
Die Erfindung des Papiers – seine heutige Herstellung und Weiterbearbeitung

" ... ausgeliefert fühlen sich Designer häufig, wenn es um den Umgang mit Papier geht. Das liegt vor allem daran, dass es den Kreativen meist am nötigen Wissen fehlt. Während der Ausbildung gönnen Lehrende dem Thema Papier und Produktion selten mehr als einen kurzen Seitenblick ..." (PAGE, Juli 2000, S.63) Wie hier auf unserer Site ersichtlich, bieten wir Ihnen entschieden mehr als einen kurzen Seitenblick ...

Empfehlen möchte ich desgleichen einen Besuch im Baseler Papiermuseum - eine interessante und lehrreiche Site.

Dass Papierentscheidungen in aller Regel auch Marketingentscheidungen sind, sieht man an der neuen „Financial Times Deutschland“ (auch im Netz lachsfarbig). Sie erscheint, wie das Londoner Original, seit 1893 auf lachsfarbenem Papier. Die Zeitschrift PAGE berichtet in ihrer Ausgabe Juni 2000 von diesem „geschickten Marketingzug, der die Financial Times bis ins 21. Jahrhundert hinein unverwechselbar macht.“ (S. 98f.)

Themenbereiche:

1. Die Erfindung und geschichtliche Entwicklung des Papiers
2. Die Rohstoffe des Papiers
3. Die Oberflächenbearbeitung von Papier
4. Die maschinelle Herstellung des Papiers
5. Die Stoffklassen
6. Technische Begriffe im Zusammenhang mit Papier
7. Papiergewichtsberechnungen
8. Nutzen- und Nutzenberechnungen

Quellennachweis

1. Die Erfindung und geschichtliche Entwicklung des Papiers

Es versteht sich, dass in einem derart eng begrenzten Skript nur unser Kulturraum berücksichtigt werden kann. Dieser Raum wurde historisch vor allem aus dem Ober-Ägyptischen und aus Kleinasien beeinflusst. Dass die Suche nach Beschreibstoffen aber überall auf der Welt ein wichtiges Thema war, zeigte sehr eindrucksvoll eine Fernsehsendung des Bayerischen Fernsehens im Februar 1999: China: 5000 Jahre Zivilisation. Dabei wurde ausführlich über die große Bedeutung der Orakel-Knochen berichtet. Wer sich informieren will, findet darüber einige Sites im Netz. Die ältesten, heute erhaltenen Aufzeichnungen über Krankheiten finden sich zum Beispiel auf den Orakelknocheninschriften aus der Shang-Zeit (1766-1122 v. Chr.).

Der Name *Papier* geht auf den Beschreibstoff *Papyrus* zurück (um 3.000 v. Chr.). Zu dessen Herstellung schnitt man das Mark der Papyrusstaude in längliche Streifen (heute werden in Sizilien in Sirakusa noch solche Papyrus-Stauden verarbeitet), die zu Buchrollen aufgerollt wurden. In der Bibliothek von Alexandria bewahrte man über 700.000 solcher Rollen auf, die aber 47 v. Chr. durch einen Brand vernichtet wurden. Seit dem Jahre 1988 arbeitet man übrigens an einer Wiedererrichtung der legendären Bibliothek. Die, wie man sagt, "Mutter aller Bibliotheken", soll, dem Architekten Mohsen Zahran zufolge, von neuem der Ort des Gedächtnisses für die Weltkultur werden.

Vom 4. Jahrhundert v. Chr. an tritt an die Stelle von Papyrus das *Pergament*. Als Pergament bezeichnet man eine mit Kalk präparierte, dünn geschabte tierische Haut. Das Wort leitet sich vom antiken Pergamon in Kleinasien ab. Im 2. Jahrhundert v. Chr. kam das Pergament nach Rom und verbreitete sich neben Papyrus als Beschreibstoff. Vom 4. Jahrhundert an begann Pergament den Papyrus zu verdrängen, bis es gegen Ende des 14. Jahrhunderts selbst wiederum weitgehend vom *Papier* verdrängt wurde. Danach beschränkt sich seine Verwendung auf Urkunden, wichtige Verträge, Bucheinbände u.ä.

"Der erste Bericht von brauchbarem Papier findet sich in einem chinesischen Geschichtswerk ... Danach teilte der Staatsbeamte Ts'ai Lun im Jahre 105 unserer Zeitrechnung dem Kaiser mit, dass es ihm gelungen sei, aus Baumrinde, Hanf, alten Lumpen und Fischnetzen Papier herzustellen. Die Kenntnis der Papierherstellung war im frühen 7. Jahrhundert von China nach Korea und Japan gelangt. Im 8. Jahrhundert erlernten die Araber von den Chinesen, die sie 751 bei einer kriegerischen Auseinandersetzung ... gefangen genommen hatten, die Herstellung von Papier. ... Mit den Kriegszügen der Araber kam das Papier in den Westen, zu Anfang des 10. Jahrhunderts nach Ägypten und Syrien, etwas später nach Nordafrika und Spanien. ... 1256 ist in Italien die erste Papiermühle urkundlich belegt. Im 13. und 14. Jahrhundert deckte die italienische zusammen mit der spanischen Produktion weitgehend den Papierbedarf der anderen europäischen Länder. In Deutschland wurde 1390 die "Gleismühl" ... vor den Toren Nürnbergs in Betrieb genommen [1]."

