

ZANDERS FEINPAPIERE AG

Lehrplananbindung

Kopiervorlage / Unterrichtsinhalte, -ziele, -methoden

S I/II (1) Firmenporträt Zanders (Ch, Sw, Ek)

S I Papier: Eigenschaften verschiedener Papiersorten (Ch, Ph)

- (2) (3) Haptische, physikalische, chemische Eigenschaften (Experimente)
- (3) Feinstruktur (Untersuchung mit dem Binokular)

S I/II Nachweise von Inhaltsstoffen / Versuche zur Papierherstellung und -veredelung (Ch)

- (4) Chlorfrei gebleichter Zellstoff (Experimente)
- (4) (5) Papier aus werksseitig gebleichtem Zellstoff (Experimente)
- (5) Papiere aus Sekundärfaserstoffen (Experimente)
- (6) Gestrichene Papiere - Feinpapiere (Experimente)
- (7) Untersuchung selbstgeschöpfter und selbstgestrichener Papiere (Experimente)

S II Papierherstellung und -veredelung als technischer Prozeß (Ch, Tch)

- (8) Chemische Grundlagen der Papierherstellung (Information)
- (9) (10) Die Streichanlage und der Streichvorgang (Information)
- (11) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen verschiedener Kunstdruckpapiere (Information)
- (12) Die Streichfarbe und ihre Komponenten (Information)
- (13) (14) Pigmente - Kaolin und Calciumcarbonat (Information)

Materialien können bei der Firma Zanders angefordert werden (siehe Kontaktinformationen).

Kontaktschule
Albertus-Magnus-Gymnasium
Kaule 3 - 15
51429 Bergisch Gladbach

Die Zanders Feinpapiere AG

Wenn man in Bergisch Gladbach dem Wegweiser „ZANDERS“ folgt, gelangt man ins Zentrum der Stadt. Nahe den Einkaufsstraßen vermutet man hinter begrünten Zäunen und Mauern eher einen Park als das Betriebsgelände eines der führenden Feinpapierhersteller Europas. Die Gebäude sind nicht sehr hoch und überragen die Bäume auf dem Grundstück kaum. Das 100 Jahre alte Verwaltungsgebäude des Werkes Gohrsmühle könnte mit seiner von Kletterpflanzen bewachsenen Fassade auch ein Museum sein. Aus den Werkshallen dringt fast kein Lärm nach draußen.

Hier, im Tal des Fließchens Strunde, das teils unterirdisch kanalisiert, teils oberirdisch das Werksgelände durchfließt, wurde durch Umbau einer Schleifmühle 1595 eine Papiermühle gegründet. Sie wurde nach wechselvoller Geschichte 1868 als Gohrsmühle Teil der Firma J.W. Zanders und ist heute Stammsitz des Unternehmens.

Einige Meter strundeaufwärts, in unmittelbarer Nachbarschaft, war bereits 1582 durch Konzession des Herzogs von Berg vom 29. August die Gründung der „Papiermühle zum Quirl“ erfolgt, die später Schnabelmühle genannt wurde. Im Jahr 1829 übernahm sie Johann Wilhelm Zanders und gründete die Firma J.W.Zanders, Bergisch Gladbach. Wachstum und Bedeutung des Papierherstellers Zanders zeigt der Zukauf der beiden anderen großen Papiermühlen Bergisch Gladbachs: der Gohrsmühle 1868 und der Dombachmühle 1876.

1860 schaffte Carl Richard Zanders, der Sohn des Firmengründers, die erste Papiermaschine des Unternehmens an. Aus den Papiermühlen waren Fabriken geworden.

Schnabelmühle und Dombachmühle gehören heute nicht mehr zum Firmengelände, aber historische Maschinen, mit denen in der Dombach produziert wurde, sind im Rheinischen Industriemuseum, Kürtener Straße, Bergisch Gladbach zu besichtigen.



Stammsitz des Zanders-Werks Gohrsmühle

Früher wurde für die Papierproduktion und den Antrieb der Maschinen das Wasser der Strunde genutzt, seit 1900 liefern Tiefbrunnen das nötige Wasser.

Hier fertigt die Zanders Feinpapiere AG heute aus umweltfreundlich gebleichtem Zellstoff, recycelten, deinkten (von Farbstoffen befreiten) Fasern, Füllstoffen und weiteren Prozeßchemikalien Rohpapier, das anschließend in Spezialverfahren veredelt wird. Die entstandenen Feinpapiere werden zur Herstellung von wertvollen Produkten wie Kunst- und Bilddrucken, Faltschachteln, Formularen, Sonderbriefmarken, die ja kleine Kunstwerke sind, Spielkarten und vieles mehr eingesetzt.

Das ägyptische Papyrus, von dem das Papier seinen Namen hat, ist ein schilfartiges, mehrere Meter hohes Sumpfgewächs. Das Innere des Stengels wurde in dünne Streifen geschnitten und auf einer feuchten Unterlage kreuzweise

übereinander gelegt und gehämmert. Den Klebstoff für das Blattgefüge lieferte das Mark des Stengels. Die Schreibseite der Bogen wurde dann mit einfachem Werkzeug geglättet und vor dem Trocknen mit Weizenmehl-Kleister beschichtet.

Was wäre wenn das Papier nicht erfunden worden wäre?

Wie sähe es dann in der Schule,
in deinem Elternhaus,
in deinem Zimmer aus?

Fertige eine Tabelle an, in der du zusammenstellst,
welche Papiersorten wozu verwendet werden und
welche Eigenschaften sie haben:

Bringen Sie
Ihre Eier
doch nach Hause,
wie Sie wollen.
Viel Vergnügen,
Ihre
Papierhersteller.



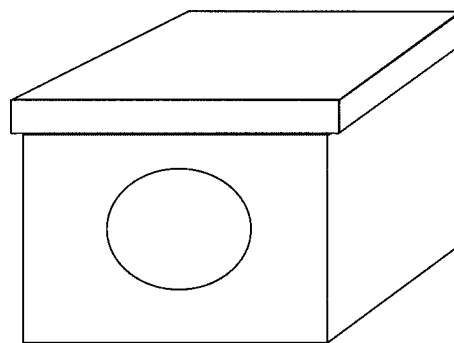
Supergutes aus Papier, Karton und Pappe sind praktisch und notwendig. Sie brauchen bei immer aus Ägypten. Dieses enthält 6 verschiedene Arten/Arten von Weizen, auf dem Gebiet unserer/anderen Produktionsstätten geben die Papierhersteller Ägypten seit dem 19ten. Wenn Sie Fragen haben oder mehr Informationen wünschen, rufen Sie uns an: 04 2402 73 22.

Das Zanders und die Feinpapiere regeln: Zanders Feinpapiere

Papiersorte	Verwendung	Eigenschaften

Fühlversuche mit verschiedenen Papiersorten

1. Schneide in einen Schuhkarton o.ä. zwei Löcher in die beiden Schmalseiten und klebe von innen an den oberen Rand - wie einen Vorhang - zwei Stoffstücke, so daß man den Inhalt nicht sehen kann (Vgl. nebenstehende Abbildung eines Fühlkastens).
2. Schneide aus den mitgebrachten Papiersorten 8 x 8 cm große Stücke und lege diese nacheinander in beliebiger Reihenfolge in den Fühlkasten.
3. Lasse deinen Versuchspartner die Papierstücke betasten; danach soll er die Eigenschaften beschreiben:



Probe 1: _____

Probe 2: _____

Probe 3: _____

Probe 4: _____

Probe 5: _____

4. Zeige ihm alle Papierstücke, so daß er die Proben den Papiersorten zuordnen kann. (Falls nötig, kann er die Papierstücke noch einmal befühlen.)

Papiersorte _____ = Probe _____

Papiersorte _____ = Probe _____

Papiersorte _____ = Probe _____

Papiersorte _____ = Probe _____

Papiersorte _____ = Probe _____

Physikalische und chemische Untersuchungen von Papiereigenschaften

V 1: Reißfestigkeit

Schneide dir einen Papierstreifen von 12 cm Länge und 4 cm Breite aus verschiedenen Papiersorten zurecht. Messe mit einer Mikrometerschraube aus der Physiksammlung die Papierdicke aus. Achte darauf, daß die Dicke etwa gleich ist. Schneide mit einem Papierlocher etwa 0,4 cm vom unteren Rand entfernt ein

Loch. Hieran hängst du in Abständen von 30 Sekunden nacheinander 50-Gramm-Gewichtsstücke (aus der Physiksammlung), bis das Papier reißt.

Papiersorte	Zahl der Gewichtsstücke	Gesamtmasse bis zum Reißen

V 2: Reflexionsverhalten

Lege Stücke von weißem Schreibpapier, grauem Recyclingpapier und schwarzem Papier nebeneinander vor eine helle Wand auf den Fußboden. Beleuchte sie mit einer Taschenlampe schräg von oben, so daß das Streulicht auf die Wand fällt.

Am meisten Licht wirft zurück: _____

Das meiste Licht verschluckt: _____

V 3: Abriebverhalten

Reibe mit einem mittelkörnigen Schleifpapier über die Oberfläche verschiedener Papiersorten. Stelle die Abriebmenge vergleichend fest.

Ergebnis: _____

V 4: Saugfähigkeit

Gib einen Tropfen Wasser auf die Oberfläche der verschiedenen Papiersorten.

Beobachtung: _____

V 5: Nachweis von Inhaltsstoffen

1. Verbrenne in einem Porzellantiegel eine Papierprobe. Beobachte die Flammenfarbe durch ein Kobaltglas.

Flammenfarbe: _____

2. Schlämme einen Teil der Asche mit destilliertem Wasser an und prüfe mit einem pH-Papier den pH-Wert:

3. Versetze den anderen Teil der Asche mit 10 %iger Salzsäure.

Beobachtung: _____

Geruch: _____

Untersuchungen mit dem Binokular

Reiße von verschiedenen Papiersorten kleine Stücke ab und betrachte diese unter dem Binokular (oder einer Lupe). Achte vor allem an der Reißkante auf Länge und Dichte der Fasern sowie auf Vorhandensein von Füllmaterial und Beschichtungen. Bei geschickter Anwendung kannst du bis zu drei Papierstücken gleichzeitig betrachten und miteinander vergleichen.

Protokolliere deine Beobachtungen in einer Tabelle nach folgendem Schema:

<i>Papiersorte</i>	<i>Faserdichte und -anordnung</i>	<i>Sonstiges (Beschichtung, Oberfläche)</i>

Versuche zur Papierherstellung und -veredelung

V 1 - V 4 Chlorfrei gebleichter Zellstoff

V 1: Nachweis von Lignin in ungebleichtem Zellstoff

a) 0,2 g Phloroglucin (X_1) werden in 15 ml 37 %iger Salzsäure (C) gelöst und anschließend durch Einbringen in ca. 15 ml Wasser verdünnt. Bringe mit einer Pipette einen Tropfen der salzsauren Phloroglucin-Lösung auf eine braune Kaffeefiltertüte (z.B. der Fa. Melitta). Verfahre ebenso mit anderen Papiersorten, z.B. Bierdeckelkarton, Zeitungspapier, Umdruckpapier, Offsetpapier, Wasserzeichenpapier, Hygienepapier etc.

Dokumentiere deine Beobachtungen in einer Übersicht!

b) Verfahre wie bei (a) mit einer 1 %igen wäßrigen Aniliniumhydrochlorid-Lösung (T)!

Vergleiche und deute die Ergebnisse von (a) und (b)!

V 2: Zellstoffbleiche

In einem 250 ml Becherglas werden 100 ml Wasserstoffperoxid (30 %ig, C) mit 10 ml einer 10 %igen Natriumhydroxid-Lösung (C) versetzt. Zerreiße zwei braune Kaffeefiltertüten in kleine Schnipsel und gib diese in die Bleichlaug. Stelle das Becherglas in ein größeres oder auf eine Petrischale zum Schutz der Unterlage, falls es durch Schaumbildung zum Überlaufen des Inhaltes kommen sollte.

Welche Beobachtungen kannst du nach ca. 10 Minuten, welche nach zwei Tagen machen?

Deute deine Beobachtungen!

V 3: Papier/Karton aus selbstgebleichtem Zellstoff

Gieße nach Abschluß des Bleichvorgangs den Inhalt des Becherglases aus V 2 in ein Haushaltssieb; spüle den im Sieb verbleibenden Faserbrei so lange mit Wasser, bis das Waschwasser pH-neutral ist. Versuche - mit etwas Geschick - den Faserbrei im Haushaltssieb so zu verteilen, daß nach Abtropfen und Antrocknen ein zusammenhängendes Papierstück vorsichtig herausgenommen werden kann.

Lege dieses „Papier“ zwischen mehrere Lagen Haushaltswischtücher, um durch anschließendes Quetschen (Gautschen) weitere Feuchtigkeit zu entfernen und die Faserdichte im Blatt zu erhöhen. Trockne nun das Zellstoffblatt an der Luft oder im Trockenschrank (60 °C).

