

# I. GRUNDLAGEN DER ROHPAPIERHERSTELLUNG

Bei den folgenden Ausführungen soll auf alles Wesentliche eingegangen werden, was die Papierherstellung berührt, wobei vornehmlich auch neuere Erkenntnisse berücksichtigt werden.

## A. GANZSTOFFBEREITUNG

### a) FABRIKATIONSWASSER

Für die verschiedenen Erfordernisse der Papierherstellung sind große Mengen möglichst reinen Grund- oder Oberflächenwassers nötig. Dabei ist auch der chemischen Beschaffenheit besondere Beachtung zu schenken, da nicht nur Einwirkungen auf Faserstoffe, sondern auch Lösungen verschiedener, von Wasserfremdstoffen sehr beeinflussbarer Körper, wie Harz- und andere Leime sowie Farbstoffe usw., in Betracht kommen.

Höherer Gehalt an Kalksalzen, also härtere Wässer über etwa 12° deutsche Härte, kann Störung bewirken. Mit steigender Wasserhärte gehen die Mahlungsgeschwindigkeiten von Halbstoffen zurück. Die Wassertemperatur wirkt sich dahingehend aus, daß wärmeres Wasser zu geringeren Faserfestigkeiten führen kann als kühleres, was mit dem unterschiedlichen Quellungsvermögen der Zellstoffe zusammenhängt (Jayme) und zu Verschiedenheiten in Sommer- und Wintermonaten führen kann.

Ebenso gibt ein Grundwasser, welches viel Bikarbonate enthält, bzw. einen ph-Wert im alkalischen Gebiet besitzt, ungünstige Voraussetzungen für die im sauren Bereich zur Wirkung kommenden Harzleime. Wasser-ph-Werte, die mehr im sauren Gebiet liegen, können Rohrleitungs-Korrosionen bewirken. Man muß auch berücksichtigen, daß bei größerem Gehalt von Bikarbonaten ein Wasser z. B. mit einem ph-Wert von 7,1 am Weg bis zum Fabrikationseinsatz durch CO<sub>2</sub>-Abgabe bis zu einem ph-Wert von 8 kommen kann (O. Wurz). Am günstigsten sind ph-Werte von etwa 6,5 bis 7,2. Änderungen von Oberflächenwässern, die durch Witterungseinflüsse bedingt sind, können gleichfalls Rückwirkungen auf die Papierherstellung haben. Der Schwebstoffgehalt von Fabrikationswässern soll zwischen 0 bis 10 mg/l liegen. Kleine, scharfkörnige Teilchen können Beschädigungen von Sieben und Filzen bewirken. Ebenso sind größere Mengen SiO<sub>2</sub> schädlich. Mangansalze können Papierverfärbungen hervorrufen. Nach neuen Untersuchungen stört ein CO<sub>2</sub>-Gehalt über 25 mg/l die Papierblattbildung. Es wird empfohlen, ihn unter 10 mg/l zu halten (H. C. Schwalbe). Die genaue Kenntnis der Zusammensetzung eines Wassers an gelösten und eventuell suspendierten Stoffen,

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 Maschinenbüetten, 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 Mühlsteph 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 „Groschliff“ (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. Kieferschliff 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.

**Braunschliff:** 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 Braunschliff 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 Sulfatzellstoffen, 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 Schmierigmahlung 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 Baumwollfleck“ 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** (Chinagrass) 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.

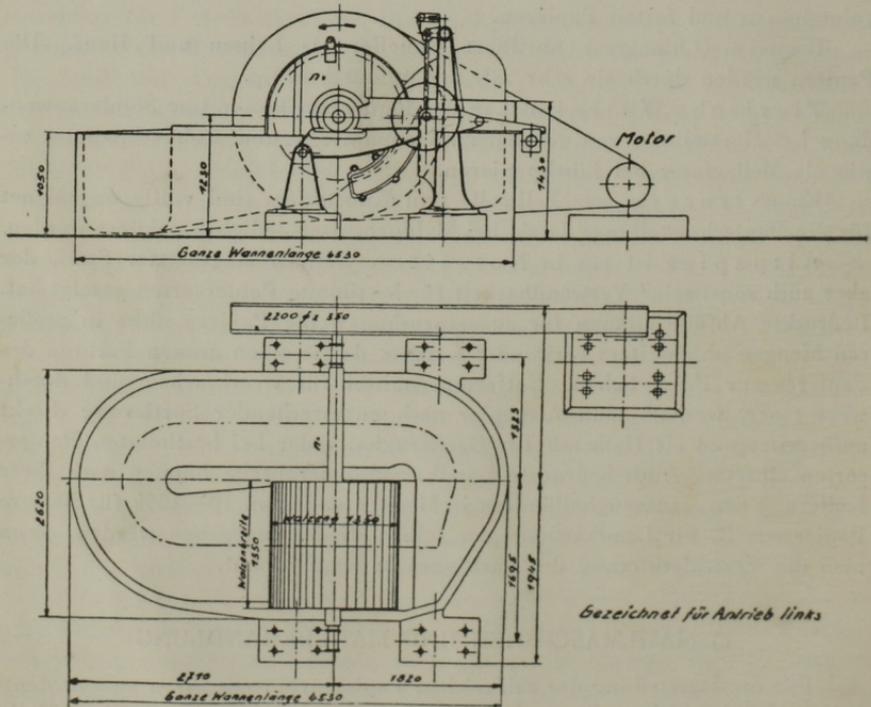
## c) MAHLMASCHINEN UND MAHLBEHANDLUNG

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

diskontinuierlich in sogenannten Holländern oder aber auch kontinuierlich in hintereinandergeschalteten oder Spezialholländern sowie in Kegelstößmühlen oder ähnlichen Apparaten vollziehen. In besonderen Fällen, wie z. B. bei Rotationsdruckpapieren, finden nur mehr ausgesprochene Fasermischungen statt, wobei eine mechanische Mengenregelung der zu mischenden Halbstoffe erfolgt.

