

Zusammensetzung von Papier

Seit jeher gilt Papier als vielfältiger Rohstoff, der eine Bandbreite an Ansprüchen zu erfüllen hat. Vom Schulheft, das Spannendes und Lehrreiches erfassen muss, über Zeitungen, die eine breite Öffentlichkeit informieren, winzige Spickzettel, die sich im Mäppchen verstecken lassen müssen oder das Taschentuch für die Grippesaison. Die Einsatzmöglichkeiten sind so vielfältig, dass die Zusammensetzung des Rohstoffes stark variieren muss.

Die Herstellung im Sulfit- bzw. Sulfatverfahren, sowie verschiedene Faserstoffe werden in der Lehrerinfo 2 B dargestellt.

Grundstoffe für die Papierherstellung

Die Rohstoffe, die für die Herstellung von Papier notwendig sind, lassen sich grob in vier Gruppen unterteilen:

1. Faserstoffe (Holzstoff, Zellstoff oder Altpapier),
2. Leim bzw. Imprägniermittel (tierische Leime, Harze, Paraffine und Wachse),
3. Füllstoffe (Kaolin, Kreide oder Titanweiß) und
4. Hilfsstoffe (Farbstoffe, Retentionsmittel u. ä.), die je nach gewünschten Eigenschaften in unterschiedlichem Verhältnis auftauchen.¹

1. Faserstoffe

Zellulose ist ein Polysaccharid der Kohlenhydrate und kann u. a. aus Holz, Stroh, Textilien und Altpapier gewonnen werden. Grundlage für die Herstellung von Papier ist im Großteil aller Fälle jedoch Holz.² Dieses setzt sich zu 40 - 45 Prozent aus Zellulose, zu 25 - 30 Prozent Hemizellulose und zu 25 Prozent aus Lignin zusammen. Den wichtigsten Grundstoff bildet hierbei die zu Fibrillen verbundene Zellulose. Sie besteht aus vielen, kettenförmig verknüpften Glukoseresten, welche in Verbindung von Wasserstoff Cellobiose formen. Zellulose ist das Polymer der Cellobiosestränge.³ Die weichen Zellulosefasern werden von den Hemizellulosepolymeren umwickelt und durch Wasserstoffbrücken zusammengehalten. Lignin-Polymere stützen die Struktur von außen und bilden einen Verbundstoff, der zum einen für die Festigkeit des Holzes sorgt, zum anderen jedoch auch zu einer schnellen Vergilbung des Papiers führt.⁴ Durch chemischen Aufschluss gelingt es, die faserige Zellulose von den sogenannten Inkrusten zu trennen. Diese sind häufig Lignin und Harze, die sich oft als nachteilig für die späteren Eigenschaften des Papiers zeigen.⁵

Flüssiges Holz

Das Makromolekül Lignin gilt, neben Zellulose, als einer der häufigsten Stoffe dieser Erde und ist ausschlaggebend für die Verholzung der Pflanzen. In der papierverarbeitenden Industrie stellt es mit ca. 50 Mio. Tonnen ein Abfallprodukt dar, welches jedoch mit Hanf- oder Flachsfasern vermischt einen bei Wärme verformbaren Kunststoff ergibt. Dieses „flüssige Holz“ oder Arboform kann zu 100% umweltfreundlich entsorgt werden. In vielen Großbetrieben findet der vielseitige Rohstoff bereits als Bestandteil von Lautsprechern, Uhren, Spielwaren, Geschirr oder Leiterplatten Verwendung.⁹

2. Leimstoffe und Imprägniermittel

Der Einsatz von Leimstoffen führt zu einer Schließung der Poren des Papiers und Verbesserung der Beschreibbarkeit. Er wird auch als Hydrophobierung der Faser bezeichnet. Prinzipiell wird zwischen Oberflächenleimung, bei der das fertige Papier mit Leim beschichtet wird, und Masseleimung, bei der der Leim dem Faserbrei zugegeben wird, unterschieden. Als Leimstoffe der Oberflächenleimung werden häufig Gelatine oder Stärkederivate eingesetzt, bei der Masseleimung werden verseifte Baumharze, AKD (alkylierte Ketendimere) und ASA (Alkenyl Succinic Acid = alkyliertes Bernsteinsäureanhydrid) bevorzugt.