Untersuche nach der Trocknung mit einer 8-fach Lupe das Zellstoffblatt und notiere deine Beobachtungen!

V 4: Prüfung des gebleichten Zellstoffs auf Lignin

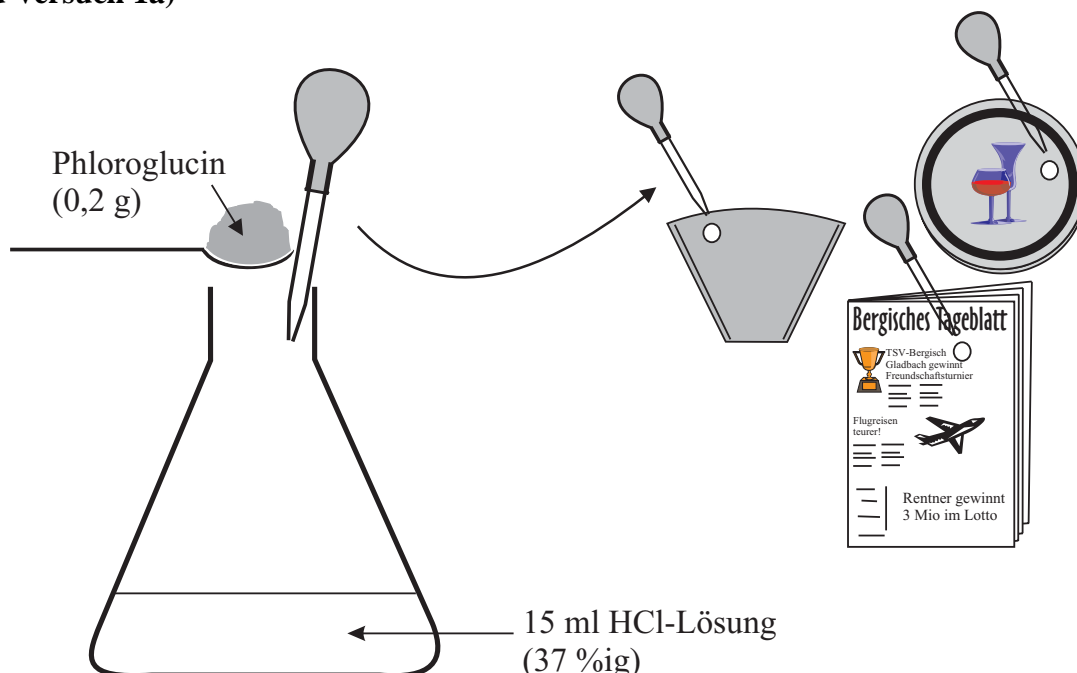
Prüfe das weiße Zellstoffblatt aus V 3 nach den Vorgaben in V 1 auf Lignin:

→ mit salzsaurer Phloroglucin-Lösung,

→ mit wäßriger Aniliniumhydrochlorid-Lösung.

Beobachte und deute!

Skizze zu Versuch 1a)



V 5 - V 6: Papier aus werksseitig gebleichtem Zellstoff

- Für die folgenden Experimente, in denen Zellstoff eingesetzt wird, verwende ausschließlich werksseitig (in der Zellstoffabrik) gebleichten, fast ligninfreien Zellstoff aus der Papierfabrik!
- Mache dich mit dem Verfahren zur Herstellung handgeschöpfter Papiere vertraut und stelle alle notwendigen Geräte zu einer „Papierwerkstatt“ zusammen!
- Mache dich mit der Fachsprache der Papiermacher vertraut und lege ein Glossar mit den neuen Fachbegriffen an!

V 5: Papier aus gebleichtem Zellstoff

Ca. 200 g Zellstoffplatten (aus der Papierfabrik) werden in kleine Stücke zerrissen und in einem 10-Liter-Eimer in ca. 5 Liter Wasser eingeweicht (wenn möglich über Nacht). Nach kräftigem Durchschlagen des Faserbreis mit einem Schneebeesen kann erneut mit Wasser verdünnt werden und mittels Bohrmaschine und Rührvorsatz sorgfältig „entstippt“ werden. Ziel ist die Herstellung einer möglichst flockenfreien Faserverteilung, um später - was Oberflächenbeschaffenheit und Durchsicht betrifft - gleichmäßig geschöpfte Papierbögen zu erhalten. Nach Umfüllen des Faserbreis in eine Schöpfbütte und weiterer Wasserzugabe sollte der Anteil des Faserstoffs in der gesamten Wassermenge ca. 0,5 % betragen.

RECHNE !!!

Beginne nun nach den Regeln des Handschöpfens mit der Herstellung des Papiers; die folgend aufgeführten Arbeitsschritte sollen dir als Orientierungshilfe dienen:

Schöpfen - Abgautschen - Pressen - Trocknen - Glätten (Bügeln) - ggf. Schneiden

Mindestens 10 unterschiedlich dicke Blätter im Format DIN A4 solltest du aus dem angegebenen Ansatz erhalten. Kennzeichne die Blattsammlung hinsichtlich des Herstellungsverfahrens, um später durch Vergleich mit anderen selbstgeschöpften Papieren Qualitätsvergleiche durchführen zu können.

V 6: Papier aus Zellstoff unter Zugabe von Füll- und Leimmitteln

Verfahre in allen Schritten wie bei V 5!

Wenn der Zellstoffbrei sorgfältig „entstippt“ ist, gib - bezogen auf die Masse des Faserstoffs - folgende Hilfsmittel dazu:

a) 10 % Füllstoff (Kaolin) b) 4 % Papierleim.

Zu a) Sorge dafür, daß das Kaolin als klumpenfreie Suspension in Wasser dem Faserbrei zugegeben wird!

Zu b) Als Papierleim können natürliche Harzleime (Casein) oder synthetische Leime eingesetzt werden. In beiden Fällen achte auch hier darauf, daß die Lösungen bzw. Suspensionen dem Faserbrei klumpenfrei zugesetzt werden. Schöpfen des Papiers und Nachbehandlung wie bei V 5!

Wichtig; Um Unterschiede in den Eigenschaften der Papiere aus V 5 und V 6 herauszufinden, bewahre diese sorgfältig beschriftet und getrennt voneinander auf!

V 7 - V 9 Papiere aus Sekundärfaserstoffen

Stelle eine Übersicht zusammen, welche Papiersorten als „Altpapier“ in deiner Schule und zuhause anfallen und als Wertstoff einer Weiterverarbeitung zugeführt werden. Welche Papiersorten werden nach Gebrauch als Abfallpapier der Müllverbrennung oder Müllverrottung zugeführt?

V 7: Papier aus reinem Altpapier

Sammle verschiedene Papiersorten (Wellpappe, Verpackungspapier, Zeitungspapier, Illustriertenpapier, Schreibpapier, Glanzpapier, Kunstdruckpapier, Krepppapier etc.)! Weiche 200 g der kleinzerrissenen Papiermischung in 5 l Wasser ein! Achte darauf, daß keine Kunststoffanteile in den Faserbrei gelangen!

Nach dem Einweichen über Nacht und gutem Durchrühren teile den Faserbrei in zwei gleich große Portionen (a) und (b). Die Weiterverarbeitung [Portion (a)] erfolgt nun gemäß den Angaben in V 5!

Portion (b) wird für V 8 und V 9 verwendet!

V 8: Deinking von Altpapier

Setze den ca. 2,5 Litern Faserbrei aus Altpapier folgende Stoffe zu: 200 ml Wasserstoffperoxid (W = 30%, C), 20 ml eines handelsüblichen Spülmittels (Pril, Palmolive, Frosch etc.). Nach gutem Durchmischen prüfe den pH-Wert des Gemisches! Stelle durch Zugabe konzentrierter Natronlauge (W = 20 %, C) in der Faserzubereitung einen pH von 10 ± 1 ein. Du solltest nun in den nächsten drei Tagen mehrfach den Faserbrei mit dem Schneebeesen kräftig aufschlagen. Den entstehenden Schaum schöpfe mit einer Kelle ab. Achte darauf, daß möglichst wenig Faserstoff bei diesen Arbeiten verloren geht.

Nach Abschluß des Bleichvorgangs gieße die Faserbreizubereitung durch ein Haushaltssieb, um die Bleichlauge abzutrennen. Durch mehrfaches Aufschlänmen der Fasern mit Wasser und anschließendem Sieben befreie den Faserbrei von Spülmittel- und Laugenresten sowie Schmutzteilchen.

Den so gewonnenen deinkten Faserstoff aus Altpapier verwende weiter in V 9.

V 9: Papier aus 50 % deinktem Papier und 50 % gebleichtem Zellstoff

Mische zu dem noch verbliebenen Faserstoff aus V 8 eine etwa gleich große Portion eingeweichten, gebleichten Zellstoffs (ca. 80 g Trockenmasse). Ergänze die Mischung - wenn notwendig - mit Wasser auf ein Gesamtvolumen von ca. 4 Litern und Sorge durch gewissenhaftes Entstippen und Durchmischen der Fasersorten für eine weitestgehend einheitliche Fasersuspension. Aus dieser schöpfe nach weiterer Wasserzugabe - entsprechend den Angaben in V 5 - Papierbögen.

V 10 - 11 gestrichene Papiere/Feinpapiere

Die folgenden Experimente sollen einen Teil deiner selbstgeschöpften Papiere - aber auch käufliche Papiere wie Offset- und Schreibpapier - zu „hochwertigen“ Papieren für den Kunstdruck weiterentwickeln.

Informiere dich über die industriellen Verfahren zur Papierveredelung, vor allem über das sogenannte „Streichen“ von Papieren (Rohpapieren) mit „Streichfarben“:

V 10: Ansetzen einer Streichfarbe

Nach einer Modellrezeptur der Firma Zanders zur Herstellung von Streichfarben für die Papierveredelung mische folgende Komponenten in der angegebenen Reihenfolge:

In einer 2 bis 3 Liter fassenden Plastikschüssel wird zu 115 g Wasser tropfenweise (Pipette!) Natriumhydroxid-Lösung (W=20 %, C) zugegeben, bis die Lösung eine schwach alkalische Reaktion mit einem pH-Wert um 9 zeigt (Messen!). Hinzu kommen 1,3 g Dispergator „Indunal“. Zentrale Bestandteile der Rezeptur sind die Pigmentanteile Kaolin und Kreide: 118,4 g „Clay SPS“ und 569 g „Hydrocarb 90 M slurry“ werden dem wäßrigen Ansatz zugegeben.

5,9 g Casein und 119 g „Styronal LD 615“ rühre in die Streichfarbe ein. Die letzten Komponenten der Zubereitung sind 5,7 g „Tinopal UP“ als optischer Aufheller sowie 0,3 g Entschäumer. Um eine homogene, klumpenfreie Durchmischung aller Bestandteile zu erzielen, ist die Verwendung eines Pürriergerätes sehr zu empfehlen! Beginne mit kleiner Drehzahl, die du langsam steigern kannst. Sollte die Mischung zu dick sein und kaum noch rührbar, vermindere die Viskosität durch Zugabe kleiner Wasserportionen (jeweils ca. 5 ml), bis ein gut verstreicher Brei entsteht.

Die in Anführungszeichen genannten Begriffe sind Handelsnamen von Streichfarbenkomponenten. Diese Produkte unterliegen entwicklungsbedingten Änderungen und müssen gegebenenfalls durch ähnliche oder andere Substanzen ersetzt werden.

V 11.1: Aufbringen der Streichfarbe auf selbstgeschöpfte Papiere

Suche aus allen selbstgeschöpften Papieren diejenigen heraus, die bezüglich der Oberflächenbeschaffenheit und Dicke ein möglichst gleichmäßiges Erscheinungsbild bieten. (Bevorzuge Papiere aus V6, V7 und V9 !) Verwende für die Streichversuche Einmalhandschuhe! Bei den folgenden Angaben wurde davon ausgegangen, daß etwa DIN A4 große Papierbögen vorliegen.

Fixiere das Blatt an der schmalen Seite mit Klebeband auf einer ebenen, wasserfesten Unterlage (z.B. glatte Seite einer ca. 22 mm dicken Siebdruckplatte). Bringe nun mit einem Löffel im oberen Drittel des Papierbogens, parallel zur Schmalseite, Streichfarbe auf. Mit einer Glättkelle verteile diese (Anlegewinkel ca. 30°) in einem Zug unter leichtem Druck über den Papierbogen. Mit einem Japanspachtel (Flächenspachtel) gib überschüssige Streichfarbe in das Vorratsgefäß zurück. Löse nun vorsichtig das Blatt von der Holzunterlage ab; achte darauf, daß sich das frisch „gestrichene“ Papier nicht zusammenrollt und verklebt. Am besten hängst du es an eine Wäscheleine zum Trocknen auf. Die freien Ecken beschwere mit Wäscheklammern. Nach jedem Streichvorgang säubere und trockne sorgfältig alle mit der Streichfarbe in Berührung gekommenen Geräte und Flächen.