Bei einer Holländermahlung spielen sich verschiedene Vorgänge ab. Es muß dabei angestrebt werden, aus den Faserstoffen in kürzester Zeit bei günstigstem Kraftaufwand Ganzstoff mit gewünschten Eigenschaften herzustellen. Dabei müssen sich die Totzeiten, also das Füllen und Leeren, in möglichst kurzer Zeit abspielen, wozu u. a. entsprechend große Zulaufwasserrohre und entsprechende Entleerungsleitungen mit gutem Gefälle und wenig oder gar keinen Krümmungen nötig sind. Holländerkonstruktionen sind in äußerst verschiedenen Formen durchgeführt worden. Eine davon ist beispielsweise in nachfolgender Abbildung Nr. 1 (Voith) ersichtlich.

*Voith-Ganzeugholländer für 5000 Liter Inhalt (M. 1:50)*



Kraftverbrauch an der Holländerwelle gemessen:

Bei normaler Mahlung .....; bei scharfer Mahlung .....; bei Steinmahlzeug 25—30% mehr

*Abbildung Nr. 1*

Die aus Eisenbeton errichtete und gekachelte Wanne besitzt einen zweckentsprechenden Kropf und starkes Gefälle. Die Ausführung mit Umkehrhaube, welche über dem Kropf zur Umlenkung der frei ausgeworfenen Faserstoffe angewandt wird, gewährleistet eine wirksame Diagonalfasermischung. Die gußeiserne Walze von 1380 mm Durchmesser besitzt 80 Messer von je 8 mm Breite bei 1350 mm Länge und läuft mit  $n = 150$ . Die beiden leicht herausnehmbaren Grundwerke haben je 12 Messer mit 6 mm Breite und 1370 mm Länge. Eine Mahlwaage ermöglicht die Veränderung des Mahldruckes. Der Nettoinhalt der Abbildungsdarstellung beträgt 5000 l, was einem Stoffeintrag von 350 kg atro bei weitmöglichst ausgenützter Stoffdichte entspricht. Solche Holländer werden in Größen von 2200 bis 16.000 l Inhalt ausgeführt. Über den Kraftbedarf gibt nachstehende Tabelle Aufschluß.

### Kraftverbrauch der neuen Voith-Holländer *Zeissmaschinen!*

Zusammengestellt nach den Versuchsergebnissen am Versuchsholländer und nach Ergebnissen aus der Praxis

Inhalt in Liter	Druck- und Schreibpapiere Walze und Grundwerk mit Messern garniert			Kraftpapiere Walze bemessert, Grundwerk Stein		Pergaminpapiere und Pergamentersatz Walze und Grundwerk mit Stein garniert	
	PS a. d. Holländerwelle		Motor- leistung PS	PS an der Holländer- welle	Motor- leistung	PS an der Holländerwelle	Motorleistung
	normal	max.					
2200	17	21,5	25	21,5	25	30	35
3000	34	40	45	40	50	60	70
4500	43	55	60	55	65	70	85
6000	48	60	65	60	70	80	100
8000	57	72	80	72	85	95	120
10.000	57	72	80				
12.000	70	90	110				
16.000	80	100	120				
ungef. Kraftverbr. in PS-Std. pro 100 kg Stoff	ca. 18 ÷ 28			Schmierigkeitsgrad 25 ÷ 55 SR 32 ÷ 70		28 ÷ 35	
günstigster Stoffeintrag	8 ÷ 8,5 ‰			6 ÷ 7 ‰		7,5 ÷ 8,0 ‰	
Leerlaufarbeit bzw. Stoffumtriebs- kraft in PS pro 100 kg Eintrag			ca. 4 PS bei der günstigsten Stoffgeschwindigkeit von 2 ÷ 3 m/min im Seitenkanal, bei höheren Stoffge- schwindigkeiten steigt der Kraftverbr. (bei 6 m ca. 5 PS)				

Durch Heben und Senken der Mahlwalze gegen das Grundwerk wird eine mehr schneidende, auf der Messerkantenwirkung beruhende Röschmahlung A oder eine quetschende, mehr durch Flächeneinwirkung hervorgerufene Schmierigmahlung B auf die Fasern erzielt, wie diese in Abbildung Nr. 2 schematisch ersichtlich ist.

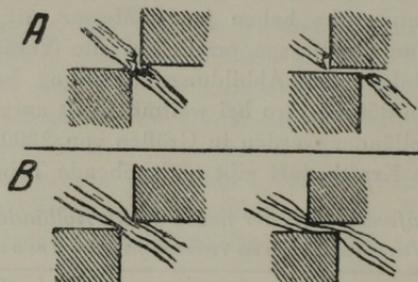


Abbildung Nr. 2

Röschmahlung wird bei stärkerer Verdünnung in etwa 3—4% Stoffdichte durchgeführt. Die hierbei vorzugsweise gekürzten Fasern geben leicht Wasser ab und nehmen es auch leicht wieder auf. Der Stoff ist weich und saugfähig bei geringer Festigkeit. Beim Quetschen unter Druck hingegen, bei höheren Stoffdichten von 6—7% und mehr angehobener Walze, erfolgt eine gewisse Fibrillierung der Fasern, wobei schließlich auch Faserschleim entsteht. Die Faserwände quellen dabei stark. Schmierige Stoffe geben Wasser schwer ab und nehmen es ebenso schwer wieder auf, sind klanghart, verfilzen sich leicht und geben gute Festigkeiten.

H. Schwalbe und Golbs stellten die Abstände fest, bei welchen gemahlen wird, und fanden bei Zellstoffen für röschere Papiere einen Mahlwalzenmesser-Grundwerksmesserabstand von weniger als 0,08 mm (bis 0,05 mm), während schmierige Zellstoffe mit etwa 0,10 mm gearbeitet wurden. Für röschere Stoffe wendet man in geringen Stoffdichten dünne Messer von 4—5 mm an, für schmierige und hohe Stoffdichten arbeiten Messer von 8—12 mm oder Steinzeugholländer. Die durch die Walzenmesser gebildeten Zellen haben Breiten von etwa 30—40 mm, bei Tiefen von 40—45 mm.

