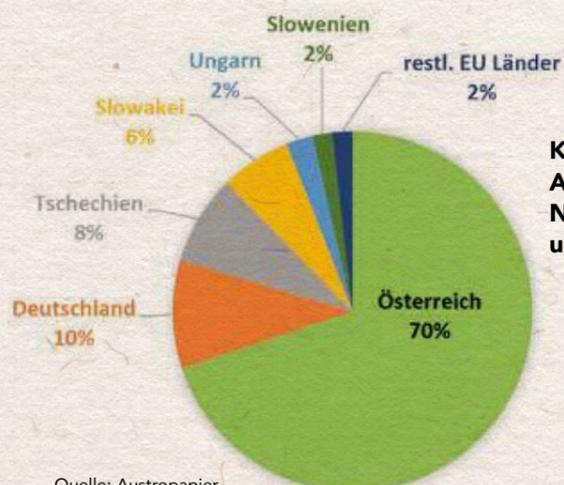
Papier und Karton sind Naturprodukte, die in europäischen Papierfabriken hauptsächlich aus Holz hergestellt werden. In anderen Ländern der Erde kommen auch andere Pflanzen zum Einsatz, die bei uns zum Beispiel aus klimatischen oder ökologischen Gründen nicht angebaut werden.



WOHER KOMMT DAS HOLZ FÜR DIE ÖSTERREICHISCHE PAPIERPRODUKTION?

Holz aus nachhaltigen Wäldern

Das Holz, das in österreichischen Papierfabriken verarbeitet wird, kommt aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern. Das heißt, dass aus diesen Wäldern nicht mehr Holz entnommen wird, als nachwächst. Garantiert wird das durch verschiedene forstliche Zertifikate – die zwei bekanntesten sind FSC® und PEFC® (nähere Informationen siehe www.pefc.at).



Kein Holz aus Australien, Nord-/Südamerika und Afrika.

Quelle: Austropapier, Stand 2018

WENN SO VIEL HOLZ GEBRAUCHT WIRD – WIRD DANN DER WALD IN ÖSTERREICH NICHT WENIGER?

Die österreichische Waldfläche wird größer!

Die Waldfläche Österreichs nimmt jährlich um rund 5.100 Hektar zu. Das entspricht ungefähr der Fläche von 4.700 Fußballfeldern. Gründe dafür sind unter anderem das Zuwachsen von Almflächen und dass sich aufgrund der Klimaerwärmung die Baumgrenze nach oben verschiebt (also die Zone, über der absolut keine Bäume mehr wachsen können). Weiters hat Österreich eines der strengsten Forstgesetze der Welt: So MUSS der Waldbesitzer dafür sorgen, dass wieder viele Bäume nachwachsen. Also dass Wald auch Wald bleibt. In der Fachsprache wird dieser Prozess „nachhaltige Waldwirtschaft“ genannt.

Der Holzvorrat im Wald nimmt zu!

Nicht nur die Waldfläche an sich, sondern auch das Holz, das in Österreichs Wäldern wächst, wird immer mehr (das wird in der Fachsprache als „Holzvorrat“ bezeichnet).

Der Holzvorrat, der regelmäßig bei der sogenannten „Waldinventur“ erhoben wird, beträgt in Österreich zur Zeit rund 1,1 Milliarden Kubikmeter. Pro Sekunde kommt in Österreich rund 1 Kubikmeter dazu – das entspricht einem Würfel mit einer Seitenlänge von je 1 Meter. Davon werden aber nur zirka zwei Drittel genutzt – der Rest bleibt im Wald.



TIPP

Umfangreiche Infos rund um das Thema Wald und Holz findest du im 80-seitigen Holzexperimente-Forscherheft von proHolz Steiermark und der Pädagogischen Hochschule Steiermark www.holzmachtschule.at



WELCHES HOLZ WIRD FÜR DIE PAPIERERZEUGUNG VERWENDET?

Grundsätzlich gibt es drei Arten von Holz, die in der Papierindustrie hauptsächlich eingesetzt werden:

» DURCHFORSTUNGSHOLZ » SCHADHOLZ » SÄGE-RESTHOLZ



Durchforsteter Wald

Was ist die „Durchforstung“?

Bäume werden auf Waldflächen von Förstern und Waldbesitzern gezielt gepflanzt („Aufforstung“) oder wachsen „von alleine“ aus den Samen der Mutterbäume, die im Wald stehen („Naturverjüngung“). In beiden Fällen breiten sich nach einigen Jahren die Baumkronen so weit aus, dass sie ineinander wachsen und die Bäume zu wenig Licht, Wasser und Nährstoffe bekommen. Sie wachsen viel langsamer und sterben manchmal sogar ab.

Um dem entgegenzuwirken, müssen Förster und Waldbesitzer regelmäßig Bäume aus dem Wald entnehmen. Dabei wird jeder einzelne Baum im Vorfeld genau geprüft. Die gesündesten, stärksten und schönsten Bäume werden stehen gelassen, die schwachen werden gefällt, um den starken bessere Lebensbedingungen zu ermöglichen. Zusätzlich regeln die Verantwortlichen mit der Durchforstung, welche Baumarten in einem Wald wachsen sollen. Somit bleiben auch wertvolle Baumarten, die mehr Licht brauchen als andere, erhalten. Dieses gezielte Entnehmen von Bäumen wird als „Durchforstung“ bezeichnet. „Durchforstungsholz“ ist meist nicht für die Weiterverarbeitung in Sägewerken geeignet, weil die Baumstämme viel zu dünn oder krumm sind.

Was ist „Schadholz“?

Als „Schadholz“ bezeichnet man Bäume, die zum Beispiel durch schweren Schnee oder Stürme beschädigt sind. Dieses Holz kann auch nicht für die Verarbeitung in Sägewerken verwendet werden, denn die abgeknickten Stämme sind oft zu kurz, haben lange Risse oder sonstige Beschädigungen. Darum wird es für die Papiererzeugung eingesetzt.

Was ist „Säge-Restholz“?

In Sägewerken wird Holz zu Bauholz wie z.B. Brettern verarbeitet. Dabei fallen als Nebenprodukte Sägespäne und Restholz an. Das Restholz wird dann meist klein zu sogenanntem „Hackgut“ gehäckselt. Hackgut ist ein wertvoller Rohstoff für die Herstellung von Papier.



Schadholz



Säge-Restholz

Ab in die
ZELLE

WEISST DU,

- ... was die Zellen eines Baumes mit der Papierproduktion zu tun haben?
- ... was Bäume so einzigartig macht und von allen anderen Pflanzen unterscheidet?
- ... woraus Holz überhaupt besteht?
- ... wie man mit Knetmasse und Schnüren Holzzellwände nachbauen kann?

03 Ab in die Zelle

WARUM SOLL ICH MICH ÜBERHAUPT MIT DEN ZELLEN EINES BAUMES BESCHÄFTIGEN? KANN ICH DIESES KAPITEL NICHT EINFACH STREICHEN?

NEIN! Dieser Teil des Papierforscherheftes ist die Basis dafür, dass du in späterer Folge den Produktionsprozess von Papier & Karton und die Experimente verstehst. Wir zeigen dir, wie du auf einfache Art und Weise die Hintergründe zu komplexen Prozessen erklären und die Fragen der Schüler beantworten kannst. Im Grunde genommen ist es ganz einfach!

SEHEN ALLE ZELLEN IN EINEM BAUM GLEICH AUS?

Nein, ein Baum besteht aus verschiedenen Zellarten, die auf die jeweilige Funktion im Baum spezialisiert sind. Hier zwei Beispiele:

Zellen, die in Blättern vorkommen

Diese Zellen beinhalten zum Beispiel Blattgrün (Chlorophyll), das der Baum als Grundlage für die Fotosynthese braucht.

„Holzzellen“, die in den festen (verholzten) Teilen des Baumes, z.B. in Teilen des Stammes vorkommen

Diese Zellen sind mit Wasser oder Luft gefüllt. Die Zellwände bestehen unter anderem aus Lignin, was für eine hohe Stabilität sorgt (damit der Baum in große Höhen wachsen kann und nicht umfällt bzw. sich biegt wie ein Grashalm). Dieses Lignin kommt NUR in Bäumen vor (nicht in Grashalmen, Blumen oder anderen Gewächsen) und macht aus Holz erst richtiges Holz.

WIE SIEHT ES IN EINER HOLZZELLWAND AUS UND WARUM KÖNNEN BÄUME IM GEGENSATZ ZU ANDEREN PFLANZEN EXTREME HÖHEN ERREICHEN?

Um diese Frage zu beantworten, müssen wir wissen, dass Holzzellwände aus drei Hauptbaustoffen bestehen:

» Zellulose (lange Ketten aus Zuckerteilchen)	ca. 45 %
» Hemizellulose (= Holzpolyosen; kurze, verzweigte Ketten aus Zuckerteilchen)	ca. 22 % (18 – 27 %)
» Lignin (kommt NUR in Holzzellen vor; formlose Teilchen)	ca. 26 % (22 – 30 %)

VERSUCH

WORAUS BESTEHT HOLZ EIGENTLICH?

Um den Aufbau der Holzzellwand zu verstehen, bietet sich ein einfacher Versuch an. Knetmasse soll dabei das Lignin darstellen. Dicke Schnüre sollen die Zellulose und dünne Schnüre die Hemizellulose symbolisieren. Wir bauen die Bestandteile einer Zellwand nach (siehe S. 21). Diese Modell ist eine wichtige Grundlage, um den Prozess der Papiererzeugung und viele nachfolgende Experimente zu verstehen.

MATERIALIEN

- » 1 – 2 Becher Knetmasse = Lignin
- » mind. 4 Stk. dickere Schnur in 3 verschiedenen Längen (z.B. dickere Schuhbänder, Wäscheleine, Reepschnur o.ä.; die Länge soll so bemessen sein, dass die längeren Schnüre umknicken, wenn sie auf den Boden gestellt werden) = Zellulose
- » 3 – 5 Stk. dünne Schnur (je ca. 10 – 15 cm lang) = Hemizellulose
- » Klebeband



SO WIRD ES GEMACHT::

- 1 Zuerst eine Bodenplatte aus Knetmasse formen. Als ersten Schritt eine kurze dicke Schnur (also die symbolische „Zellulose“) mit einem Ende in die Knetmasse drücken. Sie steht von selbst und knickt nicht um. Das Gleiche mit den längeren, dicken Schnüren probieren – sie fallen um.

Was heißt das?

Ganz einfach: Reine Zellulose ist nicht wirklich stabil. Das ist auch der Grund, warum zum Beispiel Grashalme, die nur aus Zellulose bestehen, nur in eine bestimmte Höhe wachsen können, ohne dass sie umknicken bzw. sich umbiegen.



- 2 Damit Bäume zig Meter in den Himmel wachsen können, brauchen sie in den Zellen weitere Bestandteile: Verbinde jetzt die dünnen Hemizellulose-Schnüre mit den dicken Schnüren (mit Klebeband). Die verbundenen Schnüre fallen zwar immer noch um, aber die dünnen Schnüre sorgen später für eine stabilere Verbindung zwischen Knetmasse (dem symbolischen Lignin) und den dicken Schnüren (der symbolischen Zellulose).

- 3 Verklebe nun die Schnüre mit Knetmasse (Lignin). Je mehr Knetmasse die Schnüre umgibt, desto besser stehen sie.

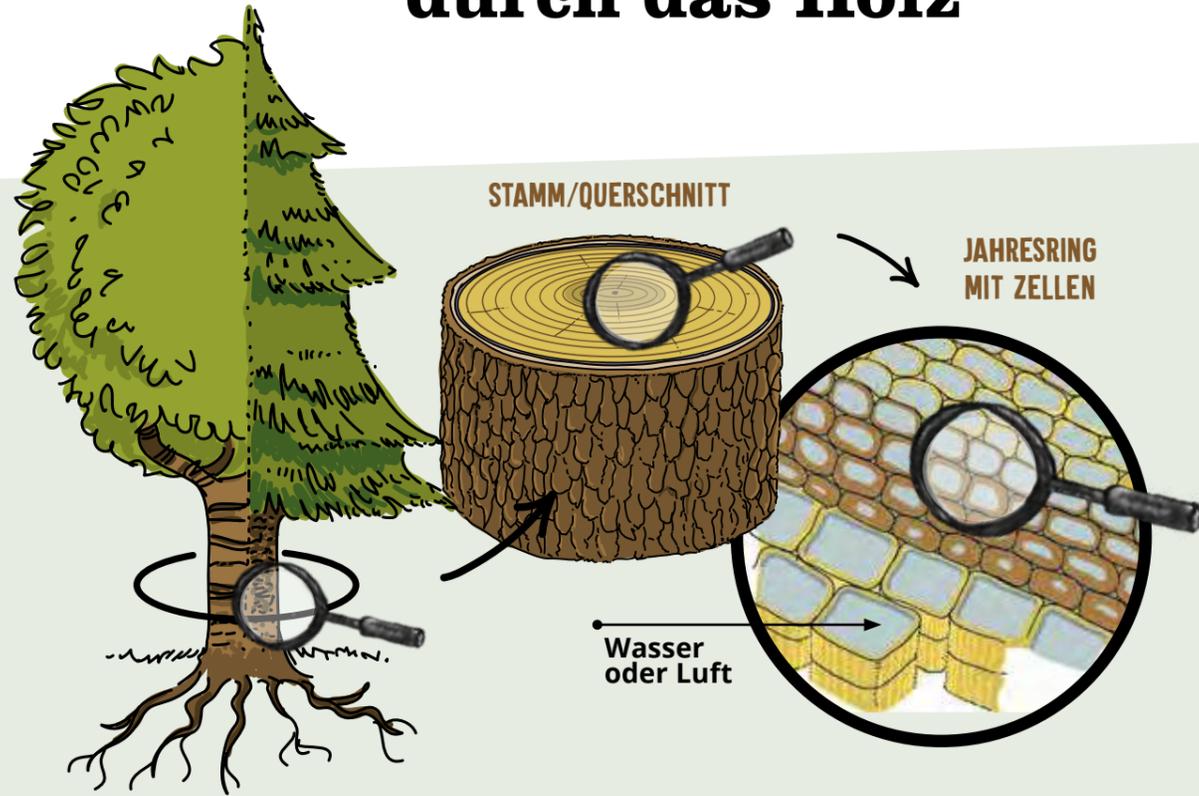
In der Natur heißt das: Je mehr Lignin vorhanden ist, umso stabiler wird das Gewächs. Darum können Bäume ohne umzuknicken große Höhen erreichen. Lignin sorgt übrigens auch dafür, dass Bäume geschützt durch den Winter kommen.

TIPP

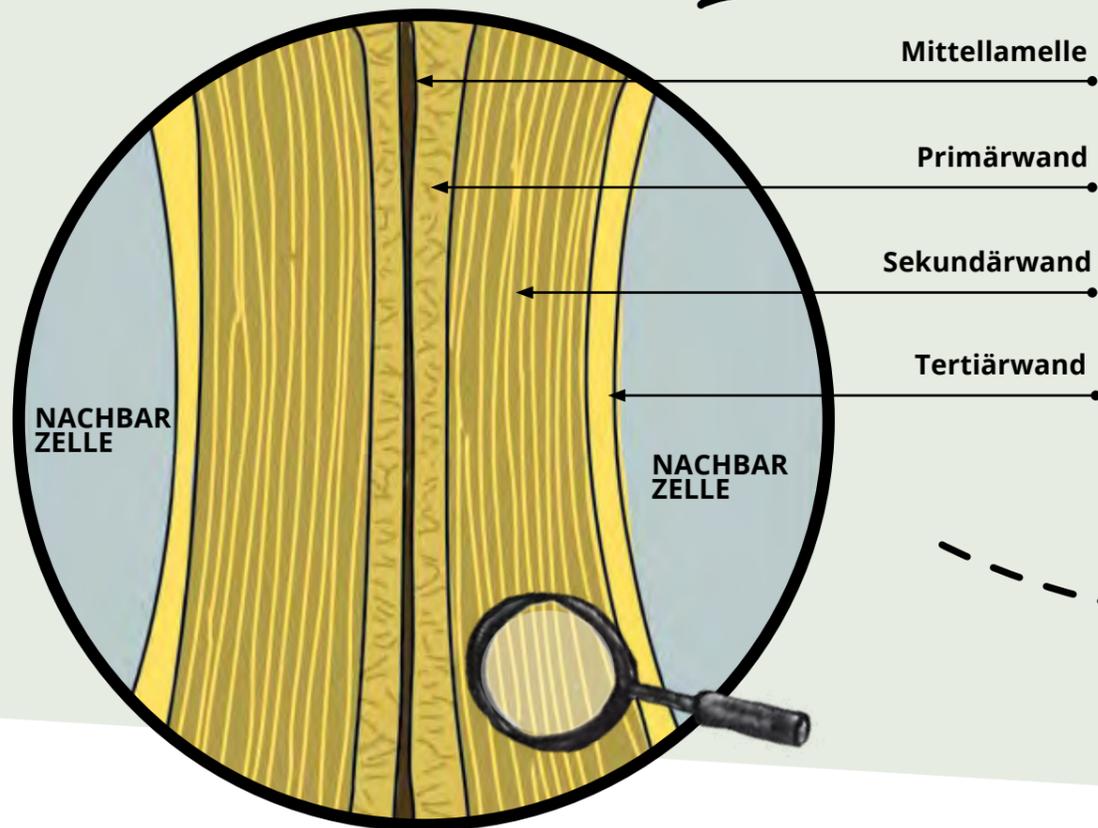
Verschieden lange Schnurbündel ausprobieren. Wer kann das höchste Bündel bauen, ohne dass es umfällt?



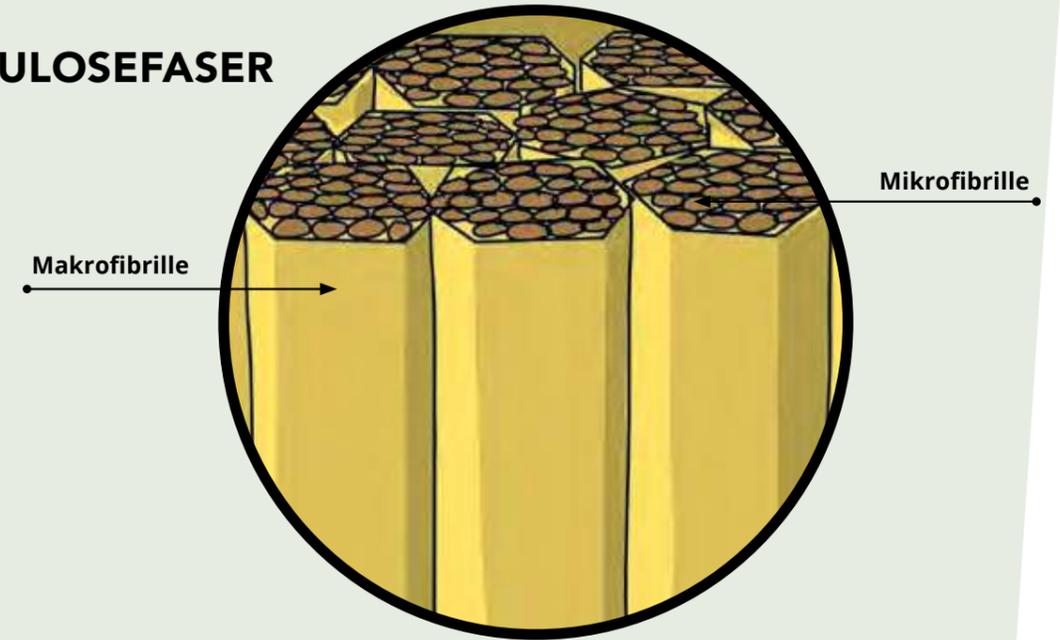
Eine Reise durch das Holz



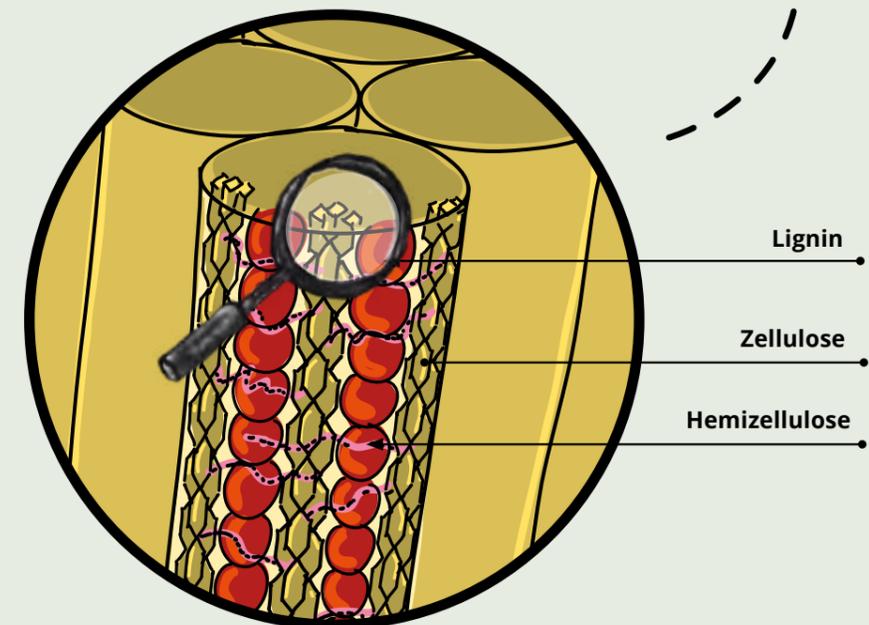
1. ZELLWÄNDE



3. ZELLULOSEFASER



2. ZELLWANDBESTANDTEILE



HOLZFASER

Für die Produktion von Papier wird der Rohstoff Holz zu „Fasern“ verarbeitet. Früher wurde das Holz unter anderem in Mühlen gemahlen, um möglichst feine Fasern zu erhalten. Der damals geschaffene Ausdruck „Papiermühle“ ist bis heute im Englischen Ausdruck für Papierfabrik („paper mill“ => mill = Mühle) erhalten geblieben. Heute gibt es dafür verschiedene Verfahren – mehr dazu ab Seite 26.