Wie man sich die ursprünglich chinesische, später europäische Kulturtechnik des Papiermachens vorzustellen hat, davon können wir uns im Deutschen Museum in München einen hervorragenden sinnlichen Eindruck verschaffen. Jürgen

Praulich aus der Klasse 11422 hat im Schuljahr 1999/2000 eine Reportage über den Museumsbesuch verfasst, Wolf Lumb lieferte die digitalen Bilder dazu, so dass insbesondere die Stoffbütte der Papierabteilung sowie die Tätigkeit des Ablörens des Papiers vom Sieb, das sog. Abgautschen ganz gut nachvollziehbar wird.

Die Produktion von Druckwerken war bis auf die Mitte des 15. Jahrhunderts durchaus noch auf Pergament angewiesen. Den Wandel hinsichtlich der Beschreibstoffe zeigen die beiden folgenden Daten:

- Von den 180 Exemplaren der berühmten Gutenberg-Bibel des Jahres 1455 waren noch 30 auf Pergament gedruckt.
- Die 1. Auflage des Neuen Testaments von Martin Luther mit ihren 4.000 Exemplaren hingegen war bereits auf Papier gedruckt [2].



Heute gibt es weltweit übrigens nur noch vier vollständig erhaltene Gutenberg-Bibeln auf Pergament. Eine davon ist nun sensationellerweise im Internet zu bewundern. Dazu musste das Werk vorher natürlich digitalisiert werden. Die 1282 Seiten im Original verlangten nach 710 CD-ROM-Scheiben. (SZ vom 17. Juli 2000)

Der italienischen Papierherstellung verdanken wir in den letzten Jahrhunderten eine Vielzahl von Neuerungen, die hier kurz angesprochen werden:

1. Die Erfindung der Wasserzeichen.

2. Die Neuerung der Glättung des Papiers durch Marmorsteine. Wer etwa den Film "Der Name der Rose" nach dem gleichnamigen Roman von Umberto Eco aufmerksam gesehen hat, erinnert sich vielleicht, auf den Schreibtischen der Mönche Steine gesehen zu haben ("per rendere liscia la pergamina" - um das Papier glatt zu bekommen, Il Nome della Rosa, Milano 1987, p. 80). Eco zufolge ist sein Roman Ende des Jahres 1327 angesiedelt. Das Museum von Fabriano (für unsere italienisch kundigen Sprachlerner) verweist auf das Ende des 13. Jahrhunderts.

3. Die Einführung der Leimung, die des Weiteren ebenfalls im Museum von Fabriano beschrieben wird.

Die erste gedruckte Bibel:

Die Gutenbergbibel oder 42zeilige Bibel (B 42)

Biblia, lateinisch. [Mainz: Drucker der 42zeiligen Bibel (Johannes Gutenberg, zusammen mit Johannes Fust und Peter Schöffer), um 1454, nicht nach August 1456].

Signatur: 2j Bibl. I, 5955 Inc. Rara Cim.

Abb.: Beginn des Buches Genesis

www.gutenbergdigital.de/bibel.html

2. Die Rohstoffe des Papiers

Die chinesische Papierherstellung revolutionierte die Herstelltechnik insofern, dass nicht länger mehr oder weniger fertige Beschreibstoffe wie Steine, Felsen, Bambusblätter oder Tierhäute präpariert und beschrieben wurden, sondern dass ein Faserbrei mit ca. 99% Wasser und einem Prozent Hadern (Lumpen, Spinnereiabfälle) aufgerührt wurde. Die Erfindung der Druckkunst durch *Gutenberg* führte allmählich zur Knappheit der Hadern. "Daher stellte man bereits im 18. Jahrhundert Versuche an, Papier aus anderen Materialien als Lumpen herzustellen und Altpapier als Rohstoff zu verwenden [3]."

Zur Erprobung kamen Pappelwolle, Hopfenranke, Moos, Brennessel, Tannenzapfen, Kartoffelkraut und alte Dachschildeln als Faserstoffe. Auch Versuche mit Stroh wurden durchgeführt und im Jahre 1800 erwarb der Engländer *M. Koops* ein Patent, das die Wiederverwendung von Altpapier und die Entfernung der Druckschwärze zum Inhalt hat.

1843 schließlich gelingt dem Mechaniker *Friedrich Gottlob Keller* in Sachsen eine bahnbrechende Erfindung, Er "zerfaserte Holz unter Zugabe von Wasser an einem Schleifstein, um aus der Fasersuspension [4] Papier herzustellen [5]."

So wurde seit dem 19. Jahrhundert **Holz** zum wichtigsten Faserrohstoff. Die Faserstoffe stellen dabei etwa 70% des Anteils an der Papiermasse. Sie bestimmen im wesentlichen die Qualität des Papiers. Wegen der langen Fasern wird Nadelholz bevorzugt. Im Allgemeinen sind die Fasern zwischen 2,3 und 3,7 mm lang. Der Rohstoff (Halbstoff) ist die Grundsubstanz des Papiers.

Hinsichtlich der Art der Zerfaserung unterscheidet man zwischen **Holzschliff** und **Zellstoff**.

Holzschliff entsteht durch die mechanische Zerfaserung des Holzes unter Wasserzugabe und enthält neben Zellulose [6] auch Lignin, Harze und andere Holzstoffe. Die Vorteile der Holzschliffverwendung liegen in der nahezu 100%igen Rohstoffausbeute und der relativen Undurchsichtigkeit des Papiers. Holzschliffhaltiges Papier hat allerdings eine geringere Festigkeit, weil die Fasern nur bedingt ausfransen und damit verfilzen können. Durch das vorhandene Lignin vergilbt holzschliffhaltiges Papier in relativ kurzer Zeit und ist daher für Dokumente unbrauchbar.