Über Beziehungen, die zwischen Messerstärke und Faserlänge bestehen, berichtet S. Milne (nach Mory). Demnach soll die vom Erstgenannten aufgestellte Theorie, daß die Messerstärke eines Holländers unabhängig vom Messermaterial nicht größer sein soll als das Maß der doppelten Faserlänge im fertigen Papier, durch Versuche bestätigt worden sein. Verbreiterung der Messer darüber hinaus soll keine Vorteile bringen. Nach Ansicht von Milne hat es keinen Zweck, Steinzeugholländer von 70 mm und mehr Breite

auszuführen, da solche breite Flächen nie völlig mit Stoff bedeckt werden. Steinzeugmesser mit Breiten von etwa 25 mm hatten den Erfolg, daß durch Vermehrung der Messeranzahl ein günstigerer Stoffumtrieb bei gleich guten Mahleigenschaften erreicht werden konnte.

Der Winkel der Grundwerksmesser richtet sich nach den Eigenschaften der herzustellenden Papiere. Günstige Winkel zur Achse liegen bei 7—10°.

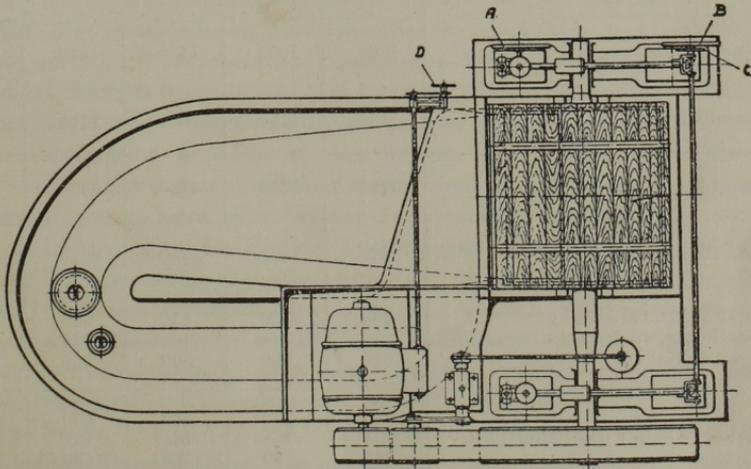
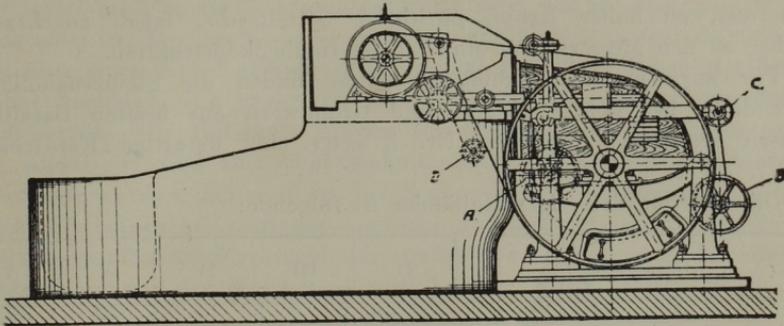


Abbildung Nr. 3

Je schräger die Messer, um so rascher wird der Stoff kurz. Die Stärke der Grundwerksmesser wird um einige Millimeter schmaler genommen als jene der Walzenmesser, wobei möglichst viel Grundwerksmesser angeordnet werden bei einem gegenseitigen Abstand von etwa 10 mm.

In einem Holländer versieht die Messerwalze, bei welcher die Messer meist gleichmäßig verteilt sind (manchmal auch in Bündeln angeordnet), außer

der Mahlarbeit einen erheblichen Stofftransport. Der Stoff erfährt eine große Beschleunigung, wenn er von der Walze erfaßt wird (H. Schwalbe). Durch gutes Holländergefälle wird diese Arbeit erleichtert. Der Wirkungsgrad von Holländern ist sehr schlecht, da der eigentliche Mahlkraftverbrauch nur 30—50% des Gesamtaufgewandten beträgt. Zu hoher Kraftverbrauch kann durch folgende Fehler bewirkt werden (H. Schwalbe): Zu hoher Stau vor der Walze, zu schmale Walze, unrichtige Umdrehungszahl, falsche Bemessung, zu hoher Kropf, unrichtige Satteltasche, falsch angebrachter Schaber an den Messerwalzen und falsche Haubenkonstruktion.

Für ausgesprochene Schmierigmahlung finden die Steinzeugholländer Anwendung, bei welchen Walze und Grundwerk aus breiten Basaltlavamessern bestehen. Abbildung Nr. 3 zeigt eine derartige Konstruktion (Wolf).

Die Leistung derartiger Holländer ist folgende:

Größe Nr.	II	III	IV	V	VI
Normaler Troginhalt Ltr.	4000	5000	6500	8000	10.000
Walzendurchmesser mm	1300	1300	1450	1600	1600
Walzenbreite mm	1300	1450	1600	1750	1900
Ganze Länge mm	5700	5750	6150	6900	7400
Ganze Breite mm	3380	3560	3950	4270	4570
Eintrag lufttr. Faser in kg bei Zellulose, stark quell- fähig, und Hadern	280 bis 310	350 bis 380	450 bis 500	560 bis 620	700 bis 760
Zellulose, weniger quellfähig	300 bis 340	370 bis 430	480 bis 550	600 bis 680	740 bis 850
Stoffe, stark holzschliffartig, und Strohstoff	320 bis 400	400 bis 480	520 bis 620	650 bis 760	800 bis 960

Der Stoff bleibt bei Steinwalzen an den Steingraten hängen, ohne viel zerschnitten zu werden. Die Grate halten die Faserwische fest, welche auf der ganzen Mahlfäche aufliegen und dort gequetscht und gezerrt werden. Der Stoff wird so in kurzer Zeit schmierig.

Von anderen verschiedentlich entwickelten Holländertypen sei noch der amerikanische Thorsen-Héry-Holländer genannt, bei welchem versucht wurde, unnötige Stoffförderarbeit zu vermeiden. Die Mahlwalze ist hiebei fest gelagert und läuft gegen den Stoffstrom. Das großgehaltene Grundwerk ist über der Auflaufseite der Holländerwalze um einen Punkt schwenkbar angeordnet und wird mittels eines Preßluftkolbens gegen die Mahlwalze gedrückt. Diese Anordnung soll den Vorteil haben, daß von der Messerwalze nur soviel Stoff in die Mahlzone gefördert wird, als für eine gute Mahlwirkung nötig ist. Der das Grundwerk verlassende Stoff wird frei abgeschleudert und über einen Kropf gefördert. Bei praktischem Betrieb benötigt der Holländer angeblich nur etwa 12% des Gesamtleistungsverbrauches für den Stoffumtrieb. Die Holländer werden für 350 und 1000 kg Eintrag gebaut.

