



STAATSINSTITUT FÜR SCHULQUALITÄT
UND BILDUNGSFORSCHUNG
MÜNCHEN

PAPIERWERKSTOFFE

im LehrplanPLUS der Realschule in Bayern



Werken 9





STAATSINSTITUT FÜR SCHULQUALITÄT
UND BILDUNGSFORSCHUNG
MÜNCHEN

Papierwerkstoffe im LehrplanPLUS der Realschule in Bayern

Erarbeitet im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus

Leitung des Arbeitskreises:

Simone Eder, ISB

Mitglieder des Arbeitskreises:

Martin Hornung, Staatliche Realschule Neusäß

Thomas Reche, Staatliche Realschule Neumarkt in der Oberpfalz

Günter Trager, Staatliche Realschule Altötting

Silvia Rauß, Staatliche Realschule Marktoberdorf

auf der Grundlage des Arbeitshefts für das Fach Werken an Realschulen in Bayern, Papier, Jahrgangsstufe 9, Marie-Luise Pfeifer, 2011

Bildrechte:

Titelbild (links): UPM Augsburg

Titelbild (mittig): Verband Deutscher Papierfabriken e. V. (vdp)

Titelbild (rechts): Wikkellhouse Amsterdam, Credit Yvonne Witte

Abb. 1, 50: alamy, Abb. 2, 3: Deutsches Museum, München, Archiv

Abb. 4, 13: © ClipDealer

Abb. 5: STANGE DESIGN GmbH, gesetzlich geschützt

Abb. 6: Dr. Heinrich Eder

Abb. 7, 8, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 33: Martin Hornung

Abb. 9, 10, 11, 12, 53, 55: Verband Deutscher Papierfabriken e. V. (vdp)

Abb. 14: UPM Augsburg, Abb. 15, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 34, 35, 36, 37, 38,

39, 40, 41, 42, 43, 44, 45: Marie-Luise Pfeifer, Abb. 23: Ursula Bonner

Abb. 29, 30, 31, 32: Elisabeth Höchstetter, Abb. 46: Günter Trager

Abb. 47, 48: Wikkellhouse Amsterdam, Credit Yvonne Witte

Abb. 49: Katharina Colbatzky, Abb. 51, 52: Thomas Reche

Abb. 54: © istockphoto, Abb. 56: Blauer Engel mit freundlicher Genehmigung des Umweltbundesamtes, Abb. 57: FSC®-Siegel mit freundlicher

Genehmigung von FSC® Deutschland

Herausgeber:

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung
München 2021

Anschrift:

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung
Abteilung Realschule
Schellingstr. 155
80797 München
Telefon: 089 21 70-24 46
Telefax: 089 21 70-28 13
Internet: www.isb.bayern.de

Hinweise zum Einsatz im Unterricht

Die Gliederung im Heft entspricht dem LehrplanPLUS im Fach Werken und deckt alle prüfungsrelevanten Inhalte zu den Kompetenzen des Profulfaches ab. Um Wissen zu vernetzen, werden wichtige Hintergründe und Zusammenhänge ggf. auch vertieft erläutert. **Für die Erhebung von Leistungsnachweisen gilt grundsätzlich der LehrplanPLUS.**

Mit dem Infoheft kann im Unterricht gearbeitet werden, es eignet sich aber auch zum Nachholen, Wiederholen und Lernen zu Hause.



Dieses Zeichen ist bei einigen Schemazeichnungen zu finden. Es bedeutet, dass die Zeichnung prüfungsrelevant ist. Diese Zeichnung muss selbständig angefertigt werden können. **Darüber hinaus gibt es selbstverständlich weitere Sachverhalte, deren zeichnerische Darstellung verlangt werden kann.**



Dieses Zeichen kennzeichnet größere inhaltliche Blöcke, die über den LehrplanPLUS hinausgehen und der weiteren Information dienen.

Es empfiehlt sich, zusätzlich zum vorliegenden Infoheft, die umfassenden illustrierenden Aufgaben sowie Materialien zum LehrplanPLUS für den Unterricht zu nutzen: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/realschule/9/werken>

Zur intensiveren Vernetzung und Strukturierung der **Kenntnisse über Werkstoffe und Werkstoffeigenschaften** trägt insbesondere die folgende Aufgabenstellung bei: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/zusatzinformationen/aufgabe/kapitel/67618/fachlehrplaene/realschule/9/werken>

Die Auswahl der dort angeführten **Werkstoffeigenschaften** orientiert sich dabei an den Kompetenzerwartungen und Inhalten der verschiedenen Lernbereiche in der Wahlpflichtfächergruppe IIIb; unter anderem verdeutlicht eine tabellarische Übersicht deren Relevanz über die Jahrgangsstufen hinweg.

Inhaltsverzeichnis

PAPIERWERKSTOFFE | Kultureller Kontext

Entwicklungsgeschichte der Papierherstellung	3
Einsatzbereiche der Papierwerkstoffe (Printmedien, moderne Kommunikationstechniken, Verpackung, Hygiene, Technische Papiere, Möbelbau, Modellbau, Bauwesen)	4

PAPIERWERKSTOFFE | Werkstoff

Ausgangsstoffe und Zusatzstoffe für die moderne Papierherstellung	6
Langsiebmaschine	7
Wichtige Stationen nach der Papiermaschine	8
Holzhaltiges und holzfreies Papier	8
Papier, Karton, Pappe	9
Buchbindegewebe	9

PAPIERWERKSTOFFE | Werkverfahren

Trennen durch Schneiden	10
Umformen durch Falzen und Biegen	11
Verstärken von Ecken und Kanten	11
Kaschieren von Pappe	13
Fügen durch Kleben und Pressen	14
Pressen und Trocknen	15
Gesundheitsschutz	15

PAPIERWERKSTOFFE | Funktion, Gestaltung

Konstruktives Bauen	16
Bewertungskriterien für Werkstücke aus Papierwerkstoffen	17

PAPIERWERKSTOFFE | Ökologie

Möglichkeiten und Grenzen des Altpapierrecyclings	18
---	----



Entwicklungsgeschichte der Papierherstellung

Fortschritt durch bahnbrechende Erfindungen

Mit Gutenbergs revolutionärer Erfindung (siehe Infoheft Papierwerkstoffe 7, S. 7) war der Weg beschritten, Wort und Bild in kürzester Zeit zu reproduzieren und in alle Welt zu vertreiben. Schon Ende des 16. Jahrhunderts erschienen die ersten illustrierten Zeitungen. Die Papiermacher kamen in dieser Zeit dem Bedarf der Drucker kaum mehr nach, denn als das Papier noch ausschließlich handwerklich gemacht wurde, schuf ein Geselle am Tag gerade mal dreihundert Bögen des begehrten Materials.

Verschiedene innovative Erfindungen wie z. B. **der Holländer**, eine Vorrichtung zum Zerkleinern des Faserstoffs, ersetzten zunehmend die Handarbeit und führten zu steter Produktionssteigerung bei gleichzeitiger Arbeitserleichterung für die Papiermacher. Obwohl immer neue Papiermühlen gegründet wurden, gelang es gegen Ende des 18. Jahrhunderts nicht mehr, den rasant wachsenden Papierbedarf zu decken. Die Preise für Papier stiegen immer höher, die schwere Arbeit an der Schöpfbütte und hohe Lohnforderungen verlangten nach einer Mechanisierung des Papiermachens.

Die Erfindung der Langsieb-Papiermaschine

Der Franzose Nicolas-Louis Robert erfand 1799 die erste Papiermaschine. Die entscheidende Neuerung war das **Endlossieb**, mit dem man ununterbrochen Papierbahnen herstellen konnte, solange das Sieb mit Papierstoff versorgt wurde. Damit ließ sich Papier schneller und billiger herstellen. Robert hatte damit die Epoche der maschinellen Papiererzeugung eingeläutet, dennoch hat die traditionelle Büttenpapierproduktion bis heute einen gewissen Stellenwert.

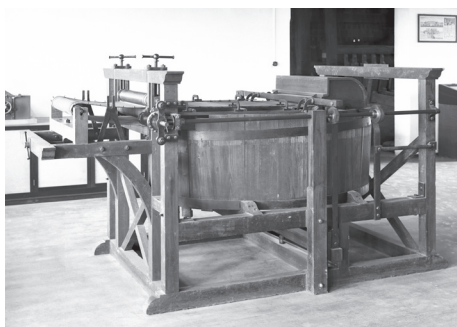


Abb. 2:
Die erste Papiermaschine von N.-L. Robert, 1799
(Nachbildung, im 2. Weltkrieg verbrannt)

Quelle: Deutsches Museum, München, Archiv, BN 01612

Das Rohstoffproblem

Obwohl man bereits im 18. Jahrhundert nach dem Recyclingprinzip Altpapier zur Herstellung von Pappe einsetzte, wurden im 19. Jahrhundert die Rohstoffe immer knapper. Man suchte nach Möglichkeiten, wie man ohne Umweg über Hadern die Pflanzenfasern direkt zur Papierherstellung verwenden konnte.

Der neue Rohstoff Holz

Im Jahr 1843 erfand Friedrich Gottlob Keller das **Holzschliffverfahren**. Dabei wurde Holz unter Zugabe von Wasser gegen einen Schleifstein gepresst und zerfasert. Mit einer Mischung aus fein geschliffenem Holz und Lumpen gelang ihm so die Herstellung eines Bogens Papier.



Abb. 1: Friedrich Gottlob Keller
Quelle: alamy

Dank seiner Erfindung stand von da an ein unbegrenzt vorrätiger, nachwachsender Rohstoff zur Verfügung, der die Papierindustrie unabhängig von den längst nicht mehr ausreichenden Textilfasern machte. Bald darauf gelang es in unterschiedlichen Verfahren, Holz chemisch aufzuschließen und daraus **Zellstoff** zu gewinnen. Diese faserige Masse, die vorwiegend aus Zellulose besteht, ist bis heute ein hochwertiger Rohstoff für die Papierproduktion.