Definitionen aus dem Handbuch "Papier in unserer Welt" von Lothar Götsching:

"Holzstoff: H. ist der Oberbegriff für einen mit mechanischen Mitteln zerfaserten Faserstoff aus Holz (vor allem Nadelholz wie Fichte). Der klassische H., mit Hilfe von Steinschleifern erzeugt, wird Holzschliff genannt. Der überragende Vorteil von H. ist die hohe Ausbeute zwischen 90 und 98 %, bezogen auf das eingesetzte Holz. Man erhält also aus 100 kg trockener Holzsubstanz 90 bis 98 kg Holzstoff [7]."

"**Lignin**: L. ist eine Gerüstsubstanz, in Pflanzen vornehmlich zwischen den Einzelfasern sitzend und die sogenannte Mittellamelle bildend, die neben der Cellulose und weiteren Bestandteilen im Holz enthalten ist. L. bewirkt dort die zusätzliche Versteifung von Fasern. Bei der Zellstoffgewinnung wird Lignin chemisch weitgehend von der Cellulose getrennt bzw. durch die Kochflüssigkeit in Lösung gebracht [8]."

Der Holzschliffgehalt liegt je nach Papiersorte zwischen 0% und 75%, bei Zeitungspapieren auch bis zu 90% (daher die starke Vergilbung). Papier mit einem Holzschliffgehalt bis zu 5% gilt als *holzfrei*. Die meisten Tiefdruckpapiere (hauptsächlich für Kataloge) sind aber holzhaltig. Das Wochenblatt für Papierfabrikation berichtet in der März 2000 Ausgabe sowohl von einem „Durchbruch beim Verhindern des Vergilbens von Holzschliff“ als auch darüber, dass „damit die vielleicht letzte Grenze für den Einsatz von Holzstoff in hochwertigen Produkten beseitigt (wurde), und erste Anwendungen sich wahrscheinlich auf die Einsparungen konzentrieren (werden), die durch den Ersatz von gebleichten Kraftzellstoff erzielt werden“. Der Bericht schliesst hoffnungsfroh: „Voraussichtlich kommt es zur Entwicklung neuer Papiersorten.“ (S.369)

Thermomechanischer Holzstoff (TMP) wird nicht durch Schleifen, sondern durch Mahlung von erhitzten, d.h. gedämpften Holzschnitzeln im sog. Refiner gewonnen, wobei die Ausbeute etwas höher ist als beim Holzschliff. Dieses Verfahren eignet sich besonders für die Verwertung von Restholz.

Neben der mechanischen Aufbereitung des Holzes gibt es noch die chemische Zerkleinerung. Hierbei entsteht *Zellstoff*. Er enthält ebenfalls Zellulose und andere Holzstoffe, jedoch kein oder nur wenig Lignin. Zellstoff wird gewonnen, indem kleingehackte Holzschnitzeln in lauge- oder säurehaltiger Flüssigkeit gekocht werden, wodurch sich die unzerstörten Fasern von den nicht faserhaltigen Bestandteilen des Holzes (Lignin, Harze, Mineralien, etc.) lösen. Die Rohstoffausbeute ist dabei allerdings im Vergleich zum Holzschliff entschieden geringer (45-50% !), so dass holzfreies Papier teurer ist. Es ist aber haltbarer, weißer und kaum vergilbungsanfällig. Die Fasern sind von relativ gleichmäßiger Länge und verfilzen leichter, so dass die Reißfestigkeit höher ist. Man unterscheidet Sulfitzellstoff und den Sulfatzellstoff mit besonders hoher Festigkeit. Sulfatzellstoff wird weitgehend importiert.

Der gewonnene Zellstoff wird in Wasser aufgelöst und gemahlen, wobei der Mahlgrad die spätere Papierqualität beeinflusst. „Unter Bleichen ist die Erhöhung des Weißgrades eines Faserstoffes zur Herstellung von Papier zu verstehen. Der Bleichprozeß ist eine Weiterführung des chemischen Aufschlusses, bei der die Abtrennung der Zellulosebegleitstoffe vollendet wird. Denn der Zellstoff hat nach dem chemischen Aufschluß eine gelbliche bis braune Färbung. Das Bleichen erfolgt heute mehr und mehr ohne Chlor oder Chlorverbindungen. Der Nachteil des Verfahrens ist aber, dass die Abwässer aus der Chlorbleiche leider nur unzureichend gereinigt werden können und daher die Gewässer belasten. Weltweit werden aber aus diesem Grunde bereits chlorfreie alternative Bleichverfahren praktiziert, die keine Umweltbelastung darstellen.“ Zitiert aus dem Lexikon der Schneidersöhne-Unternehmung.

Der Rohstoff kann auch aus Hadern (z.B. für Banknoten) oder Einjahrespflanzen hergestellt werden.

Zum ganz wesentlichen Rohstoff hat sich *Altpapier* entwickelt. Fast die Hälfte des deutschen Stoffbedarfs wird dadurch

gedeckt. Der Großhandel unterscheidet über ein Dutzend Altpapierqualitäten (von 'Altpapier sortiert' bis zur Haushaltssammelware). Altpapier ist weniger reißfest und besitzt keine gute Weiße; zudem ist das Entfernen der Druckfarbe (sog. De-Inking) hinsichtlich Umweltaspekten nicht unproblematisch. Es wird im großen Stil zur Produktion von Zeitungspapier (mit 70-100% Altpapieranteil am Faserstoffeinsatz), Karton und Pappe (bis 100% Altpapieranteil) verwendet.