Andererseits sind auch Scheibenholländerkonstruktionen verschiedentlich entwickelt worden, bei welchen der Stoff zwischen Mahlscheiben bearbeitet wird. Schließlich sei auch der englische Jones-Bertram-Holländer erwähnt, dessen wesentlichste Merkmale ein großes Grundwerk und ein regelbarer Stauschieber vor der Walze sind, um das zur Walze gelangende Stoffband regeln zu können. Die Senkung der Walze erfolgt selbsttätig während der Mahlung durch einen vom Hauptmotor gesteuerten Hilfsmotor.

Auf die verschiedenen Holländertheorien soll hier nicht näher eingegangen werden. Wahrscheinlich kommt der Bildung von Faserbündeln, sogenannten Stoffwischen (Smith), die von Faserlänge, Stoffdichte, Stoffumlauf, Messerabstand und Walzenumlaufgeschwindigkeit beeinflußt werden, eine besondere Bedeutung zu. Die an den Kanten der Walzenmesser hängenden Stoffwische sollen gegen die Grundwerke abgenützt werden. Dabei soll das Grundwerk nur so breit sein, daß der Faserwisch richtig bearbeitet wird. Die Schneidwirkung eines Holländers ist abhängig von der Messerschärfe, dem Abstand Walzenmesser—Grundwerksmesser, dem Walzendruck und der Stoffdichte. Je dünner der Stoff, um so leichter werden die Fasern geschnitten. Bei hohen Stoffdichten ist ein größeres Stoffbüschel auf den Messern, wobei nur ein Teil der Fasern gekürzt wird. Wichtig ist dabei auch der Winkel der Grundwerks- zu den Walzenmessern, worauf schon früher hingewiesen wurde.

Die Stoffe, welche bei der Holländerbehandlung erzielt werden, besitzen verschiedene Eigenschaften. Ist der Stoff „rösch lang“, so unterscheidet er sich wenig vom Halbstoff, während bei „rösch kurz“ die Fasern gekürzt, jedoch in ihrem eigentlichen Fasercharakter erhalten bleiben. Bei „schmierig lang“ sind die Fasern gequollen, wobei sich manche Fasern in der Längsrichtung in dünne Teile aufspalten, was als „fibrillieren“ bezeichnet wird. Fehlt einer Faser infolge ihres Aufbaues die Eigenschaft zu fibrillieren, so erfolgen seitwärts und an ihren Enden Ausfransungen. Außerdem entsteht bei Schmiermahlung schließlich Faserschleim. Von „schmierig kurz“ wird dann gesprochen, wenn zu den eben geschilderten Veränderungen noch

Faserverkürzungen kommen. Schmierige Stoffe geben gute Verfilzbarkeit und damit geschlossene Papiere.

Die physikalischen und chemischen Vorgänge, welche sich mit Fasern in Mahlmaschinen vollziehen, hängen — wie schon früher ausgeführt — vom morphologischen Bau und der stofflichen Faserzusammensetzung ab. Nach Rowland enthält Zellulose als Bikolloid kolloidales und kapillares Wasser. Ersteres ist in geringen Mengen vorhanden und kann nur bei hohen Temperaturen unter weitgehender Faserschädigung entfernt werden. Es übt einen bestimmenden Einfluß auf physikalische Fasereigenschaften, wie deren Stärke, Biogsamkeit und Quellung, und damit auch auf das Papierblatt aus. Das Kapillarwasser hingegen schwankt in weiten Grenzen mit den Feuchtigkeitsbedingungen, nimmt geringen Anteil an den Faserfestigkeitseigenschaften, ist aber von großer Bedeutung für die Stoffbereitung. Wird ein Zellstoff scharf getrocknet, so tritt dabei kolloidales Wasser aus den feinsten Kapillaren, wobei sich diese schließen und kein kolloidales Wasser mehr eintreten kann. Die Mahlung derartiger Stoffe ist sehr erschwert. Bei Lagerung feuchter Zellstoffe hingegen konnte innerhalb dreier Monate eine wesentliche Erhöhung der Hydratation festgestellt werden, welcher Vorgang als „Selbstmahlung“ bezeichnet wird.

Während die Schneidarbeit als einfachster Holländervorgang zu betrachten ist, liegen die Vorgänge, welche zur Erreichung bestimmter Fasereigenschaften führen, wesentlich verwickelter. Gleichzeitig mit der Auflockerung und Zerlegung der Bündel in Einzelfasern setzt ein Vorgang ein, der mit Quellung bezeichnet wird. Vor dem eigentlichen Quellungsbeginn wird die Luft um und in der Faser vertrieben und durch Wasser ersetzt. Das fortlaufende Zerschneiden bzw. Zerteilen der Fasern legt immer neue Hohlräume frei, in die Wasser eintritt. Durch das Quetschen der Fasern und die starke Reibungsarbeit wird der Faseraufbau gelockert, was bei bestimmten Faserbauarten zur Fibrillierung führt. Die äußere Faseroberfläche wird dauernd vergrößert, die innere nur wenig. Einen Extremzustand der Quellung stellt die Schleimbildung dar. Es sind jedoch nicht alle Zellstoffe geeignet, derartige, nahezu strukturlose Schleime zu geben, sondern es ist ein Gehalt an bestimmten Zellulosebegleitern dazu nötig.