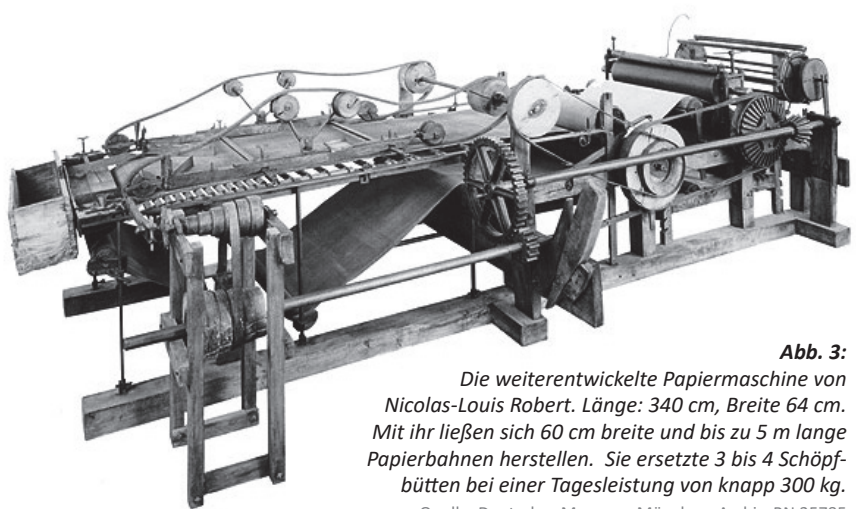


Abb. 3:
Die weiterentwickelte Papiermaschine von Nicolas-Louis Robert. Länge: 340 cm, Breite 64 cm. Mit ihr ließen sich 60 cm breite und bis zu 5 m lange Papierbahnen herstellen. Sie ersetzte 3 bis 4 Schöpfbütten bei einer Tagesleistung von knapp 300 kg.

Quelle: Deutsches Museum, München, Archiv, BN 35785

An dem Prinzip der Papierherstellung, das in China vor rund 2000 Jahren erfunden wurde, hat sich bis heute nichts geändert, das Rezept ist noch immer dasselbe: Stark mit Wasser verdünnte pflanzliche Fasern verfilzen bei der Entwässerung auf einem Sieb zu einem zusammenhängenden Faservlies. Maschinen und Technologien haben jedoch den Produktionsprozess revolutioniert, so dass heute eine effiziente und dabei relativ umweltverträgliche Papierherstellung möglich geworden ist.

Einsatzbereiche der Papierwerkstoffe

Papierwerkstoffe sind ein unentbehrlicher Bestandteil unseres täglichen Lebens. Jeder nutzt diese Werkstoffe, ob als grafische Papiere, Papiere für Verpackungszwecke, Hygienepapiere oder Spezialpapiere. Diese vier wichtigen Verwendungsmöglichkeiten finden sich bereits im Infoheft Papierwerkstoffe 7 auf Seite 11 und werden an dieser Stelle erneut aufgegriffen. Darüber hinaus werden Papierwerkstoffe auch im Möbelbau, im Modellbau und im Bauwesen eingesetzt.

Grafische Papiere für Printmedien und moderne Kommunikationstechniken

Papier ist als Informationsträger bis in unsere Zeit gefragt und unersetzlich. Im Zuge der Computerisierung wurden viele Spezialpapiere entwickelt. Über die Hälfte der in Deutschland eingesetzten Papiere werden heute unmittelbar für die Kommunikation genutzt.

z. B. Schreibpapier, Zeichenpapier, Feinpapier, Inkjet-Papiere, Kopier- und Laserdruckpapiere

Verpackung

Mitte des 19. Jahrhunderts begann die Entwicklung unserer heutigen Konsum- und Warenwirtschaft. Von da an waren Papierwerkstoffe für Verpackungen und als Werbeträger gefragt.

z. B. Kraftpapier, Packpapier, Pergamentpapier, Seidenpapier, Wellpappe, Graupappe

Hygiene

Im Zuge der Hygienebewegung im 19. Jahrhundert entwickelten die Papierhersteller zahlreiche Einmalprodukte für Hygiene, Schönheit und Gesundheit, die heute den Alltag erleichtern.

z. B. Einmal-Wischtuch, Küchenrolle, Kosmetiktuch, Papiertaschentuch, Toilettenpapier, Babywindel, Zellstoffwatte

Spezialpapiere für technische und spezielle Verwendungszwecke

Für technische und spezielle Anwendungen wurden unzählige Spezialerzeugnisse entwickelt.

z. B. Etikettenpapier, Filterpapier, Kondensatorpapier, Fotopapier, Ausweispapier, Banknotenpapier, Dachpappe, Hartpappe

Möbelbau

Nahezu jeder Einrichtungsgegenstand lässt sich inzwischen aus Papierwerkstoffen fertigen. Hocker, Bänke, Tische, Regale, Schubladen und Betten sind als individuelles Werkstück realisierbar, finden sich aber auch als ausgereifte Produkte auf dem Markt. Die Möbelstücke besitzen eine hohe Stabilität und können ohne Bedenken genutzt werden (siehe S. 17). Zur Herstellung eignen sich beispielsweise **Pappröhren, Wabenpappen** und **Wellpappe**, dabei können die Oberflächen bedruckt sein, um in der Erscheinung zu variieren. Möbel aus Papierwerkstoffen sind leicht und bestehen meist vollständig aus umweltfreundlichem Recyclingmaterial. Richtig behandelt sind sie sogar wasser- und feuerresistent, was allerdings dem Nachhaltigkeitsgedanken entgegenstehen kann.

Im Möbelbau finden Papierwerkstoffe häufig auch anteilig Verwendung. Bei der **Sandwichplatte** kann beispielsweise der Wabenkern aus Papier oder Pappe bestehen. Im Unterschied zur Wabenpappe sind die Deckschichten aber aus Naturholzplatten, Spanplatten oder MDF-Platten gefertigt. Diese druck- und biegefesten Platten werden u. a. für Trennwände, Schiebetüren und Regale verwendet.



Abb. 4: Wabenpappe

Quelle: © ClipDealer



Abb. 5: Schreibtisch und Falthocker aus Pappe

Quelle: STANGE DESIGN GmbH, gesetzlich geschützt

Einsatzbereiche der Papierwerkstoffe

Modellbau

Papier, Karton und Pappe finden auch im Modellbau Verwendung. Sie werden als eigenständige Werkstoffe oder in Kombination mit anderen Materialien verarbeitet, um anschauliche, dreidimensionale Objekte anzufertigen. Die Modelle sind meist verkleinerte Nachbildungen von realen oder geplanten Objekten. Sie werden z. B. in der Architektur (siehe S. 16) und Museumsausstattung eingesetzt. Aus Papierwerkstoffen lassen sich andererseits auch funktionsfähige Flugmodelle realisieren.



Abb. 6: Modellflugzeug mit Tragflächen, die mit Kashmir-Papier 11 g/m² bespannt sind, Gesamtfluggewicht 9,5 g.

Bauwesen

Gipskartonplatten (Rigips) sind im Trockenbau wichtige Bauelemente. Sie bestehen aus einem druckfesten Gipskern mit beidseitiger zugfester Deckschicht aus Karton. Die Platten können im Kern Zusatzstoffe enthalten, die ihnen dem Einsatzzweck entsprechende Eigenschaften wie beispielsweise erhöhte Feuerwiderstandsfähigkeit oder auch Strahlenschutz verleihen.

Gipsfaserplatten sind baubiologisch unbedenkliche, stabile Platten, die nur aus recycelten Papierfasern, Gips und Wasser bestehen. Sie finden im Innenausbau vielseitige Verwendung als Bau-, Feuerschutz- oder Feuchtraumplatten sowie zur Schall- und Wärmedämmung.

Papierbeton ist eine Mischung aus Recyclingpapier, Sand und Zement. Er kann in Blockformen gegossen als Ziegel verwendet werden. Auch als Basis für Streich- und Spritzputz wird Papierbeton eingesetzt.



Abb. 7: Gipskartonplatten



Abb. 8: Gipsfaserplatten

INFO

Beispiele für neuere Entwicklungen

Nanopapier aus feinsten Zellulose-Fasern mit einer Zugfestigkeit in der Größenordnung von Gusseisen. Eingesetzt wird es beispielsweise als Trägermaterial in der Mikroelektronik.

Dekordruck auf Spezialpapier zur optischen Gestaltung von Oberflächen aller Art, u. a. von Holzwerkstoffen für die Möbel- und Laminatindustrie.



Ausgangsstoffe und Zusatzstoffe für die moderne Papierherstellung

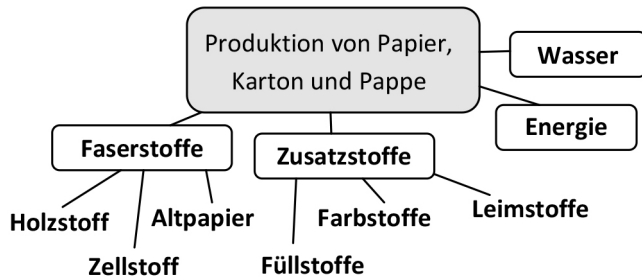
Holz ist der Grundrohstoff für die Papierherstellung. Besonders geeignet ist langfaseriges Nadelholz (Fichte, Kiefer, Tanne), das etwa zur Hälfte aus Durchforstung von Waldbeständen stammt. Aber auch Sägenebenprodukte wie Hackschnitzel werden für die Herstellung von Holzstoff und Zellstoff verwendet.



Abb. 9: Meterholz Fichte
Quelle: vdp



Abb. 10: Hackschnitzel
Quelle: vdp



- **Wasser** ist in allen Phasen der Papierproduktion unentbehrlich, zum Aufschließen der Rohstoffe, als Transport-, Kühl- und Reinigungsmittel und zum Dampfheizen.
- **Energie** benötigt man zur Aufbereitung der Faserrohstoffe, zum Antrieb der Papiermaschinen und zum Trocknen der Papierbahn.