DIE PAPIERPRODUKTION IM ÜBERBLICK

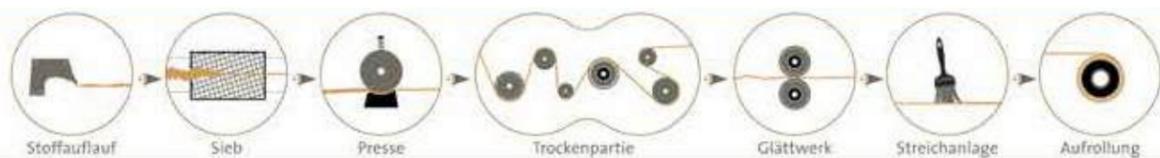
Die Herstellung von Papier und Karton ist ein Hightech-Prozess, der von den Mitarbeitern der Papierfabriken viel Wissen und Erfahrung erfordert. Wir gehen in den nächsten drei Kapiteln die Abläufe vor, in und nach der Papiermaschine Schritt für Schritt durch. Dabei haben wir die einzelnen Bereiche mit Symbolen gekennzeichnet, die du hier in der Übersichts-Grafik und auf den nächsten Seiten immer wieder findest.

Hier ein erster Überblick, wie aus Holz Papier hergestellt wird:

KAPITEL IV: Vom Holz zur Faser (S. 25)
KAPITEL V: Von der Faser zum Ganzstoff (S. 39)



KAPITEL VI: In der Papiermaschine (S. 45)



... und nach der Papiermaschine



Vom Holz ZUR FASER

WEISST DU,

- ... was eine Bananenschale mit einem Baumstamm gemeinsam hat?
- ... ob es egal ist, welches Holz ins Papier kommt?
- ... woraus „holzfreies“ Papier hergestellt wird?
- ... was „Sauerkraut“ mit der Papiererzeugung zu tun hat?
- ... wie oft Papier recycelt werden kann?

04 Vom Holz zur Faser

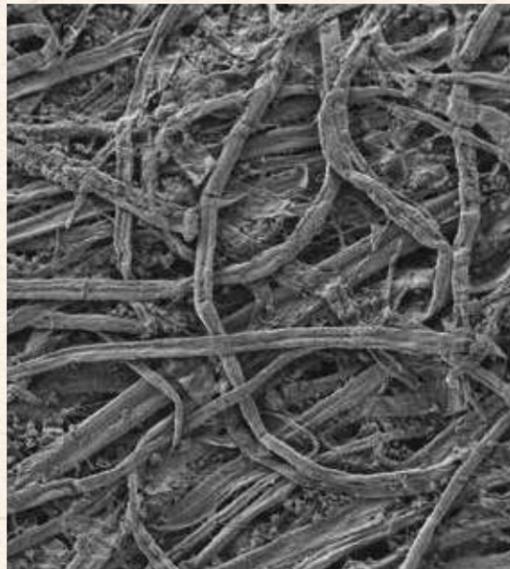
WELCHES HOLZ IST FÜR DIE PAPIERERZEUGUNG GEEIGNET?



Grundsätzlich sind alle Stoffe, die Zellulose enthalten, für die Papiererzeugung geeignet (auch z.B. Stroh oder auf Haiti sogar Bananenabfälle für weniger wertvolle Papiersorten).

Jede Holzart hat bestimmte Eigenschaften: Sie unterscheiden sich zum Beispiel durch die Art und Länge der Holzfasern, durch die Farbe oder die Holz-Härte voneinander. Darum sind einige Hölzer besser, andere weniger gut für die Papiererzeugung geeignet.

In Österreich wird am häufigsten Fichtenholz für die Papierproduktion eingesetzt. Denn Nadelhölzer bestehen, im Gegensatz zu Laubhölzern, aus relativ langen Fasern. Diese langen Fasern sind optimal für die Herstellung von Papier, weil sie besser verfilzen und das Papier dadurch fester wird (eine genaue Erklärung dazu findest du im Kapitel „In der Papiermaschine“).



Papier unter dem Mikroskop (150-fache Vergrößerung)



Fichtenholz hat besonders lange Fasern

TIPP 💡

Nimm die Schnüre aus dem Zellen-Versuch von Seite 21 her. Versuche zuerst aus den kurzen Stücken eine möglichst große, stabile „Matte“ zu weben. Versuche es nun mit den langen Schnüren. Was ist einfacher? Natürlich das Weben mit den langen Schnüren! Genau so ist das Prinzip der Papiererzeugung aus Fasern zu verstehen.

Für einige (wenige) Spezialpapiersorten sind die kurzen Fasern des Laubholzes besser geeignet. Meistens wird aber eine Mischung aus mehreren Holzarten eingesetzt (zum Beispiel das Holz der Kiefer, der Tanne, der Lärche, der Birke, der Buche oder der Pappel).

Welche Holzsorten genau gewählt werden, hängt von den regionalen Gegebenheiten und der Art des Papiers ab, das daraus entstehen soll. So eignen sich zum Beispiel schnell wachsende Hölzer wie die Pappel nur für weiche und weniger feste Papiere, weil das Holz an sich auch sehr weich ist und viel Wasser enthält. Eine genaue Erklärung und Experimente zum Thema „Härte von Holz“ findest du übrigens im Holzforscherheft von „Holz macht Schule“ (siehe www.holzmachtschule.at).

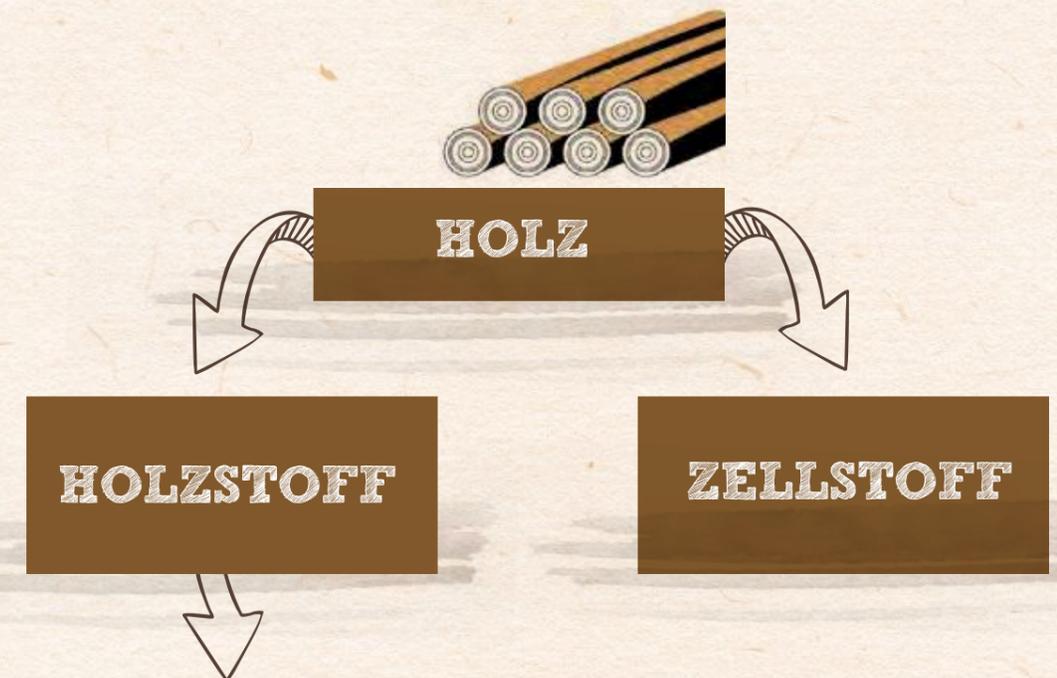


Papier in 8-facher Vergrößerung - die übereinander liegenden Fasern sind gut sichtbar

WIE WIRD DAS HOLZ FÜR DIE PAPIER-/KARTONPRODUKTION AUFBEREITET?

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, Holz für die Papierproduktion aufzubereiten: Es wird zu Holzstoff oder zu Zellstoff (Vorprodukte von Papier) weiterverarbeitet. Wie das genau funk-

tioniert und welcher „Stoff“ für welche Papier- und Kartonsorten geeignet ist, findest du auf den nächsten Seiten.



1. HOLZSCHLIFF (ÄLTERE METHODE)

2. REFINER VERFAHREN (NEUERE METHODE; REFINE = VERFEINERN)

Herstellung von Holzstoff

„Holzstoff“ hat nichts mit dem Stoff zu tun, den wir für die Erzeugung von Kleidungsstücken brauchen. Es ist einfach eine zusammenfassende Bezeichnung für alle Faserstoffe (winzige Holzteile), die durch mechanische Zerfaserung (zum Beispiel durch die Bearbeitung mit Schleif- oder Mahlsteinen) aus Holz gewonnen werden.



RUNDHOLZ

Denn grundsätzlich gilt:

Egal ob Säge-Restholz (siehe S. 18) oder Rundholz (Stämme aus dem Wald): Das Holz muss für die Herstellung von Papier und Karton in winzige Bestandteile – so genannte Fasern – „zerlegt“ werden.

Wie ist man darauf gekommen, aus Holzfasern Papier zu erzeugen?

Friedrich Gottlob Keller hat um 1840 Wespen beobachtet, die von Holzstücken feine Fasern abgelöst und mit ihrem Speichel zu einer Art „Brei“ verarbeitet haben. Aus diesem Brei haben sie ihre papierähnlichen Nester gebaut (siehe S. 10). Diese Erkenntnis hat er gemeinsam mit weiteren experimentierfreudigen Mitbürgern auf die Erzeugung von Papier übertragen.



Holzstoff besteht aus winzigen Holzfasern



WIE SIEHT DIE AUFBEREITUNG VON HOLZ IN EINER MODERNEN PAPIERFABRIK AUS?

Das Holz wird in Form von Stämmen (Rundholz) oder Säge-Restholz (siehe S. 18) aus dem Wald in die Papierfabriken geliefert. Beim Rundholz werden die für die Papierproduktion nicht brauchbaren Teile des Stammes (z.B. die Rinde) entfernt.

Aha

Um das Rundholz, das am „Holzlagerplatz“ der Papierfabriken liegt, vor Schädlingen und Austrocknen zu schützen, wird es oft mit Wasser besprüht. Vielleicht sind dir die Wasserfontänen schon aufgefallen, wenn du bei einem Papierbetrieb vorbeigekommen bist.



JETZT GIBT ES ZWEI MÖGLICHKEITEN FÜR DIE WEITERVERARBEITUNG:

1. HOLZSCHLIFF (ÄLTERE METHODE)

Über Transportanlagen gelangen die entrindeten Holzstämme zu Schleifapparaten. Dort werden die Holzstämme auf einem rotierenden (sich drehenden) Schleifstein „zerfaser“t. Das heißt: Winzig kleine Holzfasern werden von den Stämmen abgelöst und landen im „Schleifertrog“. Das frische Rundholz, das dort für die Papierproduktion „geschliffen“ wird, wird in der forstlichen Fachsprache auch als „Schleifholz“ bezeichnet.



SCHLEIFEREI

Was hat „Sauerkraut“ mit der Papiererzeugung zu tun?

Der „Holzstoff“ im Schleifertrog enthält noch grobe Splitteranteile. Diese werden auch als „Sauerkraut“ bezeichnet. Die zu großen Holzteile werden aussortiert und noch einmal zerkleinert – wenn sie dann immer noch zu groß sind, werden sie „Spuckstoffe“ genannt und müssen noch einmal nachbehandelt (gemahlen) werden.



2. REFINER VERFAHREN (NEUERE METHODE; REFINE = VERFEINERN)

Die Holzstämme werden in „Hackmaschinen“ zu Hackschnitzeln weiterverarbeitet, sortiert und in Silos oder in Freilagern zwischengelagert. Das Rundholz aus dem Wald, das gehäckselt wird, bezeichnet man in der forstlichen Fachsprache übrigens als „Faserholz“.



HACKSCHNITZEL

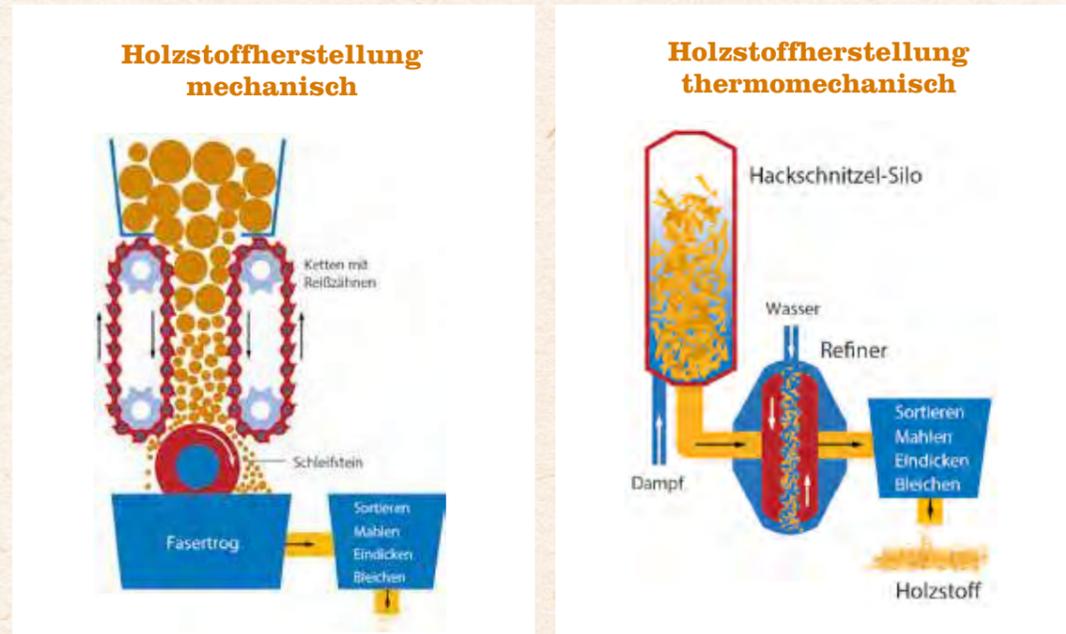


Holzerkleinerung mit dem Refiner-Verfahren

ODER: Das Holz kommt sowieso in Form von Sägere Restholz (siehe S. 18) fertig gehäckselt in die Papierfabrik.

Das war auch einer der Gründe, warum das Refiner-Verfahren erfunden wurde: Beim Schleif-Verfahren konnten nur ganze Stämme verarbeitet werden – das Sägere Restholz leider nicht. Die Hackschnitzel werden dann zwischen Mahlplatten (ähnlich wie Getreide in einer Mühle) zerfaser.

Auch kombinierte Verfahren (Holzschliff & Refiner Verfahren) sind heute im Einsatz. Sie bereiten das Holz für die Erzeugung von holzhaltigen Papieren auf. Für Papiere, die besonders weiß sein müssen, wird der fertig aufbereitete Holzfaserstoff noch gebleicht.



Aha
 Schon sehr früh haben Papiererzeuger Holz „gemahlen“. Die Mühlräder wurden oft mit Wasserkraft angetrieben (also mit Wasserrädern). Darum befinden sich viele Papierfabriken, die aus dieser Zeit stammen, an einem Fluss (und natürlich deshalb, weil für die Papierproduktion viel Wasser gebraucht wird). Bis heute spricht man im Englischen bei Papierfabriken von „paper mills“ (mill = Mühle).



Alte Mühle im Papiermachermuseum Steyermühl

**WAS IST DANN „HOLZFREIES PAPIER“?
 BESTEHT ES NICHT AUS HOLZ?**

Papiere und Karton, die hauptsächlich aus Holzstoff bestehen, werden als „holzhaltig“ bezeichnet, weil bei diesem Verfahren die vollständige Holzfasern zur Papiermaschine gelangt. Holzhaltiges Papier und Karton enthalten noch einen großen Anteil an Lignin (siehe S. 21). Dadurch vergilben sie relativ schnell (das heißt, sie erhalten mit der Zeit eine leicht gelbliche Färbung).

Holzhaltige Papiere sind zum Beispiel Magazinpapiere/Zeitungsdruckpapiere, Packpapiere, Karton, Pappe oder Hygienepapiere wie Toilettenpapier – also alle Papierprodukte, die keine lange Einsatzdauer haben.

Das Gegenteil dazu sind „holzfreie“ Papiere, die aber ebenfalls aus Holz hergestellt werden. Warum der Begriff „holzfrei“ aber trotzdem irgendwie stimmt, erfährst du auf den nächsten Seiten:

Herstellung von Zellstoff

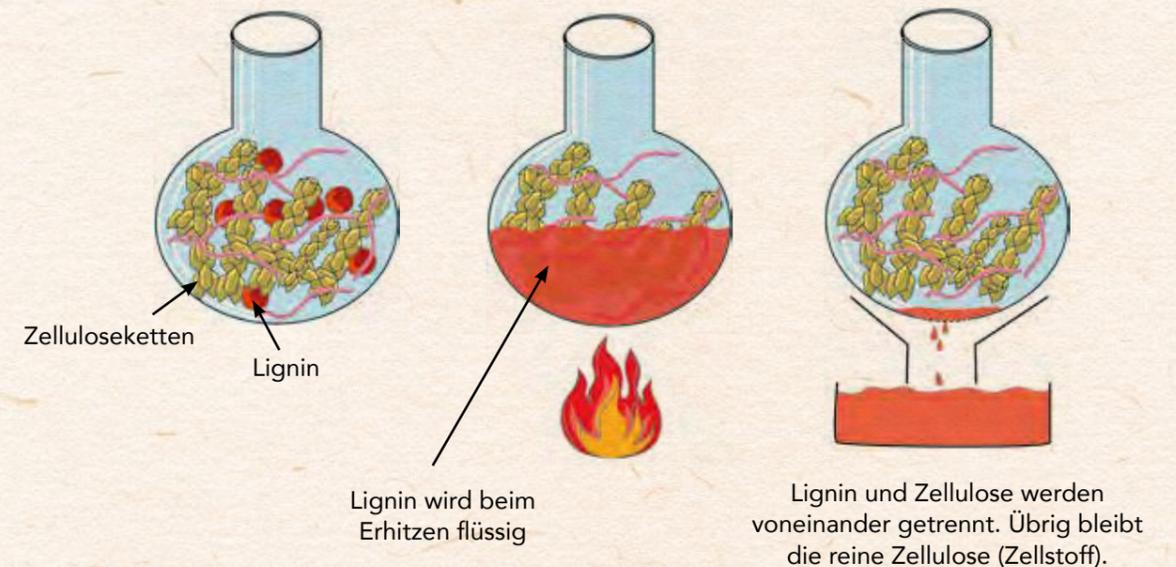
Eine weitere Methode, Holz für die Papierproduktion aufzubereiten, ist die Herstellung von Zellstoff. Dafür wird häufig das Restholz aus Sägewerken (siehe S. 18) verwendet. Im Gegensatz zur „mechanischen Zerkleinerung“ (mechanisch = von einer Maschine/einem Mechanismus angetrieben) des Holzes beim Holzstoff-Verfahren wird bei der Zellstoffproduktion das Holz chemisch behandelt und aufbereitet.



Für diese chemische Aufbereitung wurden verschiedene Verfahren entwickelt. Welche Verfahren eingesetzt werden, hängt von den verwendeten Holzarten und den gewünschten Endprodukten ab. Die häufigste Methode, Zellstoff herzustellen, ist das sogenannte „Sulfatkochverfahren“ („Sulfate“ haben immer etwas mit Schwefel zu tun). Mit diesem Verfahren werden 95 % des weltweit erzeugten Zellstoffs produziert. Bei dieser Art der Zellstoffproduktion werden die Hackschnitzel

„aufgeschlossen“. Das heißt: Das im Holz enthaltene Lignin (siehe S. 21) wird in „Zellstoff-Kochern“ bei 120 – 160 °C unter Zugabe von chemischen Substanzen von den Zellulosefasern getrennt. Das dauert bis zu acht oder sogar zwölf Stunden. Die dabei entstandenen Fasern können anschließend noch in einem mehrstufigen Verfahren mit Bleich-Chemikalien behandelt werden. Nähere Informationen dazu findest du in der Broschüre „Unser Papier“ unter www.austropapier.at

ZELLSTOFF-KOCHER



VERSUCH

Verwende für den Nachbau der Holzzellwandbestandteile von Seite 21 Knete, die sich in warmem Wasser auflöst. Bau mit den Kindern die Zellwandbestandteile aus Schnüren und Knete und lege sie anschließend in warmes bzw. heißes Wasser. In kurzer Zeit löst sich die Knete (also das symbolische Lignin) auf – die Zellulosefasern bleiben übrig.

So kannst du auf einfachste Art und Weise die Erzeugung von Zellstoff erklären.



Die Knetmasse (das symbolische Lignin) löst sich im warmen Wasser auf

UND WAS HABEN LIPPENSTIFT, NAGELLACK ODER AUTOREIFEN MIT ZELLSTOFF ZU TUN?

Bei der Zellstoffproduktion entsteht eine Lauge, die unter anderem aus flüssigem Lignin besteht (in unserem Versuch ist das die in Wasser aufgelöste Knete). Diese Lauge wird in der Zellstofffabrik aufbereitet und vielseitig eingesetzt: Zum Beispiel zur Energieversorgung der Fabrik oder von Haushalten in der Nähe (durch Verbrennen der Lauge), oder sie kommt in weiterverarbeiteter Form in Produkte wie Lippenstift, Waschmittel, Nagellack oder Autoreifen.



WOFÜR WIRD ZELLSTOFF VERWENDET?

Zellstoff besteht aus fast reiner Zellulose, die in Blättern, Flocken oder in Ballenform für die Weiterverarbeitung zur Verfügung steht. Daraus können verschiedenste Produkte hergestellt werden: Zum Beispiel Stoff für Kleidung (u.a. Viskose®), Hygieneprodukte (z.B. Tampons), oder eben holzfreies Papier.

Aha

Holzfreies Papier wird hauptsächlich aus Zellstoff-Fasern hergestellt. Das heißt, diese Art von Papier besteht fast nur aus reiner Zellulose. Das Lignin, das Holz eigentlich zu Holz macht, wird ja bei der Zellstoffproduktion „ausgespült“. Darum wird dieses Papier auch als „holzfrei“ bezeichnet, obwohl für die Produktion trotzdem Holz eingesetzt wurde.



Zellstoff, lose (Flocken) und gepresst

Holzfreie Papiere zeichnen sich durch gute Qualität aus und sind besonders für hochwertige Druckprodukte geeignet. In Österreich wird an sieben Standorten Zellstoff produziert.

