

sowie unter Umständen auftretende Veränderungen während der Jahreszeiten, ist für jedes Werk wichtig und kann für den Neubau einer Papierfabrik von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Die Verwendung von Rückwasser spielt bei der Rohpapierherstellung gleichfalls eine Rolle. Von Trichterstoffanlagen kann das Klarwasser zur Stoffverdünnung bei den Maschinenbüten, bzw. zum Leeren der Ganzzeugholländer Verwendung finden. Rotoranlagen (V. I. B. Frankfurt) benützen das Siebtischwasser von Papiermaschinen im kurzen Kreislauf zur Einlaufstoffverdünnung, für Schaumzerstörer-Düsen und bei den Spritzrohren der Knotenfänger sowie bei verschiedenen Walzen der Siebpartie. (Näheres siehe I B dieses Abschnittes.)

## b) HALBSTOFFE

Unter „Halbstoffe“ versteht man alle Faserstoffe, welche zur Papierherstellung Verwendung finden. Die gebräuchlichsten hievon sollen hier zur Beschreibung gelangen, wobei in erster Linie besondere Eigenschaften derselben hervorgehoben werden. Jeder Faserstoff zeigt in Abhängigkeit von seiner Herkunft und Herstellungsart, womit der morphologische, bzw. Feinbau sowie die chemische Zusammensetzung wechselt, ganz unterschiedliches Verhalten bei der Behandlung in einem Mahlholländer. Schon Mühlstroph hat 1938 den Einfluß der Faserform und Faserwanddicke auf das Verhalten ungemahlener Zellstoffe untersucht, während R. Runkel später Mahluntersuchungen vornahm. Demnach können chemische Veränderungen von Zellstoffen mit morphologischen Veränderungen in engen Wechselbeziehungen stehen. Innere und äußere Faseroberfläche können durch Hydrolyse verändert werden und so optische Halbstoffeigenschaften beeinflussen. Der Weißgehalt eines Zellstoffes nimmt z. B. auch mit der zerteilenden Mahlung ab. (Heß, Runkel.) Entzug von Zellulosebegleitern bewirkt Lockerung des Gefüges, Steigerung der Saugfähigkeit und Opazität sowie Festigkeitsverminderungen. Zellulosen niedrigen Polymerisationsgrades ergeben schnellere Wasseraufnahme beim Mahlen als Zellulosen hohen Polymerisationsgrades.

Von den meisten Halbstoffen wird, mit Ausnahme von solchen für minderwertige Papiere, weitestgehende Freiheit von Unreinheiten gefordert. Die richtige Auswahl der Faserstoffe bildet, wie schon oben dargelegt, die erste Grundlage, um gewünschte Papiereigenschaften zu erreichen. Jeder Faserstoff zeigt ein charakteristisches Mahlverhalten und gibt dem Papier bestimmte Eigenschaften. Für die Auswahl spielen neben technischen Belangen auch solche wirtschaftlicher Natur eine weitgehende Rolle, wobei man sich darüber im klaren sein muß, daß mit bestimmten Stoffen eben nur bestimmte Papiereigenschaften zu erreichen sind. Als allgemeine Richtlinie für eine Fasergewinnung aus Pflanzenstoffen ist zu sagen, daß die betreffenden Aus-

gangspflanzen in genügender Menge vorhanden und die daraus zu erhaltenen Fasern in befriedigenden Ausbeuten und geeigneter Art wirtschaftlich gewinnbar sein müssen.