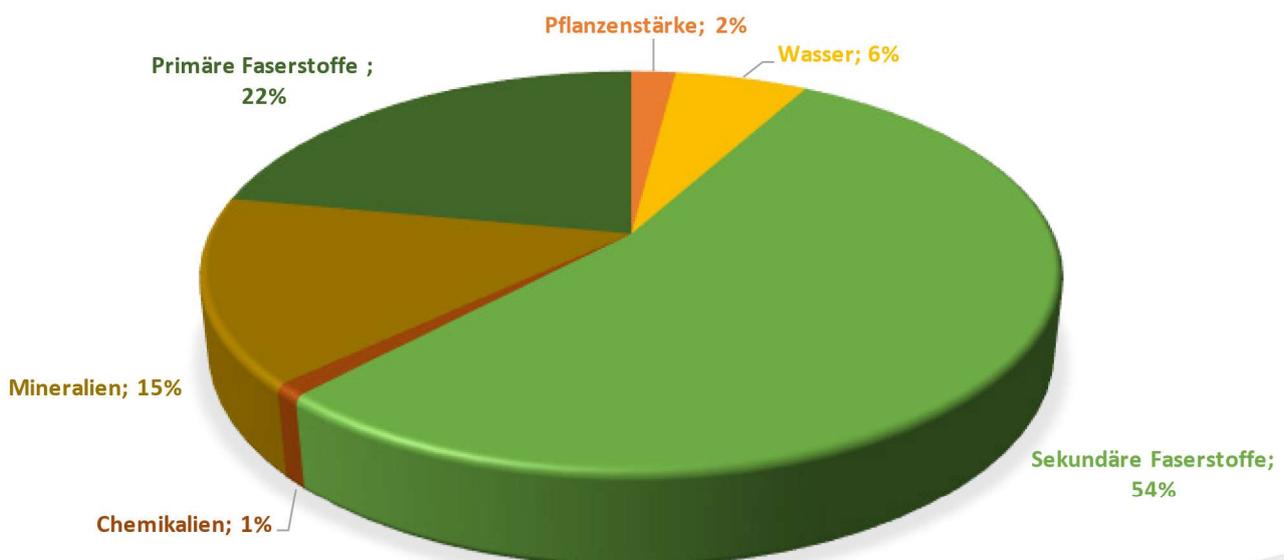
3. Füllstoffe

Durch die Verwendung von Füllstoffen werden die verbleibenden Zwischenräume zwischen den Fasern geschlossen, wodurch, neben einer glatten Oberfläche, das Papier auch geschmeidiger in der Handhabung wird. Die Aschezahl gibt dabei den Masseanteil der eingesetzten Füllstoffe wieder. Ein hoher Wert, kombiniert mit dem Einsatz langer Fasern, spricht für besonders raschelfreies Papier, wie es z. B. in Theaterbroschüren benötigt wird. Hier kann der Gehalt an Füllstoffen bis zu 30 Prozent betragen. Ein weiteres Produkt mit hoher Aschezahl ist Zigarettenpapier, hierbei sorgt der Einsatz von Füllstoffen dafür, dass das entzündete Papier nicht abbrennt, sondern nur zu glimmen beginnt.

In der Vergangenheit gab es eine Vielzahl an Füllstoffen. Kaolin oder Porzellanerde (engl. China Clay) war lange Zeit eines der meist verbreiteten Pigmente in der Papierherstellung. Da die Nachfrage nach weißem Papier bzw. der Anteil an Recyclingpapier (und damit die Notwendigkeit stärkerer Weißpigmente) wuchs, der erreichte Weißegrad jedoch geringer als bei alternativen Stoffen ist, wurde in der Papierindustrie zunehmend zu Calciumcarbonat gegriffen.

Gemahlenes Calciumcarbonat (GCC) ist ein natürliches Produkt mit hohem Helligkeitsspektrum und kann aus Kalkstein, Marmor oder Kreidevorkommen gewonnen werden. Gefälltes Calciumcarbonat (PCC) hingegen wird synthetisch aus gebranntem Kalk hergestellt und kann, je nach gewünschtem Einsatzgebiet, entsprechen modifiziert werden, wirkt jedoch bei zu hohem Einsatz faserschädigend. Ein weiterer Füllstoff ist das sogenannte Talkum. Im Gegensatz zu Calciumcarbonat ist der mit Talkum erreichte Glanz deutlich geringer, hat jedoch einen positiven Einfluss auf die Holzfaserkörnung und kann zu einer Verbesserung der Laufeigenschaften führen. Talkum wird häufig zur Optimierung der Bedruckbarkeit von ungestrichenen Papieren eingesetzt, da es die Porosität der Fasern verringert. Titanweiß/Titanoxid ist einer der teuersten Füllstoffe, durch den der erreichte Glanz sehr hoch werden kann. Auf Grund seines hohen Preises wird es jedoch allenfalls für besondere Auflagen in geringer Stückzahl eingesetzt, gleiches gilt für die Minerale Gips, Bentonit, Aluminiumhydroxid und Silicate.

Die „Statistische Tonne Papier“ in Deutschland (2010)⁷



4. Hilfsstoffe

Je nach späterem Einsatzgebiet des produzierten Papiers können eine Vielzahl unterschiedlicher Hilfsstoffe eingesetzt werden. So werden buntem Bastelpapier oftmals synthetisch erzeugte Farbstoffe zugegeben. Werden starke Intensivtönungen benötigt, wird hingegen zur sogenannten Küpenfärbung (Färbung mit wasserunlöslichen Färbemitteln; namensgebend ist der genutzte Bottich oder Küpe) mit Indigo bzw. zur Rotpigment-Färbung, mit Rotlack oder Cochenille gegriffen. Die eingesetzten Farbstoffe reagieren dabei in der Regel ausschließlich selektiv entweder auf den Cellulose- oder den Holzanteil. Auch weißem Papier können Farbstoffe beigefügt sein, oftmals sind optische Aufheller beigemischt, welche der Gruppe der Farbstoffe zugeordnet werden.