Aha

Bei der Zellstofferzeugung wird das Holz nur zu etwa 50 % genutzt, da ja das ganze Lignin aus dem Holz entfernt wird (das Lignin wird natürlich in anderen Bereichen eingesetzt siehe S. 32). Bei der Holzstofferzeugung wird bis zu 90 % des Holzes verwendet.

Altpapier

WELCHE WEITEREN ROHSTOFFE WERDEN BEI DER PRODUKTION VON PAPIER UND KARTON EINGESETZT?

Altpapier ist schon seit langem ein wichtiger Rohstoff für die Papierherstellung. Im Schnitt sammelt jeder Österreicher über 70 kg Altpapier pro Jahr. Drei Viertel der in Österreich produzierten Papier-, Pappe- und Kartonprodukte werden recycelt. Die Papierrecycling-Rate in der EU liegt bei rund 72 %. Somit hat Papier mit Abstand die höchste Wiederverwertungsquote aller sogenannten „Sekundärrohstoffe“. Dazu zählen alle „Stoffe“, die wiederverwertet werden können wie Glas, Plastik oder Metall.



WORAUF MUSS ICH ACHTEN, WENN ICH ALTPAPIER SAMMLE?

Für die Papierindustrie besonders wertvoll sind Altpapiere in Form von Zeitungen, Zeitschriften, Prospekten oder Magazinen. Nur daraus kann wieder neues Zeitungsdruckpapier oder Hygienepapier entstehen.

Wenn in Altpapiercontainern diese Papiersorten mit Kartons oder Pappe vermischt werden, entstehen nach dem Auflösen des Altpapiers in der Fabrik grau gefärbte Faserstoffe, die sich nur mehr zur Herstellung von Wellpappe bzw. Grau- und Faltschachtelkarton eignen.



Aha

Darum sollen in Altpapiercontainern nur Zeitungen oder Zeitschriften bzw. Prospekte gesammelt und die Kartons / Schachteln in Altstoffsammelzentren abgegeben werden. Nur so können wieder verschiedene Papier- und Kartonsorten aus dem Altpapier entstehen.

WAS GEHÖRT ZUM ALTPAPIER (BEISPIELE)?

- » Zeitungen, Zeitschriften, Kataloge, Prospekte, Bücher
- » nicht verschmutztes Papier aus dem Haushalt
- » Papiersäcke, Papiertragtaschen

WAS GEHÖRT NICHT ZUM ALTPAPIER, SONDERN IN ANDERE SAMMELBEHÄLTER (BEISPIELE)?

- » verunreinigtes Papier
- » Verbundkartonverpackungen (z.B. Milch- und Getränkekartonverpackungen)
- » beschichtete Tiefkühlverpackungen (Leichtverpackungen)
- » Folien, Thermopapier, Etiketten und Etikettenträgerpapier (Restmüll)
- » Fotos und Fotopapier, Ansichtskarten (Restmüll)
- » Hygienepapier (z.B. Taschentücher) (Restmüll)

WARUM KANN MAN PAPIER / KARTON NICHT UNENDLICH OFT WIEDERVERWENDEN?

Die winzigen Fasern, aus denen Altpapier besteht, verlieren bei jedem neuen Recycling-Vorgang an Qualität. In der Fachsprache heißt es, dass die Fasern „kürzer“ werden oder ermüden (optimal für die Papierproduktion sind möglichst lange Fasern – siehe S. 26). Dadurch verlieren sie an Festigkeit und die Fähigkeit, sich aneinander zu binden. Nach zirka siebenfacher Wiederverwendung ist die Faser einfach zu kurz und sie hat

ihre Bindefähigkeit verloren. Sie kann nicht mehr zu neuem Papier/Karton verarbeitet werden. Diese unbrauchbar gewordenen Fasern werden aus dem Produktionsprozess ausgeschleust. Um eine entsprechende Produktqualität und die erforderliche Produktionsmenge zu erreichen ist es notwendig, sogenannte „Frischfasern“ aus Holzstoff (siehe S. 28) oder Zellstoff (siehe S. 31) in die Produktionsprozesse einzuschleusen.

Aha

Das Wort „Recycling“ stammt vom altgriechischen Wort „Kyklos“ (= Kreis) ab. Man findet es auch in vielen anderen Wörtern (Zyklon = Wirbelsturm; Zyklus = etwas Wiederkehrendes; englisch „Bicycle“ für Fahrrad etc.)

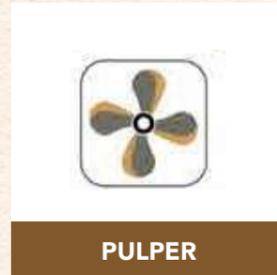
WAS PASSIERT MIT DEM GESAMMELTEN ALTPAPIER?

Grundsätzlich durchläuft das Altpapier bei der Aufbereitung mehrere Stufen:

1. AUFLÖSEN (in Wasser)
2. REINIGEN (z.B. von Druckerfarbe und Fremdstoffen)
3. FRAKTIONIEREN (d.h. zerteilen/sortieren für den weiteren Produktionsprozess)

Auflösen des Altpapiers in Wasser

Zuerst wird das Altpapier in einer „Trommel“ oder einem „Pulper“ (so wird ein großer Rührbottich mit einem übergroßen Mixer genannt) bei ca. 40 – 70 °C in Wasser aufgelöst. Das Endergebnis wird in der Fachsprache als „Faserstoff-Suspension“ bezeichnet (suspendere = lateinisch für „unterbrechen“ oder „ausschließen“).



Aha

Eine Suspension ist ein Gemisch aus einer Flüssigkeit und darin verteilter fester Stoffe (z.B. Altpapierreste). Lässt man eine Suspension stehen, sinken diese festen Stoffe mit der Zeit zu Boden oder schwimmen an der Oberfläche (das Gegenteil davon ist die „Lösung“, bei der keine Stoffe zu Boden sinken oder aufschwimmen, sondern alles wirklich „aufgelöst“ ist).

Die Herausforderung dabei ist, dass die winzigen Fasern des Altpapiers möglichst wenig beschädigt werden. Beim Auflösen des Altpapiers löst sich auch schon ein Teil der Druckerfarbe ab. Weiters werden sogenannte „Fremdstoffe“ (z.B. Büroklammern, Plastikteile, wasserfestes Papier) aus dem Altpapier-Brei entfernt.

Reinigung und Fraktionierung (Sortieren)

Die Reinigung und die Sortierung der Altpapier-Fasern sind umso aufwändiger, je höher die daraus erzeugte Papierqualität sein soll.

Im ersten Reinigungsschritt werden die restlichen groben Verunreinigungen wie Draht, Plastik oder Glas entfernt. Dafür wird der Altpapier-Brei „geschleudert“ (wie ein Wirbelsturm – darum wird dieses Verfahren auch „Zyklon-Prinzip“ genannt).

Je nach Qualität des zu erzeugenden Papiers sind einige weitere Reinigungsschritte zum Beispiel in gelochten oder geschlitzten Sieben notwendig (Grob- und Feinreinigung). Die Prozesse dahinter sind ziemlich komplex und können zum Beispiel in der Broschüre „Unser Papier“ (Download unter www.austropapier.at) nachgelesen werden.

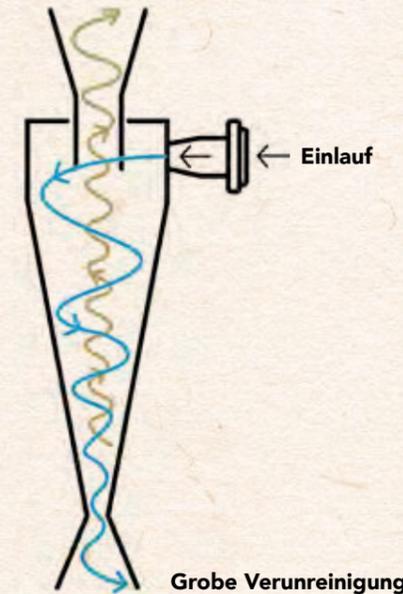
Ziel ist, alle (Schmutz)teilchen, die bei der Weiterverarbeitung zu neuem Papier stören würden, aus dem Altpapier zu entfernen. Wenn das neue Papier besonders weiß sein soll, können die Altpapier-Fasern zusätzlich gebleicht werden.

Wie wird die Druckerfarbe aus dem Altpapier entfernt?

Zur Herstellung von weißen Papiersorten muss das Altpapier zusätzlich „deinkt“ werden. Dieses Wort setzt sich aus zwei Teilen zusammen: „de“ (lateinisch für „weg“) und „ink“ (englisch für „Tinte“). Damit gemeint ist also der Prozess, bei dem die Druckfarben mit Wasser und Chemikalien (u. a. Seife und Wasserstoffperoxid) aus dem Altpapier entfernt werden. Dafür gibt es verschiedene chemische Verfahren, die ebenfalls in der Broschüre „Unser Papier“ (Download unter www.austropapier.at) genau beschrieben sind.

Die Reststoffe, die bei der Altpapieraufbereitung anfallen (zum Beispiel die „Deinking-Schlämme“) werden zur Energieerzeugung verwendet. Der Großteil der dabei anfallenden Asche wird unter anderem in Zementwerken zur Zementherstellung eingesetzt.

Altpapierteilchen



Der Altpapierbrei wird im Zyklon-Prinzip geschleudert



Beim Deinking-Verfahren wird die Druckerfarbe aus dem Altpapier entfernt.



Die österreichische Papierindustrie hat übrigens in den letzten Jahrzehnten ÜBER 1 MILLIARDE EURO in den Umweltschutz investiert!

Was kann man aus 100 kg Holz machen?



Im Biomassekraftwerk wird Holz als erneuerbarer Energieträger eingesetzt. Mit 100 kg Holz kann der Strom- und Wärmebedarf eines 4-Personen-Haushalts 3,4 Wochen lang gedeckt werden.

In der Papierindustrie entsteht aus Holz eine Vielzahl nützlicher Produkte. Papierprodukte können mehrmals wiederverwertet werden, danach dienen die Fasern als erneuerbarer Energieträger und können einen 4-Personen-Haushalt noch zusätzlich 2,3 Wochen lang komplett mit Strom und Wärme versorgen.

Ausgangspunkt: 100 kg Holz, EU- Wiederverwertungsrate: 3,6 Mal, 4-Personen-Haushalt, Eigenenergiebedarf zur Herstellung von Papier und Zellstoff bereits berücksichtigt

Von der Faser
 ↙ ZUM ↘
 GANZSTOFF

WEISST DU,

- ... wieso alte Dokumente oft vergilbt sind?
- ... was in der „Stoffzentrale“ einer Papierfabrik passiert?
- ... dass viele Papiersorten auch Gestein enthalten?
- ... wie viel Wasser im Papier steckt?

05 Von der Faser zum Ganzstoff

WAS IST MIT „STOFF“ GEMEINT?

Wir haben auf den letzten Seiten die drei Arten von „Stoff“ kennengelernt, die für die Erzeugung von Papier, Karton und Pappe relevant sind:



Das alles wird unter dem Begriff „Faserstoff“ zusammengefasst. Dieser „Faserstoff“ ist die Grundlage für die Herstellung von Papierprodukten.

Aha

Wird das Mengenverhältnis der drei Faserstoff-Arten verändert, verändern sich auch die daraus erzeugten Produkte.

ES KOMMT AUF DIE RICHTIGE MISCUNG AN!

Je nach Papier-/Kartonsorte werden diese drei Arten von Faserstoff in der sogenannten „Stoffzentrale“ gemischt. Dabei müssen die Experten genau überlegen, welche Eigenschaften das daraus erzeugte Papier-/Kartonprodukt haben soll – hier drei Beispiele:



Wie weiß soll das daraus erzeugte Papier/der Karton sein?

Für graue Kartonsorten ist zum Beispiel ein hoher Anteil an Altpapierfasern gut geeignet (siehe S. 34). Hochweiße grafische Papiere brauchen eher einen großen Teil an frischen Fasern (also Holzstoff oder Zellstoff), weil die Bleichung von Altpapier einen relativ hohen Aufwand erfordert.



Wie lange muss das Papier weiß bleiben?

Für kurzzeitig eingesetzte Papierprodukte wie Tageszeitungen werden hauptsächlich ligninhaltiger Holzstoff (siehe S. 28) und Altpapier (siehe S. 34) verwendet (dieses Papier vergilbt aufgrund des Lignins relativ rasch). Für Papiere, die möglichst lang rein weiß bleiben sollen, (zum Beispiel für die Herstellung von Büchern) nutzen die Papierexperten verstärkt den fast ligninfreien Zellstoff (siehe S. 31).



Wie viel muss das Papier/der Karton aushalten?

Für die Herstellung von Kraftpapier, das zum Beispiel für Papiersackerl eingesetzt wird, wird fast ausschließlich Zellstoff aus langfaserigen Nadelhölzern verwendet. Die langen Fasern sorgen für eine hohe Festigkeit (siehe S. 26).



Einige österreichische Papierfabriken haben eine Faserstoffproduktion UND eine Papier-/Kartonproduktion. In diesem Fall spricht man von einer „integrierten Produktion“. In anderen Papier-Betrieben wird der Faserstoff für die Papier- und Kartonproduktion zugeliefert.

BESTEHEN PAPIER UND KARTON ALSO NUR AUS FASERN UND WASSER?

Diese Frage kann in den meisten Fällen mit einem klaren NEIN beantwortet werden. Um Papier und Karton mit den notwendigen Eigenschaften auszustatten, werden dem Faserstoff-Gemisch Füll- und Hilfsstoffe beigelegt.

Diese Füll- und Hilfsstoffe verändern/verbessern wiederum die Eigenschaften des Endproduktes. Zum Beispiel wird Papier dadurch besser bedruckbar. Sie erleichtern aus verschiedenen Gründen den Herstellungsprozess und verringern oft die Herstellungskosten, weil weniger Fasern gebraucht werden.



Was sind Füllstoffe?

Schau dir das nebenstehende Bild an (Papier unter dem Mikroskop): Du siehst, wie die Fasern kreuz und quer übereinander liegen. Zwischen den einzelnen Fasern entstehen „Löcher“. Diese „Löcher“ sollen mit Füllstoffen und Pigmenten aufgefüllt werden, sodass sich später eine geschlossene Oberfläche (ohne Löcher) ergibt.



Diese Füllstoffe (in noch kleinerer Form auch „Pigmente“ genannt) sind hauptsächlich mineralisch (d.h. sie bestehen aus winzigen Mineralien-Teilen, die zum Beispiel in Bergwerken und Steinbrüchen abgebaut werden).

HIER EINIGE BEISPIELE:

- Kalziumkarbonat (Kreidegestein)
- Kaolin (auch „Porzellanerde“ oder „weiße Tonerde“ genannt)
- Talkum (ebenfalls eine Art von Gestein)



Kaolin – ein Füllstoff für die Papiererzeugung

Was sind Hilfsstoffe und warum muss Papier „geleimt“ werden?

Hier die Erklärung anhand eines konkreten Beispiels:

Die zellulosehaltigen Fasern reagieren grundsätzlich stark auf Nässe – das heißt, sie quellen auf, wenn sie in irgendeiner Form nass werden. Wie viel Feuchtigkeit sie aufnehmen, kann mit Hilfsstoffen gezielt gesteuert werden.

In der Fachsprache heißt es:

Das Papier wird „geleimt“.

Kurz gesagt werden beim „Leimen“ dem Faser-Gemisch Stärke und andere Substanzen beigelegt, die dafür sorgen, dass die winzigen Fasern besser aneinander haften. Somit wird die Oberfläche fester – das Papier wird „härter“. Durch das „Leimen“ verändert sich die Feuchtigkeitsaufnahme beim späteren Papierprodukt.



Manche Papiere quellen auf, wenn sie nass werden

Warum braucht man Füll- und Hilfsstoffe?

Füll- und Hilfsstoffe sorgen zum Beispiel für eine bessere Bedruckbarkeit des Papiers. Sie können es alterungsbeständiger und optisch ansprechender (also „schöner“ in Bezug auf Glanz, Glätte oder Weißgrad) machen. Bei manchen Illustrationsdruckpapieren kann der Füllstoffgehalt mehr als ein Drittel der gesamten Rohstoffmasse (also Faser-Gemisch & Füll- und Hilfsstoffe) betragen.

Schlussendlich können auch Farbstoffe beigelegt werden, um buntes Papier bzw. Karton zu erzeugen.

In einigen Papierfabriken werden in der Papiermaschine Füll- und Hilfsstoffe (zusätzlich) auf das bereits fast fertige Papier „aufgestrichen“, was wiederum die Papier- und Kartoneigenschaften verändert. Mehr dazu erfährst du auf Seite 56.



Farbpigmente für buntes Papier zählen ebenfalls zu den Füll- und Hilfsstoffen

WAS PASSIERT MIT DEN VERSCHIEDENEN „STOFFEN“?

In der Stoffzentrale werden die verschiedenen Arten von Faserstoffen (also Holzstoff, Zellstoff und Altpapierfasern) mit den Hilfs- und Füllstoffen und Wasser gemischt (auf 1 Liter Wasser kommen 3 – 15 g Fasern). Daraus entsteht eine pumpfähige Lösung (auch „Suspension“ genannt).

Für das Verdünnen des Faserstoff-Breis wird übrigens das Rückwasser aus der Papiermaschine verwendet. Der Wasserkreislauf funktioniert in Papiermaschinen ausgezeichnet! Mehr zum Thema „Wasser“ findest du auf Seite 82.

Das Mischverhältnis der Faser-, Füll- und Hilfsstoffe bestimmt die späteren Eigenschaften des Endproduktes. Zusätzlich können die Produkteigenschaften zum Beispiel durch das Mahlen des Faserstoffs in Mahl aggregaten bestimmt werden. Durch das Mahlen verändern die Fasern ihre Form und somit verändert sich schlussendlich auch die Art des Papiers/des Kartons.



Wasser und Zellstoff (Flocken oder gepresst) im Mengenverhältnis der Fasersuspension

UND WAS IST JETZT DER „GANZSTOFF“?

Als „Ganzstoff“ bezeichnet man die fertige Stoff-Wasser-Suspension, die im Papier-/Kartonherstellungsprozess die Stoffzentrale verlässt und zur Papiermaschine gepumpt wird.

Der Ganzstoff enthält die vollständige Zusammensetzung des späteren Papiers/Kartons:

- » Fasermaterial (Holzstoff, Zellstoff, Altpapierfasern)
- » Füllstoffe (Kaolin, Kalziumkarbonat, ...)
- » Leimungsmittel (Stärke, ...)
- » evt. Farbstoffe
- » evt. optische Aufheller
- » evt. weitere Bindemittel und Hilfsstoffe (je nach Art des Endproduktes)

Wenn der „Ganzstoff“ fertig ist, wird er zum so genannten „Stoffauflauf“ gepumpt.



In der PAPIER MASCHINE

WEISST DU,

... wer mehr Technik braucht, der Jumbo-Jet oder die Papiermaschine?

... was PET-Flaschen mit Papierschöpfen zu tun haben?

... was die Papierproduktion mit Matrosen gemeinsam hat?

... wie das Wasser ins Papier und wieder herauskommt?

... ob man Handschöpfen mit den Prozessen der Papiermaschine direkt vergleichen kann?

06 In der Papiermaschine

PAPIERMASCHINEN SIND EINFACH FASZINIEREND!

Die größten davon sind über 100 Meter lang, über 10 Meter breit und erzeugen bis zu 2.000 m Papier pro Minute! Hast du gewusst, dass in diesen High-Tech-Maschinen mehr Steuerungstechnik steckt, als in einem Jumbo-Jet? Schauen wir uns diese rekordverdächtigen Produktionsmaschinen einmal „von innen“ an...



KANN MAN EIGENTLICH HÄNDISCHES PAPIERSCHÖPFEN MIT DEN HIGH-TECH-PROZESSEN EINER PAPIERMASCHINE VERGLEICHEN?

Auf diese Frage gibt es eine klare Antwort:

JA!

Um die Vergleichbarkeit möglichst „praxisnah“ zu zeigen, werden wir im Papierforscherheft die einzelnen Schritte der Papierproduktion in einer Langsiebpapiermaschine (das ist die häufigste Art von Papiermaschinen) gleich parallel zum Handschöpfen zeigen.



WIR STARTEN MIT DEM „GANZSTOFF“ ...

Egal ob Handschöpfen, Mikropapierschöpfen (als Variante des Handschöpfens) oder Papiermaschine: Bevor mit der eigentlichen Papierpro-

duktion begonnen werden kann, muss der Ganzstoff (siehe S. 44) hergestellt werden.

In diesem Heft stellen wir das „Mikropapierschöpfen“ vor, das sich besonders gut dafür eignet, mit einer ganzen Klasse oder Gruppe ohne großen Aufwand (und ohne „Überschwemmung“) Papier herzustellen. Anleitungen für das „klassische“ Papierschöpfen findest du z.B. im Internet.

MATERIALIEN FÜR DAS MIKROPAPIERSCHÖPFEN:

- » Standmixer oder Smoothie-Maker
- » Zellstoff (ein paar Gramm – je Blatt Papier ca. 1 g) möglichst fein gemahlen
- » Wasser (je Blatt Papier ca. 100 ml)
- » 1 leere PET-Flasche 0,5 l mit Schraubverschluss und eine leere 1,5 l-Flasche
- » 1 leeres Marmeladenglas (oder ein anderes stabiles Glas)
- » 2 Stk. Filz (ca. 15 x 15 cm großes Stück – muss größer sein als der Flaschendurchmesser der 1,5 l-Flasche)
- » 2 Stk. Polyester- oder Viskosetücher (ca. 15 x 15 cm – müssen größer sein, als der Flaschendurchmesser der 1,5 l-Flasche) z.B. ein feines Tuch, das von Zauberern verwendet wird
- » 1 Nirosta-Spritzgitter (möglichst rund) ca. 10 – 15 cm Durchmesser (muss größer sein, als der Flaschendurchmesser der 1,5 l-Flasche)
- » 2 Aluplatten/Nirostapplatten (aus dem Baumarkt) ca. 15 x 15 cm
- » 1 - 2 kleine Schraubzwingen
- » Schüssel oder kleine Wanne



Die Vorbereitungen

Bereite den „Ganzstoff“ (also das Faser-Wasser-Gemisch) vor. Nimm dafür zirka 1 - 3 g Zellstoff und mixe ihn (mit dem Standmixer oder einem „Smoothie-Maker“) mit rund 1000 ml Wasser, bis keine „Wölkchen“ mehr zu sehen sind. Wenn du Zellstoff nur in Plattenform zur Verfügung hast, kannst du ihn mit einer Kaffeemühle zu Flockenzellstoff mahlen. Umso feiner

der Zellstoff gemahlen ist, desto besser funktioniert das Papierschöpfen.