**Weißer Holzschliff:** Für die mechanische Zerfaserung auf Schleifsteinen bei verschiedenen Temperaturen wird vornehmlich Nadelholz, wie Fichte, Tanne und Kiefer, oder Laubholz, wie Aspe, Birke u. a., verwendet. Die in der Papierherstellung benötigten Eigenschaften der Stoffe sind in der Schleiferei durch entsprechendes Arbeiten (Schleifdruck und Temperatur, Sortierung usw.) zu erreichen. Eine ausgesprochene Mahlbehandlung im Ganzzuegholländer soll bei Holzschliff kaum mehr erfolgen. Mahlgrad und Festigkeiten schwanken bei diesen Halbstoffen je nach dem Herstellungsverfahren sehr. Stoffe von 70 bis 80° Sch. R. können Reißlängen von etwa 2000 bis 4500 m entwickeln. Man unterscheidet vornehmlich den röschen „Grobschliff“ (Sch. R. Gr. etwa 50) mit steifen, wenig verfilzungsfähigen Fasern und den „Feinschliff“ (Sch. R. Gr. etwa 70 bis 80), der viel an den Enden ausgefrante und zerquetschte Fasern enthält und gut verfilzbar ist. Über die Einteilung von Holzschliff hat neuestens W. Brecht wissenschaftliche Arbeiten veröffentlicht. Ein bei höherer Temperatur erhaltener Stoff ist durchwegs rötlicher als kaltgeschliffener. Kiefernsliff besitzt ausgesprochen rötliche Farbe und dunkelt stark nach. Er bewirkt intensives Schäumen auf den Papiermaschinen und hat voluminösen, auftragenden Charakter. Der Splitteranteil eines Schliffes ist gut in der „Blauschale“ zu erkennen. Eine Stoffprobe wird dabei in einer innen blauglierten Porzellanschale aufgeschlämmt, wobei Splitter von etwa  $\frac{1}{4}$  mm Breite ab deutlich erkennbar sind. Holzschliffe werden — abgesehen von ihrer Reinheit — auf Farbe, Mahlgrad, Reißlänge und Berstdruck geprüft. Sie zeigen sämtliche Verholzungsfarbreaktionen (z. B. Rotfärbung mit Phloroglucin — Salzsäure). Laubholzschliffen haftet eine gewisse Schwammigkeit an. Sie enthalten weniger Splitter als Nadelholzschliff (H. Schwalbe). Während mehr gröberer Schliff beispielsweise für Rotationsdruck verarbeitet wird, gibt Feinschliff den Papieren bessere Deckung. Wird Rotationsdruck jedoch mit geringem Zellstoffgehalt von etwa 16 % gearbeitet, so ist dann auch die Anwendung feineren Schliffes nötig. Das Bleichen von Holzschliff geschieht mittels Natriumbisulfit, welches einer gewissen Einwirkungsdauer bedarf, oder durch Anwendung des rascher wirkenden Natrium-Hydrosulfits.

**Braunsliff:** Wird das Holz vor dem Schleifen unter Druck gedämpft oder mit Wasser gekocht, so löst sich ein Teil der „Inkrusten“ und man erhält einen Stoff mit viel Einzelfasern, den man seiner Farbe wegen als Braunsliff bezeichnet. Der langfaserige Stoff zeigt bei mittlerer Schmierigkeit (z. B. 46° Sch. R.) gute Verfilzungsfähigkeit und Festigkeiten von etwa 3700 m Reißlänge.