Nachdem die Süddeutsche Zeitung Ende des Jahres 1998 in einer Verlagsbeilage 'SZ intern 1998' eine zwar sprachlich sehr nette, inhaltlich aber irreführende Darstellung über die heile Recycling-Welt gegeben hat, habe ich mich bei dem europäisch-technologisch führenden Hersteller Haindl in Schongau über die Zusammenhänge informieren lassen. Bevor ich das Resultat aus Schongau referiere, möchte ich Ihnen aber zuerst aus dem von mir oben so abgekanzelten Artikel von Axel Hacke: 'Warum Bäume so gerne Zeitungen werden' zitieren. Der Autor stellt zwei Bäume im Wald vor, einen kleinen und einen alten weisen und stellt die Beziehung zur SZ wie folgt dar: "Mit dem Papier war es ja früher so: Wenn es Abend wurde im Wald, beugte sich oft ein großer Baum zu einem kleinen Baum herunter und fragte: 'Na kleiner Baum, was willst du mal werden?' Der kleine Baum antwortete: 'Ein großer Baum, wie Du!' - 'Ja', sagte der große Baum, 'aber mit dem Großer-Baum-Sein ist es irgendwann vorbei. Dann kommen die Holzhackerbuam, und es tut ein bisschen weh und wir werden Einbauküchen ... oder Zeitungspapier ..." Und diese Zeitungsperspektive für den Baum wird recht euphorisch so ausgemalt: " ... das Papier, das wir für die Zeitung nehmen, besteht seit längerem zu 80 % aus Altpapier, was nichts anderes heißt, als dass manche Bäume für die Ewigkeit ins Zeitungswesen eingehen, wieder und wieder Zeitung werden und Zeitung bleiben."

Kann man nur hoffen, dass die Autor(innen) der SZ im Blatt besser recherchieren als in der Verlagsbeilage: die Ewigkeit dauert nämlich lumpige 6 bis 7 Tage, dann werden die Fasern brüchig, so dass "etwa 15-20 % unbrauchbare Fasern bei der Aufbereitung ausgeschwemmt werden". (Zitat aus dem Fax eines Papier-Ingenieurs vom 14. Januar 1999 an den Autor). Dafür sind die angegebenen 80 % Altpapieranteil ziemlich korrekt. In dem Fax aus Schongau liest man: "Unser Papier enthält im Durchschnitt ca. 75 % Altpapiereinsatz. Der Eintrag an Refinerholzstoff aus Holz-Hackschnitzeln liegt zur Zeit bei etwa 15 %. Der Rest setzt sich zusammen aus etwas Zellstoff, Füllstoff und Feuchtigkeitsanteil. Wir erzeugen in unserem Werk auch Werbepapier (SOGAtop), das zu 100 % aus Altpapier hergestellt wird."

Das RAL Umweltschutzzeichen für graphisches Recyclingpapier RAL-UZ 14 "100% Altpapier" wird bei 100% Altpapier am Faserstoffeinsatz vergeben.

In geringem Maße werden auch *Kunststoffe* als Halbstoffe verwendet, z.B. Polyethylen für besonders robuste und wasserfeste Dokumente und Landkarten. Der hohe Preis lässt eine weitere Verbreitung nicht zu.

Neben den erwähnten *Halbstoffen* (Holzschliff, Zellstoff, Altpapier, Kunststoffe) benötigt man noch *Hilfsstoffe*, um zum *Ganzstoff* zu kommen. Hierzu zählen Füllstoffe, optische Aufheller, Bleichmittel, Leime sowie Farben.

Füllstoffe wie Kaolin, Calciumcarbonat und Titandioxyd füllen bei der Papierherstellung die Faserzwischenräume aus und führen zu einer glatteren Oberfläche des Papiers und somit zu einer verbesserten Bedruckbarkeit. Sie dringen auch in die Papiersubstanz ein und bedecken nicht nur die Oberfläche wie der Strich bei gestrichenem Papier. Außerdem verleihen Füllstoffe dem Papier eine höhere Undurchsichtigkeit, die als *Opazität* bezeichnet wird. Die Opazität ist dabei ein Fachbegriff für die "Deckfähigkeit von Papier, gemessen wird mit dem Opazimeter und bestimmt nach dem Verhältnis des eintretenden zum durchgehenden Licht [9]." In diesem Zusammenhang vielleicht eine kleine Lernhilfe: der Gegenbegriff zur Opazität ist Transparenz. Apropos Transparenz: auch hier sollte man sich vergegenwärtigen, dass Papierfragen häufig Marketingentscheidungen sind. So wirbt ein bedeutender Hersteller: "Transparentpapiere machen Drucksachen spannend. Weil sie mehr zeigen als andere Papiere, aber dennoch nicht völlig preisgeben, was unter ihnen liegt. Sie erweitern den kreativen Freiraum." (PAGE; Juli 2000, S.19ff.)