Stehen nur kleinere Papierbögen zur Verfügung, kann der Streichvorgang auch mit Japanspachteln erfolgen; versuche, das Entstehen von Graten auf der Papieroberfläche durch mehrfaches Überstreichen zu verhindern!

Nach Trocknung der Papierbögen verfähre auf der noch unbestrichenen Papierrückseite wie beschrieben. Das Ergebnis ist dann ein beidseitig einfach gestrichenes Papier.

Zum Glätten der Papierbögen befeuchte leicht mit einem Wasserzerstäuber zwei Baumwolltücher („Herrentaschentücher“). Zwischen diese lege den Papierbogen und bügle mit sanftem Druck und mittlerer Temperatur (Bügeleiseneinstellung:..), bis Trocknung der Tücher und des Papiers eingetreten ist. Wähle eine dampfdurchlässige Unterlage (Bügelbrett oder mehrere feinmaschig gewebte Küchenhandtücher).

V 11.2: Auftragen der Streichfarbe auf Rohpapier (ungestrichenes Offset-Papier).

Zur Angleichung an industrielle Streichverfahren verwende nun statt selbstgeschöpfter Papiere käufliches Offsetpapier (Flächengewicht 80 oder 100 $\frac{g}{m^2}$). Dieses bereits hochwertige Papier für viele Druckvorhaben dient der Industrie, die höchste Qualitätsmaßstäbe setzt, als „Rohpapier“.

Verfahre, wie in VII.1 beschrieben!

V 12 Untersuchung aller selbstgeschöpften und selbstgestrichenen Papiere

Um die Eigenschaften deiner Papiersorten zu erfahren und auch vergleichen zu können, versuche, für die folgenden Prüfungen möglichst gleich dicke Papierbögen heranzuziehen.

Reißfestigkeit

Verfahre zur Prüfung der Reißfestigkeit nach den Angaben in **Kopiervorlage 2, Basisblatt 2, V 1.**

Untersuche das Papier aus den **Versuchen 5, 6, 7, 9, 11.1 und 11.2**

Rupffestigkeit und Bedruckbarkeit

Die Rupffestigkeit steht in engem Zusammenhang mit der Bedruckbarkeit eines Papiers.

Zur Prüfung verfahre wie folgt:

Verstreiche mit einem Chemikalienspatel oder einem kleinen Flächenspachtel etwas Druckerschwärze auf einem glatten Karton zu einer dünnen Schicht (Handschuhe!). Nimm durch vorsichtiges Aufsetzen eines Druckstempels auf die noch „frische“ Schicht Druckerschwärze auf und presse anschließend mit sanftem Druck den Stempel auf deine selbstgeschöpften Papierproben; löse nach ca. 3 bis 5 Sekunden den Stempel langsam von der Papierfläche ab! Wiederhole den Vorgang mehrmals!

1. Mit einer 8-fach Lupe prüfe den Stempel auf anhaftende Faserreste (Rupffestigkeit).

Die unterschiedliche Rupffestigkeit deiner Papiersorten kannst du auch herausfinden, indem du einen Streifen Klebeband (z.B. Tesafilm) auf die Papieroberfläche aufbringst und gleich anschließend wieder abreißt. Die Menge der an der Klebefläche anhaftenden Papierfasern sind ein Maß für die Rupffestigkeit. Welche Proportionalität ergibt sich?

2. Zur „Qualitätsprüfung“ des Druckes untersuche mit der 8-fach Lupe sorgfältig das aufgebrachte Druckbild! Achte vor allem auf den Rand der Druckflächen! Notiere deine Beobachtungen zu den jeweiligen Papierbögen!

3. Prüfe das Trocknungsverhalten der Druckerschwärze auf den verschiedenen Papieroberflächen, indem du im Abstand von jeweils 10 Minuten mit einem Spatel über einen Teil des Druckes hinwegstreichst. Kannst du auf den verschiedenen Papieren ein unterschiedliches Schmierverhalten der Druckerschwärze feststellen?

Beschreibbarkeit

Stelle folgende Schreibwerkzeuge zusammen: Bleistift, Kugelschreiber, Füllfederhalter, Filzstift, Fineliner, Marker und Lackstift. Bringe mit den verschiedenen Schreibwerkzeugen Striche, Punkte und einen Schriftzug auf die Papieroberflächen. Variiere dabei die Verweildauer der Stifte auf dem Papier!

Beurteile mit der Lupe die Ergebnisse deiner Proben! Betrachte sowohl die Vorderseite als auch die Rückseite der Papiere!

Trage alle Beobachtungen in einer Übersicht zusammen und bewerte die Papiersorten durch „+“ und „-“ hinsichtlich der Beschreibbarkeit.

Opazität

Die Opazität ist ein Maß für die Undurchsichtigkeit eines Papiers. Diese optische Größe ist besonders wichtig, wenn Papiere von beiden Seiten bedruckt oder beschrieben werden sollen.

Zur Prüfung deiner Papiersorten lege die einseitig bedruckten und beschriebenen Papiere - mit der Schreibseite nach unten - auf einen weißen Fotokarton. Je geringer das Schrift- oder Druckbild durch das Papier durchscheint, desto größer ist die Opazität. Halte auch hier die Ergebnisse in einer Übersicht fest.

Weißgrad (Weiße)

Der Weißgrad ist neben der Opazität und der Farbe eines Papiers eine der wichtigsten optischen Eigenschaften.

Subjektiv mit dem Auge kannst du den unterschiedlichen Weißgrad deiner Papiere erfassen, indem du Proben derselben nebeneinanderlegst und verschiedenen Lichtquellen aussetzt. Wie bewertest du den Weißgrad deiner Papiere bei Glühlampenlicht, bei Beleuchtung mit Leuchtstofflampen, bei Sonnenlicht und diffusem Tageslicht?

Halte den Vergleich in einer Übersicht fest!

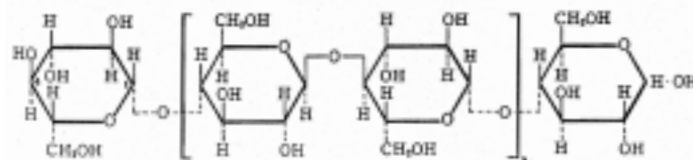
Chemische Grundlagen der Papierherstellung

Für die Herstellung des Papiers sind Faserstoffe, meist Zellstoff, die wichtigste Komponente. Neben Füllstoffen, Bindemitteln und Hilfsstoffen ist Wasser mit einem Gewichtsanteil von 5 - 10 % enthalten.

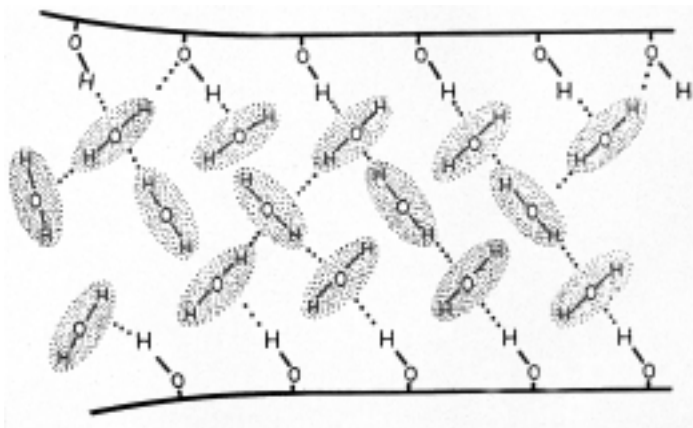
Die Zellulosefasern des Zellstoffes werden durch einen Mahlvorgang so aufgeraut, daß viele, aber nicht zu viele Fäserchen frei liegen. Mit den übrigen Bestandteilen vermischt, werden alle Komponenten in viel Wasser suspendiert. Dabei umgeben sich die Zellulosefasern mit den polaren Wassermolekülen. Beim Absinken des Wassergehaltes - dies geschieht in der Trockenpartie der Papiermaschine - bilden die OH-Gruppen der Glukosemoleküle der Zellulose mit den Wassermolekülen Wasserstoffbrücken.

So entsteht ein Zustand, in dem die Zellulosemoleküle nur durch eine monomolekulare Wasserschicht voneinander getrennt sind, wie die Abbildung zeigt.

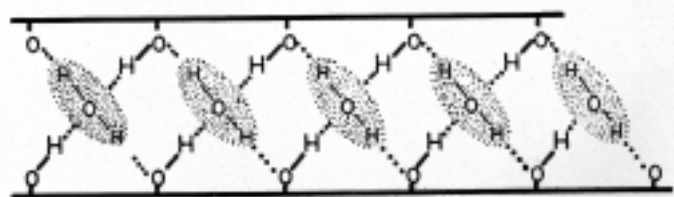
Dabei bildet sich ein Reißverschlußartiges Gefüge von Wasserstoffbrücken, die der Papierbahn einen Großteil ihrer Festigkeit verleihen. Wesentlich ist hierbei: der Vorgang ist reversibel. Sobald der Wassergehalt eines Papiers zunimmt, öffnen sich die „Reißverschlüsse“ wieder. Die Fasersuspension kann zurückerhalten werden. Dies wird z.B. beim Recycling genutzt.



Schematische Struktur eines Zellulosemoleküls (Ausschnitt) mit den OH-Gruppen (eingekreist) der einzelnen Kettenglieder.



Schon in der Fasersuspension sind die Zellulosemoleküle (hier bis auf die OH-Gruppen als durchgehende Linie dargestellt) über verschiedene Wassermoleküle (grau) durch ein lockeres Gefüge von Wasserstoffbrücken (gepunktet) miteinander verbunden.



Beim Trocknen der Papierbahn sind die Zellulosemoleküle schließlich nur noch durch eine monomolekulare Wasserschicht getrennt. Dabei entsteht ein Reißverschlußartiges System von Wasserstoffbrücken.