Über die Mahlvorgänge bei Fasern stellte u. a. auch Jayme Versuche an. Demnach ist die Vorbedingung für eine erfolgreiche Mahlung deren Durchführung in einem Medium, welches ausgesprochenes Quellvermögen für die Zellulose besitzt. Dadurch nehmen die Fasern eine gewisse Plastizität an, die sie dazu befähigen, während der Mahlbehandlung an der Oberfläche zu fibrillieren und Kapillaren zu bilden, die sich ebenfalls mit Wasser füllen. Mit der äußeren spezifischen Oberfläche steigt auch die von der Trockensubstanz in verschiedenen Formen gebundene Wassermenge und damit weiter die Plastizität des Gesamtsystems. Die Vergrößerung der äußeren Oberfläche

gibt zusammen mit eventueller Fibrillierung bessere Verfilzbarkeit. Infolge der hohen Plastizität des gebildeten Fasergefüges wird bei dem ausgeübten Preßdruck der Fasern eine äußerst innige Berührung unter Mitwirkung von Fließvorgängen erreicht. Beim Trocknen treten die in enger Berührung befindlichen Oberflächen ganz zusammen, unter Auswirkung von Kohäsionskräften. Nach der Trocknung beträgt die äußere spezifische Oberfläche nur noch einen Bruchteil der Oberfläche der ursprünglichen Fasern und die Zellulosesubstanz erweist sich im weitestgehenden Maße irreversibel entquollen. x

Zum Einfluß der Fasergestalt auf die Eigenschaften der daraus erhaltenen Papiere wurde schon von P. Klemm 1928 beobachtet, daß bei gleichen absoluten Faserlängen schmale, d. h. gestreckte Fasergebilde für die Papierfestigkeitseigenschaften günstigere Voraussetzungen schaffen als breite, gedrungene Fasergebilde. Spätere Forschungen Mühlstepps und gleichzeitig Runkels brachten klarere Erkenntnisse beim Studium der vielgestaltigen Zellenformen tropischer Laubhölzer. Mühlstehp wies besonders auf die Einflüsse von Faserwanddicke, des Lumendurchmessers und des Verhältnisses beider Größen hin. Runkel untersuchte Rohdichten von Papieren aus ungemahlene(n) Zellstoffen tropischer Hölzer, Festigkeitsverhältnisse u. a. Dabei wurde festgestellt, daß dicke Zellwände mit engem Lumen, also Röhrentypen im ungemahlene(n) Zustand, räumige, saugfähige Papiere und dünne Zellen, also Bandtypen, schwerere, pergaminähnliche Blätter ergeben. Geringe Wanddicken und große Lumenwerte zeigen schon im ungemahlene(n) Zustand hohe Reißlängen und Falzzahlen, während bei hohen Wanddicken und geringem Lumenanteil niedrige derartige Festigkeitswerte resultieren. Beim Mahlen treten besondere Unterschiede auf. Zellstoffe vom Bandtyp geben beste Durchreißfestigkeiten bei niedrigen Mahlgraden, solche vom Röhrentyp hingegen benötigen wesentlich höhere Mahldauer infolge der Fibrillenentwicklung. Faserzellen von 1,5 bis 2  $\mu$  Wanddicke verändern sich morphologisch anders beim Mahlen als solche von 6—8  $\mu$ . Dickwandige Fasern behalten weitestgehend die Längeabmessung unter gleichzeitiger Abspaltung von Fibrillen an den äußeren Faserwandungen bei, während bei dünnwandigen Zellen die querteilende Mahlun(g)g überwiegt. Ein Gemisch dickwandiger Zellen, die zur Längenerhaltung neigen, und dünnwandiger Zellen, bei denen Querteilung eintritt, geben günstige Bedingungen für Blatteigenschaften. Weitere Forschungen auf diesem Gebiet werden zweifelsohne noch wissenswerte, für die Praxis bedeutungsvolle Ergebnisse bringen.

Abgesehen von der Fasergestalt, spielt jedoch auch der Gehalt an Zellulosebegleitern eine ganz besondere Rolle. Verschiedentliche Untersuchungen ließen erkennen, daß ein bestimmter Gehalt bestimmter Zellulosebegleiter (Kohlehydrate) für schnelle Mahlentwicklung maßgebend ist (Jayme). Besondere Arbeiten über pergamentierbare Zellstoffe, die äußerst starkes Quell-

vermögen zeigen, ließen erkennen, daß die Anwesenheit pektinartiger Körper bzw. von Uronsäureabkömmlingen hierbei eine ausschlaggebende Rolle spielt (O. Wurz). Anwesenheit von Ligninen wirkt quellungshemmend. Auf chemischem Weg erhaltene Halbstoffe können dann einen guten Mahlgrad entwickeln, wenn sie günstigste Mengen zweckdienlicher Zellulosebegleiter und niedrigen Ligningehalt besitzen. Mit der Entfernung solcher Zellulosebegleiter nimmt das Quellvermögen der Faserstoffe ab.

7) Setzt man Hadernhalbstoffen beim Mahlen gewisse Zellulosebegleiter zu, so tritt eine raschere Mahlgradentwicklung als sonst ein.

8) Bei den Holländervorgängen ist auch auf die Anwesenheit von Salzen zu achten, wie sie durch das Fabrikationswasser in den Prozeß gebracht werden können. Elektrolyte wirken in geringsten Mengen entquellend. Die Stoffentwässerbarkeit nimmt durch ihre Gegenwart zu. Aluminiumsulfat, welches bei der Leimung verwendet wird, wirkt ebenso wie organische Lösungsmittel stark entquellend. Der mittels eines Schopper-Riegler-Mahlungsgradprüfers untersuchte Mahlgrad, welcher die Entwässerbarkeit der Stoffe anzeigt, wird daher durch Salzgehaltsschwankungen des Fabrikationswassers sowie durch Leimung, Füllstoffe usw. wesentlich beeinflußt (Jayme).