**Sulfitzellstoffe:** Kochung von Hölzern meist mit Schwefligsäure

bzw. Kalziumbisulfidlösungen bei bestimmten Drücken und Temperaturen ergibt ungebleichte Sulfitzellstoffe. Nach ihren Aufschlußgraden werden sie in „Harte“ (z. B. Fak-Härtegrad\* 13—24), „Normale“ (F.-Härtegrad 9—12) und „Bleichfähige“ (F.-Härtegrad 1—8) eingeteilt, wozu noch unreine Minderarten aus Schälspänen oder Abfallholz kommen. Auch die bei einer Zellstoffaufbereitung anfallenden Stoffe (Splitter und Äste) erfahren eine besondere Aufbereitung und kommen als IIa, IIIa oder auch als IVa in den Handel (Zellstoffabfälle). Als Hölzer finden vorwiegend Fichten sowie auch Tannen, Pappeln (Aspe), Buchen, Birken, Weiden, Eukalyptus u. a. Verwendung. Die Unterscheidung in direkt gekochte „Ritter-Keller-Stoffe“ und indirekt gekochte „Mitscherlich-Stoffe“ ist veraltet und nicht mehr begründet, da direkt gekochte Stoffe bei entsprechender Kochprozeßführung den indirekt gekochten gleichgestellt sind. Ausgesprochen „harte“ Stoffe besitzen schlechte Festigkeitseigenschaften, besonders niedrige Falzzahlen und geringe Dehnungen. „Normale“ zähe Stoffe zeigen gute Festigkeiten mit hohen Falzzahlen und guter Verfilzbarkeit. Ihre Mahlung benötigt etwas längere Zeit als jene der „harten“ Stoffe. Bleichfähige oder weiche Zellstoffe zeigen bei genügenden Festigkeiten gute Falzungen und Dehnungen, auch entsprechende Saugfähigkeiten. Durch Bleichen der verschiedenen Sorten resultieren härtere, normale, weiche oder Spezialstoffe, zu welch letzteren die verschiedenen Alpha-Stoffe gehören. Sie unterscheiden sich in ihrem Mahlverhalten und den Festigkeiten voneinander, ähnlich wie dies bei ungebleichten Stoffen der Fall ist. Die Auswahl der Sulfitzellstoffe erfolgt nach den geforderten Papiereigenschaften. Härtere Stoffe, die sich leichter schmierig mahlen lassen, leicht fibrillieren und so eine geschlossenere Oberfläche geben, benutzt man u. a. auch für Schreibpapiere, für welche jedoch auch weiche Stoffe eine gute Opazität (Undurchsichtigkeit) geben. Hohe Falzzahlen für gebleichte Stoffe erhält man aus ursprünglich zähen, ungebleichten, bei niedriger Temperatur gekochten Stoffen, welche gleichfalls bei niedrigeren Temperaturen (28—30°) möglichst stufengebleicht werden. Stoffe, die mit „überriesenen Kochungen“ durch Überbleiche oder Übertrocknung herausgearbeitet wurden, zeigen schlechtes Fibrilliervermögen und geben „spröde“ Fasern. Fibrillierung ist besonders für gute Verfilzung nötig. Bei Schnelläufer-Papiermaschinen soll der ungemahlene Zellstoff schon einen röscheren Charakter haben, da er sonst am Sieb bei den hohen Geschwindigkeiten schlecht entwässert (H. Schwalbe). Für ihre Eigenschaften bzw. die nötige Mahlbehandlung ist auch die Holzart, aus der die Zellstoffe gewonnen wurden, maßgebend. „Feinfaserige Stoffe“ (z. B. aus Nordeuropa) erfordern andere Mahlung als „grobfaserige Stoffe“.

**Natronzellstoffe:** Aufschluß von Nadelhölzern, besonders von Kiefern, mit Alkalien (NaOH und auch Na<sub>2</sub>S) führt zu den Natron- oder Sulfitzellstoffen, die wesentlich andere Eigenschaften als Sulfitzellstoffe auf-

\* Deutscher Fachausschuß, Unterausschuß für Faserstoffanalysen, Merkblatt 2.

weisen. Ungebleichte Stoffe von hell- bis dunkelbrauner Farbe sind zäh und geben vor allem hohe Falzzahlen, die etwa bei 500 bis 3000, in Sonderfällen aber auch bei etwa 7000 liegen können. Gebleichte Natronzellstoffe haben baumwollähnlichen Charakter und sind für opake Papiere (undurchsichtige) geeignet. Besonders „grobfaserige Stoffe“ stellen Kiefersulfatzellstoffe der Vereinigten Staaten von Nordamerika, von der Westküste oder den Südstaaten dar. Diese verlangen besondere Holländermahlung und entwässern ziemlich rasch.

**Edelzellstoffe:** Als teilweiser Ersatz für Baumwoll- bzw. Leinenfasern finden mitunter auch veredelte Zellstoffe Verwendung, welche durch chlorierende und alkalische Nachbehandlung und Bleiche von Natron- oder Sulfitzellstoffen (Fichte, Buche, Kiefer) erhalten werden. Derartige Stoffe besitzen  $\alpha$ -Zahlen von etwa 93 bis 98% und nehmen nach Untersuchungen von W. Brecht in ihren papiertechnologischen Eigenschaften eine Mittelstellung zwischen Baumwollhalbstoffen und normalen gebleichten Papierstoffen ein. Bezüglich Weiße und Festigkeit stehen Edelzellstoffe, was ihre Alterungsbeständigkeit betrifft, den Baumwollhalbstoffen sehr nahe. Ihre Mahlung erfordert jedoch sehr viel Zeit. Manche Edelzellstoffe zeigen gute Festigkeiten, andere wieder hohe Saugfähigkeiten (etwa 170 bis 200 m/m WS) bei geringeren Festigkeitseigenschaften. Die Verwendung der Edelzellstoffe muß ihren sehr unterschiedlichen Eigenschaften angepaßt werden (z. B. Lösch- oder Kunstlederpapiere).