Faserstoffe



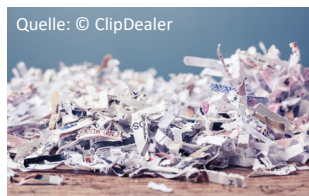
Quelle: vdp
Abb. 11: Holzstoff

Holzstoff wird durch mechanische Zerfaserung von Holz gewonnen. Beim klassischen **Holzschliffverfahren** werden Holzprügel (Meterholz) entrindet und unter Zugabe von heißem Wasser an einen rotierenden Schleifstein gepresst und zerfasert. Beim **Refiner-Verfahren** werden Hackschnitzel bei hoher Temperatur gekocht und im Refiner zwischen Schleifsteinen zerfasert. Holzschliff Fasern sind kurz und brüchig. Papier aus ungebleichtem Holzstoff sieht gelblich aus, vergilbt bei Lichteinfall rasch, ist sehr steif aber nicht besonders fest. Allerdings hat der Holzstoff den Vorteil, dass er das Durchscheitern der Druckfarbe bei beidseitigem Druck vermindert.



Quelle: vdp
Abb. 12: Zellstoff ungebleicht

Zellstoff besteht vorwiegend aus Zellulose und lässt sich in einem chemischen Verfahren gewinnen. Hackschnitzel werden in einem Kochprozess chemisch aufgeschlossen. Dabei lösen sich unerwünschte Holzbestandteile wie Harze und Lignine, durch die das Papier vergilben würde, von den Holzfasern. Je nach Verwendungszweck wird der so gewonnene Zellstoff anschließend mit Wasserstoffperoxid oder Sauerstoff gebleicht, gesiebt und entwässert. Zellstoff Fasern sind besonders lang, fest und elastisch, dementsprechend sind Papiere aus Zellstoff reißfest, stabil und geschmeidig.



Quelle: © ClipDealer
Abb. 13: Altpapier geschreddert

Altpapier ist als Sekundärfaserstoff heute der mengenmäßig wichtigste Rohstoff für die Papierherstellung. Bevor man es jedoch für die Produktion von neuem Papier einsetzen kann, muss es in Wasser aufgelöst, zerfasert und in mehreren Schritten von faserfremden Bestandteilen gesäubert werden. Wird der Recyclingstoff für die Herstellung von hochwertigen Druckpapieren eingesetzt, muss auch noch die Druckfarbe restlos entfernt werden (De-Inking).

Zusatzstoffe

Die wichtigsten **Füllstoffe** sind die natürlichen Mineralien Kaolin (Porzellanerde), Kalk und Kreide. Sie füllen die Zwischenräume aus, die bei der Verfilzung der Fasern entstehen, machen das Papier opak (undurchsichtig) und verleihen ihm eine geschlossene, gut bedruckbare und beschreibbare Oberfläche. Sie bestimmen die Eigenschaften des Papiers, wie etwa Weiße, Färbung, Fettdichtigkeit oder Nassfestig-

keit. Auch für die Veredelung des Rohpapiers (Streichen, Satinieren) werden sie eingesetzt. Durch Zugabe von **Leimstoffen** verliert Papier seine Saugfähigkeit, es wird besser beschreibbar und auch reißfester. **Farbstoffe** benötigt man zur Herstellung von Buntpapieren und auch als optische Aufheller, um einen gewünschten Weißegrad zu erzielen.

Langsiebmaschine

Die größten Papiermaschinen können mehr als 12 Meter breit und über 100 Meter lang sein. Sie arbeiten in rasender Geschwindigkeit: Vom Auftreffen des Papierbreis auf das Sieb bis zum fertigen Papier dauert es nur wenige Sekunden. Moderne Langsiebmaschinen produzieren beispielsweise pro Minute bis zu 2000 Meter Zeitungspapier.

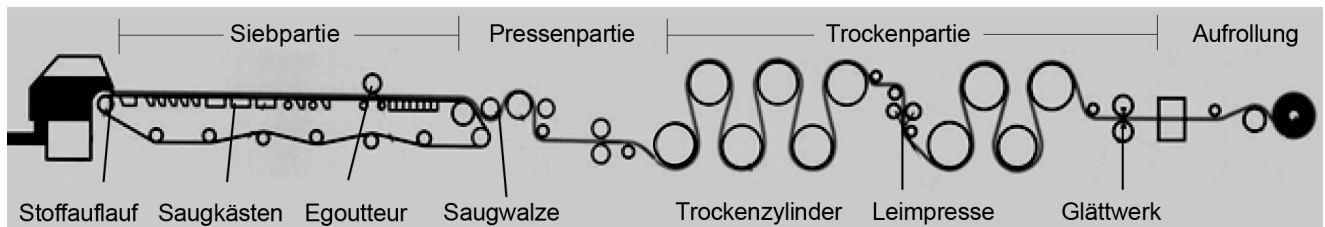


Abb. 14:
Langsiebmaschine in einer Fabrikhalle
Quelle: UPM Augsburg

Nachdem in sogenannten Pulpnern, die riesigen Mixern ähneln, der Faserbrei aufbereitet und mit Wasser vermischt worden ist, kommt er in die Stoffzentrale, wo die Fasern gemischt und die notwendigen Zusatzstoffe beigemischt werden. Der produktionsfertige Ganzstoff besteht zu 99 % aus Wasser und nur zu 1 % aus Faser- und Zusatzstoffen. Er wird durch Rohrleitungen in die Maschine gepumpt und die Produktion kann beginnen.

Der Arbeitsablauf auf einer Papiermaschine

Abb. 15: Stark vereinfachte Schemadarstellung einer Langsiebmaschine



Stoffauflauf

Aus dem Auflaufkasten, der sich über die gesamte Breite der Papiermaschine erstreckt, fließt der Papierbrei auf das laufende Endlossieb und verteilt sich gleichmäßig auf die gesamte Siebbreite.

Siebpartie

Hier vollzieht sich die eigentliche Blattbildung. Durch die schnelle Vorwärtsbewegung des Endlossiebes richten sich die Fasern hauptsächlich in Laufrichtung aus. Ein Schütteln des Siebes bewirkt, dass sich die Fasern zum Teil auch quer zur Laufrichtung einlagern, was für die Festigkeit und Gleichmäßigkeit des Papiers wichtig ist. Alle maschinengefertigten Papiere haben daher eine Laufrichtung und quer dazu eine Dehnrichtung.

Der größte Teil des Wassers fließt durch die Löcher im Sieb ab oder wird durch Saugkästen und Saugwalzen entfernt und zur Wiederverwertung aufgefangen. Dem flüssigen Papierbrei werden so in Sekundenschnelle über 95 % des ursprünglichen Wassergehalts entzogen. Wenn das Faservlies die Saugwalze erreicht hat, ist es fest genug und kann vom Abnahmefilz zur Pressenpartie übergeführt werden.

Egoutteur

Ein Siebzylinder läuft auf der Papierbahn um die Blattbildung zu verbessern und die Oberseite der Papierbahn zu verfeinern. Auf den Siebzylinder können auch Wasserzeichen aufgelötet werden, die einen Teil der Fasern verdrängen und das Wasserzeichen als dünne Stelle im Papier erscheinen lassen.

Pressenpartie

Die Papierbahn wird auf einer dicken, endlosen Filzunterlage durch mehrere Presswalzen geführt, die unter Druck das feuchte Faservlies weiter entwässern. Dabei verdichtet sich das Papiergefüge.

Trockenpartie

Sie besteht aus zahlreichen dampfbeheizten Trockenzylindern, über welche die Papierbahn geführt und vorsichtig getrocknet wird. Trockenfilze nehmen dabei den größten Teil der Feuchtigkeit auf. Am Ende der Trockenpartie hat das Papier seine endgültige Festigkeit erreicht.

Leimpresse

Um die Bedruckbarkeit des Papiers zu verbessern, wird die Oberfläche ein- oder beidseitig mit einer Leimlösung behandelt. Danach wird das Papier bis auf eine Restfeuchtigkeit von 5–8 % weiter getrocknet.

Glättwerk

Nach der Kühlung gelangt die Papierbahn in das Glättwerk, wo sie mehrere übereinander angeordnete Stahlwalzen durchläuft. Dabei erhält sie eine gleichmäßige Blattdicke und beidseitige Oberflächenglätte.

Aufrollung

Am Ende wird die Papierbahn auf Stahlwalzen zu einem Tambour aufgerollt, der je nach Papiersorte und Maschinengröße bis zu 30 Tonnen wiegen kann.

INFO



Wichtige Stationen nach der Papiermaschine

An jede Sorte von Papier, Karton oder Pappe werden bestimmte, zum Teil sehr hohe Ansprüche gestellt. Um diesen zu genügen, muss das Rohpapier oft noch veredelt werden, wenn es aus der Papiermaschine kommt.

Streichen ist das wichtigste Verfahren. Dabei werden feine Pigmente und Bindemittel auf das Rohpapier aufgestrichen, um eine geschlossene Oberfläche zu erhalten. Mit einem solchen „gestrichenen Papier“ erzielt man brillante, besonders hoch aufgelöste Druckergebnisse, wie man sie für Kataloge, Zeitschriften oder Bildbände benötigt.

Satinieren nennt man ein Verfahren zur Verdichtung der Oberfläche. Durch Druck und Wärme erhält das Papier eine feine Glätte und einen leuchtenden Glanz. Je nach Verwendungszweck wird es matt- oder hochglänzend.

Kaschieren ist ein Verfahren, bei dem ein Verbund z. B. aus Papier und Karton oder auch von Kunststoff- oder Metallfolien mit Papier, Karton und Pappe hergestellt wird (z. B. Getränkeverbundverpackung „Tetrapack“).