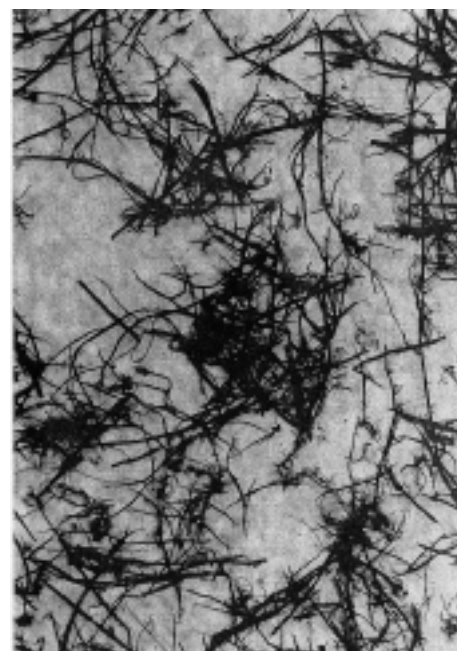
Lichtmikroskopische Aufnahmen



Zellstoff-Fasern, ungemahlen
Lichtmikroskopische Aufnahmen 1:20



Zellstoff-Fasern, gemahlen

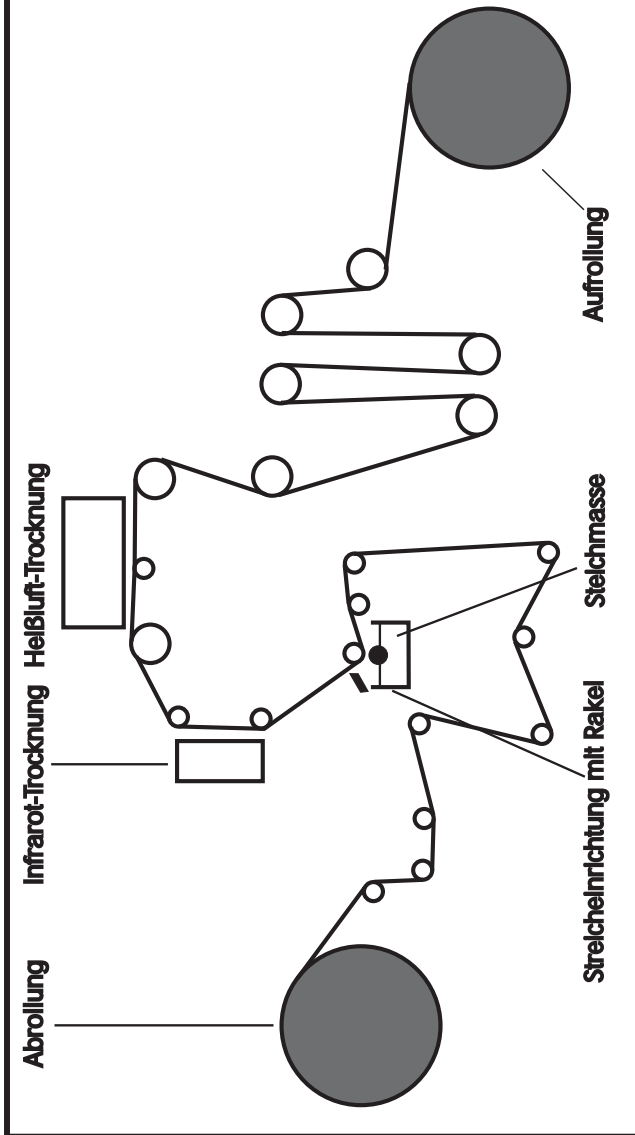


Fasern aus Altpapier

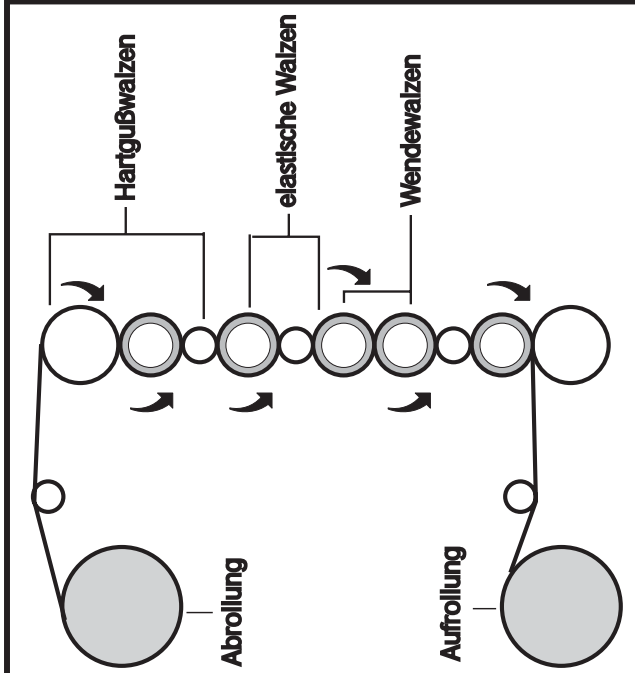
Streichmaschine

Paperveredelung

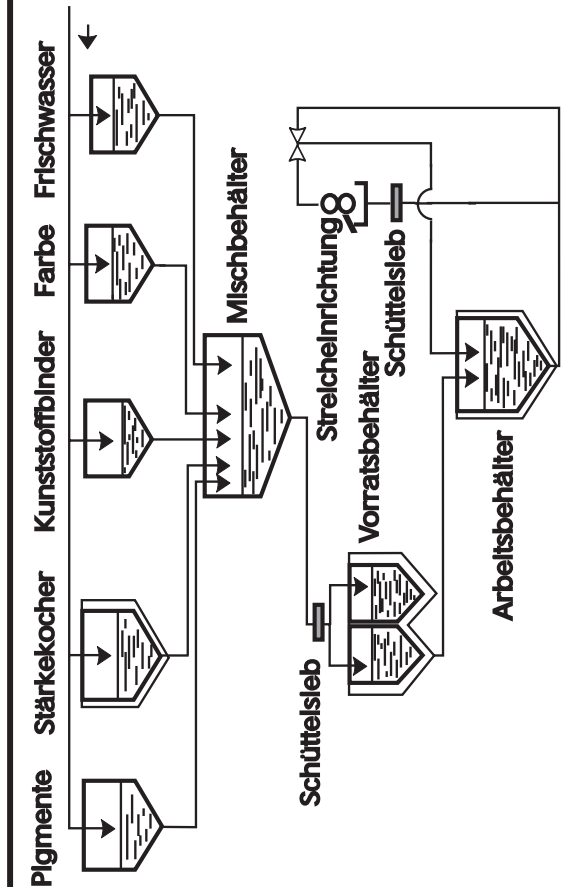
Prinzip einer Rakelstreichanlage (einseitiger Strich)



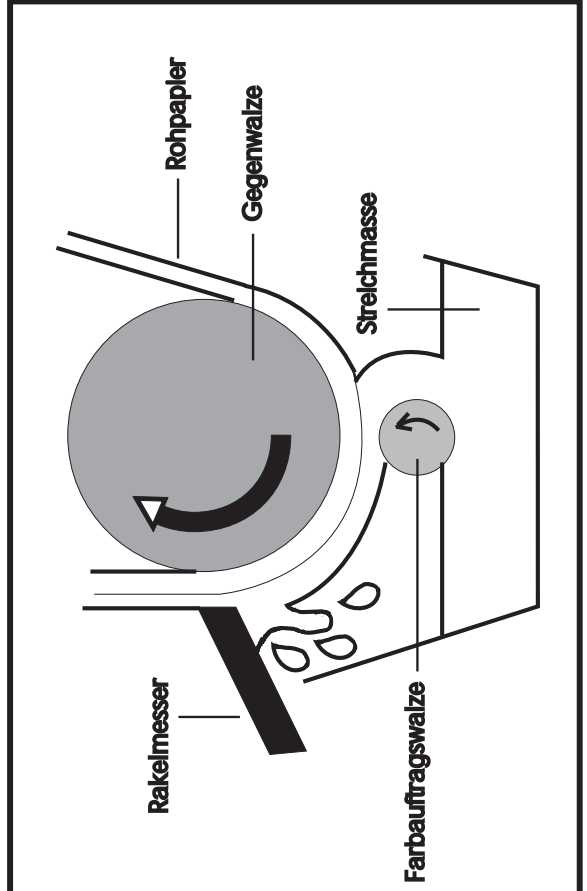
Kalender (Schema der Papierführung)



Streichmassenaufbereitung (nach Volth)



Schematischer Querschnitt einer Strecheinrichtung



Erläuterungen zur Kopiervorlage 9: Papierveredelung

Gezeigt wird im oberen Feld die Papierführung in einer Streichmaschine im schematischen Querschnitt, der besseren Übersicht wegen für einseitig gestrichenes Papier und die Papierführung

bei der Satinage in einem Kalandrier. Im unteren Feld ist die Herstellung der Streichfarbe dargestellt und der Streichvorgang erklärt.

Herstellung der Streichmasse

In der Farbküche werden die drei Grundkomponenten der Streichmasse – Pigment, Bindemittel und Wasser – gemischt. Hinzu kommen verschiedene Hilfsmittel, die zur Überwindung bestimmter technologischer Schwierigkeiten oder der Erzielung besonderer Effekte dienen, z.B. optische Aufheller, Farbstoffe, Schaumbekämpfungsmittel, Dispergiermittel usw.

Streichverfahren

Das Streichen umfaßt folgende Hauptarbeitsgänge: Auftrag, Dosierung und Egalisierung der Streichmasse, Trocknung und Aufwicklung der Papierbahn.

Satinage in dem Kalandrier

Beim Durchgang von Papier zwischen Walzen unter Druck verändert sich die Oberfläche. Es erfolgt eine Steigerung von Glätte und Glanz durch Ausgleichen von Unebenheiten. Dieses Satinieren wird in Kalandrier erreicht.

Papierveredelung - gestrichene Papiere

„Feinpapiere“ ist der Oberbegriff für hochwertige, holzfreie, auch mit oder ganz aus Hadern hergestellte Papiere. Es werden sehr hohe Ansprüche an gleichmäßige Durchsicht, Oberflächenbeschaffenheit, Alterungs- und Lichtbeständigkeit gestellt.

Für eine Reihe von Anwendungsbereichen, vor allem für Kunst- und Bildruck, müssen Papiere besonders hohen Anforderungen genügen. Hierauf geht die Erfindung gestrichener Papiere zurück.

Bildkontrast, Bildschärfe, farbgetreue Wiedergabe, Komponenten der komplexen Größe „Druckqualität“ erfordern eine glatte, geschlossene Oberfläche des Papiers. Eine wirklichkeitsgetreue Wiedergabe im Vierfarbendruck - sei es im Offset- oder Tiefdruckverfahren - ist auf der ungleichmäßigen Oberfläche eines Naturpapiers nicht möglich. Die Druckform überträgt die Farbe auf die Oberfläche des Papiers. Die Druckfarbe soll nur senkrecht in das Papier eindringen und auf ihm gleichmäßig haften. Eine möglichst scharfe Grenze zwischen den Farbpartikeln und den Teilchen der Papieroberfläche ist erwünscht.

Um die für die Verbesserung der Druckeigenschaften erforderliche glatte Papieroberfläche zu erhalten, wird auf die poröse, ungleichmäßige Oberfläche des Rohpapiers ein wäßriges Gemisch aus feinteiligem, mineralischem Pigment, Bindemitteln und Hilfsmitteln aufgetragen, d.h. es wird gestrichen. Die Streichschicht füllt die Unebenheiten der Oberfläche des Rohpapiers aus. 50 - 80 % der Papierqualität beruhen auf der Qualität des Rohpapiers. Fehler darin lassen sich nicht einfach durch den Strich überdecken. Besonders hochwertige Papiere haben auf jeder Seite einen Grund- und einen Deckstrich. Auch dreifach auf jeder Seite gestrichene Papiere sind erhältlich.

Durch das Streichen werden auch Weiße, Opazität und Glanz erhöht. Das gestrichene Papier wird in einem folgenden Arbeitsgang im Kalandrier satiniert. Beim Durchlaufen der beheizten Walzen entsteht eine glatte und - falls gewünscht - glänzende Oberfläche.

Seit 1524 werden gestrichene Papiere für Bucheinbände, Konfektdosen, Schachteln verwendet. Man trug eine deckende Masse mit dem Pinsel auf handgeschöpftes Papier auf. Dieses Verfahren wurde immer weiter verbessert, bis 1866 in Dresden die erste Streichmaschine eingesetzt wurde.