Eine weitere Gruppe der Hilfsstoffe sind die sogenannten Nassfestmittel. Diese Polymere sind während der Verarbeitung wasserlöslich und reagieren mit den Papierfasern unter Bildung von wasserunlöslichen Quervernetzungen, die auch im nassen Zustand dem Papier eine gewisse Stabilität gewähren. Von Küchenkrepp, über Landkarten und Geldnoten, das Einsatzgebiet der Nassfestmittel ist groß. Allerdings hat ihre Verwendung auch einen erheblichen Nachteil für die Altpapierverwertung: Die innerhalb des Papiers erzeugten hydrophoben Ketten verhindern das erfolgreiche Recyceln des Papiers und durch die chemisch aufgebrochenen Nassfestmittel nimmt die Qualität der Fasern rasant ab und die Altpapierqualität sinkt im Vergleich zum normalen Recycling rapide.⁶

Verschiedene Arten von Papier

Hadernpapiere, wie sie für Banknoten-, Bütten- und hochwertige Zeichendruckpapiere verwendet werden, sind holzfreie Papiere mit langen, geschmeidigen und unverholzten Fasern mit hohem Zellstoffanteil. Sie setzen sich aus sogenannten Hadern (pflanzliche Faserstoffe aus textilen Abfällen von Baumwolle, Leinen, Hanf und Flachs) zusammen.

Papiere aus Altpapier, Zell- oder Holzstoff nehmen den größten Produktionsanteil ein und können aus einer Vielzahl pflanzlicher Rohstoffe gefertigt werden. Sie weisen je nach zugrundeliegendem Material stark unterschiedliche Eigenschaften auf und können vom Hygienepapier bis hin zum grafischen Spezialpapier verwendet werden.

Synthetische Papiere aus großmolekularen Kunststofffasern sind oftmals wasserfest und werden u. a. für Führerscheine, Ausweise usw. verwendet. Da sie allerdings nicht wie pflanzliche Fasern verfilzen, müssen diese miteinander verklebt werden.

Holzfreie Papiere werden ausschließlich aus reinem Zellstoff hergestellt, mit einem maximalen Gehalt an verholzten Fasern von 5 Prozent

Holzhaltige Papiere hingegen bestehen zu 10 bis 90 Prozent aus Holzstoff, welchem Zellstoff oder Altpapier beigemischt wurde.⁵

Bleichmethoden für den Papierrohstoff

- Der Einsatz von Chlor, optischen Aufhellern und halogenierten Bleichmitteln ist verboten. Dadurch werden Gewässer und Umwelt geschont.
- Zellstoff: Bleiche immer erforderlich (außer für braune Verpackungspapiere)
- Bleichmittel:
 - Elementares Chlor (Elementarchlorbleiche), in D verboten, weltweit noch zu ca. 2 Prozent angewandt
 - Chlordioxid (=ECF = Elementarchlorfrei) zu rund 93 Prozent verbreitet
 - Ozon/Sauerstoff (TCF = Total Chlorfrei) ca 5 Prozent
- Holzstoff: Bleiche erforderlich mit Sauerstoff/Ozon
- Altpapier: lediglich Faserwäsche (Deinking), mitunter Nachbleiche mit Sauerstoff⁸

Rohstoffeinsatz der dt. Papierindustrie 2015 für 22,6 Mio. t Papier⁸

14 Mio. t	Aufbereitetes Altpapier (=75% der Faserstoffe) aus 16,7 Mio. t eingesetzten Altpapiers (+1% gegenüber Vorjahr)
4,5 Mio. t	Zellstoff (=20% der Faserstoffe) überwiegend aus Importen
1,1 Mio. t	Holzstoff (=5%) aus inländischer Herstellung
3,9 Mio. t	Füllstoffe und Streichpigmente (Kreide, Kaolin, Stärke etc.)

Altpapieranteile⁸

Altpapieranteil in inländisch hergestelltem Papier und Karton = Altpapier-Einsatzquote 2015 der deutschen Papierindustrie	74 %
Altpapieranteil im importierten Papier (errechnet aus den Altpapier-Einsatzquoten der Lieferländer)	ca. 39 %
Altpapieranteil in der inländischen Verbrauchsmenge an Papier (inländisch erzeugtes Papier sowie Importe)	ca. 59 %

Quellen:

1. www.papyrus.com
2. www.lwf.bayern.de
3. www.chemie.de
4. Die Multivision e. V.; REUSE – Über unseren Umgang mit den Ressourcen der Erde; 2015
5. Bundesverband Druck und Medien; 03.01 Papier, Karton, Pappe
6. www.bmlfuw.gv.at
7. www.tu-dresden.de, eigene Darstellung
8. föp, Papierkompass 15. Ausgabe 12/2015
9. www.tecnaro.de/deutsch/arboform.htm