„Holzfreies Papier“ – Papier ohne Holz?

Das, was man im Geschäft normalerweise als „holzfreies Papier“ kauft, besteht keineswegs aus Baumwolle, Hanf, Leinen, Flachs- oder Synthetikfasern. Die Bezeichnung ist irreführend. Auch dieses Papier wird letztlich aus Holz hergestellt. Holzzellen bestehen im Wesentlichen aus **Zellulose** (ca. 50%), **Hemi-Zellulose** (ca. 25%) und **Lignin** (ca. 25%). Diese drei Bestandteile von Holzzellen befinden sich in dem unaufbereiteten Fasermaterial **Holzstoff** zur Papierherstellung.

Holzhaltiges Papier

Die verwendete Faserstoffmasse von holzhaltigem Papier enthält mehr als 5% **Holzstoff**. Sie kann bis zu 75% aus unaufbereiteten Holzschliff Fasern bestehen. Lignin hat die Eigenschaft, mit Sauerstoff und Licht zu reagieren. Dadurch färbt sich das Papier braun und wird brüchig. Hemi-Zellulose senkt ebenfalls wie Lignin die Qualität des Papiers. Auch Harze, Fette und Gerbstoffe verbleiben im Faserbrei. Heutzutage wird holzhaltiges Papier für kurzlebige Druckzeugnisse wie Zeitungen und Zeitschriften genutzt.



Abb. 16: Vergilbtes und brüchiges Papier aus Holzstoff

Holzfreies Papier

Erst als es gelang, die Zellulose vom Lignin und der Hemi-Zellulose zu trennen und daraus **Zellstoff** zu gewinnen, konnten dauerhafte und hochwertige Papiersorten hergestellt werden, die man als „holzfrei“ bezeichnet. Die Fasermasse von holzfreiem Papier besteht fast ausschließlich aus Zellstoff. Es darf maximal 5% Holzstoff Verwendung finden. Holzfreies Papier vergilbt nicht und besitzt eine hohe Alterungsbeständigkeit.



Abb. 17: Verschiedene holzfreie Papiere

INFO

Eine Frage der Qualität

Hadernpapiere werden überwiegend aus Textilabfällen hergestellt. Heute werden diese hochwertigen, ausgesprochen festen Papiere nur noch in geringen Mengen für besondere Zwecke hergestellt, z. B. für Banknoten, Urkunden oder Dokumente. **AP-Papier** ist die Kurzbezeichnung für Papiersorten, die zu 70 bis 100% aus Altpapier bestehen.



Papier, Karton, Pappe

Heutzutage werden mehr als 3000 verschiedene Sorten von Papier, Karton und Pappe hergestellt. Im Folgenden eine Auswahl an wichtigen **Sorten**, zugehörige **Eigenschaften** und hauptsächliche **Verwendung**:

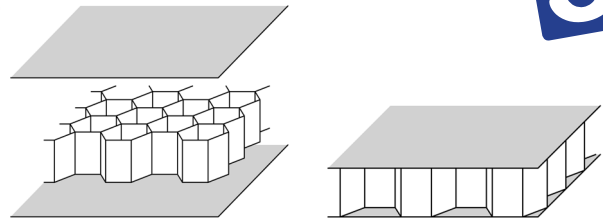


Abb. 18: Schematischer Aufbau einer Wabenpappe

	Sorte	Eigenschaften	Verwendung
Papier	Schreibpapier	holzfrei, gute Oberflächenleimung, satiniert	Schreiben und Kopieren, Schneide-, Falz- und Faltarbeiten
	Zeitungsdruckpapier	stark holzhaltig, weißgrau, vergilbt rasch, raue Oberfläche	Zeitungsdruck, Kurzzeitpublikationen, Kaschieren, Pappmaschee
	Transparentpapier	holzfrei, sehr dicht, radierfest, durchscheinend, hohe Festigkeit	Einlagen für Fotoalben, Abpausen von Vorlagen, Tuschezeichnungen
	Seidenpapier	holzfrei oder holzhaltig, flexibel, hauchdünn, leicht, meist farbig	Transparentbilder, Verpackung, Dekoration, Modellbau
Karton	Zeichenkarton	holzfrei, sehr fest, hochverleimt	räumliche Gestaltungsaufgaben, Modellbau, künstlerische Arbeiten
	Fotokarton	fest, widerstandsfähig, matt, rau	Passepartouts, Fotoalben
	Chromokarton	holzhaltig, mittelfest, einseitig mit einer glatten Schicht veredelt	Verpackung von Kosmetikartikeln, Dekoration, Postkarten
	Schachtelkarton	fest, meist einseitig glatt, hochglänzend beschichtet	Schachteln, Dekorationen
Pappe	Graupappe	mittelgrau, aus Altpapier und Zellulose, glatte Oberfläche, elastisch	Schachteln, Mappen, Buchdeckel, Träger für Bezugspapiere
	Holzpappe	weiß, holzhaltig, rau, nicht elastisch, nicht falzfest	Einlagen, Bildrückwände, Unterlagen
	Wellpappe	meist braun oder grau, fein- oder grobwellig	Verpackung, Werkarbeiten, räumliche Konstruktionen
	Wabenpappe	meist braun, zwei tragende Deckhäute, dazwischen Stützkern in Wabenform, hoch belastbar	Verpackung, Möbelbau, Decken- und Wandverkleidung

Buchbindegewebe

Viele Arbeiten mit Papierwerkstoffen erfordern die Herstellung eines beweglichen Gelenks, das Verbinden oder Beziehen einzelner Pappenelemente sowie die Verstärkung von Kanten und Ecken: Für Bücher, Mappen aller Art, Schachteln mit Klappdeckel u. v. m. werden Buchbindegewebe verwendet. Es gibt sie in vielen verschiedenen Farben und Qualitäten, aus Naturleinen oder Viskose, mit offener oder beschichteter Gewebeoberfläche und auch selbstklebend. Die Rückseite kann mit Seidenpapier beschichtet sein, das nicht entfernt werden darf. Es soll verhindern, dass der Buchbinderleim durch das Gewebe dringt und unschöne Flecken auf dem Einband verursacht.

Die Appretur ist eine veredelnde Behandlung von gewebten Stoffen, Leder, Papier etc., die bestimmte Eigenschaften verleiht (wasserdicht, griffig, steif, glatt, glänzend usw.). Bei Buchbindegewebe bewirkt die Appretur zudem, dass der Klebstoff nicht durchschlägt.

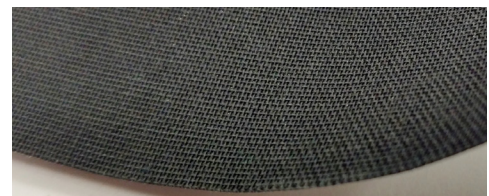


Abb. 19: Schwarzes Buchbindegewebe mit Seidenpapier beschichtet

Trennen durch Schneiden

Während Papier nach vorherigem Falzen noch präzise gerissen werden kann, wird dies bei zunehmender Materialstärke schwieriger. Die Materialschichten reißen unkontrolliert und häufig entsteht eine unregelmäßige Risslinie. Die Werkstoffe Karton oder Pappe werden geschnitten, um sie sauber und exakt zu trennen.

Messer

Der Trennvorgang mit dem Cutter oder Universalmesser ist ausführlich im Infoheft Papierwerkstoffe 7 auf Seite 14 beschrieben.



Abb. 20: Universalmesser

Pappschere

Zum Zuschneiden von stärkerem Karton und Pappe wie auch von Kunstleder und Buchbindewebe verwendet man eine Pappschere. Sie ist wesentlich gedrungener und stärker gebaut als eine Papierschere, damit sich die Scherenblätter nicht durchbiegen oder verbiegen können. Da beim Schneiden von Pappe mehr Kraft benötigt wird, beträgt die Schnittlänge nur 6,5 bis 8 cm. Eine der beiden Schenkelspitzen ist breit und stumpfwinkelig ausgeformt. Die Scherenblätter haben wie bei allen Scheren eine leicht zueinander gebogene Form und können durch den Niet vorgespannt werden.



Abb. 21: Pappschere

Papierschneidemaschine

Schneidemaschinen mit Schwenkmessern arbeiten nach dem Prinzip des „ziehenden Schnitts“: Das obere der beiden Messer ist beweglich und wirkt nicht in seiner Gesamtlänge auf das Material ein, sondern trennt immer nur einen kleinen Teil des Werkstoffquerschnitts. Dadurch ist weniger Kraftaufwand nötig. Eine Anschlagleiste im rechten Winkel und ein verstellbarer Anschlag parallel zum Schnitt erleichtern den Zuschnitt von rechteckigen Formaten. Es sollte immer nur ein einzelner Bogen geschnitten werden, andernfalls könnte sich das Material trotz Benutzung des Niederhalters verschieben und der Schnitt ungenau werden.

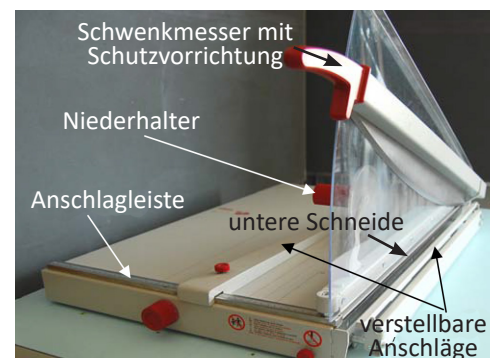


Abb. 22: Papierschneidemaschine

Locheisen

Ein „Locher“ ist ein allgemein bekanntes Hilfsmittel, um in Papier bis zu einer bestimmten Stärke Löcher zu stanzen. Handelt es sich um stärkeres Material, so benötigt man für das Ausstanzen von Kreisen bis zu einem Durchmesser von ca. 30 mm ein **Locheisen** aus Stahl. Dieses besteht aus einem Schlagkopf, einem Schaft zum Festhalten, einer kreisrunden, konkav angeschliffenen Schneide und einer seitlichen Öffnung, die dem Materialauswurf dient. Es wird schräg an die Markierung angesetzt, dann senkrecht aufgerichtet und mit einem kräftigen Hammerschlag durch das Material geschlagen. Die empfindliche Schneide darf keinesfalls mit anderem Metall in Berührung kommen, deshalb darf niemals auf einer Metallunterlage gearbeitet werden. Am besten geeignet ist eine Hartholzunterlage.