Damit vergleichbar ist der im vorigen Kapitel genau beschriebene „Ganzstoff“, der in der Papierfabrik in der Stoffzentrale erzeugt wird und anschließend in den so genannten „Stoffauflauf“ kommt. Noch einmal zur Erinnerung: Der Ganzstoff besteht hauptsächlich aus den Faserstoffen (Holzstoff, Zellstoff, Altpapier-Fasern), Füll- und Hilfsstoffen.

STOFFAUFLAUF UND SIEBPARTIE

Oder: Was die Papierindustrie mit Seemännern gemeinsam hat!

Gleich vorab: Der Stoffauflauf hat NICHTS mit dem süßen oder pikanten „Auflauf“ aus der Küche zu tun! Das Wort „auflaufen“ kommt in diesem Fall eher aus der Seemannssprache. Wenn ein Schiff von oben her auf etwas (z.B. eine Klippe) auffährt bzw. sich festfährt, sagt man auch „... das Schiff läuft auf Grund“. So wie das Schiff auf Grund läuft, laufen im Stoffauflauf die Fasern auf Grund... Aber alles der Reihe nach!



STOFFAUFLAUF



SIEB

IN DER PAPIERFABRIK:

Der Ganzstoff, der aus der Stoffzentrale kommt, wird im Stoffauflauf noch einmal stark mit Wasser verdünnt. Je Liter Faserstoff-Wasser-Gemisch (in der Fachsprache auch „Suspension“ genannt) sind dann meist nur mehr ca. sieben bis zehn Gramm Faser- und Füllstoff enthalten. Also die Suspension besteht zu 99 % aus Wasser. Das ist notwendig, damit die Fasern sich optimal übereinanderlegen können. Jetzt gilt es, dieses Stoff-Wasser-Gemisch zu entwässern und daraus ein Blatt zu bilden.

Diese stark verdünnte „Suspension“ wird mit einer breiten Düse gleichmäßig über ein Kunststoffsieb verteilt, das sich im Endlos-Prinzip ununterbrochen vorwärts bewegt. Die festen Stoffe (also der Großteil der Faser-, Füll und Hilfsstoffe) bleiben dabei am Sieb hängen. Ein Schütteln des Siebes bewirkt, dass sich ein Teil der Fasern quer zur Laufrichtung der Papiermaschine (also „über Kreuz“) einlagert und verfilzt. Die erste Form der „Papierbahn“ entsteht.



Die Fasern legen sich kreuz und quer übereinander

Aha

Jetzt wird auch klar, warum die langen Holz-Fasern z.B. von Fichte oder Kiefer leichter zu verarbeiten sind als kurze Fasern! Die langen Fasern fallen nicht so leicht durch die Öffnungen des Siebes und legen sich besser und stabiler übereinander.

TIPP 💡

Auf Seite 26 findest du zum Thema „Fasern“ ein Experiment, das das Übereinanderlegen der Fasern symbolisiert.

STOFFAUFLAUF UND SIEBPARTIE

beim Mikropapierschöpfen

SO WIRD'S GEMACHT:

Nimm beide Kunststoffflaschen und schneide jeweils den Boden ab. Stelle den Boden der 1,5 l Flasche mit der offenen Seite nach oben in die Schüssel/Wanne.

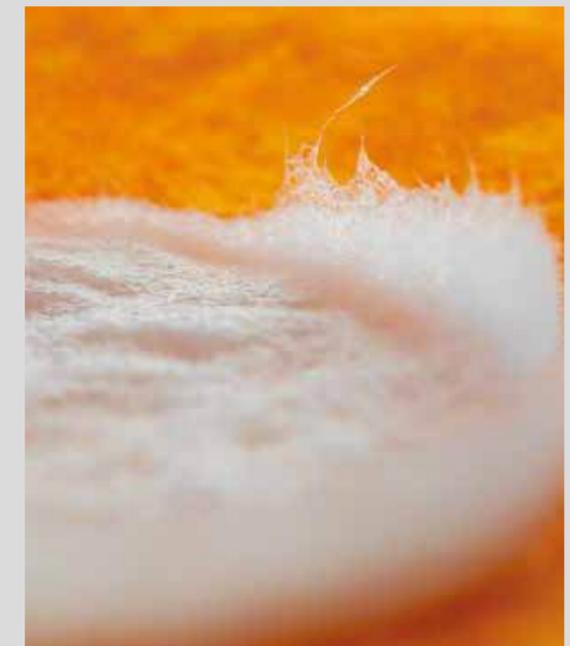
Fülle den Faserbrei in den mit dem Schraubverschluss verschlossenen oberen Teil der 0,5 l Flasche. Stelle ihn dazu am besten in einem offenen Marmeladeglas ab. Mach' den Filz etwas nass. Lege nun auf den Flaschenteil mit dem Faserbrei (0,5 l) zuerst das Polyester Tuch (oder ein Viskosetuch), dann den nassen Filz und abschließend das Spritzgitter. Drehe nun die 0,5 l Flasche über der Schüssel/Wanne um und stelle sie auf die leere 1,5 l-Flasche (das Spritzsieb liegt auf der 1,5 l-Flasche auf). Öffne langsam die 0,5 l Flasche und lass' dass Wasser ablaufen. Das Wasser rinnt in die 1,5 l Flasche – die Zellstofffasern werden vom Tuch zurückgehalten.



Bau den Versuch auf und drehe dann die Flasche über der Schüssel/Wanne vorsichtig um



Wird die Flasche geöffnet, läuft das Wasser ab



Du siehst, wie sich die Fasern übereinandergelegt haben. Der Wasseranteil ist noch sehr hoch

Papiermaschine

SIEBPARTIE

Der Teil der Papiermaschine, in dem die Fasern auf dem Sieb laufen, wird auch als „Siebpartie“ bezeichnet. Am häufigsten kommt in Papierbetrieben das „Langsieb“ zum Einsatz, das aus einem feinen endlosen Kunststoff-Gewebe besteht.

Das Sieb läuft mit dem „Papier“ über die verschiedenen Entwässerungsstufen bis die „Papierbahn“ so weit entwässert ist, dass sie an die nächste Stufe, also die „Pressenpartie“ übergeben werden kann.

Das Wasser rinnt durch die Schwerkraft bei diesem Prozess einfach ab bzw. wird es zusätzlich von Saugkästen und Saugwalzen abgesaugt. Es wird in die Stoffzentrale zurückgepumpt und weiterverwendet. Das Kunststoffsieb wird während des Produktionsvorgangs laufend gereinigt – die Faserreste gelangen ebenfalls wieder zurück in die Stoffzentrale.

Nach dem Stoffauflauf enthält die Papierbahn (die eher noch aussieht wie ein „Faser-Flies“) noch rund 80 % Wasser.

Experten-Tipp

Die Kunststoffsiebe werden auf modernen Webmaschinen in Breiten bis zu knapp 13 m vollautomatisch gewebt. Aufgrund der immer höheren Produktionsgeschwindigkeit der Papiermaschinen wurde in den letzten Jahren sehr viel „Forschergeist“ in die Entwicklung neuer Siebkonstruktionen gesteckt. Eine Herausforderung ist zum Beispiel das Herstellen der Naht für den Endloseinsatz in der Papiermaschine (wird meist noch händisch gemacht), denn durch diese Naht darf sich später keine „Markierung“ im Papier bilden.



Wasserzeichen werden mit „Egoutteuren“ in das Papier gepresst - zum Beispiel bei Geldscheinen (siehe „Zusatzinfo“)

ZUSATZINFO: In manchen Papiermaschinen kommt ein „Egoutteur“ (egoutter = französisch „abtropfen lassen“) zum Einsatz. Er ist zwischen den Saugeinrichtungen der Siebpartie eingebaut. Im Grunde genommen ist der Egoutteur eine siebgespannte Walze, die die Fasern in das Blatt hineindrückt. Dadurch wird das Papier noch glatter – eine feine, gleichmäßige Oberseite entsteht – das Endprodukt ist dann leichter bedruckbar. Mit speziellen Egoutteuren können Wasserzeichen in das Papier „gepresst“ werden.

Handschöpfen

IM VERGLEICH: STOFFAUFLAUF UND SIEBPARTIE beim klassischen Handschöpfen

Ein kleiner Exkurs zum „klassischen“ Handschöpfen:

Auch hier läuft der Stoff auf das Sieb auf, wenn es vorsichtig aus der Bütte gehoben wird.

Aha

Um auf das anschauliche Beispiel mit den Seeleuten zurückzukommen: In der Stoffzentrale läuft der „Stoff“ auf ein Sieb auf wie das Schiff im Meer auf den seichten Meeresgrund. Die Stärke (also das „Flächengewicht“ => siehe S. 13) des Papiers/Kartons hängt unter anderem davon ab, wie dick der „Stoff“ auf das Sieb aufgebracht wird.

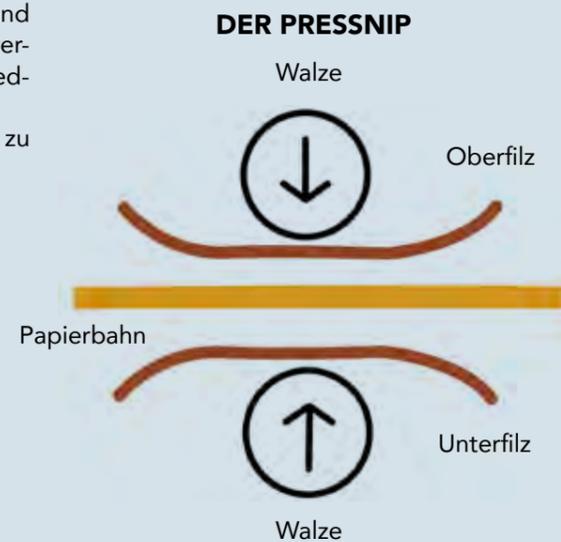
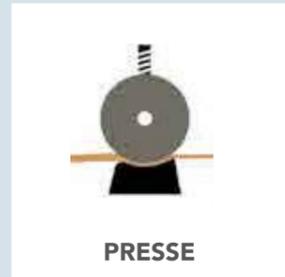


PRESENPARTIE

IN DER PAPIERFABRIK:

Am Ende der Siebpartie wird die Papierbahn auf eine dicke, endlose Filzunterlage weitergeleitet. Diese Filzbahnen führen die Papierbahn durch eine oder mehrere Presswalzen. Dabei wird überschüssiges Wasser aus der Papierbahn in den Filz gepresst und wiederum von Saugkästen abgesaugt. Die Fasern werden fest zusammengedrückt – das Papier wird fester.

Je nach Papiersorte, Art der Pressenpartie und der Geschwindigkeit der Papiermaschine werden am Ende der Pressenpartie unterschiedliche Trockengehalte bis zu 50 % erreicht. Das heißt: Das Papier besteht immer noch zu 50 % aus Wasser.



Papiermaschinen in Papierfabriken geben meist wenig Einblick in die Produktionsvorgänge. Aber an der Technischen Universität Graz (Institut für Papier-, Zellstoff- und Fasertechnik) steht eine Miniaturpapiermaschine, die echtes Papier herstellt. Zu speziellen Anlässen wird die Maschine in Betrieb genommen (am Bild siehst du die Trockenpartie). Hier können auch Kinder die Abläufe gut nachvollziehen.

PRESENPARTIE

BEIM MIKROPAPIERSCHÖPFEN:

Hebe vorsichtig die 0,5 l Flasche auf. Lege auf die „geschöpften“ Zellstofffasern wieder ein Polyestertuch, ein Stück Filz und eine Metallplatte (funktioniert übrigens auch mit Holzplatten - siehe Foto links unten).

Hebe vorsichtig das Spritzgitter mit den Tüchern und der Platte von der Flasche, dreh das Ganze um und ersetze das Spritzgitter ebenfalls durch eine Metallplatte.

Presse nun mit der Schraubzwinge das Wasser aus dem feuchten Papierstück.

Öffne die Konstruktion und löse das Blatt Papier aus den Polyestertüchern. Jetzt kannst du zusätzlich mit saugfähigem Papier das Wasser aus dem Papier entfernen (Achtung: Zeitungspapier färbt ab!)

Der Versuch funktioniert grundsätzlich auch ohne Polyester-Tücher (siehe Fotos). Die Erfahrung hat aber gezeigt, dass sich das Papier leichter von Polyester-Tüchern als vom Filz ablösen lässt.



Vor der Pressenpartie: Das Papier enthält noch viel Wasser - die Fasern liegen eher lose übereinander



Das Pressen verringert den Wasseranteil im Papier - es wird stabiler/fester



Das Papier nach der Pressenpartie

TROCKENPARTIE



Aha

Jetzt ist klar, warum aus den Kaminen der Papierfabriken häufig „weißer Nebel“ austritt. Das meiste davon ist nämlich KEIN Rauch, sondern Wasserdampf und feinste Wassertröpfchen, wie in den Wolken. Das Papier muss ja in mehreren Verfahrensstufen getrocknet werden. Ein Teil des dabei anfallenden Wassers wird in Form dieses Wasserdampf-Wassertröpfchen-Gemisches wieder an die Umwelt abgegeben.

IN DER PAPIERMASCHINE

In der Trockenpartie wird, wie der Name schon sagt, die Papierbahn über eine Reihe von Trockenzylindern geführt und vorsichtig getrocknet. Damit soll das letzte überschüssige Wasser aus dem Papier entfernt werden (siehe S. 52 Foto der Miniaturpapiermaschine).

Das Prinzip ist ganz einfach: Die Trockenzylinder werden mit Dampf gefüllt und dadurch auf bis zu 90 – 120 °C erhitzt. Das Papier, das mit der heißen Zylinderwand in Kontakt kommt, erwärmt sich – dadurch verdampft der Großteil des restlichen Wassers und die Fasern werden noch enger aneinandergedrückt.

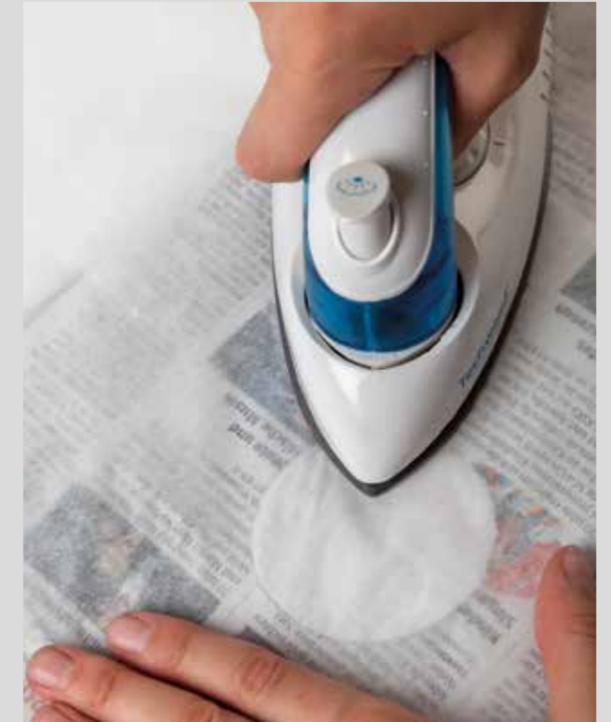
TROCKENPARTIE

BEIM MIKROPAPIERSCHÖPFEN:

Das Blatt wird mit einem Bügeleisen (ca. 80° C – mittlere Temperatureinstellung) oder einer Bügelmaschine getrocknet und geglättet. Das kommt der „Trockenpartie“ in der Papiermaschine gleich.

Verwende beim Bügeln am besten Backpapier, damit das geschöpfte Papier nicht am Bügeleisen klebt.

ACHTUNG: Steck' nie zu viele Bügeleisen auf einmal an. Es kann passieren, dass dadurch die Stromleitungen überlastet sind und die Sicherungen fallen. Als Alternative kannst du eine Metallspachtel über einem Bunsenbrenner (Gaskocher) erhitzen und das geschöpfte Papier damit trocknen.



Am besten funktioniert das Bügeln, wenn Backpapier auf das Blatt gelegt wird

TIPP

Sei einfach kreativ:
Färbe die Zellstoffasern ein (z.B. mit Seidenpapierschnipseln), schöpfe unterschiedliche Blüten, Blätter oder Gewürze ein (Zimt riecht besonders gut) oder mische kleine Blumensamen unter die Stoff-Masse.

ACHTUNG:
Wenn die Blumen- oder Kräutersamen aus dem Papier wachsen sollen, darfst du das geschöpfte Papier aber nur mit sehr wenig Temperatur bügeln oder nur vorsichtig trocken tupfen.!



Handgeschöpftes Papier mit Samen

UND NOCH EINMAL WIRD GELEIMT...

Bei der Herstellung von bestimmten Papier- und Kartonsorten (z.B. Schreib- und Druckpapieren oder Wellpappe-Rohpapieren) wird nach rund zwei Drittel der Trockenpartie eine Vorrichtung angebracht, die eine weitere „Leimung“ des Papiers vornimmt. Je nach Verwendungszweck kann die Leimung einseitig oder beidseitig am Papier aufgetragen werden.

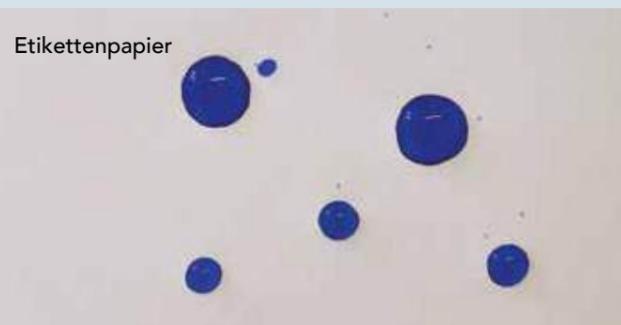
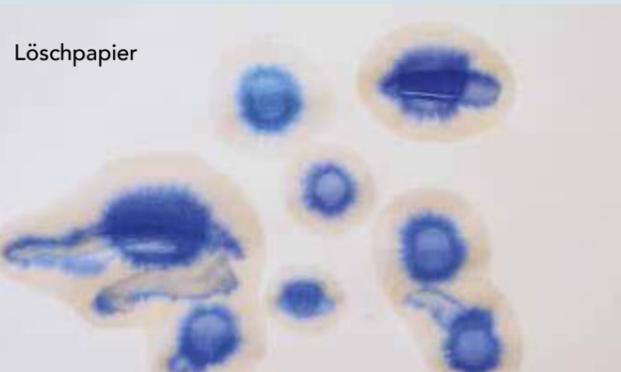
Auf der Seite 43 haben wir bereits das Thema „Leimung“ erklärt. Zusätzlich zu diesem Verfah-

ren in der Stoffzentrale kann durch den weiteren Leim-Vorgang in der Trockenpartie (z.B. mit Stärkelösung oder synthetischen Leimungsmitteln wie Kunstharz) die Oberfläche und somit die Papierqualität weiter verbessert werden. Das Papier/der Karton wird „imprägniert“. Nach der Leimung wird das Papier noch einmal in einer so genannten „Nachtrockenpartie“ getrocknet.

Aha

Ohne diese zusätzliche Leimung könnten wir die meisten Papiere nicht bedrucken, weil durch die hohe Saugfähigkeit ein „Löschblatteffekt“ eintreten würde. In der Grafik-Fachsprache heißt es in einem solchen Fall, dass die Farbe am Papier „absäuft“.

Weiters wird das Papier/der Karton durch die zusätzliche Leimung fester und stabiler – es reißt weniger leicht. Ungeleimtes Papier wird zum Beispiel für Küchenrollen, Toilettenpapier oder Taschentücher verwendet (eben für alles, was saugfähig sein muss).



Die Saugfähigkeit von Papier wird unter anderem durch das „Leimen“ beeinflusst.

FÜR EXPERTEN: Papier mit einem Gewicht von ca. 80 g/m² (so viel wiegt das klassische Kopierpapier) nimmt ohne Leimung rund 100 – 120 g Wasser je Quadratmeter auf. Nach der Leimung beträgt die Wasseraufnahme nur noch etwa 20 – 25 g/m². Zu geringe Wasseraufnahme ist bei Druckpapieren zu vermeiden, weil die Druckfarbe nicht einziehen kann. Bei wasserbeständigen Papiersorten (z.B. Etikettenpapieren für Lebensmittel) ist eine geringe Wasseraufnahme durchaus erwünscht.

BEGRIFFE:

Masseleimung:

Der „Leim“ wird direkt dem Stoffgemisch am Anfang des Produktionsprozesses in der Stoffzentrale beigemischt.

Oberflächenleimung:

Der „Leim“ wird (zusätzlich) in der Trockenpartie auf das Papier/den Karton aufgestrichen.

TIPP

Interessantes und Praktisches zum Thema „Saugfähigkeit“ von Papier findest du ab Seite 62 im Experimentier-Teil des Papierforscherhefts.

UND NOCH EINMAL WIRD GEGLÄTTET...

Am Ende der Trockenpartie kann das Papier über ein „Glättwerk“ von mehreren Stahlwalzen geführt werden, um es noch glatter zu machen. Das geschieht meist dann, wenn das Papier nach dem Verlassen der Papiermaschine nicht mehr weiter veredelt wird.



TIPP

Schau' dir verschiedene Papier-/Kartonprodukte (mit den Kindern) genau an: Welche davon glaubst du sind durch ein Glättwerk gelaufen? Beispiele für typische Glättwerk-Produkte sind Spielkarten, Buntpapier, glatter Karton etc.

DAS PAPIER WIRD AUFGEROLLT

Schließlich wird die Papierbahn auf riesige Walzen, so genannte „Tamboure“ aufgewickelt. Ein Tambour kann bis zu 150 Tonnen wiegen – das ist so schwer wie 150 Autos!