**Laubholz Zellstoffe** sind sowohl als Sulfit- als auch als Sulfatzellstoffe bzw. nach Sonderalkaliverfahren aufgeschlossen im Handel. Buchenzellstoffe werden meistens nach dem Sulfitverfahren hergestellt, besitzen geringe Festigkeiten, sind jedoch voluminös und saugfähig. Aspen- und Birkenstoffe haben ähnliche Eigenschaften. Eukalyptuszellstoffe sind besonders weich und elastisch. Zu den Laubholzzellstoffen gehören auch die nach alkalischem Aufschlußverfahren erhaltenen Fasern des tropischen Laubmischwaldes. Laubholz Zellstoffe vermindern die Durchsicht, geben den Papieren gute Bedruckbarkeit und höheres Volumen.

**Strohstoffe:** Roggen- oder Weizenstroh gehäckselt und in Kugeln kochen mit Kalkmilch gekocht, gibt den gelben Strohstoff, der nur geschmeidig gemachtes Stroh darstellt und lediglich für minderwertige Stroh-papiere (Packpapier) und Stroh-pappen verwendet wird. Eigentlicher Stroh-zellstoff wird durch Kochung mit Ätznatron allein, in Mischung mit Schwefelnatrium oder auch durch Monosulfitaufschluß erhalten. Außer der Abhängigkeit der Strohstoffqualität von der Rohstoffart, zeigen derartige Zellstoffe auch je nach ihrem Aufschlußgrad verschiedenes Verhalten. Die Hauptelemente der Stoffe bilden Bast- und Parenchymzellen. Die verdickten und verkieselten Sklerenchymzellen müssen aussortiert werden (z. B. mit Erkensatoren), da sie in Papieren weiße Knoten verursachen, die besonders beim Satinieren glänzende

*glänzen*

Stellen bilden. Strohstoffe werden gleichfalls gebleicht. Sie lassen sich sehr leicht schmierig mahlen und geben klangvolle Papiere mit hoher Transparenz und geschlossener Oberfläche, weshalb sie beispielsweise für Hartpost- oder Bankpostpapier sehr geeignet sind. Ihre Festigkeiten liegen bei 5000 bis 6000 m Reißlänge. Für röschere Papiere ist diese Art von Halbstoffen ungeeignet. Infolge ihrer leichten Schmierigkeitsmahlung benötigen Strohstoffe für eine bestimmte Produktion ein geringes Holländervolumen, lassen sich leicht leimen und geben bessere Füllstoffausbeuten. Trockene Strohstoffe sollen möglichst wenig gekollert werden. Maiskolben und Maisstengel sowie Reisstroh finden örtliche Verwendung.

Gräser, bzw. Einjahrespflanzen werden vorwiegend alkalisch aufgeschlossen, eventuell durch kombinierte Chloralkaliewirkung. Esparto (Alpha) besitzt feinere und kleinere Zellen als Stroh. Der ungebleichte oder gebleichte Halbstoff zeigt geringe Festigkeit, hat röscheren Charakter und gibt beim Mahlen keine Fibrillierung. Er bewirkt opakes, voluminöses Papier und ermöglicht scharfe Druckausführungen. Er eignet sich besonders für Federleicht-, bzw. Dickdruckpapierherstellung. Die besonderen Eigenarten von Bastfasern zeigen sämtliche Bambusarten, wie z. B. auch der Schilfstoff Arundo donax. Kartoffelkraut wird in Deutschland vielfach gesammelt, gepreßt und alkalisch oder mit Bisulfit aufgeschlossen. In gebleichter Form werden die so erhaltenen Fasern als auftragende Stoffe für Offset-Papier, Streichpapier u. a. einer geeigneten Verwendung zugeführt.

Hadernhalbstoffe sind die teuersten Papierrohstoffe und werden durch besonderes Aufbereitungsverfahren aus Hadern erhalten (stäuben, sortieren, schneiden, kochen, vormahlen), wobei ungebrauchte Hadern immer bessere Stoffe ergeben. Sie werden teils ungebleicht, meist jedoch in gebleichter Form angewendet. Außer von den Eigenschaften der Ursprungsfasern hängt ihr weiteres papiertechnisches Verhalten auch von der Art ihrer Mahlbehandlung in sogenannten „Halbzeugholländern“ in etwa dreiprozentiger Stoffdichte ab, wobei vorwiegend eine Auflösung der Gewebeteile in Einzelfasern und eine gründliche Wäsche erfolgen soll. Der Stoff muß möglichst „knotenfrei“ sein. Langsam vorgemahlene Hadern sind hochwertiger als rasch gekürzte. Alte, abgenutzte Hadern sind brüchig und fibrillieren kaum. Es gibt verschiedenste Sortenbezeichnungen, wobei auch Mischungen, von den ursprünglichen Hadern herstammend, vorhanden sind.