Abb. 23: Locheisen mit verschiedenen Durchmessern

Umformen durch Falzen und Biegen

Karton lässt sich dauerhaft biegen, indem man ihn mehrmals über eine scharfe Kante zieht. Um eine saubere Falzkante zu erhalten, wird der Karton auf einer weichen Unterlage an der Falzlinie mit einem Falzbein vorgerillt (Abb. 24), um das Materialgefüge zu schwächen. Nach dem Umbiegen wird die Falzkante mit dem Falzbein plan gestrichen (Abb. 25).

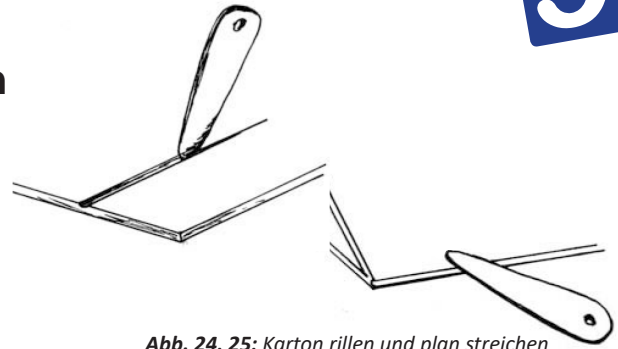


Abb. 24, 25: Karton rillen und plan streichen

Um Pappe zu biegen, muss die Außenseite des Materials in mehreren parallel zur Laufrichtung angelegten Linien eingeritzt werden (Abb. 26). Damit wird die Materialstärke an diesen Stellen verringert und die Außenspannung beseitigt, so dass die Pappe nicht wieder in ihre plane Form zurückfedert. Je dichter die Ritzlinien nebeneinander liegen, desto stärker ist die Krümmung. Die Kerben, die dadurch auf der Außenseite entstehen, können in einem weiteren Werkvorgang kaschiert werden. Meist verwendet man ein Universalmesser, denn die Abbrecklingen müssen nicht nachgeschärft werden, sind dünner und somit im tiefen Schnittkanal gleitfähiger.

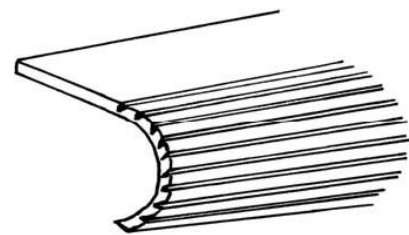


Abb. 26: Biegen eingeritzter Pappe

Beim Versuch des Falzens würde Pappe brechen. Deshalb muss sie vor dem Falzen oder Abkanten unbedingt bis zu zwei Dritteln der Materialstärke eingeritzt werden. Dabei ist auf eine durchgehend gleichmäßige Ritztiefe zu achten (Abb. 27).

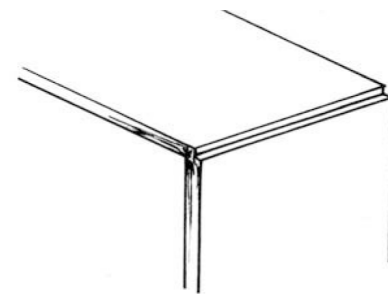


Abb. 27: Abkanten geritzter Pappe

Verstärken von Ecken und Kanten

Kanten verstärken

Als Schutz vor Abnutzung, aus gestalterischen Gründen, vor allem aber zur Verstärkung von geschwächten Kanten, wie dies beispielsweise bei geritzten Schachteln der Fall ist, können Kanten mit Buchbindegewebe eingefasst werden.

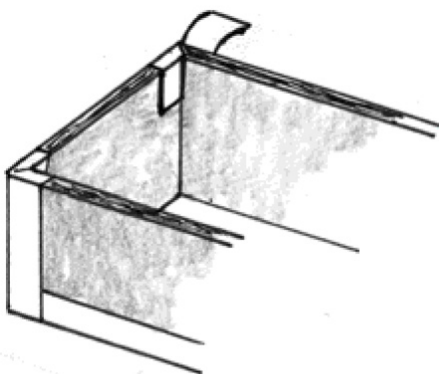
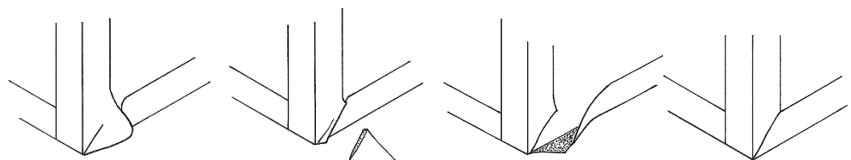


Abb. 28–32: Verstärken der Kanten einer Box aus Graupappe

Etwa 2 cm breite Gewebebänder werden in Laufrichtung aus der Gewebbahn ausgeschnitten. Die Reihenfolge, in der die Kanten nacheinander bezogen werden, ist im Voraus gut zu überlegen, damit es weder Lücken noch Überlagerungen gibt. Die Streifen werden nach dem Anschmieren entlang der Markierungslinie auf der Pappe aufgesetzt, leicht angerieben und dann auf die andere Seite umgeschlagen.

Besonders heikel ist das Einfassen von Schachtecken: Das Gewebe wird zusammengeschoben und das abstehende Dreieck abgeschnitten. Dann wird das Gewebe wieder etwas angehoben, an der Ecke eingekniffen und endgültig angeklebt und angerieben.



Ecken verstärken

Ein Mittel, um die Ecken von häufig benutzten Mappen zu schützen, ist die Eckenverstärkung. Dazu benutzt man dasselbe Buchbindegewebe wie für das Gelenk. Durch die Breite des Gewebestreifens am Gelenk wie auch durch die Größe der Eckenverstärkung kann man das Aussehen der Mappen individuell gestalten.

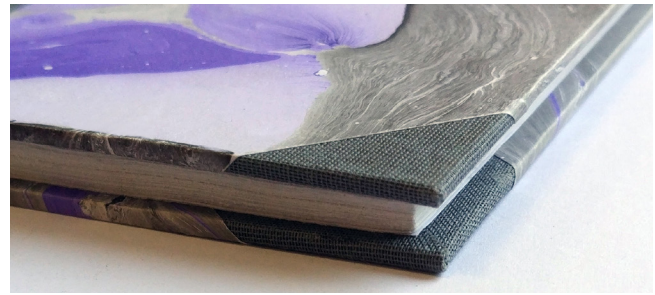


Abb. 33: Verstärkte Ecke eines festen Bucheinbandes



Abb. 34

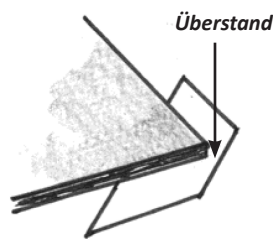


Abb. 35

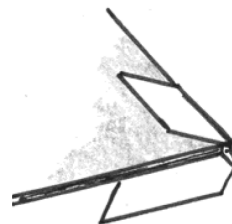


Abb. 36

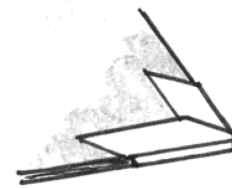
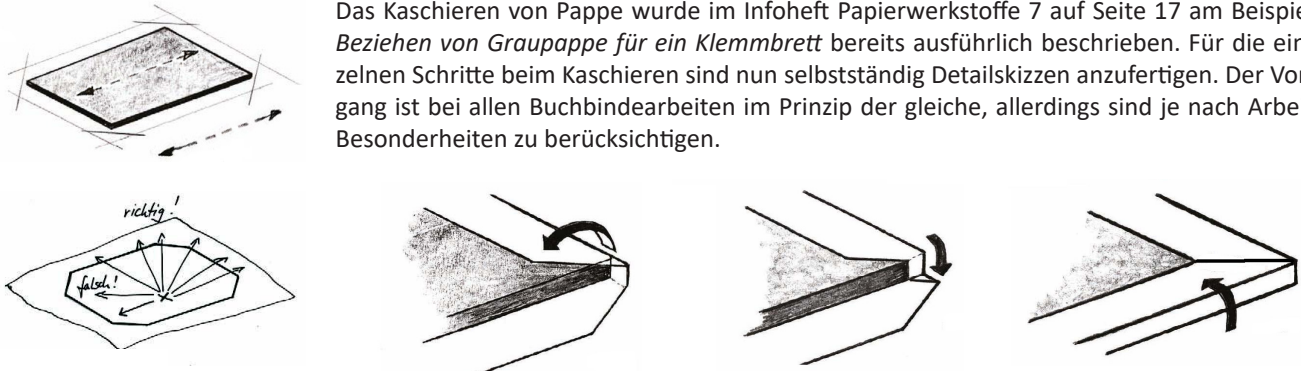