10.) Der Mahlvorgang verläuft ausgesprochen exotherm, d. h. es wird dabei Wärme frei. Deswegen steigt das Wasserbindungsvermögen von Faserstoffen mit fallender Temperatur. Bei Hadernhalbstoffen wurde ein Maximum der Mahlgradentwicklung bei 25° C gefunden. Die Stoffmahlung geht bei dieser Temperatur wesentlich rascher vor sich als bei 6° C oder 45° C. Die besten Festigkeiten lagen bei einer Mahltemperatur von 6° C (Doppelfaltung z. B. über 6000). Bei 85° C beansprucht die Mahlung die längste Zeit und es konnten nur 240 Doppelfaltungen erzielt werden. Chemische Werte, wie  $\alpha$ -Zellulose, Viskosität usw., werden durch Mahlvorgänge bei hohen Temperaturen nicht beeinflußt. Alle Zellstoffarten, gleichgültig ob hart oder weich, gebleicht oder ungebleicht, ergeben bei Warmmahlung eine erhebliche Verzögerung in der zeitlichen Entwicklung von Festigkeitsdaten und benötigen daher einen höheren Kraftaufwand. Die Verzögerung der Mahlwirkung bei höherer Temperatur erstreckt sich auf alle physikalischen Kennziffern. Ein prinzipieller Einfluß chemischer Kennziffern auf den thermischen Mahlverlauf konnte nicht festgestellt werden. Diese eben beschriebenen Erscheinungen bei höherer Mahltemperatur können nach A. Noll durch eine Verzögerung der Stoffquellung infolge Verringerungen der Oberflächenspannung des Stoffwassers bei steigender Temperatur erklärt werden. Kühlungen von Mahlmaschinen empfiehlt schon O. Wurz anläßlich seiner Untersuchungen über die Herstellung von Pergamentersatz bzw. Pergamynpapier.

12.) Die Mahltemperatur ist außerdem auf die Ausscheidung harzartiger Stoffe. Jedes „Zellstoffharz“ besitzt einen bestimmten Schmelzpunkt, bei welchem es plastisch wird und der auch durch Polymerisations-

bzw. Oxydationsvorgänge auf diese Körper während der Aufschlußprozesse beeinflusst wird. Die „kritische Mahltemperatur“ darf für einen bestimmten Zellstoff nicht überschritten werden, um derartiges Ausscheiden hintanzuhalten (A. Noll).

Das Adsorptionsvermögen für Farbstoffe bleibt während der Mahlung praktisch unverändert. Die dunklere Farbe gemahlener Zellstoffe beim Färben beruht auf der optisch begründeten besseren Durchsicht (Jayme).

Der Einfluß von Frost auf Halbstoffe wurde u. a. von W. Brecht untersucht, wobei sich ergab, daß Unterschiede zwischen gefrorenen und nicht-gefrorenen Stoffen sehr von ihrem Wassergehalt beim Gefrieren abhängig sind. Bei 12 bis 14 % Wassergehalt oder darunter ist der Frosteinfluß gering. Nach amerikanischen Forschungen soll auch bei tief unter 0° C liegenden Temperaturen nur das „freie“ Kapillarwasser der Fasern gefrieren, während das adsorptiv gebundene Wasser flüssig bleibt, also nicht zu Eis erstarrt. Bei längeren Gefrierversuchen, die W. Brecht bei -25° C durchführte, traten bleibende Veränderungen schon während der ersten Tage ein. Die Stoffe gewannen durch das Gefrieren an Entwässerungsfähigkeit. Zur Erreichung gleicher Mahlgrade wie bei ungefrorenen Stoffen dauerte die Behandlung in einem Ganzzeugholländer länger. Die Papierblätter wurden auftragender, die Saugfähigkeit stieg, Falzzahlen und Berstdruck sanken. Zur Erreichung einer bestimmten Leimfähigkeit waren große Harzleimmengen nötig. Weiche gebleichte Faserstoffe erwiesen sich frostepfindlicher als härtere Stoffe. Völlig frostfest war ein ungebleichter Sulfatkraftzellstoff. Strukturelle Veränderungen infolge von Frosteinwirkungen konnten bisher nicht festgestellt werden. 13.)

Die Änderungen der Halbstoffeigenschaften, wie sie im Verlauf einer Mahlung vor sich gehen, kann man verfolgen durch Feststellung der Einzelfaserfestigkeit mittels Prüfung der Nullreißlänge und Ermittlung des Schleimstoffgehaltes (Rühlemann). Die Nullreißlänge wird bestimmt durch Reißen bei 0 mm Einspannlänge, wozu zweckdienlich die Klemmen nach Günther (P-F. 1931, Heft 19) Verwendung finden. Nur in unteren Mahlgradgebieten ist die Nullreißlänge der Einzelfaserfestigkeit proportional. In hohen Mahlgradgebieten ist sie niedriger, da sie mit steigendem Schleimstoffgehalt sinkt. Ungemahlene Fasern lassen sich weniger leicht zusammendrücken als gemahlene, weshalb die Papierblätter erstgenannter dicker sind. Fortschreitende Mahlung ergibt nach Überschreitung eines Festigkeits-Maximums wieder ein Absinken der Festigkeit, während die Faserverfilzbarkeit infolge der Oberflächenveränderung zunimmt. Wird bei gemahlenden Stoffen bis 50° Sch. R. der Schleimstoff entfernt, so liegen die Reißlängenwerte daraus hergestellter Blätter unter jenen mit Schleimstoff erhaltenen. Bis zu einem Schleimstoffgehalt von etwa 40 % wird die Blattfestigkeit durch die verkittende Wirkung der Schleimstoffe hinaufgesetzt, während sie bei einem höheren Gehalt sinkt, da 14.) 15.)

Schleimstoffe an und für sich kaum eine Festigkeit besitzen. Der Mahlun-  
zustand eines Stoffes kann daher durch Charakterisierung seiner Entwässer-  
barkeit allein, wie dies bei Feststellung der Schopper-Riegler-Grade geschieht,  
nicht genügend gekennzeichnet werden. Er ist abhängig von der mittleren  
Faserlänge, der Verfilzbarkeit von Einzelfasern und dem Schleimstoffgehalt.  
Die Reißlänge eines Stoffes hängt außer von der Einzelfaserfestigkeit von  
der Verfilzbarkeit der gemahlene Faser und ihrer Zusammendrückbarkeit ab  
(Steinschneider und Grund). Nach neueren Untersuchungen spielt auch die  
Faserwanddicke bei all diesen Verhältnissen eine Rolle.