Die Samenhaare der Baumwolle stellen elastische, geschmeidige Fasern dar, die bei der Mahlung im Ganzeugholländer schwer fibrillieren, jedoch ausgefrante Enden zeigen. „Neuweiße Baumwollfleeke“ mahlen sich schmieriger und ergeben feste Papiere (bis etwa 10.000 m Längsreißlänge), während aus gewöhnlicher, schon mehr abgenützter Baumwolle schöne Wertdruckpapiere mit klaren Wasserzeichen zu erhalten sind. Auch für technische Papiere, von denen gute Saugfähigkeit und Weichheit ver-

langt wird, wie z. B. bei Vulkanfaserrohstoff, Pergamentrohpapier, Filtrier- und Löschpapier, finden letztgenannte Sorten Anwendung. Besonders beachtlich ist die geringe Hygroskopizität gebleichter Baumwollhalbstoffe, wodurch sie Papiere mit großer Flächenbeständigkeit geben, wie z. B. erstklassige Landkartenpapiere, worauf W. Brecht hinweist.

**Leinen**, das aus Bastzellen des Flachses besteht, hat wieder andere Eigenschaften als Baumwolle. Die leichte Fibrillierbarkeit von Leinenhalbstoffen bei entsprechender Mahlung führt besonders dann, wenn neue, ungebrauchte Leinenhadern als Ausgangsprodukte verwendet wurden, zu festen Papieren. Falzzahlen von etwa 2000 im Mittel können damit ohneweiters erreicht werden.

Dem Leinen sehr ähnlich ist **Hanf**, dessen Fasern noch leichter fibrillieren. Deswegen sind sie auch von ausgezeichneter Verfilzbarkeit, weshalb man sie für feste, dünne Papiere, wie Zigarettenpapier und Bibeldruck, benützt.

**Jute** besteht aus Bastzellen, ist verholzt und im ungebleichten Zustand braun. Ihre Anwendung liegt bei festen Packpapieren sowie bei voluminösen und festen Papieren.

**Ramie** (Chinagras) fibrilliert schneller als Leinen und Hanf. Die Papiere werden durch sie sehr zäh und undurchsichtig.

**Tierische Wolle** findet in der Papierfabrikation nur Sonderanwendung bei Herstellung von Kalenderwalzenpapieren und Rohdachpappen sowie als Melierfaser bei Löschpapieren.

**Kunstfasern**, wie Zellwolle und Kunstseide, sind völlig ungeeignet für die Papierherstellung, da sie bei Mahlprozessen lediglich gekürzt werden.

**Altpapier** ist ein in **Notzeiten** vielfach eingesetzter Stoff, der aber auch sonst seine Verwendbarkeit für bestimmte Papiersorten gezeigt hat. Bedruckte Abfälle können für ausgesprochen weiße Papiere nicht in größeren Mengen ohneweiters verwendet werden, da sie einen grauen Farbton des Papiers zur Folge haben. Entfernungsmittel für Druckfarben sind durchwegs teuer, weshalb man Altpapier nach entsprechender Sortierung direkt aufbereitet und als Halbstoff für Ganzzeugholländer bei bestimmten Papiersorten einsetzt. Auch bedruckte Landkartenpapierabfälle können nach ihrer Kollerung den Ganzzeugholländern in Mengen von etwa 10—15% für bessere Papiere, z. B. für Landkartenpapier selbst, wieder zugegeben werden, wenn man die Verschlechterung des Farbtones in Kauf nimmt.

## c) MAHLMASCHINEN UND MAHLBEHANDLUNG

Für die Herstellung der zahlreichen Papiersorten mit ihren außerordentlich unterschiedlichen Eigenschaften ist außer der entsprechenden Halbstoffauswahl auch deren mechanisch-physikalische Behandlung wichtig, wozu man sich bestimmter Mahlmaschinen bedient. Der „Mahlvorgang“ kann sich