Papiermaschine

VEREDELUNG / AUSRÜSTUNG

Nachdem das (Roh)Papier auf die Tamboure aufgerollt wurde, kann es je nach Verwendungszweck noch weiter veredelt werden. Dafür gibt es mehrere Möglichkeiten:

STREICHEN FÜR EINE NOCH BESSERE OBERFLÄCHE

Falls das Papier später für hochwertige Drucksorten wie Bildbände, Magazine oder Kataloge verwendet werden soll, wird die Papieroberfläche (zusätzlich zur Leimung) mit feinen Mineralstoffen (z.B. Kreide, Porzellanerde und Bindemitteln => siehe Füll- und Hilfsstoffe S. 42) in der Streichmaschine bestrichen. Dadurch erhält das Papier eine besonders druckfähige Oberfläche.



STREICHANLAGE

Aha

Papiere, die durch die Streichmaschine laufen, nennt man „gestrichene Papiere“. Das Gegenteil davon sind „Naturpapiere“.

TIPP

Nimm ein Blatt Naturpapier, ein Blatt hochwertigeres Kopierpapier und Filzstifte (bzw. eine Füllfeder oder Wasserfarben). Was passiert, wenn du langsam mit den Stiften auf dem ungestrichenen Naturpapier bzw. auf dem gestrichenen Kopierpapier zeichnest/schreibst? Beim Naturpapier wird die Farbe viel leichter verrinnen – es saugt mehr Farbe auf.

Papiermaschine

SATINIERKALANDER FÜR SCHÖNEN GLANZ

Im so genannten „Satinierkalander“ (calandre = französisch für „Rolle“) läuft das Papier noch einmal durch bis zu 14 Walzen. Dabei wird das Papier, ähnlich wie bei einer Bügelmaschine, erwärmt und es wird auf die Oberfläche Druck ausgeübt. Dadurch wird das Papier noch glatter und erhält einen leuchtenden Glanz.

UND DANN WIRD DAS PAPIER/DER KARTON FÜR DEN TRANSPORT ZUM ENDKUNDEN „AUSGERÜSTET“:

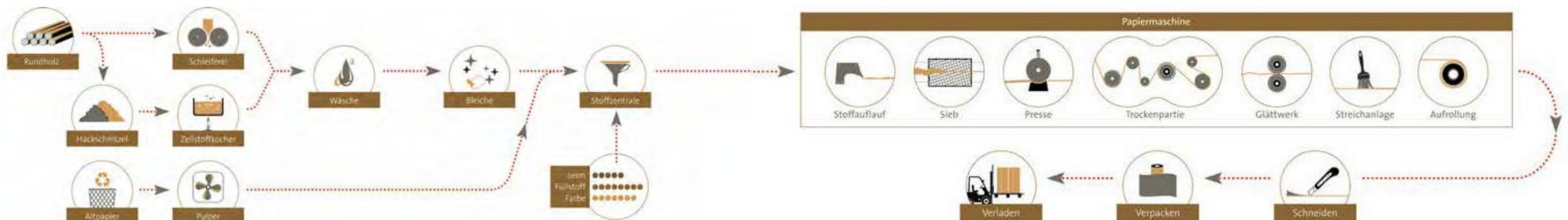
Auf dem Rollenschneider wird die riesige „Mutterrolle“ auf die vom Kunden benötigte Breite gebracht; mit dem Querschneider wird das Rollenpapier zu Papierbögen in verschiedenen Größen geschnitten (zum Beispiel A4 – unser klassisches Drucker- und Kopierpapier).



SCHNEIDEN

FÜR EXPERTEN: Eine Papiermaschine von der Geschwindigkeit her zu kalibrieren, ist eine große technische Herausforderung. Jeder einzelne Teil der Maschine/jede einzelne Walze braucht je nach Produktionsfortschritt eine andere Geschwindigkeit, da sich ja auch das Format der Papierbahn laufend verändert (am Anfang ist die Papierbahn länger und breiter als am Ende des Produktionsprozesses, weil die Masse zuerst noch viel mehr Wasser enthält). Wenn die Geschwindigkeiten schlecht abgestimmt sind, kommt es zu so genannten „Bahnrissen“ (siehe S. 60).

Die Papierproduktion noch einmal im Überblick:



DER TRANSPORT VON PAPIER IST EINE ECHTE HERAUSFORDERUNG!

Die Papierrollen und die Formatpapiere (z.B. das Kopierpapier) werden abschließend für den Transport zum Endkunden verpackt.

Dabei gilt es einiges zu beachten: Zum Beispiel darf sich die Papierfeuchte beim Transport nicht wesentlich verändern, auch wenn sich die Feuchte der Außenluft z.B. in einem Zug, der längere Zeit durch Regenwetter fährt, ändert. Weiters gilt es, die Papierblätter so zu verpacken, dass sie nicht verrutschen können.



VERPACKEN



VERLADEN

TIPP

Nimm einen kleinen Stapel Kopierpapier und leg' ihn auf deinen Schoß bzw. auf einen Tisch. Bewege nun vorsichtig deine Beine/den Tisch und beobachte, was passiert (die Bewegung simuliert das Schaukeln eines Zuges bzw. eines Lastwagens). Natürlich rutscht das Papier vom Stapel und fällt zu Boden. Überlege, was das für den Transport von großen Papiermengen bedeutet! Fazit: Auch das beste Papier ist ohne perfekte Verpackung bzw. geeignete Transportbedingungen wertlos!



Experten-Tipp

Schon einmal von einem „Bahnris“ gehört? Manchmal kommt es vor, dass die Papierbahn, die über die Papiermaschine läuft, während dem Produktionsprozess reißt. Das ist in der Papierfabrik meist mit spontaner Hektik verbunden, da der Produktionsprozess unterbrochen werden muss, um die Papierbahn möglichst rasch wieder herzustellen.



Papier

EXPERIMENTE

WEISST DU,

- ... warum ein Taschentuch besonders gut saugt?
- ... wie du Papierblumen zum Blühen bringst?
- ... wie du eine „Wasserbrücke“ baust?
- ... wieso Buchstaben auf der Zeitung nicht verrinnen?
- ... wie du Seidenpapiermännchen zum Tanzen und Papierschiffe zum Schwimmen bringst?
- ... wie dem Papierigel die Haare zu Berge stehen?
- ... wieviel Gewicht ein Papierstreifen tragen kann?

07 Papierexperimente

SAUGFÄHIGKEIT

In den vorigen Kapiteln haben wir erfahren, dass es weltweit rund 3.000 Papier- und Kartonsorten gibt. Eines der wichtigsten Unterscheidungsmerkmale ist dabei die Saugfähigkeit. Ein paar Beispiele dazu: Küchenrollen oder Taschentücher müssen Flüssigkeiten natürlich gut aufsaugen, dürfen dabei aber nicht gleich kaputt gehen. Filterpapier muss Flüssigkeit durchlassen, Etikettenpapiere dürfen auf keinen Fall Flüssigkeiten aufnehmen. Aber auch Druckerpapiere müssen die richtige Menge an Tinte aufsaugen. Wir wollen in verschiedenen Versuchen ausprobieren, wie sich Flüssigkeiten auf Papier und Karton auswirken.



TIPP 💡

Überlege mit den Schülern/Kindergartenkindern, welche Papier- und Kartonsorten besonders gut oder gar nicht saugen. Warum brauchen diese Papierprodukte genau diese Eigenschaften?

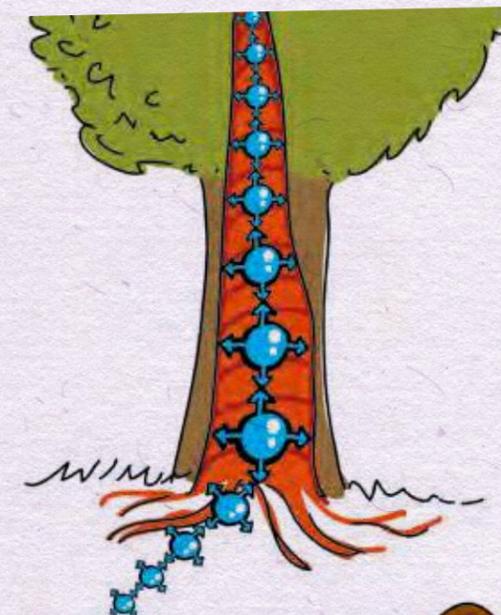
WARUM SAUGEN DIE MEISTEN PAPIER- UND KARTONSORTEN ÜBERHAUPT?

Der Grund, warum bestimmte Materialien saugen, ist der so genannte „Kapillareffekt“ (lat. capillaris = das Haar betreffend, daher auch „Haarröhrchenwirkung“ genannt). Klingt kompliziert, ist aber ganz einfach: Sobald Flüssigkeiten auf enge Röhren, Spalten oder Hohlräume treffen, klettern sie dort nach oben – auch gegen die Schwerkraft. Papier und Karton bestehen aus unzähligen ein-

zelnen Fasern, die übereinander und nebeneinander liegen (siehe Seite 26). Zwischen diesen Fasern befinden sich winzige Hohlräume. Sobald zum Beispiel Wasser auf Papier oder Karton trifft, tritt der Kapillareffekt ein und die winzigen Hohlräume (die zuerst mit Luft gefüllt waren), füllen sich mit der Flüssigkeit.

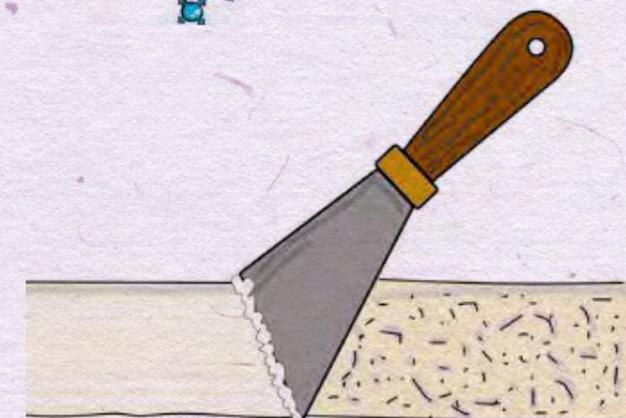
Aha

Die Kapillarwirkung ist es, die Wasser in die Lage versetzt, vom Grundwasser aus aufwärts zu klettern und zum Beispiel die Pflanzen mit Feuchtigkeit und Nahrung zu versorgen.



Aha

Durch das Leimen (siehe S. 56) steuert man die Saugfähigkeit von Papier. Das ist die Voraussetzung dafür, dass Papier überhaupt beschreiben werden kann. Die Leimung verringert die Kapillarität, sodass weniger Flüssigkeit zwischen die Papierfasern eintreten kann.



VERSUCH

Klettermax und Schwerkraft-Stürmer: So funktioniert der Kapillareffekt

MATERIALIEN

- » 2 dünne Glas- oder durchsichtige Kunststoffscheiben (ca. 2 x 8 cm groß); z.B. Objektträger für Mikroskopie
- » 1 dünnes Holzstäbchen (z.B. Zündholz oder Schaschlik-Stäbchen)
- » 1 Gummiringerl
- » 1 kleiner Teller (oder eine Petrischale bzw. ein Glas)
- » Gefärbtes Wasser (z.B. mit Lebensmittelfarbe, Wasserfarbe oder Tinte)

SO WIRD ES GEMACHT:

Lege die zwei Glasscheiben übereinander. Befestige auf der einen Seite das Holzstäbchen mit dem Gummiringerl (siehe Foto). Achte darauf, dass dabei zwischen den beiden Glasscheiben ein kleiner, keilförmiger Luftspalt entsteht (die zwei Scheiben stoßen beim Holzstäbchen nicht ganz zusammen – es soll eine ganz kleine Öffnung vorhanden sein). Das Holzstäbchen darf nicht bis unten reichen und später in die Flüssigkeit tauchen. Gib nun auf den Teller, in das Glas oder in die Petrischale etwas gefärbtes Wasser. Stelle die zusammengebaute Glasscheiben-Konstruktion in die Flüssigkeit.

Was passiert?

Aufgrund des Kapillareffektes klettert (steigt) die Flüssigkeit an der engsten Stelle (dort, wo die zwei Glasscheiben noch fest aneinander liegen) nach oben. Versuche jetzt, den Abstand der Glasscheiben zu verändern. Je größer der Abstand, desto weniger hoch steigt das Wasser. Fazit: Der Kapillareffekt ist von der Öffnungsweite abhängig.

Aha

Auch die klassische Füllfeder funktioniert nach dem Kapillar-Prinzip. An der Schreib-Spitze besitzt sie ein kleines Loch, in dem sich die Tinte aus der Patrone sammelt. Von dort wird sie über den sehr feinen Schlitz per Kapillarwirkung an die Spitze transportiert. Ist die Spitze verbogen, funktioniert auch der Kapillareffekt nicht mehr, weil der Abstand zwischen den zwei Federteilen zu groß ist. Die Feder ist kaputt.



VERSUCH

Wassertropfen-Mandala

Wassertropfenmandalas sind eine einfache, anschauliche und „bunte“ Möglichkeit, um das Thema Saugfähigkeit in Angriff zu nehmen. Mit wissenschaftlichem Hintergrund können wunderschöne Bilder gestaltet werden.

MATERIALIEN

- » Gläser oder durchsichtige Becher mit Wasser (pro Farbe ein Becher)
- » Lebensmittelfarben
- » Pipetten (mindestens pro Farbe eine Pipette)
- » Glatte durchsichtige Hüllen (zum Beispiel Aktenhüllen oder dickere Klarsichtfolien)
- » Weiße Küchenrolle (ohne aufgedruckte Muster)
- » Malvorlagen für Mandalas (S. 67)

SO WIRD ES GEMACHT:

Färbe das Wasser in den Gläsern mit verschiedenen Lebensmittelfarben ein. Suche dir eine Mandala-Malvorlage aus (z.B. jene von S. 67). Gib die Malvorlage in die Hülle. Nimm nun die Pipetten, saug die Farbe aus dem Glas auf und tropfe behutsam Muster auf die Hülle (natürlich funktioniert das auch ohne Malvorlage – es können auch völlig freie Bilder entstehen).

Wenn du mit dem Bild zufrieden bist, nimm ein Blatt Küchenrolle und lege es vorsichtig auf das Wassertropfenbild.



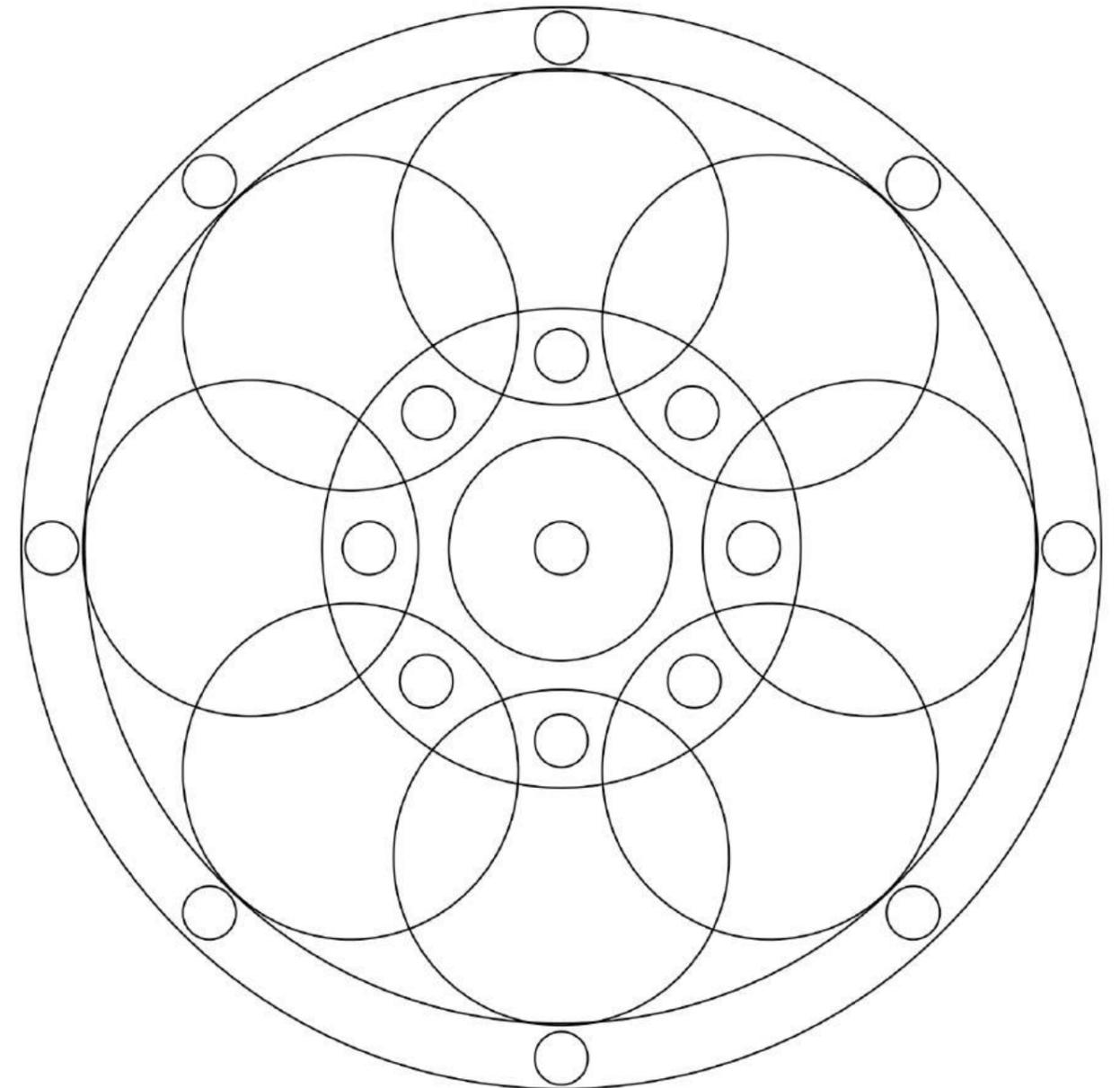
Was passiert?

Die Küchenrolle saugt die Flüssigkeit auf (sie dringt aufgrund des Kapillareffektes zwischen die winzigen Fasern ein). Ein wunderschönes Bild entsteht. Die Mandala-Vorlage kannst du dir übrigens auch auf www.papiermachtschule.at herunterladen.

**TIPP** 💡

Bei kleineren Kindern ist es sinnvoll, zuerst den Umgang mit der Pipette zu üben. Denn der Umgang mit Pipetten erfordert Koordination und Konzentration. Stelle einfach ein paar Becher oder Gläser auf und fordere die Kinder auf, mit der Pipette das Wasser von einem Becher in den anderen zu transportieren. In einem nächsten Schritt können sie versuchen, das Wasser vorsichtig auf ein Blatt Papier zu tropfen.

KOPIERVORLAGE Wassertropfen-Mandala




 VERSUCH

Der Trick mit dem Knick – Zauberblumen gestalten

Geheimnisvolle Blüten, die im Wasser wie von alleine aufgehen, sind einfach faszinierend. Warum das Wasser die Blumen zum Aufblühen bringt, ist Inhalt des nächsten Versuchs:



MATERIALIEN

- » Teller oder Schüssel mit Wasser
- » Papier (evt. verschiedene Papiersorten)
- » Schere und evt. Stifte (um die Blumen zu bemalen)

SO WIRD ES GEMACHT:

Der Trick mit dem Knick – die einfache Version:

Falte einen schmälere, rechteckigen Papierstreifen in der Mitte. Lege ihn ins Wasser. Was kannst du beobachten?

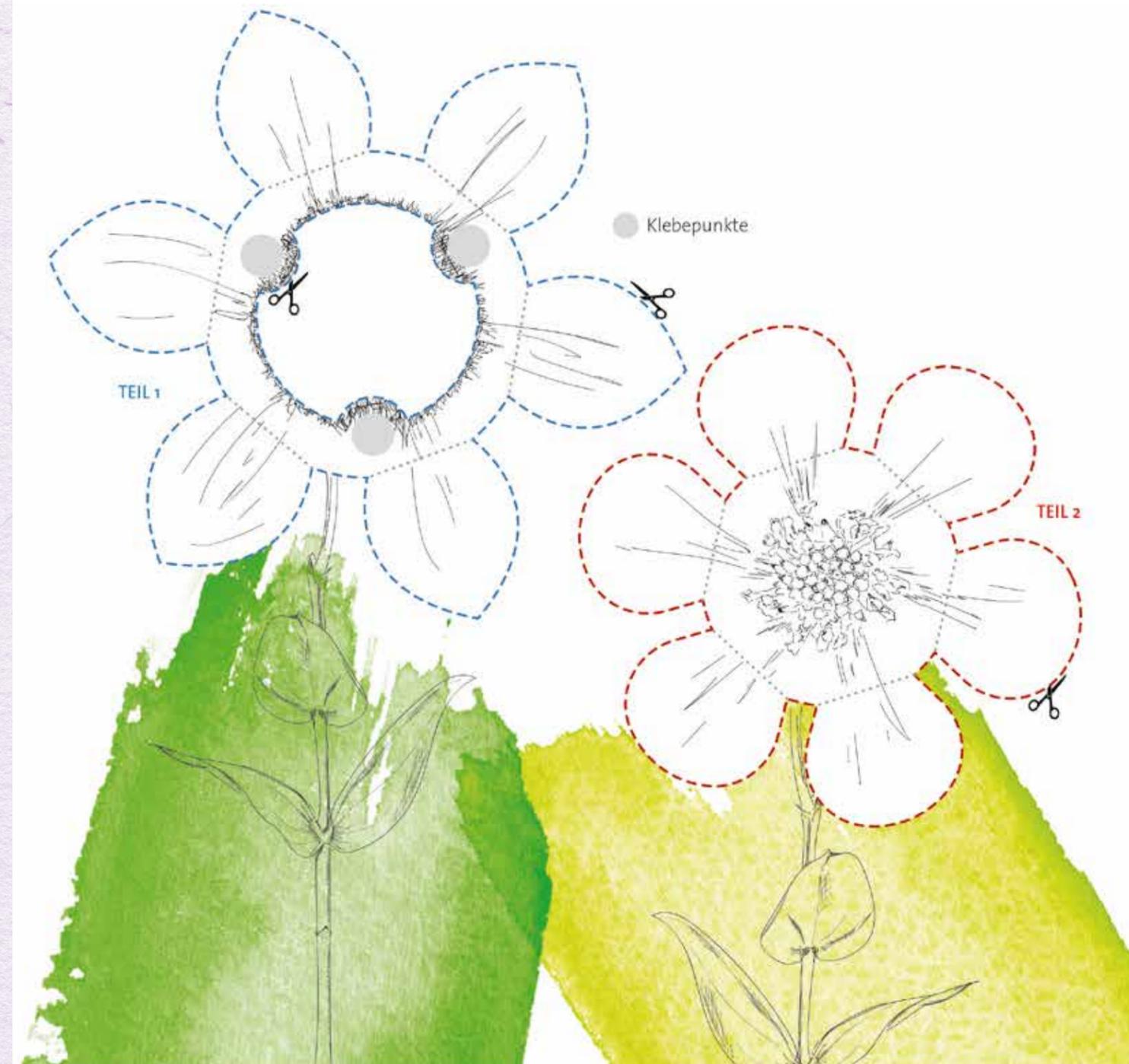
Zauberblumen – die etwas aufwändigere Version:

Schneide aus dem Papier eine Blume aus (eine Vorlage dafür findest du auf der nächsten Seite oder auf www.papiermachtschule.at). Falte nun die Spitzen (also die Blütenblätter) in die Mitte, sodass eine geschlossene Blüte entsteht. Lege nun die Blume auf das Wasser, sodass die Blätter nach oben zeigen.