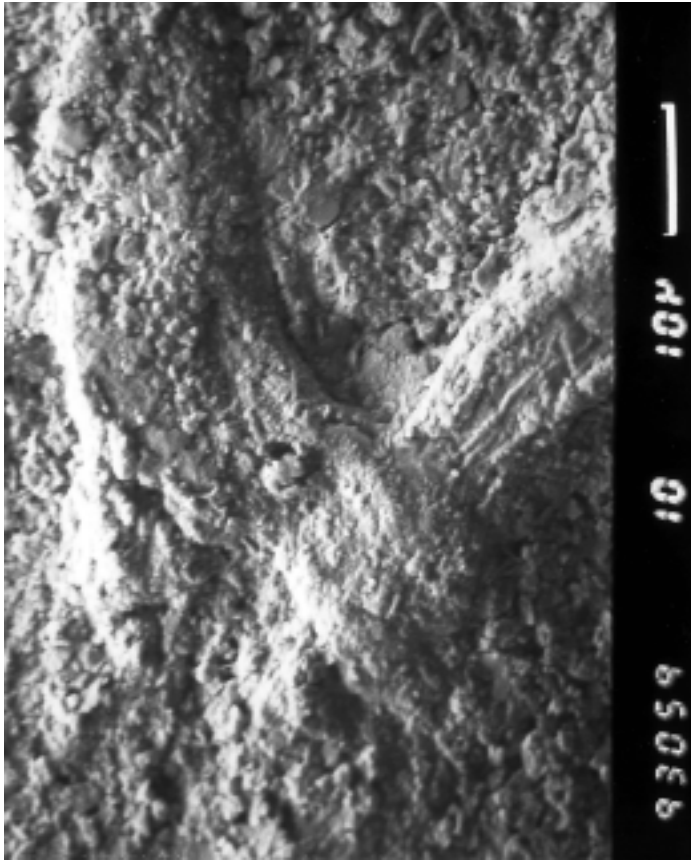
Papiermaschine



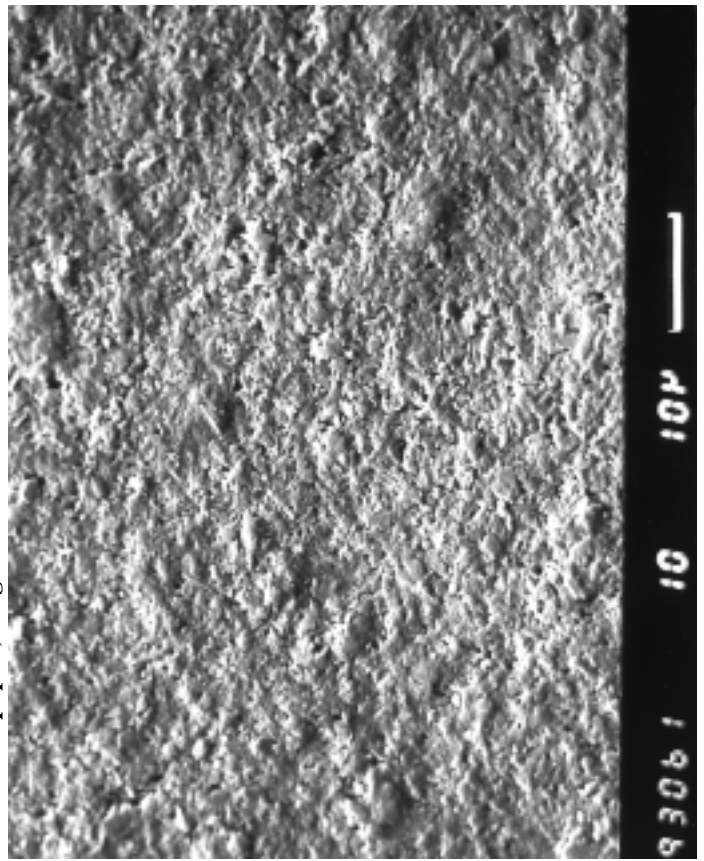
Streichmaschine zur PM 3

Hadern

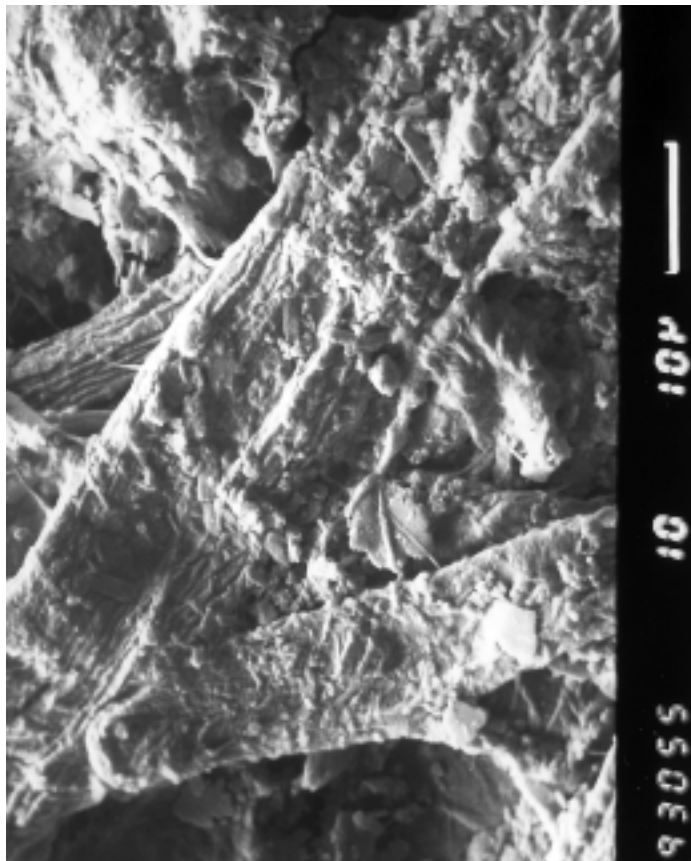
Hadern (Lumpen aus getragener Kleidung) waren bis Mitte des 19. Jahrhunderts nahezu das einzige Fasermaterial der Papierherstellung. Heute stellen solche Textilfasern, die Baumwollabfälle der Textilindustrie sind, weniger als ein Prozent des gesamten Rohstoffverbrauchs. Unter den Begriff Hadern fallen Fasern, die vorwiegend aus Zellulose bestehen, also kaum Lignin enthalten. Eingesetzt werden sie vor allem für Papiere, an die besondere Ansprüche gestellt werden wie Banknoten- und Dokumentenpapiere oder Dünn- und Bibeldruckpapiere.



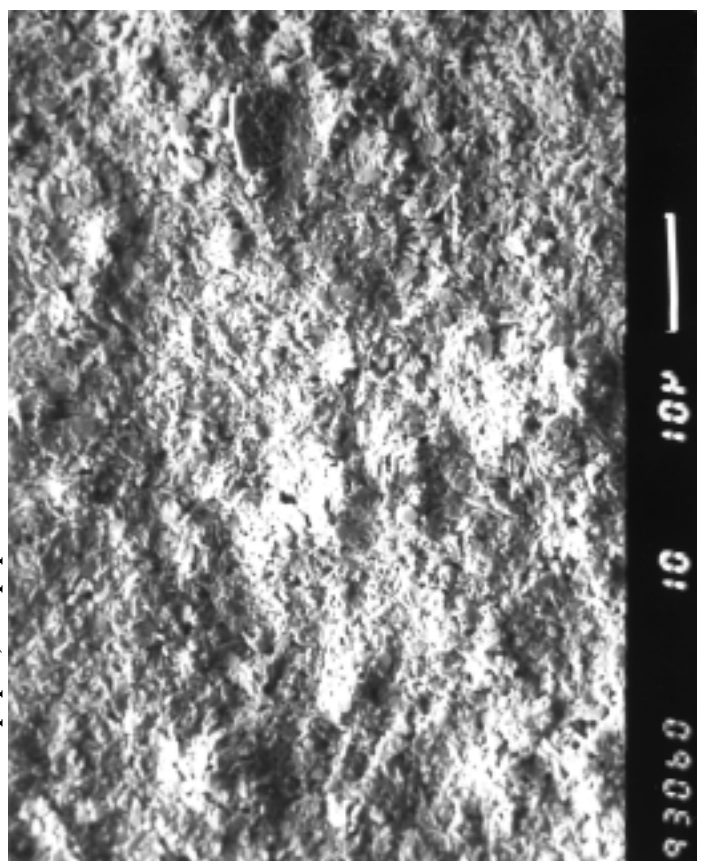
Kunstdruckpapier, vorgestrichen



Kunstdruckpapier, satiniert



Kunstdruckpapier, Rohpapier



Kunstdruckpapier, zweiter Strich (Deckstrich)

Die Streichfarbe und ihre Komponenten

Die Streichfarbe besteht aus mineralischen Pigmenten, Bindemitteln, Wasser und speziellen Hilfsmitteln, die für die Qualität und das Laufverhalten des Papiers und den Auftrag der Streichmasse in der Streichmaschine erforderlich sind. Die Zusammensetzung der Streichfarbe ist von den Anforderungen an die Papierqualität abhängig. Gewünschte Eigenschaften wie Rupf- und Naßfestigkeit, gleichmäßiger Farbton, Saugverhalten, Opazität, Weißegrad, Glätte und Glanz werden durch unterschiedliche Roh- und Hilfsstoffe erreicht.

Die wichtigsten mineralischen Pigmente sind Kaolin oder China Clay und Calciumcarbonat. Die Teilchengröße darf nur 0,5 - 1 µm betragen.

Zur Verbindung der Pigmentteilchen miteinander und für ihre Haftung auf dem Rohpapier werden Bindemittel auf natürlicher und synthetischer Basis eingesetzt. Natürliche Bindemittel sind Casein, Sojaprotein, Stärke aus Kartoffeln, Mais oder Getreide; synthetische Bindemittel sind Mischpolymerisate wie Butadienstyrol, Butadien-Methacrylat, Acrylsäure-Vinylacetat. Die verschiedenen Mittel sollen möglichst wenig Eigenfarbe besitzen. Ihre Bindekraft soll hoch sein und sie soll gute Filmbildungseigenschaften und gutes Wasserrückhaltevermögen haben, damit ein zu starkes Eindringen in das Basispapier vermieden wird. Dispergiermittel, meist Polyacrylate oder Polyphosphate bewirken bei ihrer Dispergierung in Wasser eine gleichmäßige Verteilung der Pigmentteilchen.

Stearate haben eine bessere Glättbarkeit des Papiers zur Folge und verhindern Ablagerungen auf den Walzen der Satinierkalandar.

Optische Aufheller (Stilbenderivate) lassen Papier in brilliantem Weiß erstrahlen. Ihre Wirkung beruht auf deren Eigenschaft, einfallendes UV-Licht mit einem Maximum von 350 - 360 nm zu absorbieren und es in blaues Licht mit einem Maximum von 440 nm umzuwandeln und auszustrahlen. Es wird dadurch bei nicht hochweißen Streichpigmenten der Gelbstich kompensiert und der Weißegrad von gelb- nach blautichig erhöht.

Verdickungs- und Wasserretentionshilfsmittel auf der Basis natürlicher und synthetischer Hydrokolloide, die das Fließverhalten und das Wasserabgabeverhalten der Streichfarbe regulieren, werden ebenfalls benötigt.

Eingesetzt werden auch Vernetzungsmittel, meist Harnstoff-, Formaldehyd- bzw. Melamin-Formaldehydharze, die zu einer Vernetzung von wasserlöslichen Hilfsstoffen wie Stärke führen und eine Verfestigung der Strichoberfläche gewährleisten.

Rohstoffe bei Zanders

Fasern:

- Elementar Chlorfrei gebleicht (ECF)
- Total Chlorfrei gebleicht (TCF)
- nicht aus tropischen Regenwäldern
- aus nachhaltiger Forstwirtschaft

Füllstoffe, Pigmente:

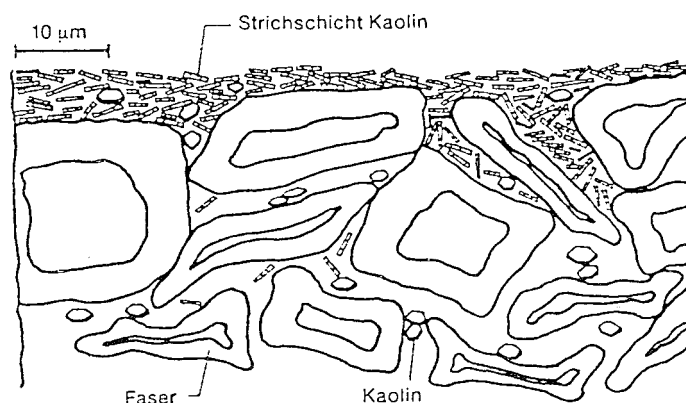
- natürliche Mineralien
- Kreide, Marmor, Kalkstein
- Kaolin (Tonerde)
- sonstige: TiO_2 , SiO_2 , Talkum, Satinweiß

Hilfsstoffe:

- Bindemittel
- Dispersionsbindemittel, Stärke, Casein
- Leimungsmittel
- Harzleim, Alaun, synthetische Leime
- sonstige:
 - Retentionsmittel, Oberflächenleimungsmittel, optische Aufheller, Farbstoffe, modifizierte Stärken, Biozide,
 - Rheologiehilfsmittel,
 - Reinigungsmittel . . .

. . . entsprechend den Anforderungen für Lebensmittelverpackungen

Wassergefährdungsklassen 0 und 1



Skizze eines Querschnitts durch ein mit Kaolin-Pigmenten gestrichenes, holzhaltiges Papier

Pigmente - Kaolin und Calciumcarbonat

Kaolin

Kaolin oder China Clay ist ein weiches, weißes, mineralisches Pulver, das die Chinesen nach dem Berg „Kau-Ling“ benannt haben. Es wird von ihnen seit Jahrhunderten zur Herstellung von Porzellan benutzt. Im 18. Jahrhundert brachten Missionare Gesteinsproben nach Europa. Es wurden weitere Vorkommen dieser Tonerde entdeckt, der Verwendungsbereich u.a. auf die Papierherstellung erweitert. Heute werden vor allem Vorkommen in England, aber auch in den USA abgebaut und als Pigment eingesetzt. Der Feinstoffanteil unter 2 µm muß bei Streichkaolin 90 - 92 % betragen.

Der Kaolinit-Kristall Aluminium-Silikat-Hydrat $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ist ein Verwitterungsprodukt aus Feldspat unter Einwirkung von sauren Thermalwässern. Er setzt sich aus Schichtgittern zusammen, wobei sich Kieselsäure- mit Tonerdehydratgittern abwechseln. Der Kristall besteht aus dünnen, hexagonal geformten Plättchen.

Kaoline verschiedener Herkunft haben unterschiedliche Zusammensetzung hinsichtlich der Spurenelemente. Si^{4+} -Ionen können durch Al^{3+} - oder Fe^{3+} -Ionen substituiert werden. Dies hat eine negative Aufladung der Kaolinitoberfläche zur Folge. An den Kanten des Kaolinit-Kristalls befinden sich exponierte SiOH - und AlOH -Gruppen, die je nach pH-Wert eine positive (abnehmender pH-Wert) oder negative (zunehmender pH-Wert) Ladung an den Kanten hervorrufen. Positive Ladungen an den Kanten dürften von Aluminiumionen stammen, die durch adsorbierte Kieselsäure nicht einfach abgeschirmt werden können. Die Kaolinitfläche ist negativ, die Kanten sind positiv geladen. Hieraus folgt eine Anziehung der Teilchen von Kante zu Fläche: Kartenhaus-Struktur der Teilchen.

Große Säuremoleküle, z.B. Polyphosphate oder Polyacrylate, die als Dispergiemittel eingesetzt werden, schirmen die positive Ladung am Kaolinitkristall ab. Dadurch erhält das Teilchen insgesamt eine negative Ladung, die ein Abstoßen der Einzelteilchen voneinander verursacht. Dies ergibt eine gleichmäßige Verteilung der Teilchen in der Streichfarbe.

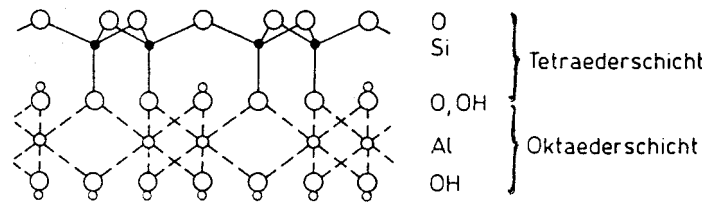
Calciumcarbonat

Calciumcarbonate werden als natürliche Carbonate, als Sedimentgestein Kreide oder als kristallines Gestein Marmor eingesetzt. Nach dem Mahlprozeß müssen 90 % der Teilchen eine Feinheit von weniger als 2 µm aufweisen.