Optische Aufheller wandeln ultraviolettes Licht in sichtbares Licht um und erhöhen dadurch optisch den Weißgehalt des Papiers. Der hier angezeigte Link führt Sie unter der Überschrift: "Online-Experiment: Optische Aufheller entdecken!" in die Papierabteilung des Deutschen Museums, in der man diesen Effekt sehr schön darstellt und beschreibt. Eine weitere Möglichkeit des Weißmachens neben dem Streichen besteht in der Behandlung mit *Bleichmitteln*, was aber die Haltbarkeit des Papiers deutlich verringert. Das besonders wirksame Chlor wird dabei aus Gründen des Umweltschutzes mehr und mehr durch andere Verfahren (z.B. mit Sauerstoff) ersetzt. Auch *Leime* werden mit der Faser-Wasser-Suspension vermischt, weshalb man von geleimtem Papier spricht. Natürliche und synthetische Leime vermindern die Zwischenräume zwischen den Fasern, die Flüssigkeiten aufsaugen. Dem Papier wird dadurch die Saugfähigkeit genommen, es verzieht sich also nicht bei Feuchtigkeitseinwirkung, was besonders bei Offsetpapieren wichtig ist. Auch ist das Leimen Voraussetzung für die Beschreibbarkeit mit Tinte. *Farben* werden verwendet, um eine Tönung zu erreichen.

3. Die Oberflächenbearbeitung von Papier

An dieser Stelle möchte ich Ihnen noch einmal aus der im Skriptkopf bereits zitierten PAGE Ausgabe (Juli 2000) »Papier im Griff: Kreation und Technik« einen wichtigen Satz vorlegen; anlässlich der riesigen Menge unterschiedlicher Papierarten liest man:

"Die Sehnsucht nach dem Haptischen scheint ungebrochen."

(Die Haptik ist die Lehre vom Tastsinn).

Je nach der Oberflächenbeschaffenheit unterscheidet man:

- a) maschinenglattes Papier
- b) satiniertes Papier
- c) gestrichenes Papier
- d) Kunstdruckpapiere
- e) metallhaltiges Papier (Chromopapier)
- f) genarbttes bzw. geprägtes Papier

a) Maschinenglattes Papier

Papier, wie es die Langsiebmaschine verlässt, bezeichnet man als *maschinenglatt*. Bei Produktion auf Einsiebmaschinen besitzt es eine glatte und eine weniger glatte Seite, welche vom Fachmann als Siebseite bezeichnet wird; bei Doppelsiebmaschinen sind beide Seiten von gleicher Beschaffenheit. Sie zeigt die Struktur des Endlossiebes, das am Anfang einer Papiermaschine den zufließenden Papierbrei aufnimmt. Maschinenglattes Papier ist von der Oberflächenbeschaffenheit das qualitativ Minderwertigste und wird hauptsächlich beim Zeitungsdruck und für die Buchherstellung (Ausnahme: hochwertige Bildbände) verwendet. Die meisten Langsiebmaschinen haben allerdings am Ende der Trockenpartie 1-2 Glättwerke installiert, von daher erklärt sich der Begriff maschinenglatt.

b) Satiniertes Papier

Das Papier kann nachträglich geglättet werden, indem man die Papierbahn durch ein umfangreiches Walzensystem, einen sog. *Kalander*, laufen lässt. Man spricht dann von einem *satinierten* oder auch *kalandrierten Papier*. Dieses glänzende, satinierte Papier nennt man auch *Naturdruck*. Durch die *Satinage* (frz. "Seide") verringert sich allerdings die Reißfestigkeit und das Durchscheinen nimmt zu, d.h. also die Opazität (Undurchsichtigkeit bzw. Deckungsfähigkeit) nimmt ab. Anwendungsgebiete sind vorwiegend illustrierte wie z.B. Goldenes Blatt, Neue Revue und die sonstigen Regenbogen-Presserzeugnisse.

Satiniertes Papier von ca. 70-100 g wird auch als Illustrationsdruckpapier bezeichnet. Es eignet sich gut zur Wiedergabe von auch fein gerasterten Bildvorlagen und findet u.a. Verwendung für im Tiefdruck hergestellte Zeitschriften [10].

c) Gestrichenes Papier

Durch nachträgliches Auftragen einer Streichmasse (Kaolin, Kreide, Leim, Titandioxyd, Kunststoffe) mit sog. Streichmaschine auf beiden Seiten der Papierbahn kann die porige Oberfläche geschlossen werden. Die Papierflächen sind dann gleichmäßig glatt. Damit ist der höchste Grad der Opazität erreicht. Für den Vorgang des "Streichens" gibt es verschiedenartige Streichanlagen. "Gestrichene" Druckerzeugnisse sind z.B. Der Spiegel (ganz leichter Strich), Stereo, Madame. Auf dem Markt für Zeitschriften und Werbemittel spielen leichte, gestrichene Papiere, die sog. LWC- Papiere (LWC=light weight coated) eine entscheidende Rolle.

d) Kunstdruckpapier

Kunstdruckpapiere nennt man besonders hochwertiges gestrichenes Papier, d.h. die Oberfläche wird durch einen Aufstrich von Kreidemasse oder der Porzellanerde Kaolin völlig geschlossen. Durch zusätzliche starke Satinage erhält es eine hohe Oberflächenglätte. Kunstdruckpapier wird hauptsächlich zur feinen Bildwiedergabe mit hohen Rasterzahlen (60 - 120) verwendet. Gestrichene Papiere können einen lästigen Spiegelungseffekt haben, der das Lesen und Betrachten von Bildern vor allem bei Kunstlicht erschwert. Daher wird auch Kunstdruckpapier matt angeboten. Hinsichtlich der Grammatur sprach man früher ab 20 g/m² Aufstrichsubstanz von Kunstdruckpapier. Bei einem geringen Strichauftrag (5-20 g/m²) spricht man von maschinengestrichenem Papier.