Was passiert?

In beiden Fällen saugen sich die winzigen Hohlräume zwischen den Fasern an den Knickstellen gut mit Wasser voll. Denn dort, wo das Papier geknickt wurde, sind die Hohlräume besonders schmal und das Wasser kann sehr gut hochklettern (Versuch zur Kapillar- oder Haarröhrchen-Wirkung – siehe S. 64). Dadurch quellen die Papierblumen auf (sie werden größer) und das zusammengeklappte Papier richtet sich auf.

KOPIERVORLAGE Zauberblumen



Variante 1: Blumen ausschneiden, falten und einzeln ins Wasser legen

Variante 2: Blumen ausschneiden, an den Klebepunkten aufeinanderkleben, falten und zusammen ins Wasser legen

Weitere Ideen:

- » Starte einen Wettlauf – welche Blume öffnet sich am schnellsten?
- » Probiere verschiedene Papiersorten und Blumen-Formen aus – bei welchen Papieren funktioniert der Versuch besonders gut?
- » Falte die Blütenblätter in unterschiedlicher Reihenfolge. Was beobachtest du beim Aufgehen?

Experten-Tipp**01. Heiße Sache!**

Was passiert wenn du die Wassertemperatur veränderst – also einmal eiskaltes und einmal heißes Wasser verwendest? Erklärung: Wasser besteht aus winzigen Teilchen (Wassermoleküle). Diese Wassermoleküle sind bei Wärme viel beweglicher und brauchen mehr Platz. Das bedeutet, dass sie bei Wärme nicht so eng beieinander sind. Warmes Wasser ist also weniger „dicht“ als kaltes Wasser. Aufgrund dieser geringeren Dichte steigt warmes Wasser schneller nach oben als kaltes. Die Blüten öffnen sich im warmen Wasser schneller als im kalten.

02. Es geht noch schneller!

Nimm vollständig geöffnete Papierblumen aus dem Wasser und lass sie auf einem Küchentuch trocknen. Falte nun die Blütenblätter wieder nach innen und lege sie erneut ins Wasser. Was passiert?

TIPP

Bei diesem Experiment können Kinder anhand einer Geschichte lernen, wie an eine Fragestellung wissenschaftlich herangegangen wird (forschendes Lernen). Ein Beispiel: „Johanna hat heute in der Schule/im Kindergarten Papierblumen für ein Geburtstagsgeschenk gebastelt. Dabei ist ihr eine übrig geblieben. Sie steckt sie in ihre Tasche/Federschachtel und nimmt sie mit nach Hause. Zuhause entdeckt sie die Blume wieder und überlegt, was sie damit machen kann. Plötzlich hat sie eine Idee. Sie holt eine Schale mit Wasser und legt die Papierblume auf das Wasser. Was passiert?“ Die Kinder können zu dieser Frage Thesen aufstellen. Anschließend werden diese Thesen überprüft. Am Schluss können die Kinder ihre Ergebnisse selbst festhalten und dokumentieren (zeichnen, kleben, schreiben ...).

VERSUCH**Die seltsame Wanderung des Wassers durch Papier**

Bei diesem Versuch finden wir heraus, ob bestimmte Papiersorten als Transportmittel von Wasser genutzt werden können. Was glaubst du: Ist es möglich, nur mit Hilfe eines Papierstreifens Wasser von einem Gefäß in ein anderes zu leiten?

MATERIALIEN

- » Mehrere Petrischalen oder andere kleine, flache Gefäße
- » Gefärbtes Wasser (zum Beispiel mit Tinte oder Lebensmittelfarbe)
- » Verschiedene Papiersorten (zum Beispiel Löschpapier, Zeitungspapier, Taschentuch, Küchenrolle, Druckpapier, Etikettenpapier, Papierhandtücher, unterschiedliche Papiersackerl)

SO WIRD ES GEMACHT:

Stelle zwei Petrischalen (oder andere kleine, flache Gefäße) nebeneinander. Ein Gefäß wird mit eingefärbtem Wasser gefüllt. Bastle aus den Papiersorten die „Brücken“ für das Wasser. Am besten eignen sich dafür Papierrollen, die aus einem 10 x 10 cm großen Quadrat gerollt bzw. gefaltet werden. Verwende dabei Papiersorten mit unterschiedlicher Saugfähigkeit – von der Küchenrolle bis zum hochwertigen „gestrichenen“ (siehe S. 58) Druckerpapier.

Aha

Auch die Faserrichtung des Papiers kann grundsätzlich einen Einfluss auf die Transportwirkung haben. Mit der Faserrichtung läuft der Vorgang schneller und auch allgemein besser ab, als gegen die Faserrichtung. Bei vielen hochwertigen Papieren kann die Faserrichtung aber gar nicht mehr festgestellt werden.

TIPP

Variante: Das Experiment wird absichtlich in einer nicht ganz optimalen Variante vorgezeigt. Die Schüler probieren anschließend selbst dieses Experiment aus. Im Sinne des „For schenden Lernens“ sollen die Schüler ihre Beobachtungen dokumentieren und daraus eigene Forschungsfragen entwickeln bzw. diese auch beantworten (zum Beispiel durch Variation der Papiersorten).



VERSUCH

Was hat die Saugfähigkeit mit der Bedruckbarkeit von Papier zu tun?

Die Bedruckbarkeit von Papier ist technisch gar nicht so einfach zu lösen! Die Druckpunkte (also die Drucker-Tinte) muss vom Papier aufgesaugt werden, darf aber nicht zusammenfließen. Die Qualität (also die so genannte „Auflösung“) eines Bildes oder Textes hängt sehr stark von der Menge der Farbe im Tropfen und von der Saugfähigkeit des Papiers ab. Einige Hintergründe dazu werden wir mit diesem Experiment herausfinden.

MATERIALIEN

- » Unterschiedlich saugfähige Papier- und Kartonsorten (zum Beispiel Löschpapier, Kaffee-Filter, verschiedene Druckerpapiere, ...)
- » Pipetten
- » Eingefärbte Flüssigkeit (zum Beispiel Wasser mit Tinte) oder Lebensmittelfarbe

SO WIRD ES GEMACHT:

Nimm als Grundlage für dieses Experiment unterschiedlich saugfähige Papiersorten und lege sie nebeneinander. Gib nun mithilfe einer Pipette möglichst exakt zwei gleich große Tintentropfen in einem bestimmten Abstand auf das Papier. Diese Tropfen sollen die Druckpunkte der Druckmaschinen symbolisieren. Führe diesen Versuch auf der Oberfläche von allen Papieren durch. Damit du die Ergebnisse vergleichen kannst, muss der Abstand der Punkte immer ungefähr gleich sein.

Beobachte nun, auf welchem Papier die Druckpunkte optimal aufgesaugt werden (sodass sie nicht ineinander verlaufen aber trotzdem nicht als Tropfen an der Oberfläche des Papiers verbleiben).

TIPP

Lege die Dauer des Experimentes im Vorhinein fest. Das erleichtert die Vergleichbarkeit. Dokumentiere die Saugfähigkeit nach wenigen Sekunden, nach einer Minute, mehreren Minuten und mehreren Stunden. Wie haben sich die Druckpunkte verändert?



ELEKTROSTATIK

Anziehung und Abstoßung spielen im Leben eine wichtige Rolle. Aber was bedeutet es, wenn sich Dinge „anziehen“? Warum „funkt“ es, wenn wir eine andere Person oder eine Autotür berühren? Verantwortlich dafür sind positive und negative elektrische Ladungen. Die nächsten Experimente zeigen wundervoll bunt und spielerisch Elektrostatik im Alltag und wie man sie nutzen kann.

VERSUCH

Springende Seidenpapiermännchen

MATERIALIEN

- » Kunststoffrohre (Elektroinstallationsrohr) oder als Alternative dickere Kunststoff-Trinkhalme
- » Seidenpapier/Blumenseide
- » Motivstanzer (das Seidenpapier kann auch einfach zu Schnipsel geschnitten werden)
- » Woll-, Seiden- oder Mikrofaser Tuch

SO WIRD ES GEMACHT:

Stanze kleine Figuren aus dem Seidenpapier aus bzw. zerschneide es in kleine Schnipsel. Reibe nun das Kunststoffrohr mit dem Woll-, Seiden- oder Mikrofaser Tuch (meist funktioniert es auch mit „normaler“ Kleidung – hängt aber von den Materialien der Kleidungsstücke ab). Bewege das „geladene“ Kunststoffrohr über die Seidenpapiermännchen. Was passiert, wenn du weniger stark, fester, länger oder kürzer reibst? Was ist, wenn du mit dem Rohr ein paar Mal (sanft) auf dein Bein/ den Tisch klopfst und es dann noch einmal über die Seidenpapier-Männchen bewegst? Versuche es mehrmals in verschiedenen Varianten.

HINTERGRUND:

Papier lässt sich hervorragend elektrostatisch aufladen, Alle Stoffe bestehen aus positiven und negativen elektrischen Ladungen. Diese sind normalerweise ausgeglichen, die Stoffe sind elektrisch neutral. Wenn man Kunststoff (in diesem Fall das Roh) nun mit dem Tuch reibt, gehen negative Ladungen aus dem Tuch auf den Kunststoff über. Er ist nun negativ geladen, das Tuch hingegen positiv.

Papier ist elektrisch neutral. Näherst du das elektrisch negativ geladene Kunststoffrohr den Seidenpapierteilen, so werden die negativen Ladungen im Seidenpapier zurückgedrängt und die Vorderseite wird positiv. Das negativ aufgeladene Kunststoffrohr zieht die positive Oberfläche des Seidenpapiers an. Die Figuren „springen“ auf den Stab. Die Wissenschaftler nennen diesen Vorgang „Influenz“.

Eine Grafik, die diesen Vorgang anschaulich erklärt, findest du auf Seite 76.



VERSUCH

Tanzende Papiersterne und schwimmende Schiffe

MATERIALIEN

- » Kunststoffrohre (Elektroinstallationsrohr) oder oder als Alternative dickere Kunststoff-Trinkhalm
- » Papier (faltbar)
- » Zahnstocher
- » Woll-, Seiden- oder Mikrofaser Tuch
- » Kork
- » Wanne/Schüssel mit Wasser

HINTERGRUND:

Papier lässt sich, wie bereits beim Seidenpapier-Männchen-Versuch erklärt, elektrisch aufladen. Der Papierstern, dem wir uns mit dem Rohr nähern, ist elektrisch neutral. Das Kunststoffrohr wird durch das Reiben elektrisch geladen. Durch die Annäherung des Kunststoffrohres an das Papier wird die Sternspitze positiv geladen. Positiv und negativ ziehen sich an – somit folgt der Stern dem Rohr. Ähnlich verhält es sich mit dem Papierschiff. Es lässt sich am Wasser mit dem Rohr bewegen, ohne dass es berührt wird. Wie beim Stern bewirkt der negativ geladene Stab eine positive Ladung an der Spitze des Schiffes. Diese Anziehungskraft zwischen den positiven und negativen Ladungen reicht aus, um das Schiff am Wasser zu bewegen.

TIPP

Zu allen Versuchen, die im Laufe eines Jahres in der Klasse/Gruppe gemacht werden, kann ein Forscherbuch angelegt werden. So haben die Schüler ein Nachschlagewerk (ein „Laborbuch“) und eine tolle Erinnerung an das Experimentieren.

SO WIRD ES GEMACHT:

Tanzende Sterne:

Schneide die Sternvorlage aus (Vorlage auf der nächsten Seite oder auf www.papiermachtschule.at im Bereich „Papierboxen/Elektrostatik“). Die zwei kurzen Linien faltest du als Talfalte, die zwei langen Achsen als Bergfalte, sodass du die Sternform (siehe Foto) erhältst. Stecke einen Zahnstocher in einen Korken, lege den Stern auf die Spitze des Zahnstochers. Der Stern soll sich leicht drehen lassen.

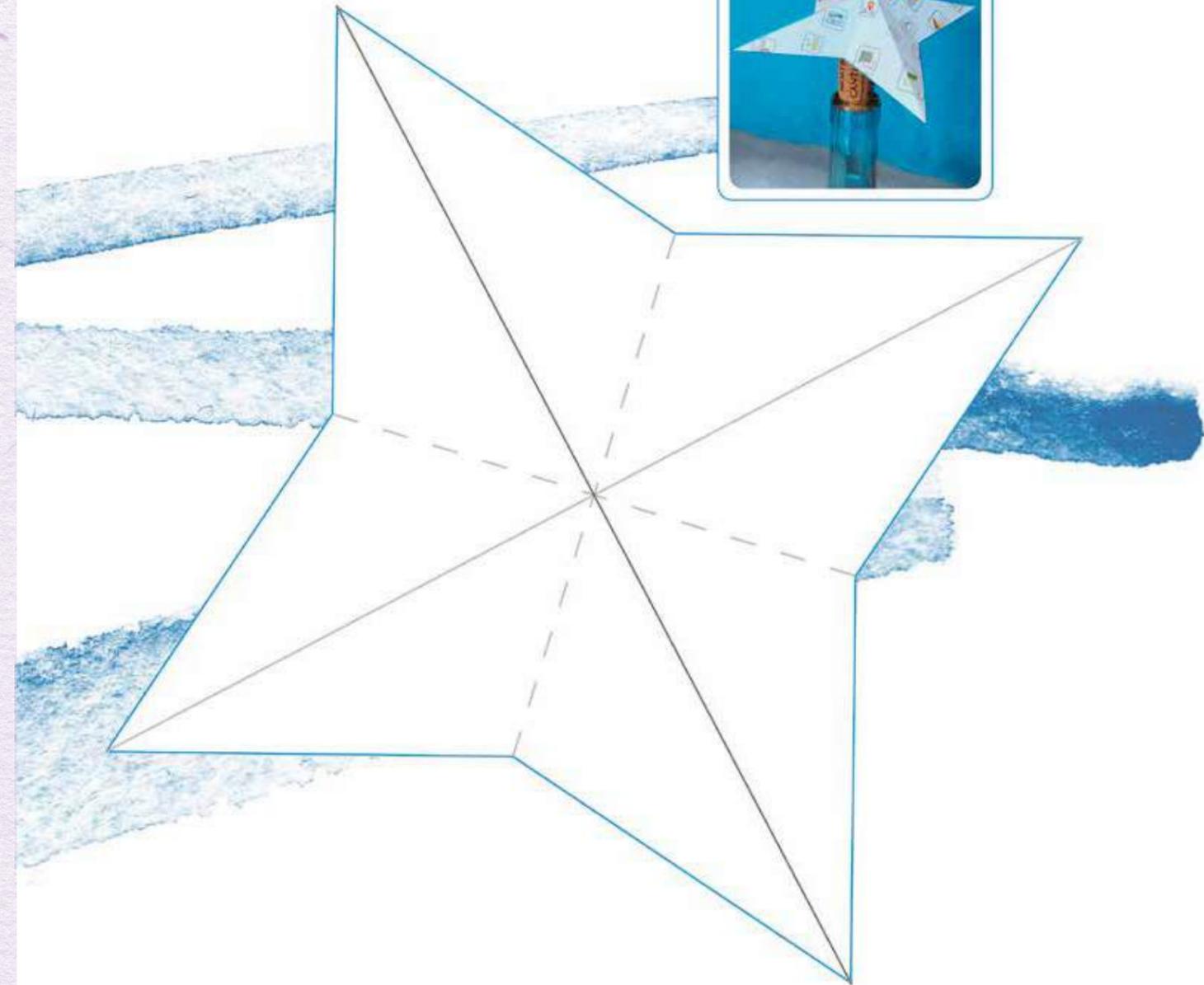
Reibe das Kunststoffrohr kräftig am Tuch und bewege es dann (am besten senkrecht) zu einer Sternspitze. Der Stern bewegt sich und versucht, dem Rohr zu folgen. Versuche es mehrmals! Für diesen Versuch brauchst du Geduld!

Schwimmende Schiffe:

Falte ein Papierschiff und setze es in eine Schüssel/Wanne mit Wasser. Reibe das Kunststoffrohr am Tuch. Versuche nun, das Schiff mit dem elektrisch geladenen Rohr zu steuern.



KOPIERVORLAGE Tanzender Papierstern



VERSUCH

Papierrollen-Rennen

Forscherfrage: Wie kannst du eine Papierrolle möglichst schnell bewegen, ohne dass du sie berührst?

MATERIALIEN

- » Kunststoffrohre (Elektroinstallationsrohr) oder als Alternative dickere Kunststoff-Trinkhalme
- » Papierrolle (aus Papier basteln – evt. bunt bemalen)
- » Woll-, Seiden- oder Mikrofaser Tuch

SO WIRD ES GEMACHT:

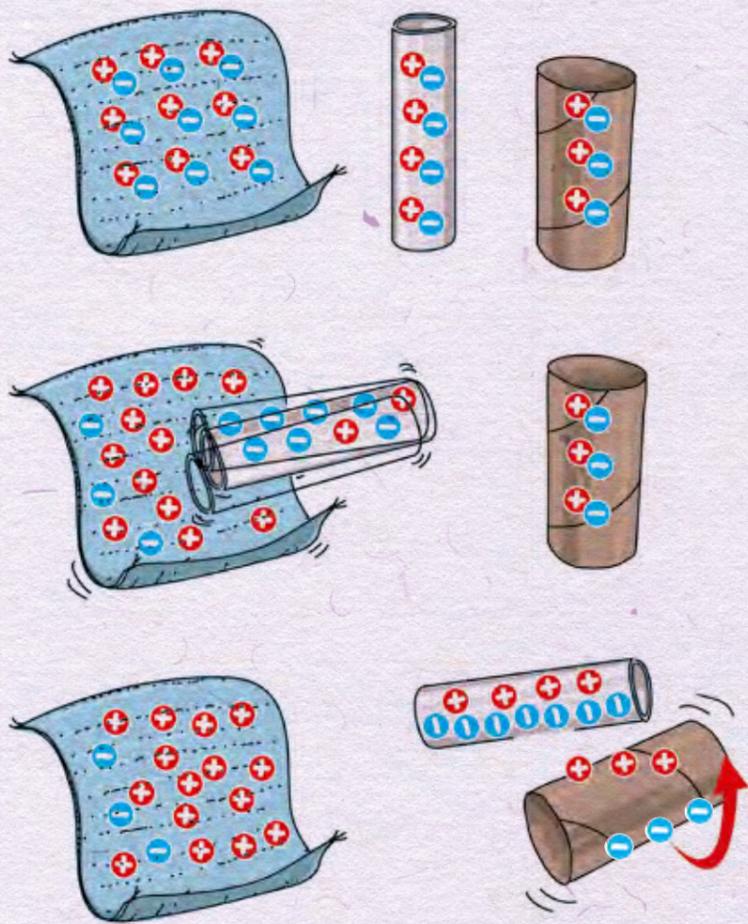
Lege die Papierrolle vor dir auf den Boden (auf den Tisch). Reibe nun das Kunststoffrohr kräftig am Tuch. Bewege das Rohr vorsichtig in Richtung Papierrolle. Was passiert?

Die Rolle beginnt sich zu bewegen (Erklärung siehe S. 73). Was passiert, wenn die Rolle nicht ganz rund ist oder der Untergrund uneben? Besonders gut funktioniert der Versuch auf sehr glatten Oberflächen.

TIPP

Was passiert, wenn du weniger stark, fester, länger oder kürzer reibst? Was ist, wenn du mit dem Rohr ein paar Mal (sanft) auf dein Bein/den Tisch klopfst und es dann noch einmal in Richtung Rolle bewegst?

Eine tolle Simulation für Elektrostatik findest du unter:
<https://phet.colorado.edu/de/simulation/balloons>
(Ballons und statische Elektrizität)



Das Prinzip der Elektrostatik

VERSUCH

Der Seidenpapier-Igel

Sicher ist es dir auch schon einmal passiert, dass dir im wahrsten Sinne des Wortes die „Haare zu Berge“ standen. Zum einen, wenn du dich erschreckst (das hat allerdings nichts mit Elektrostatik zu tun), zum anderen, wenn du zum Beispiel mit Wollsocken auf Kunststoffböden gehst. Was dabei passiert, schauen wir uns jetzt mit einem „Seidenpapier-Igel“ an.

MATERIALIEN

- » Kunststoffrohre (Elektroinstallationsrohr) oder als Alternative dickere Kunststoff-Trinkhalme
- » Woll-, Seiden- oder Mikrofaser Tuch
- » 1 Packung Blumenseide
- » 1 Krokodilklemme aus Metall (Klemmbereich max. 4 mm; Länge 50,3 mm)
- » 1 Aluminiumrundstab 25 cm
- » 1 Korkuntersetzer
- » PET-Flasche (gefüllt, damit sie gut steht; zum Beispiel mit buntem Sand)

SO WIRD ES GEMACHT:

Schneide dünne Streifen des Seidenpapiers (ca. 1 cm breit und 30 cm lang) ab und befestige sie mit der Klammer auf dem Metallstab. Der Stab wird durch das Loch im Deckel der Flasche gesteckt und das Ganze auf den Korkuntersetzer (zur Isolierung) gestellt. Reibe das Kunststoffrohr kräftig am Tuch und führe es langsam in Richtung der Seidenpapier-Streifen bzw. streife es am Aluminiumstab ab. Achtung: Für diesen Versuch brauchst du Geduld – du musst es mehrmals wiederholen (vor allem wenn du den Aluminiumstab aufladen möchtest).