Abb. 37

Arbeitsschritte	zu beachtende Aspekte
<ul style="list-style-type: none"> Größe der Bezugsecken ermitteln 	<ul style="list-style-type: none"> sie sollte proportional zur Breite des Rückengewebes passen
<ul style="list-style-type: none"> vier gleich große Bezugsstücke in der gewählten Form aufzeichnen und ausschneiden (Abb. 34) 	<ul style="list-style-type: none"> Laufriichtung des Gewebes muss dabei nicht berücksichtigt werden
<ul style="list-style-type: none"> Markierung zur Positionierung des Deckels auf der Rückseite der Eckstücke anbringen 	<ul style="list-style-type: none"> den Überstand des Gewebes von mindestens einer Pappstärke berücksichtigen
<ul style="list-style-type: none"> Anschmieren des ersten Eckstücks mit Buchbinderleim 	<ul style="list-style-type: none"> saubere Unterlage benutzen
<ul style="list-style-type: none"> Bezugsecke auf die vorgezeichnete Markierung aufsetzen und andrücken (Abb. 35) 	<ul style="list-style-type: none"> Markierung muss kräftig genug sein, damit sie durch die Leimschicht erkennbar ist
<ul style="list-style-type: none"> Werkstück wenden und Gewebe anreiben 	<ul style="list-style-type: none"> Werkstück über den Tischrand schieben, damit die Überstände nicht auf der Unterlage ankleben
<ul style="list-style-type: none"> erneut wenden, erste Seite der Bezugsecke einschlagen und den Überstand einkneifen (Abb. 36) 	<ul style="list-style-type: none"> Ecken werden erst von oben bzw. unten her eingeschlagen, dann von der Längskante her
<ul style="list-style-type: none"> zweite Seite der Bezugsecke einschlagen und die ganze Verstärkung anreiben (Abb. 37) 	<ul style="list-style-type: none"> straff umschlagen, um Luftpolster zu vermeiden, aber das Gewebe nicht zu stark dehnen
<ul style="list-style-type: none"> Gewebenähte mit dem Falzbein glattstreichen 	<ul style="list-style-type: none"> Durch die Verwendung eines Falzbeins kann ein unerwünschter Glanz auf dem Gewebe erzeugt werden

Kaschieren von Pappe

Das Kaschieren von Pappe wurde im Infoheft Papierwerkstoffe 7 auf Seite 17 am Beispiel *Beziehen von Graupappe für ein Klemmbrett* bereits ausführlich beschrieben. Für die einzelnen Schritte beim Kaschieren sind nun selbstständig Detailskizzen anzufertigen. Der Vorgang ist bei allen Buchbindearbeiten im Prinzip der gleiche, allerdings sind je nach Arbeit Besonderheiten zu berücksichtigen.

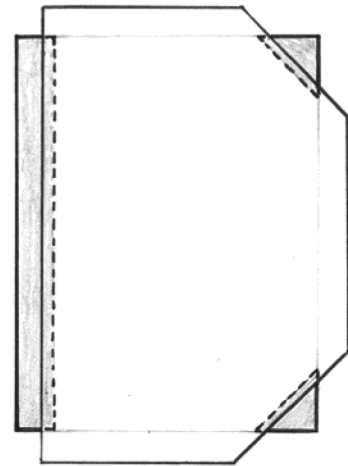


P Abb. 38–42: Detailskizzen von Teilschritten beim Beziehen von Graupappe

Kaschieren einer Mappe mit Eckenverstärkung

Beim Zuschnitt des Bezugspapiers sind die mit Buchbindegewebe bezogenen Ecken auszusparen. Dabei sollte das Bezugspapier das Gewebe an den Ecken und am Rücken um 2 bis 3 mm überdecken (Abb. 43). Bei der Berechnung des Nutzens (benötigtes Material) ist die Dehnung mit einzubeziehen. Die Ober- und Unterkanten des inneren Bezugspapiers (Spiegel) müssen mit denen des inneren Gewebestreifens übereinstimmen.

An der Außenkante ist ein Rand von ca. 2 bis 3 mm zu berücksichtigen, an der Gelenkseite sollte der Spiegel mit dem Einschlag des Bezugspapiers abschließen.



P Abb. 43: Korrekte Positionierung des Bezugspapiers auf dem Deckel

Kaschieren einer Schachtel mit Kantenverstärkung

Damit die Kanteneinfassungen sichtbar bleiben, wird jede Seite der Schachtel separat überzogen. Die Größe der rechteckigen Bezugsteile richtet sich danach, in welcher Breite die Gewebekanten zu sehen sein sollen. Wird das Bezugspapier nach innen umgeschlagen, so ist an einer Seite die Zugabe für den Einschlag zu berücksichtigen (Abb. 44).

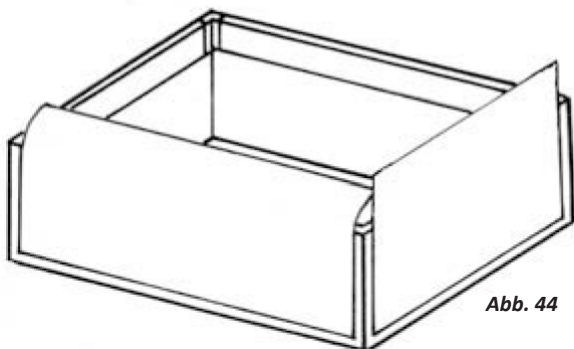


Abb. 44

- Beim Kaschieren einer Schachtel ist es besonders wichtig, die Dehnung des Bezugspapiers durch die Flüssigkeit im Klebstoff zu berücksichtigen, damit alle verstärkten Kanten gleich breit erscheinen.
- Das Futter bildet den Zugausgleich zum Überzug und deckt bis auf einen schmalen Rand die Einschläge ab. Der Reihe nach werden zuerst der Boden und dann die Längsseiten mit passenden rechteckigen Futterteilen überzogen, wobei sie auf die benachbarten Seitenflächen überall mindestens 5 mm übergreifen müssen. Zuletzt werden die beiden kurzen Seiten der Schachtel mit einem genau eingepassten Stück bezogen. An der Schachtelöffnung oben sollten alle Futterteile gleichmäßig abschließen.

Fügen durch Kleben und Pressen

Kleister und Leim sind die klassischen und gebräuchlichen Klebstoffe für Buchbindearbeiten, besonders wenn es um großflächiges Kleben geht. Eine ausführliche Beschreibung findet sich im Infoheft Papierwerkstoffe 7 auf Seite 16.

Daneben gibt es eine Vielzahl an modernen Klebstoffen, so dass für jedes Material und jede zu erwartende Belastung (Elastizität, Scher- oder Zugbeanspruchung, Biegebeanspruchung) ein passender Kleber gefunden werden kann.

Man unterscheidet nach **physikalisch trocknenden und aushärtenden Klebstoffen** (z. B. Nasskleber, Kontaktkleber, Schmelzkleber) und **chemisch abbindenden Klebstoffen** (z. B. Zweikomponentenkleber).



Abb. 45: Klebestifte, Klebebänder, Klebefolien

- Der Kleber wird einseitig auf das Bezugspapier aufgetragen. Nach dem Zusammenfügen der Werkstoffe sind noch größere Anteile an Lösungs- oder Dispersionsmittel enthalten, die durch das Material hindurch nach einiger Zeit verdunsten. Bei lösemittelfreien Klebern dauert das Trocknen länger und das Papier neigt zum Wellen, deshalb darf der Kleber nur dünn aufgetragen werden.
- Beide Klebeflächen werden dünn und gleichmäßig mit Klebstoff bestrichen. Man lässt sie offen liegen, damit sie ablüften können, bis sich der Klebefilm trocken anfühlt. Dann werden die Klebeflächen exakt zusammengefügt und kurz, aber kräftig gepresst. Eine Korrektur ist in der Regel nicht möglich und die Verbindung ist meist unlösbar.
- Die heiße Klebstoffschmelze wird mittels Klebepistole auf die zu verklebenden Teile aufgebracht und diese werden sofort innerhalb der offenen Zeit gefügt. Nach dem Abkühlen und Erstarren des Klebstoffs ist die Verbindung sofort fest und funktionsfähig. Bei Erwärmung wird sie aber wieder weich („reversibel“).
- Der Kleber wird in einem Abstand von ca. 30 cm einseitig oder auf beide Klebeflächen (je nach Klebstoffsorte) gleichmäßig dünn aufgesprüht und kann dann 3 bis 10 Minuten verarbeitet werden. Das breite Sprühfeld ermöglicht einen schnellen und gleichmäßigen Klebstoffauftrag.

Nassklebstoffe, Dispersionsklebstoffe

- lösemittelhaltig oder lösemittelfrei (wasserhaltig)
- für poröse Materialien geeignet
- einseitiger Auftrag

Kontaktklebstoffe

- lösemittelhaltig oder lösemittelfrei
- besonders für dichte Materialien geeignet
- beidseitiger Auftrag
- sofort haftend und belastbar
- Endfestigkeit erst nach Tagen erreicht

Schmelzklebstoffe

- lösemittelfrei
- für wärmeempfindliche Materialien ungeeignet
- sind bei Raumtemperatur fest (Klebesticks) und werden durch Aufschmelzen verarbeitbar

Sprühkleber

- für glatte und poröse Materialien geeignet
- schlägt nicht durch und wellt nicht
- Klebeflächen sind elastisch

Neben der Wahl des richtigen Klebstoffes hängt die Festigkeit einer Klebung von weiteren Faktoren ab: vom gleichmäßigen **Klebstoffauftrag**, von der **Aushärtetemperatur** und der **Aushärtezeit** sowie vom richtigen **Zusammenfügen** der Teile.

INFO

Die **offene Zeit** ist die Zeitspanne für die Herstellung einer hochwertigen Klebeverbindung. Sie reicht vom Klebstoffauftrag bis zum Zusammenfügen der Teile.

Als **Abbindezeit** wird die Zeitspanne bezeichnet, die eine Klebung nach dem Zusammenfügen der Teile benötigt, um die erforderliche Festigkeit für eine Belastung zu erreichen.



Pressen und Trocknen

Für das Pressen von Fügeverbindungen mit modernen Klebstoffen gelten ganz unterschiedliche Anweisungen. So ist bei manchen Klebern nur ein kurzer, kräftiger Druck nötig, um eine dauerhafte feste Verbindung zu bewirken. Andere Arten erfordern eine längere Aushärtezeit. In jedem Fall ist bei modernen Klebern der Gebrauchsanleitung zu folgen.