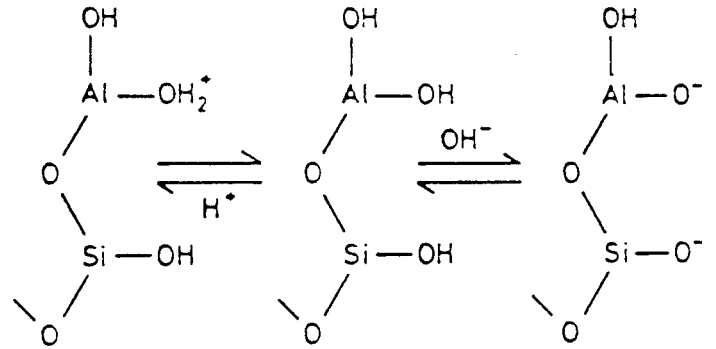
Verwendet werden auch gefällte Carbonate (Aragonit und Calcit), wobei die Teilchengröße weniger als 2 µm beträgt.

Der Dispersionsvorgang ist hier schwieriger als bei Kaolin.

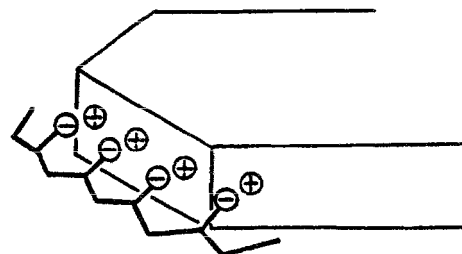
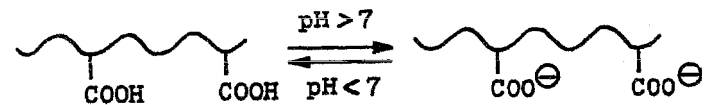
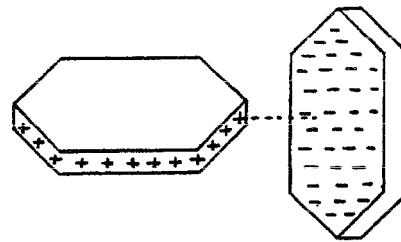
Die kugelförmigen oder nadelförmigen Teilchen decken bei höherer Strichdicke sehr gut, bei niedriger Strichdicke haben die Plättchen des Kaolins die bessere Deckkraft.



Kaolin-Schichtgitter



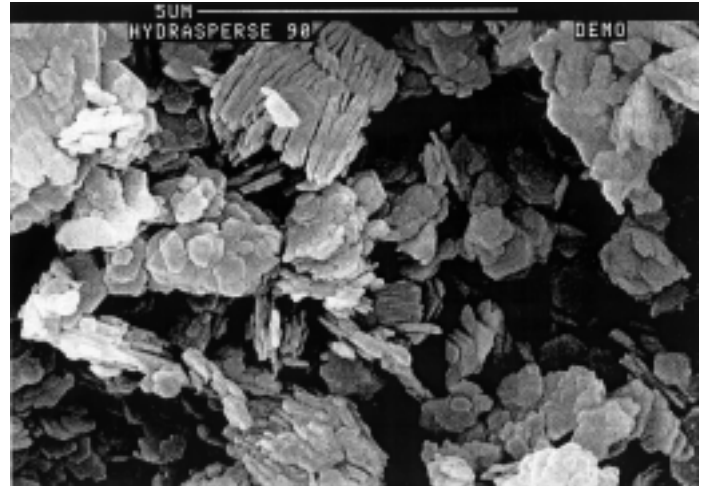
Ladungen an den Kaolinit-Kristall-Kanten



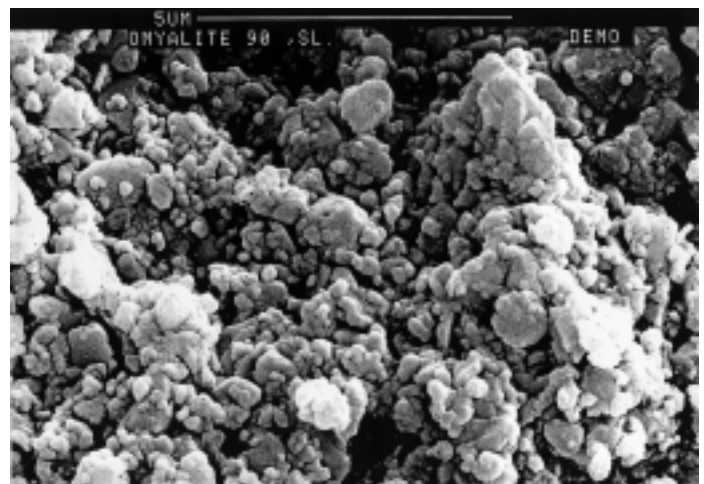
Wirkungsweise von Dispergiemitteln

Elektronenmikroskopische Aufnahmen

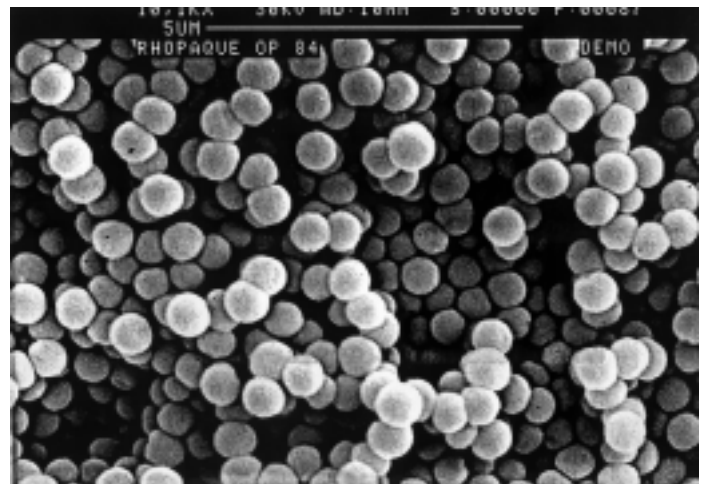
**Kaolin,
USA**



**Calciumcarbonat,
Kreide**



**Hohlpigment, organisch
polymeres Styrolacrylat**



REM-Aufnahmen 1: 26 000
Omya Drüss-Stauffer AG,
Oftringen / Schweiz

Wohin mit dem Altpapier?

Neben Bio-, Metall-, Kunststoff- und anderem Müll fällt auch viel Altpapier an. Der größte Teil wird aufbereitet und erneut zur Papierherstellung verwendet. Die Fasern aus Altpapier werden jedoch bei jedem Recyclingvorgang kürzer, und nach 7 - 8maliger Verwendung sind sie einfach zu kurz. Ein Teil des Altpapiers ist zur Wiederverwendung zu stark verschmutzt, ein Teil aus anderen Gründen unbrauchbar. **Wohin damit?**

Verbrennen ist möglich - die thermische Verwertung hat den Vorzug, daß die Energie genutzt werden kann und damit der Schonung der fossilen Brennstoffe dient. Holz und Holzzeugnisse zählen zu den regenerativen Energiequellen. Das Brennstoffpotential von Altpapier ist hoch: der Heizwert liegt zwischen 13 500 und 18 500 kJ/kg. Bei thermischer Verwertung ersetzen somit 2 t Altpapier das Wärmeäquivalent von 1 t

SKE (Steinkohle-Einheit). Bei Einsatz hoher thermischer Wirkungsgrade mittels Kraft-Wärme-Kopplung ist die Energie optimal nutzbar.

Interessant, wenn auch von wirtschaftlich untergeordneter Bedeutung, ist das Kompostieren. Papier besteht ja zu über 90 % aus Zellulosefasern, und diese werden durch Mikroorganismen abgebaut. Auch die anderen Bestandteile sind umweltverträglich - sogar buntbedrucktes Papier belastet später den Kompost nicht, denn die meisten Druckfarben sind schwermetallfrei.

Vorschlag für einen Versuch im Schulgarten: eingeweichtes Altpapier, dem etwas „Kompoststarter“ zugesetzt wurde, abwechselnd mit Gartenerde aufschichten.

Zu den Kopiervorlagen 1 bis 3

Das Thema Papier bzw. Feinpapiere taucht in den Richtlinien Chemie für die S I nicht verbindlich auf, ist aber bereits im Bereich „Stoffe und Stoffeigenschaften“ einsetzbar.

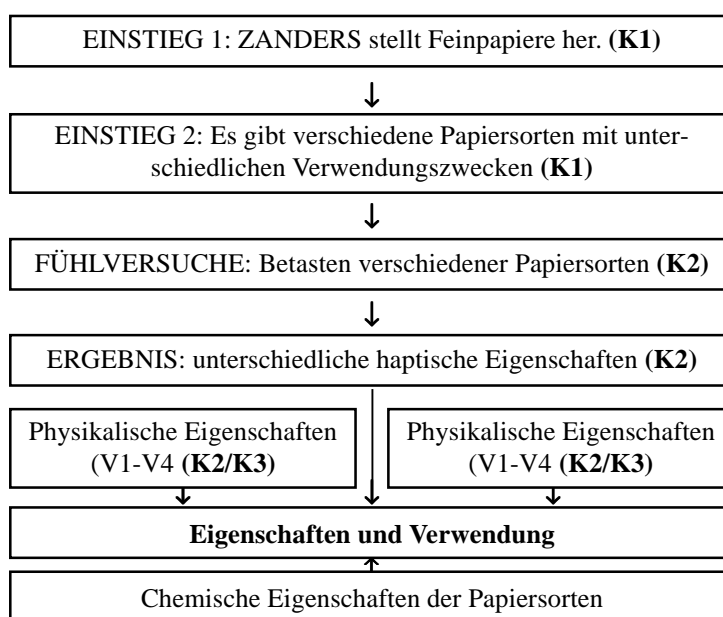
Die meisten Schulbücher beginnen den Einstieg in den Chemieunterricht mit dem Thema „Gegenstand und Stoff - Wie kann man Stoffe erkennen? - Eigenschaften von Stoffen“.

Hier bieten sich die verschiedenen Papiersorten als Stoffgegenstand aufgrund der Allgegenwärtigkeit von Papier gut an. In Schülerversuchen lassen sich alle Überprüfungen selbständig durchführen. Dies entspricht auch dem Wunsch nach einem handlungsorientierten Unterricht. Der Einstieg über Fühlversuche hat sich als besonders motivierend erwiesen und leitet zur Fragestellung „Welche weiteren Eigenschaften können untersucht werden?“ über. Bei den Versuchen 1 - 4 sind Verknüpfungen zum Fach Physik vorhanden, so daß auch fächerübergreifende Unterrichtselemente hinzukommen.

V 2 - V 4 sind auch sehr gut zu Hause durchführbar.

In den Klassen 9/10 bzw. den Differenzierungskursen in der Mittelstufe kommen chemische Experimente hinzu, die ebenfalls in den Richtlinien gefordert werden (z.B. Flammenfärbung).

Die Untersuchungen des Feinbaus stellen eine Verknüpfung zum Fach Biologie dar, da in diesem mit den entsprechenden Geräten gearbeitet wird. Ein Binokular ist einer Lupe vorzuziehen, da es individuell auf die Sehstärke des Schülers eingestellt werden kann. Vom Einsatz eines Mikroskops ist abzuraten, da der Bildausschnitt zu klein ist und daher Länge, Anzahl und Anordnung mehrerer Fasern nicht mehr gleichzeitig deutlich werden.



Papiersorten die sich für die Untersuchungen besonders eignen sind: Zellstoff (braune Kaffeefiltertüte), Zeitungspapier, Toilettenpapier, Löschpapier, Packpapier, Offset-Papier, Chromolux (o.ä. glattes Papier), Ikonofix color (o.ä. in der Streichmasse gefärbtes Papier), Efallin (o.ä. geprägtes Papier), Elefantenhautpapier.

Zu den Kopiervorlagen 4 bis 14

I. Sekundarstufe I, Realschule

Im Themenfeld „Wohnen - Bauen - Werkstoffe“ werden die Unterthemen Papierrecycling, Verpackung aus Papier und Papp, Papier- und Kartonherstellung genannt. Im Rahmen dieser Themenbereiche können Aspekte der Papierveredelung (gemäß den Ansprüchen der Druckindustrie) besprochen werden.

II. Sekundarstufe I, Gymnasium

Eine projektorientierte Behandlung des Themas Papier und Papierveredelung im Rahmen des differenzierten Mittelstufenunterrichts in den Klassen 9 und 10, Fächerkombination Biologie/Chemie, ist möglich und auch sinnvoll.

III. Sekundarstufe II, Gymnasium

Einzelaspekte der Papierherstellung und -veredelung können in vielen Teilthemen des Unterrichts sowohl im Grund- als auch im Leistungskurs besprochen werden.