e) Metallhaltiges Papier (Chromopapier)

Chromopapier: Zitat aus einem Werbeprospekt: "Seit 15 Jahren zündender, strahlender, sprühender, funkelnder, feuriger und festlicher..." Und: "Metallhaltiges Chromolux: "Papier in höchster Vollendung. Macht Gutes besser." "Chromopapier ist nur einseitig gestrichen [11]."

f) Genarbttes bzw. geprägtes Papier

Genarbttes, granuliertes oder gehämmertes und geprägtes Papier mit geriffelter Oberfläche, das erstens für Akzidenzdrucksachen wie z.B. Visitenkarten und Briefpapier verwendet wird. Zweitens spielt ein derart haptisch auffälliges Papier häufig bei der Buchherstellung eine Rolle und zwar beim sogenannten Vorsatzpapier. Das Vor- und Nachsatzpapier erfüllt die technische Funktion Buchdeckel und Buchblock zusammenzuhalten, mindestens genau so wichtig ist aber seine ästhetische Funktion - es ist ja immerhin der erste sinnliche Eindruck nach dem Buchumschlag selbst, den ein Leser (und potentieller Käufer im Buchladen) mit dem Werk erfährt. Von daher mögen hier auch Marketingaspekte von Bedeutung sein.

Die Neueinteilung der Papiere:

In Papierfabriken setzt sich zunehmend eine neue Einteilung (in aufsteigender Qualitätsreihenfolge und Weiße) durch:

- Zeitungspapier
- aufgebesserte Zeitungspapiere
- ULWC (ultralight weight coated): ultraleichtes, gestrichenes Papier
- LWC (light weight coated): leichtgewichtiges, gestrichenes Papier
- HWC (heavy weight coated): schwergewichtiges, gestrichenes Papier
- WFC (...): holzfrei gestrichenes Papier

In dieser Reihenfolge ist ein zunehmender Weißegrad und steigende Wiedergabequalität und Reißfestigkeit gegeben.

Über die verschiedenen Rasterbegriffe folgen Sie bitte diesem Link ins Typografieskript. Hier soll nur die Grundregel notiert werden: Je größer die Rasteranzahl, desto feiner die Abbildungsqualität. "In allen Druckverfahren muss der Raster auf das Papier abgestimmt werden, und je nach Verwendungszweck sind die Rasterweiten zu bestimmen. Von den technisch möglichen Tonwertabstufungen kann je nach Papierqualität nur ein Teil wiedergegeben werden. Bewährt haben sich folgende Kombinationen: 60er- und 70er-Raster für Kunstdruckpapiere, 48- und 54er-Raster für maschinengestrichene Papiere, 40er-Raster für satinierte Papiere, 30er-Raster für Zeitungspapiere."
(<http://www.feller.de/glossar.htm#R>)

4. Die Maschinen zur Papierherstellung

a) Vom Holländer zum Refiner und Stetigschleifer

Um die früheren Papierrohstoffe Hadern und Textilabfälle für die Papierherstellung verwenden zu können, mussten diese zerkleinert werden. Im 18. Jahrhundert entwickelte sich daraus der sog. *Holländer*, der im Gegensatz zum Lumpenstampfwerk die Hadern mit einer "Messerwalze" mahlte. Die Beschaffenheit der Messer bestimmte den Grad der Mahlung und somit die Qualität des Papiers.

Die gesteigerten Ansprüche an Papierqualität und -menge erforderten eine technische Verbesserung in der Herstellung. Im 20. Jahrhundert traten schließlich der *Refiner* und der *Stetigholzschleifer* an die Stelle des Holländers. Der dabei mechanisch unter großem Energieeinsatz entstandene Holzschliff ist ein Halbstoff bei der Papierherstellung (s.o.). Gleichzeitig zugeführtes Wasser leitet die Wärme ab und verhindert eine Schädigung der Faser.

b) Die Papierlangsiebmaschine

Seit der Erfindung der *Papiermaschine* gegen Ende des 18. Jahrhunderts ist es möglich, endlose Papierbahnen herzustellen. Trotz vieler Modernisierungen funktioniert dieses System der Papierherstellung heute noch in der gleichen Weise wie vor 200 Jahren. Der hier angebrachte Link führt Sie nach Augsburg, zur Haindl-AG: "Mit der neuen PM 3 Aufbruch in das Jahr 2000". Der Funktionsmechanismus der Langsiebmaschinen allgemein:

Die *Papiersuspension*, bestehend aus Halbstoff, Füllstoff, evtl. optischen Aufhellern, Bleichmitteln oder Leimen sowie 98 bis 99% Wasser, wird innerhalb der Papierlangsiebmaschine auf ein endloses feines Sieb gespritzt und gleichmäßig darauf verteilt. (Beispiel für einen Rohstoff-Mix aus Augsburg, siehe oben: je 25 % Altpapier, Holzstoff, Zellstoff und Pigmente.) Die Verfilzung der einzelnen Fasern erreicht man durch Schütteln des Siebes. Während das Wasser abfließt, entsteht eine siebbreite Papierbahn. Sie durchläuft die Maschine mit einer Geschwindigkeit von ca. 60 bis 120 km/h. Diese Geschwindigkeit bewirkt, dass sich die Fasern in der Maschinenlaufrichtung ausrichten; so erhält das Papier seine *Laufrichtung*. Im Anschluss wird der Papierbahn durch Saug- und Presswalzen Wasser entzogen (bis zu einem Trockengehalt von ca. 38%). Die Papierbahn durchläuft weitere Presssysteme und beheizte Zylinder in der Trockenpartie, bis ein Trockenheitsgrad von nahezu 96% erreicht ist. Das Ergebnis ist das sog. *maschinenglatte* Papier, das hinsichtlich seiner Oberflächenbeschaffenheit weiter bearbeitet werden kann.