AUS DER PRAXIS:

Elektrostatik spielt zum Beispiel beim Laserdrucker eine entscheidende Rolle. Im Laserdrucker wird die Trommel mit einem Laserstrahl belichtet und entladen. Der negativ geladene Toner haftet an den entladenen Stellen der Trommeloberfläche und kann auf das positiv geladene Papier übertragen werden. Eine (thermische) Fixierung beendet den Druckvorgang.

TIPP

Besonders gut funktionieren die Elektrostatik-Versuche mit einem Zauber-Schwebestab („Flying Stick“ – kann online bestellt werden – Kosten ca. 20 Euro). Damit kann man gefahrlos hohe elektrische Gleichspannung bis 25.000 Volt erzeugen.

Wenn du diesen Stab an das Aluminium-Rohr legst, stehen dem Igel wirklich die Haare zu Berge!



ZUGKRAFT UND REISSFESTIGKEIT

Die Reißfestigkeit von Papier spielt in vielen Alltagssituationen eine große Rolle: Zum Beispiel bieten nach Abschaffung der Plastiksackerl alle namhaften Supermarkt-Ketten Papiertragtaschen als praktische, leichte und umweltfreundlichere Alternative an. Aber wie viel kann in so ein Papiersackerl gepackt werden? Aus welchen speziellen Papiersorten werden diese Taschen hergestellt? Was ist der Unterschied zu „normalem“ Kopierpapier?

VERSUCH

Hält Papier, was es verspricht?

MATERIALIEN

- » 4 Holzbacken mit Anti-Rutsch-Matten beklebt (siehe „Vorbereitung“)
- » 4 Schrauben M8 – A2 Länge 50 mm; Zylinderkopf
- » 4 Flügelmuttern M8
- » 1 größerer, stabiler Haken
- » Packschnur (extra stark)
- » Dünnere, reißfeste Schnüre (z.B. Bearoaw Products (Bogensport) oder reißfeste Angelschnur – es werden ca. 40 cm pro Flasche gebraucht)
- » Streifen von verschiedenen Papiersorten (z.B. Papiersackerl, Seidenpapier, Kopierpapier, dickeres Zeichenpapier etc.)
- » Stabile Leiter mit Sprossen auf beiden Seiten
- » Stabile Holz- oder Metallstange
- » Ca. 30 Stk. 0,5 l PET-Flaschen (leer)
- » evt. 1 Karabiner
- » Bohrmaschine



TIPP

Gehe mit den Schülern vor dem Versuch die einzelnen Papiersorten durch: Für was wird das jeweilige Papier verwendet? Welche Eigenschaften muss das Papier haben, damit es diesen Zweck erfüllt? Wie viel muss es aushalten? Du kannst dabei auch auf Themen wie Faserlänge (siehe S. 26) eingehen.

VORBEREITUNG:

Nimm die 4 Holzbacken (ca. 120 x 50 x 20 mm) und beklebe sie mit Anti-Rutsch-Matten (damit die Papierstreifen beim Versuch nicht vorzeitig aus den Backen rutschen). Die Matte sollte etwas größer sein, wie die Backen). Bohre zwei Löcher in die Backen, sodass du die Schrauben durchstecken und die Backen verbinden kannst (siehe Foto).

Variante 1

SO WIRD ES GEMACHT:

1. Richte die Holzbacken lt. Fotos für den Versuch her. Befülle die PET-Flaschen mit Wasser, verschließe sie gut und binde an jede Flasche eine Schnur. Knüpfe am anderen Ende der Schnur eine Schlaufe (ca. 2 – 3 cm Durchmesser – siehe Foto). Schneide die verschiedenen Papiersorten in ca. 1,5 x 10 cm lange Streifen (bzw. kannst du einige Streifen ca. 3 cm breit schneiden und in der Mitte falten).

2. Klemme einen Papierstreifen an der Ober- und Unterseite zwischen die Holzbacken. Der Papierstreifen soll dabei mindestens bis in die Hälfte des Backens reichen, damit er bei der Belastung nicht rutscht. Ziehe die Flügelmuttern fest an.

3. Stelle die Leiter auf. Lege nun den Holz- oder Metallstab auf zwei gegenüberliegende Sprossen der Leiter. Fädle dabei die Holzbacken (mit dem Papierstreifen) auf die Holz- bzw. Metallstange. Befestige am unteren Holzbacken den Metallhaken.

4. Hänge nun vorsichtig eine Flasche nach der anderen an den Haken. Je nach Papiersorte können zwischen drei und über dreißig kleine PET-Flaschen angebracht werden, bevor das Papier reißt. Bei empfindlichen Böden unterhalb unbedingt eine Decke oder einen Poster platzieren!

5. Nach dem Reißen des Papiers werden die Flaschen abgezählt und das Ergebnis schriftlich dokumentiert. Der Vorteil von diesem Versuch ist, dass die gesamte Klasse/Gruppe durch das Anhängen bzw. Zählen der Flaschen in das Experiment integriert werden kann.



ZUSATZ:

Dokumentiere die Länge des Papierstreifens vor und nach dem Versuch. Kannst du eine Veränderung feststellen? Normalerweise wird der Papierstreifen, wenn er nicht reißt, messbar länger.

AUS DER PRAXIS:

An der Technischen Universität Graz (Institut für Zellstoff- und Fasertechnik) beschäftigt sich übrigens ein ganzes Forscherteam mit den Eigenschaften von Papierfasern bei Kontakt mit Wasser. Dieses Thema ist vor allem für große Druckereien enorm wichtig – hier hat die Tinte nur 0,15 Sekunden Zeit, um sich mit dem Papier zu verbinden und sie darf dabei nicht verrinnen! (siehe S. 72)

TIPP

Versuche, das Experiment mit nassem Papier durchzuführen bzw. das eingespannte Papier während dem Versuch mit einer Wasserspritze (Blumenspritze) anzusprihen. Was passiert? Es reißt schneller, weil sich die Fasern leichter voneinander lösen, als bei trockenem Papier.

TIPP 💡

Wenn dir das Basteln der Holzbacken zu aufwändig ist, kannst du den Versuch auch mit Holzbacken und Schraubzwingen durchführen. Die Anti-Rutsch-Matte empfehlen wir aber trotzdem – sonst rutscht das Papier leicht durch die Backen und das Experiment funktioniert nicht.

Variante 2**SO WIRD ES GEMACHT:**

Baue den Versuch auf wie auf den vorherigen Seiten beschrieben. Hänge zusätzlich eine Kofferwaage zwischen Stange und Holzbacken (siehe Foto). Durch das Aufhängen der Flaschen erhöhst du Schritt für Schritt und die Kraft, die auf den Papierstreifen wirkt. Auf der Kofferwaage kannst du ablesen, mit wie viel Gewicht (Kilogramm) dein Papier exakt belastet wird.

**Experten-Tipp** ★

1. Nach dem Reißen des Papierstreifens kannst du das Gewicht, das die Kofferwaage angezeigt hat, in Newton (Maßeinheit für Kraft) umrechnen (1 kg entspricht ca. 9,8 N).
2. Entscheidenden Einfluss auf diesen Versuch hat die Faserrichtung des eingespannten Papiers. Bei hochqualitativen grafischen Papieren ist diese fast nicht mehr feststellbar, aber bei anderen Papiersorten kann sie bei sehr genauer Betrachtung noch herausgefunden werden.



Papier und UMWELT

**WEISST DU,**

- ... dass eine Papierfabrik auch heizen kann?
- ... was mit dem Wasser der Papierproduktion passiert?
- ... wieviel Wasser für die Herstellung von einem Kilogramm Papier benötigt wird?
- ... was eine Kraft-Wärme-Kopplung ist?

Papier & Wasser

Um ein Kilogramm Papier herzustellen sind 100 – 120 Liter sauberes Wasser notwendig. Darum sind die meisten Papier- und Zellstofffabriken entlang von Flüssen angesiedelt. Wasser dient zur Verdünnung von Hilfsmitteln (siehe S. 43) oder als Suspensions- (siehe S. 36) und Transportmittel für die Fasern und Füllstoffe. Wichtig sind die richtige Temperatur des Wassers, der Reinheitsgrad, die Härte und der pH-Wert.

Der Großteil dieses Wassers wird nach der Papierherstellung in mehreren Stufen gereinigt und wieder in die Flüsse oder Bäche zurückgeleitet.

WELCHE ARTEN VON „WASSER“ GIBT ES BEI DER PAPIER- UND ZELLSTOFFPRODUKTION?

FRISCHWASSER: So nennt man jenes Wasser, das noch in keiner Weise für den Produktionsprozess genutzt wurde.

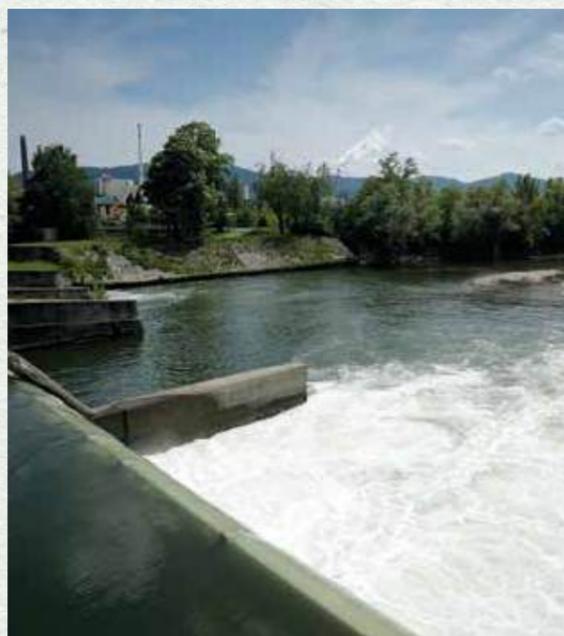
RÜCKWASSER: Das ist Wasser, das bereits im Produktionsprozess eingesetzt wurde und im Kreislauf wieder zurückgeführt wird (siehe Kapitel „In der Papiermaschine“).

FABRIKATIONSWASSER: Wird bei der Papier- und Zellstoffproduktion (siehe S. 45) eingesetzt und mehrstufig gereinigt wieder in die Flüsse/Bäche zurückgeleitet.

KÜHLWASSER: Fällt bei der Papierproduktion an; es wird entweder sauber direkt in die Flüsse/Bäche zurückgeleitet, als Fabrikationswasser weiterverwendet oder in einigen Fällen ist es sogar möglich, die gespeicherte Wärme zu nutzen und anderen Betrieben/Haushalten zur Verfügung zu stellen (siehe S. 84).

ABWASSER: Wird in mehreren Stufen gereinigt und wieder in die Bäche und Flüsse zurückgeleitet.

Übrigens: Die in Österreich verlangten Anforderungen an Abwässer zählen zu den anspruchsvollsten der Welt!

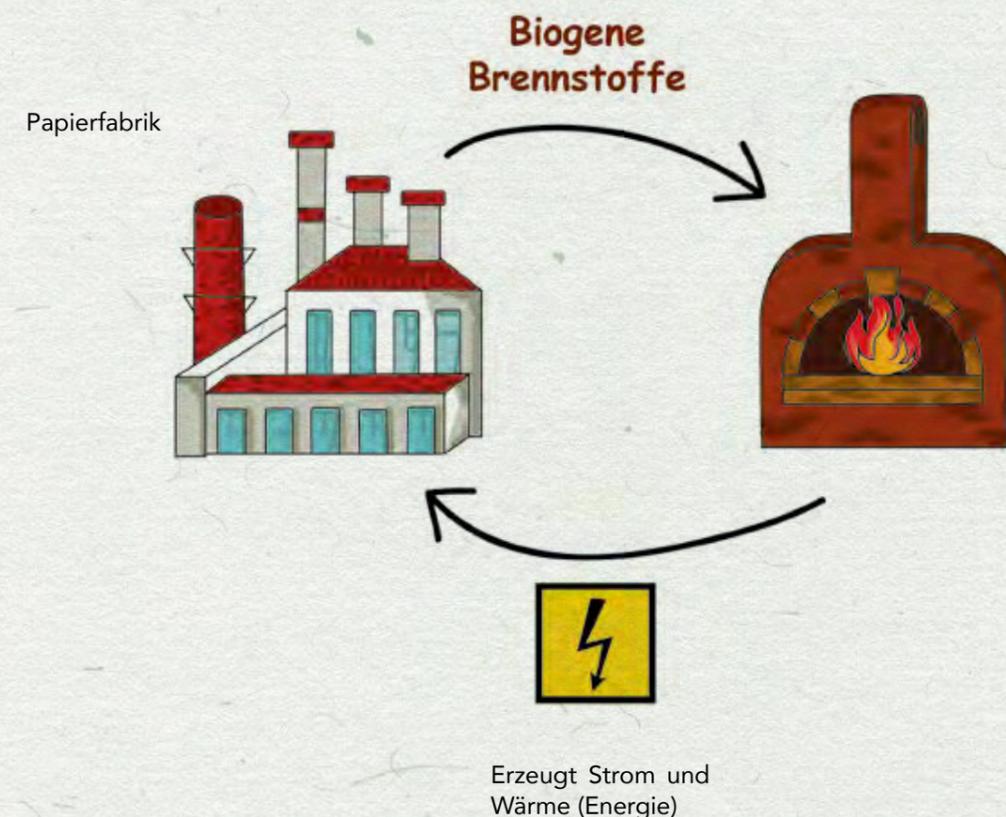


Papier & Energie

Um Zellstoff- und Papier/Karton herzustellen, wird viel Energie benötigt. **ABER:** Hast du gewusst, dass die meisten Betriebe der Papier- und Zellstoffindustrie den Großteil der Energie selber aus der Produktion bekommen? Bei einigen Unternehmen entsteht dabei so viel überschüssige Energie, dass sie ganze Ortschaften und Städte damit versorgen können.

WOHER KOMMT DIE ENERGIE FÜR DIE PAPIERFABRIKATION?

Einen Großteil der Energie erhält man in den Papierfabriken durch das Verbrennen von so genannten „biogenen“ Reststoffen, also Stoffen die bei der Produktion von Papier und Zellstoff übrig bleiben. Das können Rinden- und Holzabfälle, Dicklaug von der Zellstofferzeugung, Reste von Altpapier (die nicht mehr weiterverarbeitet werden können) oder „Spuckstoffe“ aus der Altpapierherzeugung sein. Insgesamt sind bereits 60 % der eingesetzten Brennstoffe „biogen“. Die elektrische Energie kommt in der Papier- und Zellstofferzeugung aus Wasserkraftwerken und der sogenannten „Kraft-Wärme-Kopplung“.



WAS IST EINE KRAFT-WÄRME KOPPLUNG (KWK)?

Unter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) versteht man ein Verfahren, bei dem gleichzeitig elektrische Energie und Heizungs-Wärme durch den Einsatz von Brennstoffen erzeugt wird. Die Wärmeenergie, die dabei entsteht, wird in den Papier- und Zellstofffabriken selbst und (immer öfter) in den umliegenden Ortschaften für Heizsysteme genutzt. Damit kann die heimische Papierindustrie bereits 100.000 Haushalte in Österreich komplett mit Energie versorgen.

Der Vorteil von KWK-Anlagen ist der hohe Nutzungsgrad der eingesetzten Brennstoffe (bis zu 90 %). Das senkt den Brennstoff-Verbrauch und trägt somit positiv zum Umweltschutz bei.

SEHEN WIR DESHALB AUS PAPIER- UND ZELLSTOFFFABRIKEN SO VIEL „RAUCH“ AUFSTEIGEN?

Der meiste „Rauch“, der aus den Papierfabriken entweicht, ist kein „Rauch“, sondern Wasserdampf mit Wassertröpfchen, der bei der Papierproduktion entsteht (zum Beispiel beim Trocknen der Papierbahnen).

Die österreichischen Papier- und Zellstofffabriken haben in den letzten Jahrzehnten hohe Summen in den Umweltschutz investiert (zum Beispiel in Filteranlagen). Somit wird die Abgabe von Schadstoffen an die Umgebung auf ein Minimum reduziert. Das österreichische Luftreinhaltegesetz ist weltweit eines der strengsten.



Papier & Klima

WAS GLAUBST DU: SIND PAPIER UND KARTON AUS ÖSTERREICH KLIMAFREUNDLICHE PRODUKTE?

Überlege...:



Papier und Karton werden aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz erzeugt. Es wird vor allem jenes Holz verwendet, das für keinen anderen Einsatz geeignet ist (siehe ab S. 15).

Auch Altpapier ist ein wichtiger Rohstoff für die Erzeugung von Papier und Karton (siehe S. 14 und 34 ff).

Der Großteil der Energie für die Zellstoff- und Papiererzeugung wird hauptsächlich mit KWK-Anlagen direkt in der Papierfabrik bereitgestellt – und das aus „biogenen“ Reststoffen der Papier- und Zellstoffproduktion (siehe S. 83).

Das Wasser wird nach dem Einsatz in der Zellstoff- und Papierfabrik mehrstufig gereinigt und wieder in die Bäche und Flüsse zurückgeleitet. Dabei stellt die europäische Wasserrahmenrichtlinie hohe Anforderungen an die Gewässerreinigung.

Die eingesetzten Chemikalien werden möglichst oft aufbereitet und wiederverwendet. Mehr als 95 % der Reststoffe werden verwertet, nur ein sehr geringer Teil muss deponiert werden.

Tatsache ist:

Wir hören und lesen immer wieder von Papier- und Zellstofffabriken in anderen Ländern der Erde, wo immer noch Regenwälder abgeholzt oder Luft und Wasser verschmutzt werden. Fotos und Videos von diesen Fabriken kursieren durchs Internet und werden von verschiedenen Organisationen immer wieder als Negativbeispiele benutzt. Ebenso Fotos von heimischen Papierfabriken aus den 60er oder frühen 70er Jahren. Diese alten Bilder sind sogar noch in einigen aktuellen Lehrbüchern zu finden!

ABER:

Haben Sie in den letzten Jahren eine österreichische Papier- oder Zellstofffabrik besichtigt? Hier ist die Situation eine völlig andere! So haben wir bei einer Fortbildung für Lehrpersonen gemeinsam mit der Pädagogischen Hochschule Steiermark Wasserproben vor und nach dem Betriebsgelände einer Papierfabrik entnommen und analysiert. Fazit: Das Wasser war vorher „schmutziger“ als nach der Fabrik! Diese und viele andere Tatsachen zeigen, dass die heimische Papier- und Zellstoffindustrie zu den umweltbewusstesten Branchen unseres Landes zählt und laufend daran weiterarbeitet, diese Position auszubauen. Das Klima-Thema spielt dabei immer eine große Rolle. Einen interessanten Überblick zum Thema Wald/Holz/Klimaschutz findest du übrigens im Holzforscherheft von proHolz Steiermark unter www.holzmachtschule.at.



Für die Österreichische Papierproduktion wird fast ausschließlich Holz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern eingesetzt - 73 % davon kommen aus Österreich (siehe S. 16). Das sorgt für gutes Klima weit über unsere Landesgrenzen hinaus!

Bioökonomie im Trend

In den letzten Jahren lesen und hören wir immer öfter von „Bioökonomie“. Sie setzt auf nachwachsende Rohstoffe als Grundlage für die Erzeugung von Nahrung und Industrieprodukten bzw. die Bereitstellung von Energie und soll die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen reduzieren. Die Papierindustrie ist seit langem ein Vorbild, was „Bioökonomie“ betrifft: Sie nutzt den nachwachsenden Rohstoff Holz, recycelt Altpapier, arbeitet dank der KWK-Technologien äußerst energieeffizient und setzt auf umweltfreundliche Transportmittel (u. a. die Bahn).

SO VIEL BIOÖKONOMIE STECKT IN EINEM BAUM

Austropapier-Grafik

Holz ist der wichtigste Rohstoff der Bioökonomie, einer Wirtschaftsform, die auf nachwachsenden, anstatt fossilen Ressourcen basiert. In Bioraffinerien wird Holz in seine Bestandteile zerlegt. Daraus entstehen eine Vielzahl unterschiedlicher Produkte. Nachhaltigkeit spielt dabei eine zentrale Rolle - angefangen von der Holzernte über die Nutzung und Wiederverwertung der erneuerbaren Rohstoffe bis hin zur Verwertung der Reststoffe.

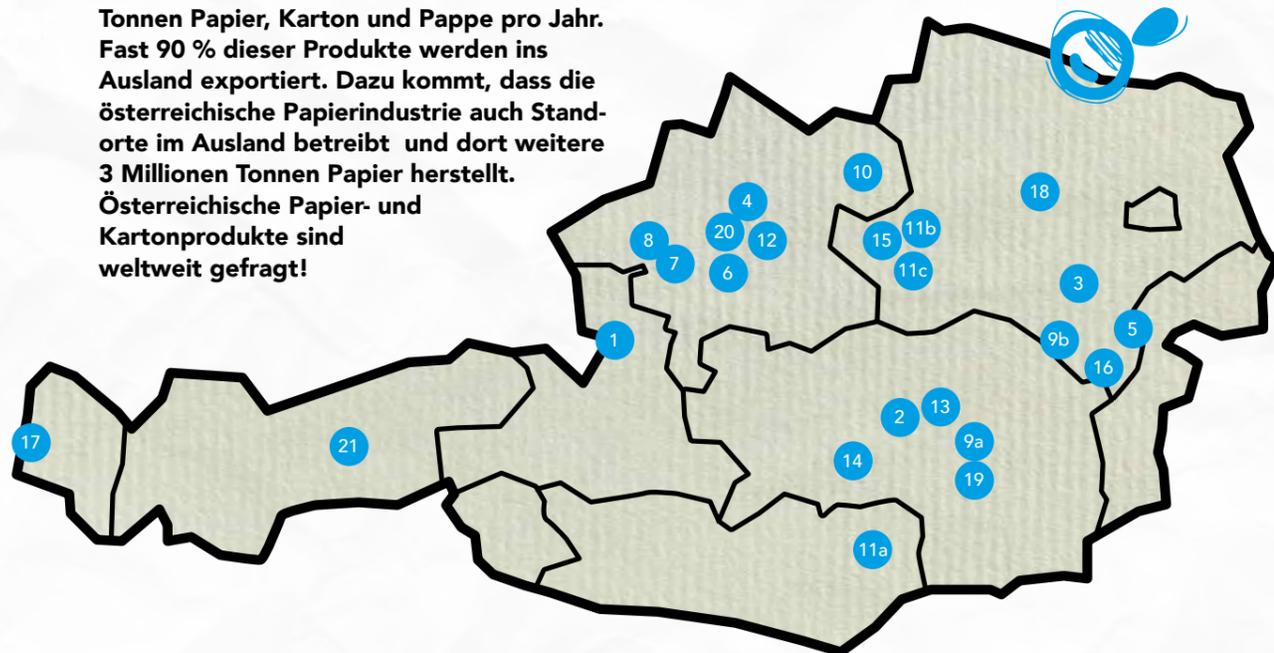


Weitere
INFORMATIONEN



Die Österreichischen PAPIER- und ZELLSTOFFFABRIKEN

Österreich ist dank seinem Holz- und Wasserreichtum ein idealer Standort für Papier- und Zellstofffabriken. Aktuell erzeugen die heimischen Betriebe rund 5 Millionen Tonnen Papier, Karton und Pappe pro Jahr. Fast 90 % dieser Produkte werden ins Ausland exportiert. Dazu kommt, dass die österreichische Papierindustrie auch Standorte im Ausland betreibt und dort weitere 3 Millionen Tonnen Papier herstellt. Österreichische Papier- und Kartonprodukte sind weltweit gefragt!