Zur praktischen Durchführung von Mahlun-  
gen ist es wesentlich, eine  
Mahlholländerkonstruktion zu wählen, welche für die vorwiegend herzu-  
stellenden Papiersorten am geeignetsten ist. Anzahl und Größe der Hol-  
länder hängt von der gewünschten Papierproduktion ab. Das Holländer-  
volumen soll nie zu knapp bemessen werden. Man muß bedenken, daß für  
Hadernpapiere z. B. Baumwolle 8 bis 10 Stunden und Leinen etwa 15 Stunden  
auf zirka 65° Sch. R. gemahlen werden muß, während verschiedene Zellstoff-  
sorten einen ähnlichen Mahlgrad in etwa 2 bis 3 Stunden erreicht haben  
können. Als Holländergrößen sind solche von etwa 300 bis 1000 kg atro  
Stoffeintrag bei höchster Stoffdichte gerechnet üblich, wobei meist solche mit  
350, 400 oder 500 kg in Verwendung stehen. Kleinere Holländer kommen  
vornehmlich bei Anfertigungen kleiner Papiermengen, wie sie z. B. für bes-  
sere Feinpapiere hergestellt werden, in Frage.

Weiters ist zu beachten, daß die Eintragsmengenmöglichkeit eines Halb-  
stoffes von seiner Eigenart abhängt. Beispielsweise sind Fichten-Natron-Zell-  
stoffe viel voluminöser als Sulfitzellstoffe desselben Holzes. Man kann das  
Volumsverhältnis bei ungebleichten Stoffen mit etwa 1 zu 0,7 rechnen, d. h.  
ein Sulfitzellstoff entspricht nur 0,7 Natronzellstoff, Holzschliff hingegen ist  
wieder dichter als Sulfitzellstoff. Aus diesen Betrachtungen heraus ist es daher  
immer richtiger, den Inhalt von Mahlolländern in Liter und nicht in kg  
Stoffeintrag anzugeben.

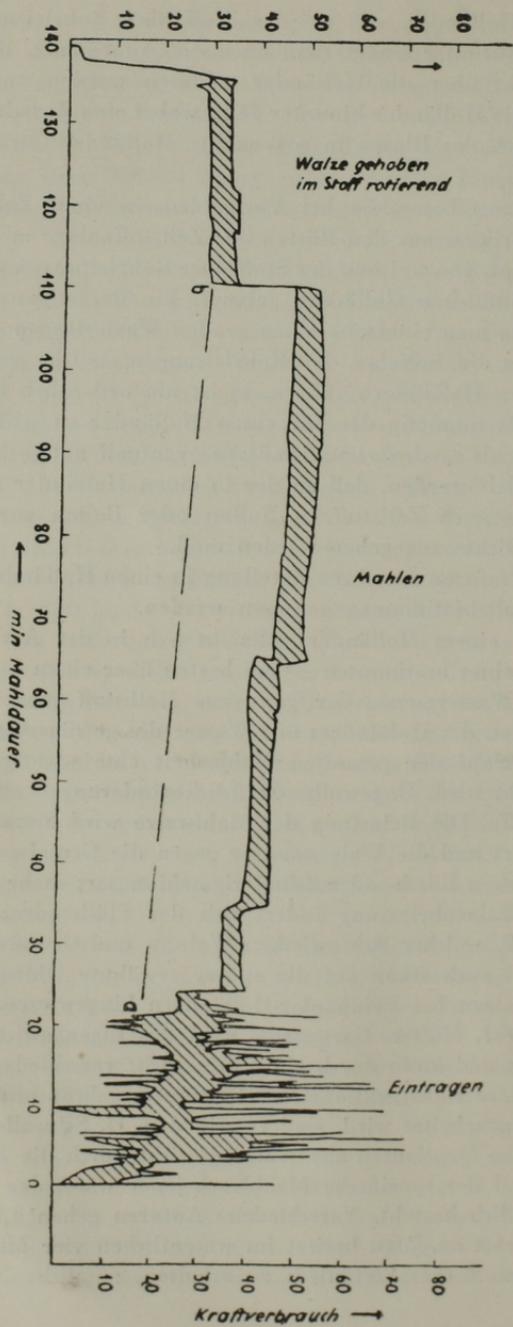
× Ein Eintrag von Halbstoffen in die Holländer kann je nach den Ver-  
hältnissen in Form aufgeschnittener nasser Rollen, zerrissen als Flocken,  
gekollert bei Abfallstoff oder als Stoffaufschwemmung in etwa 4 bis 5 %  
Stoffdichte erfolgen. Händischer Eintrag maschinell aufgeschnittener Halb-  
stoffrollen oder blattweise Zugabe geöffneter Ballen ist noch sehr üblich,  
obwohl diese Art als zeitraubend und unzuweckmäßig verlassen werden sollte,  
da sich dabei verlängerte Eintragszeiten und Holländerkraftstöße, speziell  
beim Eintrag von Blättern, ergeben. Sehr günstige Verhältnisse liegen bei  
Anwendung gerissener Flocken vor, wodurch auch die Hauptzerfaserungs-  
arbeit der Halbstoffe außerhalb der Holländer verlegt wird und die Messer  
geschont werden. Stoffflocken werden durch Zerkleinern von Rollen oder Ballen  
in eigenen Zerreißmaschinen erhalten. Man stapelt sie durch Hochblasen in

Silos oberhalb der Holländer, von wo der Stoff über Rohrleitungen in die Holländer gelangt. Mitunter findet man auch die Anordnung, daß die zerrissenen Stoffe direkt über die Holländer geblasen werden und der Stoff auf kurzem Weg in die Holländer hinunter fällt, wobei eine Zwischenstapelung vermieden wird. Auch das Blasen in sogenannte Holländereintragswagen ist üblich.

Manchmal wird — besonders bei Vorhandensein eines Zellstoffwerkes neben der Papierfabrik — aus den Bütten der Zellstoffanlage in Zellstoffzwischenbehälter gepumpt, von welchen der Stoff über Rohrleitungen und Schieber in die darunter befindlichen Holländer gelangt. Ein derartiges Arbeiten ist nicht sehr günstig, da man einerseits einen großen Wassertransport zu leisten hat und andererseits die Schieber der Rohrleitungen, welche von den Zellstoffbehältern zu den Holländern führen, meist nie ordentlich dicht halten. Außerdem ist die Bestimmung der für einen Holländer so wichtigen Stoffeintragsmenge mehr als erschwert und müssen eventuell nötige höhere Stoffdichten dadurch erzielt werden, daß zu der in einen Holländer abgelassenen Stoffaufschwemmung noch Zellstoff in Rollen oder Ballen zur Erreichung einer höheren Stoffdichte zugegeben werden muß.