Plane Buchbindearbeiten, für die zum Fügen eine Mischung aus Leim und Kleister benutzt wurde, werden in der Regel zwischen Brettern beschwert oder mit Schraubzwingen gepresst. Eine andere Möglichkeit ist das Pressen von planen Fügeverbindungen in einer **Stockpresse**. Dabei werden vor allem großflächige Fügungen in Form gehalten und der Trocknungsprozess wird mittels saugfähiger Zwischenlagen fortgesetzt. Das regelmäßige Auswechseln der Zwischenlagen verhindert, dass es zu Wellungen oder Schimmelflecken kommt. Enthalten die Papierarbeiten viel Feuchtigkeit, wie das beim Kaschieren mit Kleister/Leim-Mischungen der Fall ist, muss die meiste Feuchtigkeit an der Luft entweichen können, bevor man sie in die Presse legt.

Funktion und Aufbau der Stockpresse:

Mit dem **Schlagrad (a)** dreht man eine **Spindel (b)** nach unten in eine Pfanne in der Mitte der beweglichen **Pressplatte (c)**. Diese wird seitlich von **zwei Säulen (d)** geführt. Die Papierarbeiten und saugfähigen Zwischenlagen werden zwischen der **Bodenplatte (e)** und der Pressplatte platziert. Nun kann man durch Drehen des Schlagrads einen dosierten Pressdruck auf den Stapel erzeugen.

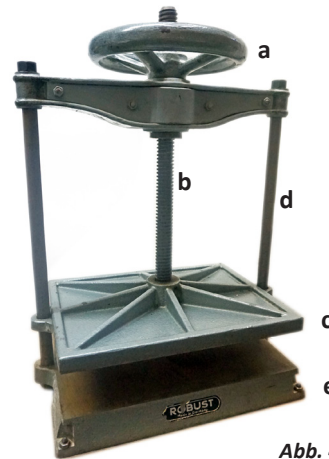


Abb. 46: Stockpresse

Gesundheitsschutz

Die Verarbeitungshinweise sowie die Gefahrstoffkennzeichen der Klebstoffe sind zu berücksichtigen.

Gefahren beim Kleben	Schutzmaßnahmen beim Kleben
<ul style="list-style-type: none"> • Je nach Klebstoffzusammensetzung können Lösemitteldämpfe in die Atemwege gelangen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nur bei ausreichender Lüftung verwenden, nach Gebrauch sofort verschließen.
<ul style="list-style-type: none"> • Klebstoffe, die organische Lösemittel enthalten, sind leicht entflammbar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Klebstoffe dürfen nicht mit offenen Flammen in Berührung gebracht werden.
<ul style="list-style-type: none"> • Die flüssige Komponente bei Zweikomponentenklebern besteht aus einem leicht verdampfenden Stoff, der sehr gesundheitsschädlich sein und Reizungen der Haut und Schleimhäute verursachen kann. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hautkontakt vermeiden und nur bei Fensterlüftung verarbeiten; möglichst nicht verwenden, sondern auf lösemittelfreie, ungiftige Alternativen ausweichen.
<ul style="list-style-type: none"> • Schmelzklebstoffe können durch Unachtsamkeit zu Verbrennungen führen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die heiße Klebstoffschmelze und die Spitze der Klebstoffpistole dürfen nicht berührt werden.

Maßnahmen zum Gesundheitsschutz im Umgang mit der Papierschneidemaschine

Der Umgang mit handbetriebenen Papierschneidemaschinen birgt bei sachgerechter Handhabung wenig Unfallgefahren und ist auch Schülerinnen und Schülern erlaubt, sofern sie gründlich eingewiesen werden und die Maschine sich in einem vorschriftsmäßigen Zustand befindet.

- Wenn möglich sollte die Schneidemaschine in einem gesonderten Raum stehen, um unbefugtes Benutzen zu verhindern.
- Die Schneidemaschine ist grundsätzlich mit einem Schloss zu versehen.
- Das Schwenkmesser befindet sich im Ruhezustand immer unten.
- Es muss so eingestellt sein, dass es bei Nutzung nicht von selbst herunterfallen kann.
- Es muss eine Schutzvorrichtung angebracht sein, die verhindert, dass man unbeabsichtigt zwischen die beiden Messer greift.
- Bei Karton und Pappe schneidet man jeden Bogen einzeln.
- Es arbeitet immer nur eine Person an der Maschine.

Konstruktives Bauen

Während Papier, Karton und Pappe im Innenausbau (z. B. als Rigipsplatten, Wabenpappe oder Dämmmaterial) und im Schachtelbau bereits eine bedeutende Rolle spielen, sind sie im konstruktiven Bauen z. B. bei der **Herstellung von Kleinföbeln** und im **Hausbau** ein Werkstoff mit Perspektive. Aufgrund der kürzeren Lebensdauer im Vergleich zu Materialien wie Holz und Stahlbeton waren Häuser, die hauptsächlich aus Papierwerkstoffen bestehen, bis vor wenigen Jahren nur temporär nutzbar. Das heißt, man verwendete sie für kurzfristigen Gebrauch wie Ausstellungen, Messen oder aber als Notunterkünfte in niederschlagsarmen Regionen. Inzwischen werden **aus Wellpappe bestehende Häuser mit einer Lebensdauer von über 50 Jahren** gebaut. Ihre Außenhülle besteht aus vielfach aufeinander geleimten Papplagen. Nach Entfernung einer äußeren Kunststoffmembran, die vor Feuchtigkeit schützt, kann sie vollständig recycelt werden.



Abb. 47, 48: Erwarteter Lebenszyklus von mindestens 50 Jahren, 100 % recycelbar: Häuser aus Wellpappe von Wickelhouse, Amsterdam
Photography: Credit Yvonne Witte

Architekturmodelle

Für die Erstellung von Architekturmodellen erfreut sich der Werkstoff Papier großer Beliebtheit. Oft werden sie aus **Finnpappe** (aus ligninhaltigem Holzschliff), **Graupappe** oder **strukturiertem Karton** gefertigt und ergänzen virtuelle CAD-Konstruktionen. Der Vorteil handgefertigter Architekturmodelle liegt darin, dass sie zügig gebaut werden können, da sich das Material gut schneiden und falzen lässt. Außerdem lassen sie sich rasch ändern und wirken oft anschaulicher als eine Bildschirmpräsentation. Sie entsprechen der modularen Konstruktionsweise, weil die einzelnen geometrischen Grundkörper auf vielfältige Weise kombiniert werden können.

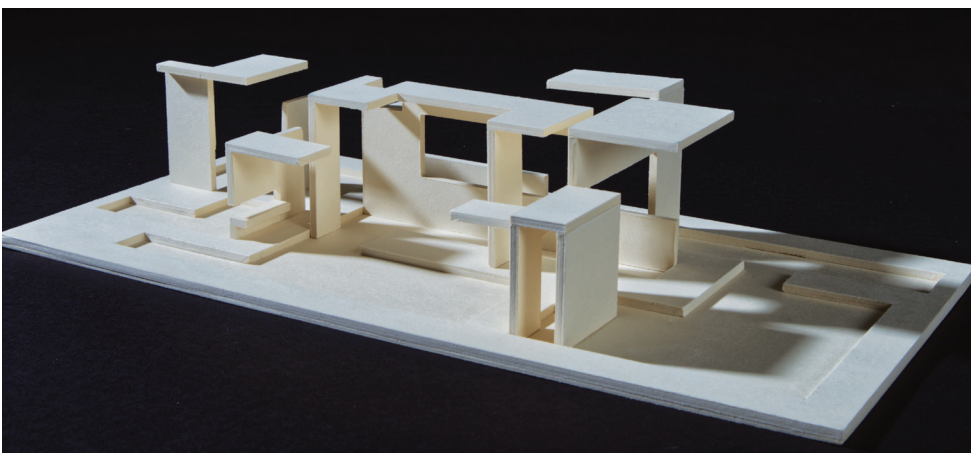


Abb. 49: Entwurf für einen Begegnungsbereich in einem Park
Quelle: Katharina Colbatzky

Möbel aus Wellpappe

Tische, Hocker, Sessel, Betten, Trennwände und Regale aus Pappe sind mit wenig Aufwand selbst zu fertigen, werden jedoch auch industriell produziert. Sie überzeugen durch ihre **statische Belastbarkeit** bei gleichzeitig **geringem Gewicht**. Häufig bestehen sie aus Recyclingmaterial und sind auch selbst problemlos **recyclbar**. Zumeist werden sie mit Steckverbindungen gefertigt, lassen sich **ohne Werkzeug** aufbauen und gefallen durch ein modernes, elegantes Design.



Abb. 50: Sitzgruppe mit Tischchen aus Wellpappe
Quelle: alamy

Bewertungskriterien für Werkstücke aus Papierwerkstoffen

Werkstücke lassen sich hinsichtlich der bekannten **übergeordneten Beurteilungskriterien** Verarbeitung, Funktion und Gestaltung vergleichen und bewerten. Darüber hinaus kann man sie nach weiteren Kriterien beurteilen, z. B. hinsichtlich der **Ökonomie**, der **Lebensdauer**, der **Herkunft der Materialien** und der **Nachhaltigkeit aus ökologischer Sicht**. Die Abbildungen zeigen eine im Werkunterricht gefertigte Schachtel für die Aufnahme von DIN-A4-Blättern, deren Deckel sich aufklappen lässt. Die Tabelle veranschaulicht die zugehörigen **konkreten Beurteilungsaspekte**.