1. AustroCel Hallein GmbH
A-5400 Hallein, Salzachtalstraße 88
Tel. 06245/890-0
office@austrocel.com
www.austrocel.com
Textilzellstoff | Dissolving pulp

2. Brigl & Bergmeister GmbH
A-8712 Niklasdorf, Proleber Straße 10
Tel. 03842/800-0
marketing@brigl-bergmeister.com
www.brigl-bergmeister.com
Etikettenpapier, flexible Verpackungspapiere

3. Essity Austria GmbH
A-1150 Wien, Storchengasse 1
Tel. 01/899 01-0
welcome@essity.com
www.essity.com
Produktion in Ortmann/Pernitz
Hygienepapier | Hygiene paper

4. Dr. Franz Feurstein GmbH
A-4050 Traun, Fabrikstraße 20
Tel. 07229/776-0
feurstein@delfortgroup.com
www.delfortgroup.com
Mundstückbelags- und spezielle Zigarettenpapiere, flexible Verpackungspapiere

5. W. Hamburger GmbH
A-2823 Pitten, Aspanger Straße 252
Tel. 02627/800-0
officepitten@hamburger-containerboard.com
www.hamburger-containerboard.com/de/at
Wellpapperohrpapier, Verpackungspapier, Gipsplattenkarton

6. Laakirchen Papier AG
A-4663 Laakirchen, Schillerstraße 5
Tel. 07613/88 00-0
laakirchen@heinzelpaper.com
www.heinzelpaper.com
Magazinpapier, Wellpapperohrpapier

7. Lenzing AG
A-4860 Lenzing, Werkstraße 2
Tel. 07672/701-0 | office@lenzing.com
www.lenzing.com
Faserzellstoff, Fasern (Viskose, Modal, Lyocell)

8. Lenzing Papier GmbH
A-4860 Lenzing, Werkstraße 2
Tel. 07672/701-3283
office@lenzingpapier.com
www.lenzingpapier.com
Recyclingpapier, Büropapier, Plakatpapier, Briefumschlagpapier

9. Mayr-Melnhof Karton GmbH
A-1040 Wien, Brahmplatz 6
Tel. 01/501 36-0
investor.relations@mm-karton.com
www.mayr-melnhof.com
a) Produktion in Frohnleiten
b) Produktion in Hirschwang
Faltschachtelkarton

10. Merckens Karton- und Pappenfabrik GmbH
A-4311 Schwertberg, Josefstal 10
Tel. 07262/611 61-0
pappe@merckens.at
www.merckens.at
Grau-, Hart- und Schuhgelenkpappe

11. Mondi AG
A-1030 Wien, Marxergasse 4A
Tel. 01/790 13-0
office@mondigroup.com
www.mondigroup.com
a) Produktion in Frantschach
Kraftpapier, ungebleichter Sulfatzellstoff
b) Produktion in Hausmening
Ungestrichenes Feinpapier
c) Produktion in Kematen
Ungestrichenes Feinpapier, gebleichter Sulfatzellstoff

12. Smurfit Kappa Nettingsdorf
Nettingsdorfer Papierfabrik AG & CO KG
A-4053 Haid, Nettingsdorfer Straße 40
Tel. 07229/863-0
nettingsdorf@smurfitkappa.at
www.smurfitkappa-nettingsdorfer.com
Wellpapperohrpapier, ungebleichter Sulfatzellstoff

13. Norske Skog Bruck GmbH
A-8600 Bruck/Mur, Fabriksgasse 10
Tel. 03862/800-0
bruck@norskeskog.com
www.norskeskog.at, www.norskeskog.com
Zeitungsdruckpapier, LWC-Papier

14. Zellstoff Pöls AG
A-8761 Pöls, Dr.-Luigi-Angeli-Straße 9
Tel. 03579/81 81-0
office@zellstoff-poels.at
www.zellstoff-poels.at
Kraftpapier, gebleichter Sulfatzellstoff

15. Poneder e.U.
A-3363 Hausmening, Gunnersdorfer Straße 13
Tel. 07475/523 54-0
office@poneder.at
www.poneder.at
Halbstoff

16. Profümed GmbH
A-2840 Grimmenstein, Wechsel-Bundesstraße 81
Tel. 02644/73 27-0
office@profuedmed.at
www.profuedmed.com
Hygienepapier

17. Rondo Ganahl AG
A-6820 Frastanz, Rotfarbweg 5
Tel. 05522/518 41-0
frastanz@rondo-ganahl.com
www.rondo-ganahl.com
Wellpapperohrpapier

18. Salzer Papier GmbH
A-3100 St. Pölten, Stattersdorfer Hauptstraße 53
Tel. 02742/290-0
office@salzer.at
www.salzer.at
Designpapier, Buchdruckpapier, fettdichter Karton

19. Sappi Austria Produktions-GmbH & Co KG
A-8101 Gratkorn, Brucker Straße 21
Tel. 03124/201-0
gratkorn.mill@sappi.com
www.sappi.com
Holzfrei gestrichenes Papier, gebleichter Sulfatzellstoff

20. UPM Kymmene Austria GmbH
A-4662 Laakirchen, Fabriksplatz 1
Tel. 07613/89 00-0
info.steyrermuhl@upm.com
www.upm.com/at
Zeitungsdruckpapier

21. Papierfabrik Wattens GmbH & Co KG
A-6112 Wattens, Ludwig-Lassl-Straße. 15
Tel. 05224/595-0
wattenspapier@delfortgroup.com
www.delfortgroup.com
Zigarettenpapier, Filterhüllpapier

Berufe IN DER PAPIER- UND ZELLSTOFFINDUSTRIE

Aktuell arbeiten in Österreich rund 8.000 Leute in den 24 Papier- und Zellstofffabriken. Besonders wichtig ist den Betrieben neben der Arbeitssicherheit die Aus- und Weiterbildung dieser Mitarbeiter. Dafür betreibt die heimische Papierindustrie sogar ein eigenes Ausbildungszentrum in Steyermühl (Oberösterreich)
www.papiermacherschule.at

EINIGE BEISPIELE FÜR BERUFE IN DER PAPIER- UND ZELLSTOFFINDUSTRIE:

PAPIERTECHNIKER

Die Bedienung und Überwachung von Papiermaschinen ist das Hauptaufgabengebiet von Papiertechnikern. Diese Tätigkeit ist mit einer hohen Verantwortung verbunden, da moderne Papiermaschinen mehrere hundert Millionen Euro wert sind. Die Größe, Produktionsleistung und die technische Komplexität dieser Maschinen erreichen immer noch größere Dimensionen. Um derartig komplexe Systeme bedienen zu können, braucht man hochqualifizierte Mitarbeiter. Die 3,5 Jahre dauernde Ausbildung zur/m Papiertechniker ist vielseitig und interessant.

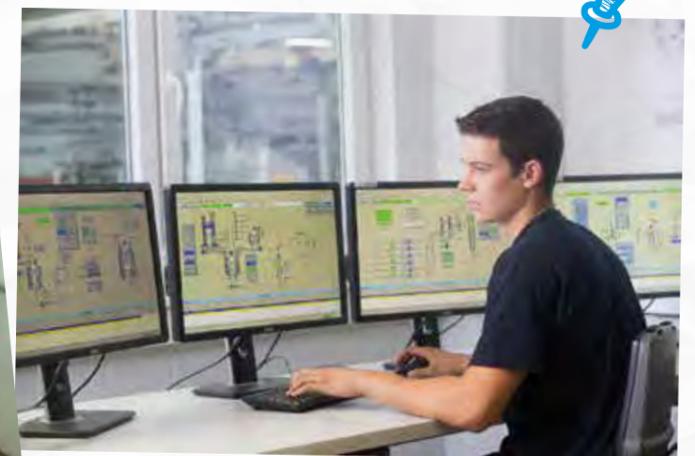
CHEMIELABORTECHNIKER

Eine der Hauptaufgaben von Chemielabortechniker ist die Qualitätskontrolle und -sicherung. Weitere Arbeitsbereiche sind die Arbeitssicherheit und der Umweltschutz. Chemielabortechniker führen Untersuchungen und Versuche an Rohmaterialien, Zwischen- und Fertigprodukten sowie Abfällen durch. Sie beschäftigen sich mit der Beschaffenheit, der Bildung und Zerlegung, der Reinheit und der Verwendbarkeit von Stoffen. In Forschungslaboratorien entwickeln, verbessern und erproben sie neue Verfahren.

Zusätzlich entwickeln sie Untersuchungs- und Analysemethoden, die sie laufend verbessern und standardisieren. Sie analysieren Proben und bestimmen Inhaltsstoffe.

ELEKTROBETRIEBSTECHNIKER MIT SCHWERPUNKT PROZESSLEITTECHNIK

Elektrotechniker montieren, installieren, warten, erweitern und reparieren die elektrischen Anlagen, Maschinen und Geräte eines Betriebes. Sie sind für elektrische und elektronische Arbeiten an Betriebsanlagen zuständig. Das betrifft Generatoren, Verteileranlagen, elektrische Antriebe, Notruf- und Sprechfunkanlagen sowie Haushalts- und Großküchengeräte. Eine Voraussetzung für die Arbeit an so unterschiedlichen technischen Anlagen ist deshalb die Fähigkeit, Schalt- und Stromlaufpläne und andere technische Entwürfe zu lesen, verstehen und auch erstellen zu können. Wichtige Aufgabenbereiche der Elektrobetriebstechniker sind im Zuge von Reparaturarbeiten das Instandsetzen, Prüfen und Tauschen von Bauteilen oder Baugruppen der Pneumatik (durch Druckluft gesteuerte Prozesse), Elektromechanik und Elektronik.



METALLTECHNIKER

Metalltechniker befassen sich mit der Herstellung von Maschinenteilen sowie mit dem Zusammenbau, der Aufstellung, der Inbetriebnahme, der Wartung und der Reparatur von Maschinen und Anlagen. Weitere Arbeiten sind das Bearbeiten von unterschiedlichen Materialien, der Einsatz von Schmiermitteln und der Korrosionsschutz (das Verhindern von Rost). Sie stellen auch Ersatzteile und Maschinenbauelemente her und bauen diese ein. Dafür beherrschen sie verschiedene Materialbearbeitungstechniken (löten, bohren, schmieden, sägen etc.). Oftmals programmieren und bedienen sie rechnergestützte CNC-Werkzeugmaschinen (Abkürzung für „computer numeric control“). Sie beurteilen die Arbeitsergebnisse und sorgen für die Einhaltung der Qualitätsstandards.

ENERGIE- UND UMWELTECHNIKER

Energie- und Umweltechniker sind in vielen Bereichen der Papier- und Zellstoffindustrie tätig. Ein Energie- und Umweltechnik-Lehrling lernt das Lesen und Anfertigen einfacher Skizzen und Zeichnungen, das selbstständige Planen und das Vorbereiten von Proben sowie das Durchführen von Analysen. Ein weiterer Arbeitsbereich ist das Instandsetzen und Warten von Maschinen und Anlagen im Bereich der Abwasserbehandlung. Ein/e Energie- und UmweltechnikerIn erkennt und klassifiziert Abwässer und wählt die richtige Behandlungsmethode dafür aus. Lehrlinge erlernen das sichere und fachgerechte Betreiben von Geräten, Maschinen und Anlagen und erhalten die Befähigung zur Ausübung der facheinschlägigen Tätigkeit als KlärwärterIn. Die ausgebildeten Lehrlinge sind Profis in Sachen Recycling- und Entsorgungstechnik.

Ausbildung & FORTBILDUNG

Die hohen Anforderungen und der rasante technologische Fortschritt erfordern die Bereitschaft der Mitarbeiter zur ständigen Weiterbildung.

Diese Aufgabe erfüllt für die Branche zum größten Teil das Ausbildungszentrum der Österreichischen Papierindustrie (ABZ) in Steyermühl. Dort gibt es für die Mitarbeiter der Papierbranche neben einer Ausbildung zur/m WerkmeisterIn ein reichhaltiges Angebot an Kursen und Seminaren.

Nach der Matura besteht die Möglichkeit, das Studium der Papier- und Zellstofftechnik an der Technischen Universität Graz zu beginnen. Diese Ausbildung steht auch besonders ambitionierten Mitarbeiter nach Abschluss der Lehre und Ablegung den Berufsreifepfung offen.



Das Ausbildungszentrum in Steyermühl (Oberösterreich)

Forschung & ENTWICKLUNG

Papiermaschinen werden ständig weiterentwickelt (so wie bei Mobiltelefonen: Jedes Jahr kommen neue Modelle auf den Markt, die noch besser sind und noch mehr können). Da Papiermaschinen aber mehrere Millionen Euro kosten, kann man sich als Papierfabrik nicht einfach jedes Jahr eine neue Papiermaschine kaufen, sondern bringt die bestehenden Maschinen immer wieder auf den neuesten Stand.

WORAN WIRD GEFORSCHT?

Grundlage für die Weiterentwicklung sind Forschungsprojekte, die in den Betrieben und in speziellen Forschungseinrichtungen (z.B. Universitäten) abgewickelt werden. Ziel ist, einzelne Teile des Herstellungsprozesses von Papier und Karton weiter zu verbessern. Aufgabe der Forscher kann zum Beispiel sein, mit weniger Energie und Material wie z.B. Holz, gleich viel (oder mehr) Papier zu produzieren. Manchmal wird sogar ein ganz neues Produkt entwickelt.

Hier zwei Beispiele:

» Ein Projekt beschäftigt sich mit dem „Bügel-eisen“ der Papiermaschine – auch Kaland genannt. Dieser befindet sich nach der Trockenpartie der Papiermaschine. Dabei wird die nasse Papierbahn nacheinander über viele Walzen geführt, die es glatt „pressen“. Der Kaland sorgt dafür, dass das Papier eine schöne, glatte Oberfläche bekommt.

ABER:

Versuche, die Hände schnell aneinander zu reiben. Was passiert? Sie werden warm und mit der Zeit wird das Ganze ziemlich anstrengend, weil du dafür viel Kraft (Energie) brauchst. Etwas Ähnliches passiert bei den Walzen des Kalanders, wo, so wie bei den Händen, (unebene) Oberflächen gegeneinander reiben. Damit sich die Walzen nicht so schnell abnutzen und ausgetauscht werden müssen, wird erforscht, wo und wie Reibung entsteht und wie Reibung verhindert werden kann.

» In einem anderen Forschungsprojekt geht es darum, Papierverpackungen gegen Fett und andere Flüssigkeiten widerstandsfähig zu machen. Wenn normales Papier nass oder fettig wird, verfärbt es sich und reißt leichter. Um Papier oder Pappe trotzdem als Lebensmittelverpackung verwenden zu können, muss man es beschichten. Das heißt, das oben auf das Papier eine dünne Schicht kommt, die eine Trennwand zwischen dem Papier und den feuchten oder fettigen Lebensmitteln darstellt. Für diese Trennwand wird oft Kunststoff verwendet. Da Plastik aber nicht verrottet und zur Verschmutzung der Meere beiträgt, versuchen wir andere umweltfreundliche Materialien zu finden, die eine Grenze zwischen Papier und Lebensmittel bilden.

Nähere Informationen zu aktuellen Forschungsprojekten findest du zum Beispiel auf der Webseite der Austropapier (www.austropapier.at) im Bereich „Forschung & Entwicklung“.





Papier – Lehrstoff der begeistert!

Nutz' unser Angebot, das laufend erweitert wird. Aktuelle Informationen findest du unter www.papiermachtschule.at!



Unterrichtsmaterialien

Arbeitsmappe „Papier“ für Schulen

Drei Studierende der Universität Graz haben im Rahmen ihrer Diplomarbeiten aus den Bereichen Chemie, Physik und Biologie umfangreiche Unterrichtsmaterialien rund um das Thema Papier erstellt. Diese Unterlagen (Lehrer-Mappe, Arbeitsblätter, Film, Poster) stehen allen Interessierten unter www.papiermachtschule.at kostenlos als Download zur Verfügung!

Papierprojekte

Ideen und finanzielle Unterstützung

Du hast vor, das Thema Papier/Karton in Form eines Kindergarten- bzw. Schulprojektes umzusetzen? Dann nutz' die Möglichkeit der Unterstützung von Papier macht Schule. Der Fokus liegt dabei am naturwissenschaftlichen Sektor bzw. auf der Einbindung der „Papierbox“ (nähere Informationen siehe Punkt „Papierbox“). Über 100 bereits umgesetzte Projekte, sämtliche Unterlagen zur Einreichung sowie die Projektkriterien findest du unter www.papiermachtschule.at.

Papierausgaberräume

Material für Ihre Projekte

Schulen und Kindergärten aus ganz Österreich haben die Möglichkeit, sich für ihre Projekte kostenlos Material (Papier, Karton, Zellstoff, sonstige Roh- und Halbstoffe bzw. Infobroschüren) aus den Papierausgaberräumen in der Steiermark (Gratkorn/Fa. Sappi), in Oberösterreich (Nähe Papiermachermuseum Steyrermühl) und in Kärnten (Klagenfurt) abzuholen. Ein weiterer Raum ist in Niederösterreich (St. Pölten) geplant. Wie die Abholung funktioniert, erfährst du unter www.papiermachtschule.at

Wettbewerbe

Mitmachen und gewinnen

Papier macht Schule schreibt regelmäßig Wettbewerbe rund um das Thema Papier & Karton aus. Egal ob Kreativwettbewerbe (z.B. Papiersackerl gestalten), Foto-, Film- oder Experimentier-Wettbewerbe – der Fokus liegt immer auf Schulen und Kindergärten. Auf www.papiermachtschule.at findest du die aktuellen Ausschreibungen.

Aus- und Weiterbildung

für Pädagogen zum Thema

Papier und Karton

Aus- und Weiterbildungen mit Fokus Papierbox werden über die pädagogischen Hochschulen der jeweiligen Bundesländer und Pädagogen-Netzwerke (z.B. IMST-Netzwerke) angeboten. Die aktuellen Termine der Weiterbildungsangebote findest du auf den Anmeldeplattformen der jeweiligen Pädagogischen Hochschulen bzw. kontaktiere uns einfach unter info@papiermachtschule.at, wenn du Interesse an einer Fortbildung hast.

Fachliche Unterstützung

Team aus Didaktiker und Papierfachleuten

Vertreter der Papierbranche und Didaktiker leiten gemeinsam die Initiative „Papier macht Schule“. Das Team bereitet Informationen auf, entwickelt Materialien und steht unter info@papiermachtschule.at für deine Fragen bzw. als Ideenlieferant gerne zur Verfügung!

Geocache-Pfad

Für Projekt- oder Wandertage

Rund um die Papierfabrik Sappi in Gratkorn und Zellstoff Pöls (beides Steiermark) kannst du mit deinen Schülern zu einer High-Tech-Schnitzeljagd zum Thema Papier aufbrechen. Die Wege halten einige Geocaches, bereit, die „von außen“ mit vielen interaktiven Informationen einen Einblick in die Papierfabrik liefern. Die Pfade sind auf www.geocaching.com veröffentlicht (kostenlose Registrierung auf der Plattform ist möglich).

Berufsorientierung

Lehrberufe und weitere

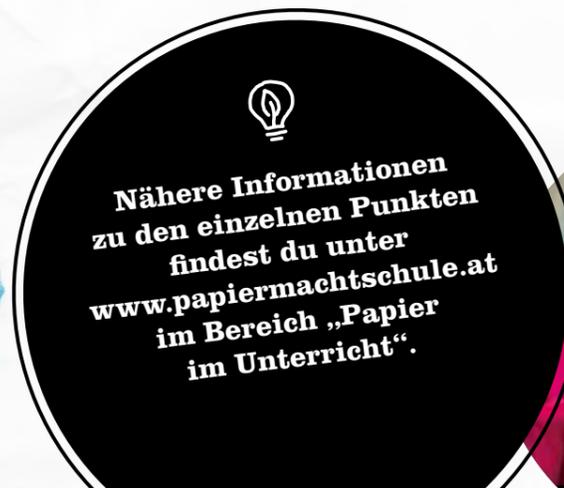
Ausbildungsmöglichkeiten

Papier macht Schule bietet umfangreiche Informationen über Ausbildungs- und Karrieremöglichkeiten in der Papier- und Zellstoffindustrie. Welche Wege deine Schüler von der Lehre bis zum Studium einschlagen können, findest du auf unserer Website.

Ideen und Links

für Schulen und Kindergärten

Wir haben gemeinsam mit unseren Fachdidaktiker für dich verschiedenste Ideen und Unterlagen zu Papier und Karton in Form von Links und Downloads zusammengestellt. Dieser Bereich auf www.papiermachtschule.at wird laufend erweitert und ergänzt.



Papier FORSCHER HEFT



Austropapier
Gumpendorfer Straße 6
1060 Wien
T +43(0)1-588 86-0
info@papiermachtschule.at
www.papiermachtschule.at



Gedruckt auf PEFC
zertifiziertem Papier.
Dieses Produkt stammt aus
nachhaltig bewirtschafteten
Wäldern und kontrollierten
Quellen. www.pefc.at