5. Die Stoffklassen

Je nach Zusammensetzung der Rohstoffe sowie Art und Herstellung werden die Papiere in folgende Stoffklassen eingeteilt:

Stoffklasse	Zusammensetzung	Beispiele
1 superfein	100% Hadern	Banknoten Wertzeichen Wertschriften Landkarten
2 fein (hadernhaltig)	mindestens 20% Hadern	Wertpapier Akten Schreibpapier Buchungspapier
3 mittelfein (holzfrei)	höchstens 5% verholzte Fasern, jedoch ohne Eintrag von Holzschliff	Schreibpapier Druckerpapier Schreibmaschinen- papier Aktenpapier Buchungspapier
4 belordinär (schwach holzhaltig)	mindestens 20% Holzschliff	Druckpapier Schreibmaschinen- papier Schreibpapier Aktenpapier Buchungspapier
5 konzept (holzhaltig)	mindestens 40% Holzschliff	Druckpapier Schreibmaschinenp- apier Schreibpapier Aktenpapier Buchungspapier
6 ordinär (stark holzhaltig)	mindestens 55% Holzschliff	Druckpapier Druckkarton Tiefdruckpapier für Zeitungen und Zeitschriften
7 Zeitungsdruck	ca. 80% ungebleichter Holzschliff	Zeitungspapier
8-12	ungebleichte Stoffe	Pack- und Einwickelpapier

6. Technische Begriffe im Zusammenhang mit Papier

Im herstellerischen Sprachgebrauch bezeichnet man die Richtung, in der Zellulosemoleküle im Papier ausgerichtet sind, als *Laufriichtung*. Diese Ausrichtung entsteht durch die Geschwindigkeit, mit der der nasse Papierbrei auf das Langsieb aufgedüst wird. Es ist ebenso die Richtung, in welcher das Papier durch die Maschine läuft. Da Zellulosemoleküle weniger dehnbar und flexibel sind als die zwischen ihnen bestehenden Wasserstoffbrückenbindung, entsteht entgegen der Laufriichtung eine höhere Elastizität.

In Laufriichtung ist das Papier *zug-, falz- und dehnfest*, in der Dehnrichtung ist es dagegen weniger zugfest. Die Laufriichtung des Papiers kann daher wie folgt bestimmt werden:

- durch die *Nagelprobe*, indem man mit den Fingernägeln an beiden Kanten des Papiers entlang fährt. Die glatt gebliebene Kante zeigt die Laufriichtung des Bogens an.
- durch die *Biegeprobe*, indem man zwei gleich große Streifen aus der Längs- und Breitseite des Bogens ausschneidet und aufeinander legt. Die Fasern bei dem Streifen mit geringerem Neigungswinkel verlaufen dann in Laufriichtung. (Evtl. übereinander gelegte Streifen wenden.)
- durch die *Reißprobe*: hier ergibt sich quer zur Faserlaufriichtung ein größerer Widerstand und infolgedessen eine gezackte Struktur des Risses.
- durch die *Feuchtigkeitsprobe*, indem man das Papier anfeuchtet und trocknen lässt. In Dehnrichtung kann man dann eine Wellung beobachten, die in der Laufriichtung fehlt.

Für den Zuschnitt des Papiers in Bogen ist die Bahnbreite zu berücksichtigen. In Verbindung mit Bogenpapier spricht man von *Schmal-* und *Breitbahn*. Bei Breitbahn liegt der Faserlauf längs der schmalen Bogenkante, bei Schmalbahn geht er parallel zur langen Seite des Bogens. Die Laufriichtung soll parallel zum Buchrücken liegen, da sich unter Einfluss von Feuchtigkeit beim Einbinden die Papierfasern überwiegend in Querrichtung ausdehnen können. Bei falscher Laufriichtung würden sich die Papierblätter wellen und dem Buch ein unschönes Aussehen geben. Bei Klebebindung kann die falsche Laufriichtung bei Feuchtigkeitseinfluss die Bindung sprengen. Außerdem ist beim Offsetdruck die Laufriichtung parallel zur Druckwalze auszurichten. Angabe der Schmal- und Breitbahn in der Praxis: Bei einem DIN A4 Blatt z.B. wird bei der Angabe des Formats die kleinere Größenangabe unterstrichen (210 mm x 297 mm), bei Breitbahn die größere Maßangabe (210 mm x 297 mm). Das Papiergewicht ist für die Produktplanung eines Verlages von großer Bedeutung; ist es doch vor allem mit den damit verbundenen Qualitätsmerkmalen ein wesentlicher Kalkulationsfaktor. Für die Herstellung von Büchern und Zeitschriften werden in der Regel Papiere verwendet, die zwischen 60 und 100 g/m² liegen, um die erforderliche Opazität und Griffigkeit einerseits zu gewährleisten und zum anderen nicht zu sehr "aufzutragen". Der Begriff "Auftragen" bezieht sich auf das *Papiervolumen*. Das Volumen kann z.B. durch künstliches Anreichern mit Luft erhöht werden oder durch starkes Glätten auf das Volumen 1,0 oder darunter gebracht werden. Die Formel zur Berechnung des Volumens lautet wie folgt:

Papiervolumen=Papierdicke in mm x 1000 : Gewicht in g/m²

Im Fachjargon spricht man von *einfachem Volumen*, wenn die Bogendicke in mm ein Tausendstel des Quadratmetergewichts ausmacht. Zweifaches Volumen ist somit zwei Tausendstel des Papiergewichts. Hierzu ein Rechenbeispiel:

Bei einem Bogen Offsetpapier mit einem Quadratmetergewicht von 90 g und 1,25fachem Volumen ergibt sich eine Papierdicke von 0,1125 mm. Das Flächengewicht und die Dicke des Papiers können außerdem mit einer Papierwaage bzw. Dickenmesser bestimmt werden.