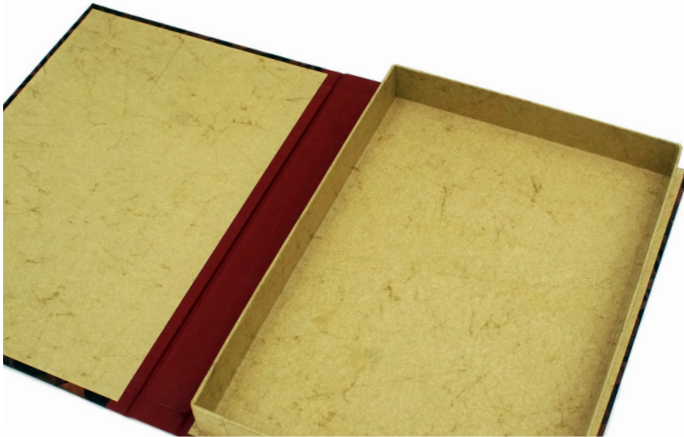


Abb. 51: Klappschachtel, Innenfutter aus Elefantenhaut



Abb. 52: Bezugspapier mit Kleistertechnik gestaltet

übergeordnete Beurteilungskriterien	Verarbeitung	Funktion	Gestaltung
konkrete Beurteilungsaspekte	<ul style="list-style-type: none"> • maßhaltige Herstellung • sorgfältige und dauerhafte Verleimung von Bezugspapier und Bezugsleinen • korrekter Überzug des Leinengelenks • Übereinstimmung der Laufriechung von Bezugspapier und Graupappe • exakte Schnittkanten 	<ul style="list-style-type: none"> • leichtes Öffnen der Klappe • ausreichende Innengröße und geeignetes Fassungsvermögen • fester Sitz des Schachtelrahmens • plane Auflage des Deckels und vollständige Abdeckung des Innenraums • ausreichende Stabilität 	<ul style="list-style-type: none"> • ansprechende Proportionen • miteinander harmonisierende Gestaltung der beiden Bezugspapiere • abgestimmte Farbwahl der Bezugsmaterialien • angemessene Musterung des Bezugspapiers • Originalität

Möglichkeiten und Grenzen des Altpapierrecyclings

Da Papier ein herstellungsintensives Material ist, wird es seit über hundert Jahren systematisch der Wiederverwertung zugeführt. Während hierzulande der Pro-Kopf-Verbrauch an Papiererzeugnissen 1950 noch 32 kg betrug, waren es 2019 bereits 250 kg. Davon entfielen die Hälfte auf Verpackungsmaterial, 37% auf grafische Papiere, 8% auf Hygienepapiere und 5% auf Spezialpapiere. Etwa **75% des Altpapiers** in Deutschland gelangen in den Recyclingprozess, so wurden 2019 für die Produktion von 22 Millionen Tonnen Papier 17 Millionen Tonnen Altmaterial verwertet.

Noch immer gilt **Holz als Hauptlieferant von Zellulose**, inzwischen kommt vermehrt auch **alternativer Zellstoff aus Bambus, Hanf, Sisal und Mais** in den Produktionsprozess, was die Abholzung von Wäldern langfristig reduzieren kann.

Um die bei der Papierproduktion zwangsläufige Wasserverunreinigung zu reduzieren, setzt man auch im Recyclingprozess verstärkt auf geschlossene Wasserkreisläufe.

Recycling – Vorteile und Grenzen

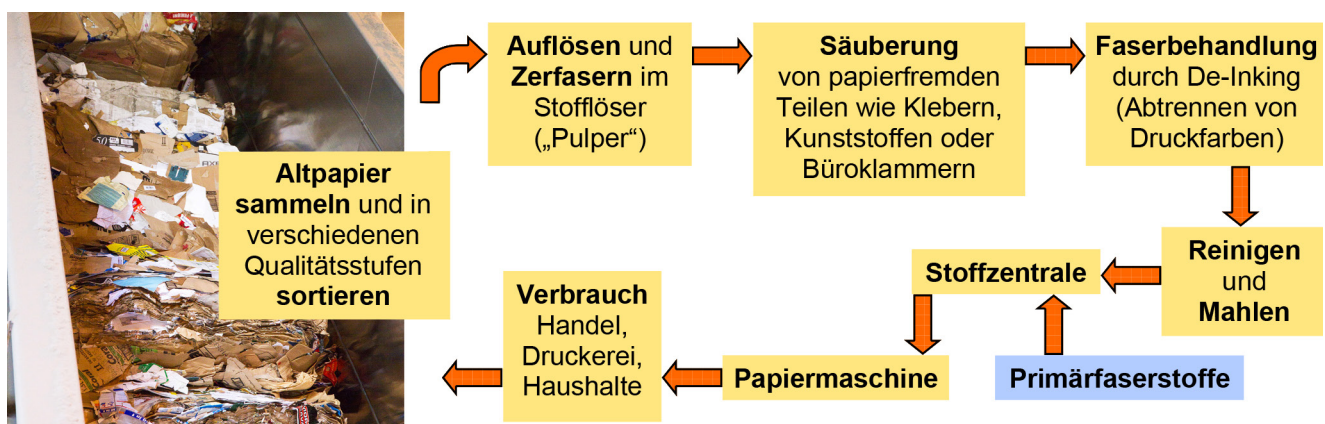


Abb. 53: Papierkreislauf

Quelle: vdp

Vorteile des Recyclings	Grenzen des Recyclings
<ul style="list-style-type: none"> • Der Wasserverbrauch bei Verwendung von Altpapier ist bis zu 80 % reduziert. • Eine Palette Recyclingpapier erspart das Fällen zweier Bäume (pro kg Frischpapier sind etwa 2,5 kg Holz nötig). • Dadurch Schonung der Ressourcen im Regenwald (Zellstoff müsste sonst größtenteils importiert werden). • Klimafreundliche Produktion: Einsatz von Altpapier setzt 20 % weniger Kohlendioxidemissionen frei, als die Erzeugung von Frischpapier. • Es wird 60 % weniger Energie für Herstellung von Recyclingpapieren benötigt. • Das Recycling ist technisch ausgereift, die Reststoffe (Kunststoffe und Druckfarben) lassen sich thermisch verwerten. • Die hohe Recyclingquote führt zu einer Reduktion des Müllaufkommens und damit zu einer Entlastung der Deponien. • Die Verwendung von Altpapier bei der Papierproduktion ermöglicht eine Wassereinsparung von über 80 %. • Die Erzeugung von langlebigen Qualitätspapieren ist inzwischen durch technischen Fortschritt möglich. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gefahr des Downcyclings: Papierfasern kann man bis zu siebenmal recyceln. Dabei werden sie durch den Sortier- und Aufschleißprozess verkürzt und das Papier verliert an Reißfestigkeit und Stabilität. • Deshalb ist die kontinuierliche Zufuhr von frischem Zellstoff und Holzfasern notwendig, um die gewünschten Papiereigenschaften zu erhalten. • Notwendigkeit des De-Inkings: d. h. Entfernen von wasserlöslichen und ölhaltigen Druckfarben während des Recyclings durch mechanisch-chemische Verfahren. • Vergrauung: Nicht entfernbare Tinten und Farben müssen durch Füllstoffe wie Kaolin und Bleichung mit Wasserstoffperoxid oder Sauerstoff reduziert werden. • Ungünstige ökonomische Bilanz: Durch weite Wege von den Haushalten zu den Sammelstellen und in die Aufbereitungsanlagen. • Trennung von Störstoffen notwendig: In Sortieranlagen müssen Fremdstoffe wie Folien, Heftklammern stark verschmutztes Material ausgeschieden werden. • Dieser Prozess ist arbeitsintensiv, über 3000 Papiersorten müssen 65 Altpapiersorten zugeordnet werden.

Wie kann jeder Einzelne verantwortungsbewusst seinen Papierkonsum reduzieren?



Abb. 54: Papierrecycling

Quelle: © istockphoto



Abb. 55: Altpapierlager

Quelle: vdp

- Verwendung von Erzeugnissen, die das Umweltzeichen **Blauer Engel** tragen, das umweltfreundliche Produkte aus Recyclingpapier kennzeichnet und so eine Orientierung für umweltbewusste Verbraucher gibt.



Abb. 56: Der Blaue Engel ist seit über 40 Jahren das Umweltzeichen der Bundesregierung.

- Verwendung von Papierprodukten aus nachhaltiger Forstwirtschaft, die das **FSC®-Siegel** (Forest Stewardship Council®) tragen. Es soll garantieren, dass die Artenvielfalt des Waldes geschützt wird, kein Kahlschlag erfolgt und die Holznutzung unter ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten erfolgt.



Abb. 57: Seit über 25 Jahren setzt sich FSC® für die Förderung einer umweltfreundlichen, sozialförderlichen und ökonomisch tragfähigen Bewirtschaftung von Wäldern ein.

- Unverlangte Werbesendungen durch entsprechenden Briefkastenvermerk verhindern.
- Auf Zusendung von Katalogen oder Broschüren verzichten, wo **Onlinekataloge** existieren.
- Abonnements von Zeitschriften und Zeitungen in Printform auf **Onlineformate** umstellen.
- **Sparsamer Umgang** mit Papieren.
 - Benutzen von Rückseiten.
 - Papiere mehrfach verwenden.
- Produkte mit **reduzierter Verpackung** kaufen.
- Verwendung von Stofftaschentüchern und -servietten.
- Gebrauch waschbarer Tücher anstelle von Küchenrollen etc.
- Auf Einweg-Pappbecher und -Geschirr verzichten.
- First think, then print! – Erst überlegen, dann ausdrucken.
- Druckerfunktionen auf doppelseitigen Ausdruck stellen.
- Vor dem Ausdruck Druckvorschau aktivieren.
- Auflage von Rund- und Infobriefen knapp kalkulieren.
- **Aktive Mülltrennung:** Sammeln des Altpapiers und Abgabe an Sammelstellen.
- **Upcycling** von Papiererzeugnissen: Hier können aus gebrauchten Papierwerkstoffen neue Produkte hergestellt werden, z. B. Papiertüten, Geschenkpapier, Untersetzer, Schachteln, Figuren und Gefäße aus Pappmaschee oder sogar Möbel aus Pappen und Versandkartons.