Die Praxis und Theorie der Papierveredelung ist gut geeignet zur wiederholenden und vertiefenden Abiturvorbereitung in der Jahrgangsstufe 13/II.

Beispiele

Lignin, Zellulose, natürliche und synthetische Bindemittel
pH-abhängige Prozesse
Bleichvorgänge

Weißer, optische Aufheller,
Farbstoffe
Papierfestigkeit,
Rupffestigkeit

Kursthema

Makromoleküle

Chemisches Gleichgewicht
Redoxreaktionen
(Elektrochemie)
Farbstoffe und
Farbigkeit
Donator-Akzeptor-
Prozesse

Die moderne Papierherstellung in der Papiermaschine kann sehr gut mit der „Folie Papiermaschine“ (VdP) erklärt werden, die in PdNCh Heft 7/41 veröffentlicht ist. Der Vorgang der Veredelung der Rohpapiere durch Streichen kann anhand der Schemata (K 9) und der Texte (K 10) erarbeitet werden. Diese und die folgenden Texte und Abbildungen sind vor allem für den Einsatz in Mittel- und Oberstufe geeignet, wobei für die Mittelstufe eventuell etwas vereinfacht werden muß.

Erläuterungen und Ergänzungen zu den Kopiervorlagen 4 bis 7

Vom ungebleichten Zellstoff zum Kunstdruckpapier

Zur Herstellung dauerhaft alterungsbeständiger Papiere - ganz gleich ob sie als Rohpapiere oder gestrichene Feinpapiere für den hochwertigen Kunstdruck zur Anwendung kommen sollen - ist der Einsatz von gebleichtem Zellstoff unabdingbare Voraussetzung. Auch die Nutzung von Altpapier und somit der gesamte Komplex „Papierrecycling“ ist an die zusätzliche Verwendung von Frischfasern, z.B. Zellstoff geknüpft.

Im Schulversuch ist die Gewinnung von Zellstoff aus Holz weder nach dem Sulfat- noch nach dem Sulfit-Verfahren möglich. Aus diesem Grunde beginnt der experimentelle Weg zum (ggf. mehrfach) gestrichenen Feinpapier eine Stufe weiter: mit dem Nachweis von Lignin im ungebleichten Zellstoff und der somit notwendigen Zellstoffbleiche. Je nach Aufschluß des Holzes bleiben im Zellstoff unterschiedliche Mengen an Restlignin erhalten: 6 % bis 7 % beim Sulfat-Verfahren, 2 % bis 3 % beim Sulfit-Verfahren. Dieses Lignin führt nicht nur zum schnelleren Vergilben, sondern sogar zu einem beschleunigten Zerfall des Papiers durch Versäuerung. Ein durch Wärme und Licht entstehendes Zerfallsprodukt des Lignins ist die Oxalsäure, die zur Versäuerung des Papiers beiträgt und eventuell vorhandene Alkalireserven aufbraucht. In diesem Zusammenhang ist von Bedeutung, daß sowohl in Deinking-Prozessen als auch in Streichfarbenrezepturen in der Regel auf ein alkalisches Milieu geachtet wird.

Zu **VI a)** und **b)**:

Die Prüfung einer Vielzahl von Papierproben auf Lignin mit den angegebenen Reagenzien (Rotfärbung mit Phloroglucin, Gelbfärbung mit Aniliniumhydrochlorid-Lösung) ist sehr schnell realisierbar. Wegen möglicher krebserregender Wirkung des Aniliniumhydrochlorids sollte Versuch (b) nur in der S II als Schülerversuch unter besonderen Sicherheitsvorkehrungen durchgeführt werden.

Zu **V 2, 3** und **4**:

Die Bleiche des Zellstoffs durch oxidativen Abbau des Lignins ist großtechnisch ein komplexer und schwieriger, über mehrere Bleich- und Waschstufen verlaufender Prozeß. Die Versuche können deshalb nur modellhaft diese Verfahren nachvollziehen. Der in alkalischer Lösung aus Wasserstoffperoxid entstehende Sauerstoff setzt sich in feinen Bläschen an den Fasern des ungebleichten Zellstoffs fest. Nach einigen Tagen hat sich die Farbe des Faserbreis deutlich von braun in weiß-beige gewandelt (**V2**).

Die Untersuchung der Fasern in dem etwa handtellergroßen Papierstück mit der 8-fach Lupe (**V 3**) zeigt, daß sie unter der Behandlung mit H_2O_2 und $NaOH(aq)$ offensichtlich nicht gelitten haben, was angesichts einer geforderten Mindestfestigkeit von Bedeutung ist. Die Farbreaktionen auf Lignin im nun gebleichten Zellstoff fallen erwartungsgemäß negativ aus (**V4**). Somit ist eine Verbesserung der Alterungsbeständigkeit, was Vergilbung und Versäuerung des Papiers betrifft, erreicht.

Zu **V5** bis **V9**:

Die Praxis des Papierschöpfens ist in der Literatur vielfältig und bestens beschrieben (Hartel, Laakmann, RSAG, Weidenmüller etc.). Ergänzend sei erwähnt, daß sich beim Selbstbau der Geräte, die mit Wasser in Berührung kommen, die Verwendung von mehrfach wasserfest verleimtem Holz (als „Siebdruckplatte“ im Holzfachmarkt erhältlich) sehr bewährt hat. Ferner wurden ver-

stärkende Winkel aus verzinktem Eisen und Siebe aus Fiberglas oder einer Aluminiumlegierung (Quadratmasche 1,4 mm) zum Bau von Schöpf- und Abdeckrahmen verwendet.

Obwohl das Schöpfen von Papier aus reinem gebleichten Zellstoff einen wichtigen Zwischenschritt ausläßt (die Mahlung des Zellstoffs in Refinern, die zu einer Verbesserung der Festigkeit des Papiers führt), gelingen in **V 5** mit einiger Übung gleichmäßige, löschblattähnliche Papierbögen.

Überprüfbar qualitätssteigernd wirkt sich die Zugabe von Füll- und Bindemitteln aus.

Ergänzung: Leimpresse

Eine zusätzliche Leimung zur Stabilisierung der Oberfläche der Papiere aus **V 5** und **V 6** kann durch nachträgliches Einpinseln mit verdünnter Stärkelösung (z.B. aus Kartoffel- oder Maisstärke) erzielt werden. Dieser Schülerversuch entspräche dann einer Oberflächenleimung, wie sie großtechnisch in der sogenannten „Leimpresse“ durchgeführt wird.

Die Tintenfestigkeit wird durch Leimung in der Masse erreicht. Ergebnisprüfung der Oberflächenleimung z.B. durch die Tesafilmprobe und die Probe auf Radierfestigkeit.

Zum Deinking-Prozeß (**V 8**) siehe auch J. Feckel et al. in PdN-Chemie 7/41 Jg. 1992, S. 20 ff. Das dort vorgeschlagene Verfahren steht den industriellen Verfahren sicherlich näher, ist apparativ jedoch aufwendiger.

Ergänzung:

Experimentierfreudige Schülerinnen und Schüler können zu Hause oder in der Schule einmal ausprobieren, ob Altpapier nicht auch durch Zugabe eines herkömmlichen Vollwaschmittels (Tenside, Bleichmittel, Komplexbildner, optische Aufheller, alkalisches Milieu) deinkt werden kann!

Zu **V 10** bis **VII.2**:

Der Erfolg des Streichverfahrens im Schulexperiment hängt wesentlich von der Viskosität und Homogenität der Streichfarbe ab. Ferner sollte die Glättkelle oder der Flächenspachtel (beide Rakelersatz) an der „(ver)streichenden“ Kante keine Unregelmäßigkeiten oder gar Kerben aufweisen (Lupe oder Fingernagelprobe!).

Zu **V 12**:

Prüfung und Vergleich der geschöpften und gestrichenen Papiere erfolgt nach den Prinzipien des selbstentdeckenden Lernens. Ein weiterer Vergleich mit hochwertigen industriell gefertigten Papieren und die Begutachtung bester Druckergebnisse können abschließend die Leistungsfähigkeit der Papierindustrie darstellen.

Vierhundert Jahre Papierherstellung in Bergisch Gladbach

Köln war im 15. Jh. und auch später eine bedeutende Buchdruckerstadt. Bergisch Gladbach entwickelte sich zum leistungsstarken Standort für die Papierproduktion.

Der aus den Niederlanden eingewanderte Kölner Kaufmann Philipp von Fürth und seine Frau Sophie von Hambach kauften am 2. Juni 1582 für „einen sicheren Kaufpfennig“ das Nabbenseifer Gut an der Strunde mit der zugehörigen Pleißmühle. Am 29. August 1582 erhielt Philipp von Fürth vom Herzog von Berg die Konzession, die Mühle zur Papiermühle umzubauen und zu betreiben. Sie hieß später Quirlmühle, ab 1741 Schnabelmühle, als Heinrich Schnabel nach der Heirat mit Johanna Gertraud Fues, einer Tochter des damaligen Eigentümers, die Mühle übernahm. Sie wurde 1965 abgerissen, als das Verkehrskreuz Schnabelmühle/ Bensberger Straße gebaut wurde.

Am 5. Mai 1586 kaufte Philipp von Fürth die benachbarte „Zwiefels Schleifmüll“ an der Strunde, die Heinrich von Zweifel bis 1555 gehört hatte, von der Kölner Bürgerin Anna von Esser und baute sie ebenfalls zur Papiermühle um. Er geriet in finanzielle Schwierigkeiten, und sein Geschäftspartner Steffen Jacobs übernahm die beiden Papiermühlen. 1595 war der Umbau der Zweiffelschen Mühle abgeschlossen, 1602 wurde ihr die Konzession erteilt. 1649 wurde sie mit der Heirat von Johanna Jacobs, einer Urenkeltochter von Steffen Jacobs, mit Heinrich von Gohr, einem reformierten Kaufmann, zur Gohrmühle. 1808 übernahm Franz Heinrich Fauth, ein Enkel von Heinrich Schnabel, Bürgermeister und Inhaber vieler Ämter, die Schnabelmühle. Er starb aber schon 1820, und sein Sohn Gottfried kaufte die Schnabelmühle aus dem väterlichen Erbe. Sein aus wohlhabender Düsseldorfer Familie stammender Vetter Johann Wilhelm Zanders, der Staats- und Forstwirtschaft studiert hatte und in Bensberg bei der Oberforstmeisterei tätig war, beteiligte sich. 1824 schlossen sie einen Gesellschaftsvertrag und nannten die Firma Fauth und Zanders, nach dem Tod von Gottfried Fauth wurde die Papiermühle ab 29. Juli 1829 weitergeführt als Firma J.W. Zanders. Sie blieb dann vier Generationen in Familienbesitz und wurde dreimal - jeweils länger als ein Jahrzehnt - von den Ehefrauen der jung verstorbenen Firmeninhaber geführt.

Johann Wilhelm Zanders verstarb schon 1831; er hinterließ die Papiermühle seiner Frau Julie Zanders-Müller, der Tochter des Inhabers der Papiermühle Obere Dombach, und seinen drei und fünf Jahre alten Söhnen Carl-Richard und Hermann. Julie Zanders-Müller führte die Mühle weiter, sorgte aber auch für eine umfassende Ausbildung der Söhne. 1848 trat Carl-Richard Zanders in die Firma ein. Er leistete viel für die Modernisierung, ab 1860 gab es in der Schnabelmühle neben anderen modernen Maschinen auch eine Papiermaschine.

Die Firma expandierte: 1865 wurde die benachbarte Gohrmühle dazugepachtet, 1868 wurde sie gekauft.

Schon 1870 starb Carl-Richard Zanders im Alter von 44 Jahren. Seine Ehefrau Maria Johanny-Zanders führte die Fabrik sehr erfolgreich weiter. 1876 wurde die dritte Bergisch Gladbacher Papiermühle hinzugekauft: die Dombachmühle. Ab 1881 wurden die Papiere weltweit verkauft. An die kulturell und sozial

engagierte Maria Zanders erinnert u.a. die für Konzerte und Ausstellungen genutzte „Villa Zanders“, die sie 1873/74 als Wohnhaus für die Familie hatte bauen lassen sowie das Kulturhaus Zanders in dem das Firmen- und Familienarchiv geführt wird.

Ab 1886 arbeiteten die Söhne Richard und Hans in der Firma. Sie ergänzten sich mit kaufmännischem und technischem Wissen. Die Firma wurde weiter modernisiert, zusätzliche Papiermaschinen wurden angeschafft. Eine Streichmaschine ermöglichte ab 1895 die Herstellung von Kunstdruckpapier.

Richard Zanders verunglückte 1906 im Alter von 46 Jahren tödlich, Hans verstarb im Mai 1915 im Alter von 54 Jahren. Jetzt führte zum dritten Mal eine Frau - wieder für ihre minderjährigen Kinder - die Firma weiter: Olga Zanders-Pelzer, die Witwe von Hans Zanders. Ihr Sohn Dr. Johann Wilhelm Zanders übernahm genau 100 Jahre nach der Firmengründung, am 29.7.1929, als Wirtschaftswissenschaftler die Betriebsleitung. Ab 1936 arbeitete im technischen Bereich der zweite Sohn Karl-Richard Zanders mit. Er fiel 1942 an der Ostfront. Sein Sohn Wolfgang trat 1973 in die Firma ein.