Der Papierpreis wird entweder 100 kg-weise oder zu 1000 Bogen angegeben. Bei der abgenommenen Papiermenge muss ein "Übergewicht" (das gelieferte Papier wiegt etwas mehr als bestellt) nicht zusätzlich bezahlt werden, bei einem "Untergewicht" (das gelieferte Papier weist ein geringeres Gewicht auf) wird nur für das tatsächliche Gewicht des gelieferten Papiers bezahlt. Ein Beispiel zur Umrechnung des 100 kg- in den 1000-Bogenpreis:

Es kosten 100 kg einer DIN A4-Papiersorte mit einem Flächengewicht von 90 g/m² 170 DM. Ein 70 x 100 cm großer Bogen wiegt 0,700 x 1,00 m² x 90 g/m²=63 g. 1000 Bogen würden demnach 63 kg wiegen. Bei einem Kilogrammpreis von 1,70 DM ergibt sich als 1000-Bogenpreis dann 63 x 1,70 DM=107,10 DM.

Beim Einkauf von Papier unterscheidet man zwischen dem *Strecken-* und dem *Lagergeschäft*. Während beim Streckengeschäft das Papier direkt von der Papierfabrik an die Druckerei geliefert wird, erhält man beim Lagergeschäft das Papier vom Lager des Papiergroßhändlers.

Im folgenden eine Auswahl an Circa-Gewichten handelsüblicher Papiersorten:

Leichte Sorten:

Papiersorte	Circa-Quadratmetergewicht
Seidenpapier	> 17 g/m ²
Postpapier	25 g/m ²
Maschinenglattes Dünndruckpapier (z.B. Telefonbuch)	> 30 g/m ²
ULWC-Papier	> 35 g/m ²
Pergamentpapier	40 g/m ²
Maschinenglattes Druckpapier in Bogen	48 g/m ²
LWC-Papier (z.B. Illustrierte, Kataloge)	50-70 g/m ²

Mittelschwere und schwere Sorten:

Zeitungsdruckpapier	40-48 g/m ²
Briefpapier	70-80 g/m ²
Packpapier	80-120 g/m ²
Kunstdruckpapier (z.B. Bildband)	80-120 g/m ²
Karton	> 200 g/m ²
Pappe	> 500 g/m ²

Quellennachweis © Wolf Lumb (Inhalt):

- [1] Hermann Kühn, Lutz Michel, Papier Katalog der Ausstellung Deutsches Museum, München 1986, S. 25 ff.
- [2] Hermann Kühn, Lutz Michel, Papier Katalog der Ausstellung Deutsches Museum, München 1986, S. 33
- [3] Hermann Kühn, Lutz Michel, Papier Katalog der Ausstellung Deutsches Museum, München 1986, S. 91
- [4] DUDEN, Fremdwörterbuch, Mannheim 1994
- [5] Hermann Kühn, Lutz Michel, Papier Katalog der Ausstellung Deutsches Museum, München 1986, S. 92
- [6] DUDEN, Fremdwörterbuch, Mannheim 1994
- [7] Lothar Götsching (Hrsg.), Papier in unserer Welt, Düsseldorf, Wien, New York 1990, S. 259
- [8] Reinhard Mundhenke, Der Verlagskaufmann, Frankfurt 1994, S. 522
- [9] Hermann Kühn, Lutz Michel, Papier Katalog der Ausstellung Deutsches Museum, München 1986, S. 192
- [10] Karl Nilitschka, Papier, Satz, Reproduktion, Druck, Ausrüsten, Switzerland o. J., S. XXX und Hermann Kühn, Lutz Michel, Papier Katalog der Ausstellung Deutsches Museum, München 1986, S. 177
- [11] Hubert Blana, Die Herstellung, München, London, New York, Oxford, Paris 1993, S. 3
- [12] Hubert Blana, Die Herstellung, München, London, New York, Oxford, Paris 1993, S. 210 ff.
- [13] FAZ 1995
- [14] Ulrich Stiehl, Der Verlagsbuchhändler, Ein Lehr- und Nachschlagewerk, Stuttgart, 1994
- [15] Reinhard Mundhenke, Der Verlagskaufmann, Frankfurt 1994, S. 441
- [16] Reinhard Mundhenke, Der Verlagskaufmann, Frankfurt 1994, S. 441
- [17] Reinhard Mundhenke, Der Verlagskaufmann, Frankfurt 1994, S. 416
- [18] Hubert Blana, Die Herstellung, München, London, New York, Oxford, Paris 1993, S. 210 ff.
- [19] Wolfgang Göhler, Grundwissen Buchhandel Verlage, Band 1, Kaufmännisches Rechnen, Statistik, München 1982, S. 18 f