Die Zanders Feinpapiere AG heute

Ab dem Jahr 1978 wurde der Familienbetrieb als Zanders Feinpapiere GmbH & Co. geführt und 1980 in die Zanders Feinpapiere AG umgewandelt. 1984 wurden die Aktien an der Börse eingeführt, 1989 wurde das Unternehmen von dem US-Papierkonzern International Paper übernommen, der nun 72% des Aktienkapitals hält.

Die Zanders Feinpapiere AG gehört mit einer Jahresproduktionskapazität von 400 000 t europaweit zu den größten Feinpapierherstellern.

Das Werksgelände „Gohrmühle“ in Bergisch Gladbach bedeckt heute eine Fläche von über 300 000 m², hier sind fünf Papiermaschinen zur Erzeugung von Rohpapier installiert. Das Papier wird auf Streichmaschinen, Kalandern, hochpolierten Chromzylindern und anderen Spezialmaschinen veredelt und auf Rollenschneidern oder Sortierquerschneidern und Verpackungsanlagen versandfertig gemacht. Es gibt ein eigenes Kraftwerk, eine werkseigene Kläranlage und für den Klärschlamm eine werkseigene Verbrennungsanlage. Das Wasser wird zum großen Teil Tiefbrunnen entnommen und ein Teil von der örtlichen Wasserversorgung zugekauft. Seit 1990 wird das Abwasser nicht mehr in die Strunde geleitet.

1965 wurde die Reflex-Papierfabrik Felix Heinrich Schoeller in Düren übernommen. Dort wird mit vier Papiermaschinen und zwei Streichmaschinen produziert.

Historische Papierproduktion

Rohstoff für die Papierproduktion waren bis zur Mitte des 19. Jhd. vor allem Hadern (Lumpen, überwiegend aus Leinestoffen). Sie wurden von Frauen und Kindern in der Lumpenkammer vorbereitet: Knöpfe und Schnallen abgetrennt, nach Farben und Feinheit sortiert, manchmal gewaschen und in kleine Stücke zerschnitten. Diese Arbeit war zwar leicht, aber unangenehm, denn Staub und Schmutz verursachten oft Infektionen und Erkrankungen der Atemwege. Die Hadern ließ man dann faulen und zerkleinerte sie anschließend in Stampfwerken, später im „Holländer“, einer Wanne, in der ein von Wasserkraft antriebener Zylinder mit Messern den Faserbrei für das Papierschöpfen aufbereitete. An der Bütte schöpfte dann ein Mann mit dem Sieb Papierbögen, ein Gautscher drückte sie ab auf Filzbögen. 181 Bögen gaben ein Pauscht, das gepreßt wurde. Dann wurden die Bögen von einem Leger, oft einem Lehrling, von den Filzen getrennt und zum Trocknen aufgehängt. Obwohl die drei Männer sich in ihrer Tätigkeit oft abwechselten, waren Bandscheibenschäden durch gebücktes Arbeiten nicht selten. Nach dem Trocknen wurde das Papier, das zum Schreiben verwendet werden sollte, geleimt. Dies erforderte viel Erfahrung und wurde von Meistern oder geschickten Gesellen ausgeführt. Es folgte das Glätten, Sortieren und Packen, was wiederum von Frauen ausgeführt wurde.

Der wachsende Papierbedarf führte zu größerem Faserstoffbedarf und veränderten Methoden für die Faserproduktion. Vorbild für die Entwicklung der modernen Papierherstellung war das aus Holzfasern hergestellte Papiernest der Wespen. Der sächsische Weber Friedrich Gottlob Keller stellt 1841 ein Verfahren zur Gewinnung von Holz durch Abschleifen von Holzprügeln auf einem rotierenden Schleifstein unter Wasserzugabe vor. Dann wurden Verfahren entwickelt, die es erlaubten, aus Holz Zellstoff zu gewinnen (Sulfit- und Sulfatzellstoff). Die jetzt mögliche Massenproduktion von Faserstoff ist die Grundlage für die Papierproduktion im heute bekannten Umfang.

Zur Papierherstellung wurden 1995 51 % Altpapier, 23 % verschiedene Zellstoffarten und 8 % Holzstoff eingesetzt, ergänzt von 18 % Papierhilfsmitteln und Füllstoffen.

Entwicklung der Zanders Feinpapier AG nach 1945

Ein großer Teil der Fabrikationsanlagen war nach dem Zweiten Weltkrieg erhalten geblieben. Wegen Rohstoffmangels wurde zunächst nur mit zwei Papiermaschinen, der PM IV und PM V produziert. Einer der ersten Aufträge war die Herstellung von Lebensmittelkartonpapieren.

Eine Anpassung an den neuen Stand der Technik war notwendig. Die Holländer wurden durch Pulper und Refiner ersetzt. 1956 wurde die erste Papiermaschine PM 1 der neuen Generation eingerichtet, 1969 eine weitere neue Maschine, die PM 2. Die modernste Maschine ist die PM 3, die 1992 gebaut wurde.

Ziel von Zanders war es, der Tradition entsprechend, wieder Markenartikel von hoher Qualität auf den Markt zu bringen. 1958 wurden auf der Basis einer ausländischen Lizenz die Chromolux-Papiere entwickelt. Statt der Satinage im Kalender erhalten diese gußgestrichenen Papiere im Kontakt mit hochpolierten Chromzylindern ihre einseitige Glätte und hohen Glanz. Diese Papiere sind ideal für Verpackungen, Etiketten, anspruchsvolle Werbung. Sie sind wichtige Artikel in der Produktpalette von Zanders.

Neu entwickelt wurden die Produkte „Elefantenhaut“ und „EfaLin“, die zur Ausstattung von Büchern verwendet werden. Seit 1885 gibt es Kunstdruckpapiere von Zanders. Seit 1966 werden sie unter der Marke Ikono vertrieben.

Eine der neueren Entwicklungen sind die selbstdurchschreibenden Papiere, wobei auch japanische Erfahrungen mitverwertet wurden.

Die Produktion gliedert sich heute in vier Sparten:

1. Zweiseitig gestrichene Papiere

Diese Papiere werden als Kunstdruckpapiere, spezial gestrichene Papiere und Bilddruckpapiere am Markt angeboten. Seit 1994 verwendet Zanders zur Herstellung der Bilddruckpapiere 50 % recycelte und deinkte Fasern und 50 % chlorfrei gebleichten Zellstoff.

2. Gußgestrichene, hochglänzende Papiere und Kartons für Faltschachteln, Kartons und Etiketten, die Glätte und hohen Glanz aufweisen (Chromolux-Papiere und -Kartons).

3. Selbstdurchschreibepapiere der Zanders Feinpapier AG sind seit 1974 in Formularwesen und Wirtschaft eingeführt.

4. Spezialpapiere

Schreibepapiere werden seit 1895 hergestellt. Hinzu kommen Spezialpapiere wie Einbandpapiere, Transparentpapiere, Zeichenpapiere, techn. Krepp, Sicherheits-, Urkundenpapiere, gestrichene Briefmarkenpapiere, Kartons für Spielkarten.

Papiermacher ist ein Ausbildungsberuf mit einer Ausbildungszeit von drei Jahren und staatlich anerkanntem Abschluß. Pro Ausbildungsjahr beträgt die Ausbildung neun Monate im Betrieb, ergänzt von drei Monaten Blockunterricht in der Berufsschule, der in der 1956 für die Papierindustrie in Gernsbach (Baden) eingerichteten Papiermacherschule oder für Auszubildende der Fa. Zanders Feinpapier AG in der Bezirksfachklasse für Papiermacher in Bergisch Gladbach stattfindet.

Voraussetzung ist ein guter Hauptschulabschluß, Real- schulabschluß (Mittlere Reife) oder Abitur.

Nach drei Jahren Fachpraxis im Anschluß an die Ausbildung kann in Gernsbach die Weiterbildung zum Meister erfolgen. Für Abiturienten oder Abgänger mit Fachhochschulreife ist die Ausbildung zum Diplom-Ingenieur der Papiererzeugung an der Fachhochschule München oder an der Technischen Hochschule Darmstadt möglich.

Literatur und Quellen

- 1 **BASF**
Produkte für die Papierindustrie Technische Informationen der BASF AG Ludwigshafen
 - 2 Bauche, Rolf-Dieter
Papiermacher in Bergisch Gladbach, Köln 1993
 - 3 **BLANKOPHOR**
Optische Aufheller für die Papierindustrie Firmenbroschüre der Bayer AG Leverkusen
 - 4 Göttsching, Lothar (Hrsg.) Papier in unserer Welt. Ein Handbuch, Düsseldorf 1990
 - 5 Hartel, T.
Papierschöpfen. Technik, Färben, Gestalten Ravensburger Buchverlag, 1993
 - 6 Kotte, Hans
Streichen und Beschichten von Papier und Karton, Heusenstein bei Frankfurt a. M. 1978
 - 7 Opherden, Arnold u. a.
Zellstoff - Papier, Leipzig 1979
 - 8 Papierratgeber
Einführung in die Papierfabrikation und -veredelung Firmenbroschüre der Sandoz AG Basel
 - 9 PdN - Chemie
Heft 7/41 41. Jg. 1992: Themenheft Papier - Zellstoff - Holz
 - 10 PTS Papiertechnische Stiftung
Einführung in das Streichen von Papier und Karton, München 1991
 - 11 Römpp
Chemie-Lexikon
 - 12 RSAG
Rhein-Sieg-Abfallwirtschaftsgesellschaft, Siegburg Lehrerhandreichung zum Thema „Abfall“.
Kap III.1 Papier
 - 13 Schachtner, Sabine
Die Papiermacherei und ihre Geschichte in Bergisch Gladbach, Bergisch Gladbach 1990
 - 14 Schmitz, Ferdinand Dr.
Die Papiermühlen und Papiermacher des Bergischen Strundetales, Reprint Bergisch Gladbach 1979
 - 15 Stiftung Zanders
Wir packen aus..., Bergisch Gladbach 1991
 - 16 van Eyll, Klara
400 Jahre Papiermühlen an der Strunde, Bergisch Gladbach 1982
 - 17 Verband Deutscher Papierfabriken
(Unser Papier, Bonn)
 - 18 Weidenmüller, R.
Papiermachen. Ein neues Hobby, Niedernhausen/Ts.; Falken-Verlag, 1980
 - 19 Zanders
Umweltmagazin. Heft 1/März 1992
 - 20 Zanders Infos
Bergisch Gladbach
 - 21 Zerler, Detlef u.a.
Lehrbuch der Papier- und Kartonerzeugung, Leipzig 1987
Informationen zur Papierherstellung und -veredelung enthalten die Literaturstellen 4 - 12; 18; 21. Informationen zur Geschichte der Papierherstellung in Bergisch Gladbach und zur Geschichte der Familie Zanders enthalten 2; 13 - 16. Informationen zu Papier und seinen Eigenschaften finden sich in 8; 11; 17; 19 - 20.
- Filme**
z.B. FWU 32 10 169 Industrielle Papierherstellung
- Abbildungen**
Seite 9, Abb. 1 bis 3: Diese Abbildungen sind in verschiedenen Fachbüchern zu finden, z.B. in: [4]
Seite 10 (Kopiervorlage 9): Entwurf: I.Slama; Computergrafik: Th. Gülich
Seite 13, Abb. 1 und Seite 14, Abb. 2: PTS, Papiertechnische Stiftung: Einführung in das Streichen von Papier und Karton, München 1991
Seite 14, Abb. 1: Römpp: Chemie-Lexikon, S. 2155
übrige Abbildungen (soweit nicht gesondert erwähnt): Zanders Feinpapiere AG, Forschung und Entwicklung
- Danksagung: Wir danken Herrn Dr. Gerd Papier, Zanders Feinpapiere AG, für seine freundliche Unterstützung.**

Kontaktinformationen

1. Ansprechpartner

Klaus-Jürgen Kubowski, Zanders Feinpapiere AG, An der Gohrsmühle, 51465 Bergisch Gladbach.
Telefon 02202 / 15-0, Telefax 0 22 02 / 28 26

2. Unterrichtsmaterialien

Papierproben und verschiedene Informationsschriften werden auf Anfrage zur Verfügung gestellt.

3. Betriebsbesichtigungen sind nach telefonischer Absprache möglich.

Zufahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln:

- von Köln mit der S-Bahn nach Bergisch Gladbach
- mit allen Bussen, die den Busbahnhof Bergisch Gladbach anfahren.

Vom Bahn- und Busbahnhof ist das Werk in wenigen Minuten zu Fuß zu erreichen.

4. Betriebspraktika: auf Anfrage

5. Ausbildungsplätze, berufliche Möglichkeiten: Industriekaufmann, Papiermacher