Alle Halbstoffe müssen vor ihrer Zuteilung in einen Holländer bei gleichzeitiger Trockengehaltsbestimmung gewogen werden.

Die Arbeit bei einem Holländer vollzieht sich in der Art und Weise, daß nach Einlassen einer bestimmten — am besten über einen kleinen Filtersack gehenden — Wassermenge der gewogene Halbstoff eingetragen wird, damit beim Vollfüllen des Holländers mit Wasser die gewünschte Stoffdichte, welche für den Verlauf der gesamten Mahlarbeit eine wichtige Grundlage bildet, sicher erreicht wird. Ungewollte Stoffdichteänderungen ergeben unterschiedliche Ganzstoffe. Die Belastung der Mahlwalze wird hierauf mit einer Mahlwaage verändert und die Walzenmesser gegen die Grundwerksmesser je nach der erforderlichen Rösch- oder Schmierigmahlungsart mehr oder minder gesenkt. Mit der Walzenbelastung ändert sich der Flächendruck, d. h. der Druck auf den Stoff, welcher sich zwischen Walzen- und Grundwerksmessern befindet. Hierbei sei auch schon auf die später erwähnte Öldruckbelastungsmöglichkeit der Walzen bei Feinpapier-Holländern hingewiesen. Mittels der Mahlwaage nach Prof. Müller, Darmstadt, wird das Eigengewicht der Mahlwalze ausbalanciert und kann durch ein Laufgewicht verschiedene Belastung erfahren. Auch andere Konstruktionen sind mitunter gebräuchlich. Die Mahldrücke, mit denen gearbeitet wird, sind verschieden. H. Schwalbe schlug vor, als Flächendruck den Quotienten aus Walzengewicht durch die Mahlfäche zu bezeichnen, während der spezifische Mahldruck jener wäre, der beim praktischen Mahlen wirklich besteht. Verschiedene Autoren geben  $1,5-7 \text{ kg/cm}^2$  je nach der Papierart an. Man besitzt im wesentlichen vier Mittel, um den gewünschten Ganzstoff charakteristisch zu erhalten, nämlich:



Mahldiagramm von Hartpostpapier

Abbildung Nr. 4

1. Halbstoffauswahl
2. Messerbreite bzw. Material
3. Stoffdichte
4. Abstand der Walzen von den Grundwerksmessern.

Um die früher angeführten Ganzstoffcharakteristiken zu erhalten, ist folgendermaßen vorzugehen:

1. Rösch lang — Geringe Stoffdichte; Walze nicht zu nahe an das Grundwerk setzen.
2. Rösch kurz — Geringe Stoffdichte; Walze gleich ansetzen, d. h. scharf mahlen.
3. Schmierig lang — Hohe Stoffdichte; Walze mehr gehoben.
4. Schmierig kurz — Hohe Stoffdichte; Walze zuerst etwas ansetzen, dann heben und zuletzt wieder ansetzen.

Was die Schwankungen des Kraftbedarfes während einer Ganzzeugholländermahlung betrifft, so zeigt ein Mahldiagramm für Hartpost-Papier nach H. Schwalbe die Vorgänge, wobei die schraffierten Flächen die Schreibfederbewegung des Meßinstrumentes anzeigen, Abbildung Nr. 4.

Der Kraftverbrauch steigt bei Beginn mit der Höhe des Flüssigkeitsspiegels im Holländer und mit verlängerter Eintragszeit, weshalb kurze Füllzeit wichtig ist. Die Mahlarbeitsleistung sinkt mit fortschreitender Mahlung bei gleichbleibender Walzenlage, wobei jedoch gegen Ende ein Steigen eintreten kann. Jeweiliges Senken der Walze hat ein Steigen des Kraftverbrauches zur Folge. Die Bemessung hat insofern einen Einfluß, als Basaltlava in kW gerechnet mehr Kraft benötigt als Stahl- oder Bronzemesser. Da jedoch der Halbstoff bei Basalt rascher schmierig wird, ist der spezifische Kraftverbrauch geringer. Die Umdrehungszahl der Holländerwalze wird so gewählt, daß die Umfangsgeschwindigkeit 8—10 m/Sek. beträgt. Zu große Geschwindigkeit bedeutet eine Kraftverschwendung. Bei zu niedriger Umdrehungszahl „spuckt“ der Holländer, d. h. der Stoff wird nicht mehr genügend über den Sattel geworfen. Viel Kraft braucht auch zu hoher Stoffstand vor der Walze. Ein Stoffabsperreschieber vor dieser bringt daher bedeutende Kraftersparnisse, wobei jedoch der Stoffumlauf nicht zurückgehen darf, womit die Mahldauer verlängert würde. Die Stoffumlaufgeschwindigkeit hängt, abgesehen von der Holländerkonstruktion, auch von der Stoffdichte im Holländer ab, wobei hohe Dichten langsamen Umlauf im Gefolge haben. Ist viel Füllstoff in einem Holländer, was eine erhöhte Gesamtstoffdichte angeben würde, fließt der Stoff besser. H. Schwalbe schlug daher vor, zwischen Faserdichte, welche nur den Fasergehalt angibt, und Stoffdichte, unter welcher Faser- plus Füll- und sonstige Zusatzstoffe zu verstehen wäre, in einem Holländer zu unterscheiden. Die Umlaufgeschwindigkeit des Stoffes soll in der Holländermitte gemessen etwa 3—4 m/Min. betragen. Die Kraftbedarfsangaben weichen nach Hollän-

derkonstruktion, Halbstoffen und der Mahlart sehr voneinander ab. Auf 100 kg Stoff atro können etwa 7,5—30 kWh gebraucht werden. Wie verschieden sich z. B. die Mahlgradentwicklungen bei gleichen Stoffdichten für ein Hartpost-Papier aus gebleichtem Sulfitzellstoff bei drei verschiedenen Holländern, wobei 1 ein Steinzeugholländer, 2 ein Stahlmesserholländer und 3 ein Bronzemes­serholländer verwendet wurde, gestalten, zeigt Abbildung Nr. 5 (O. Wurz).

Hartpost 60gr/m<sup>2</sup>

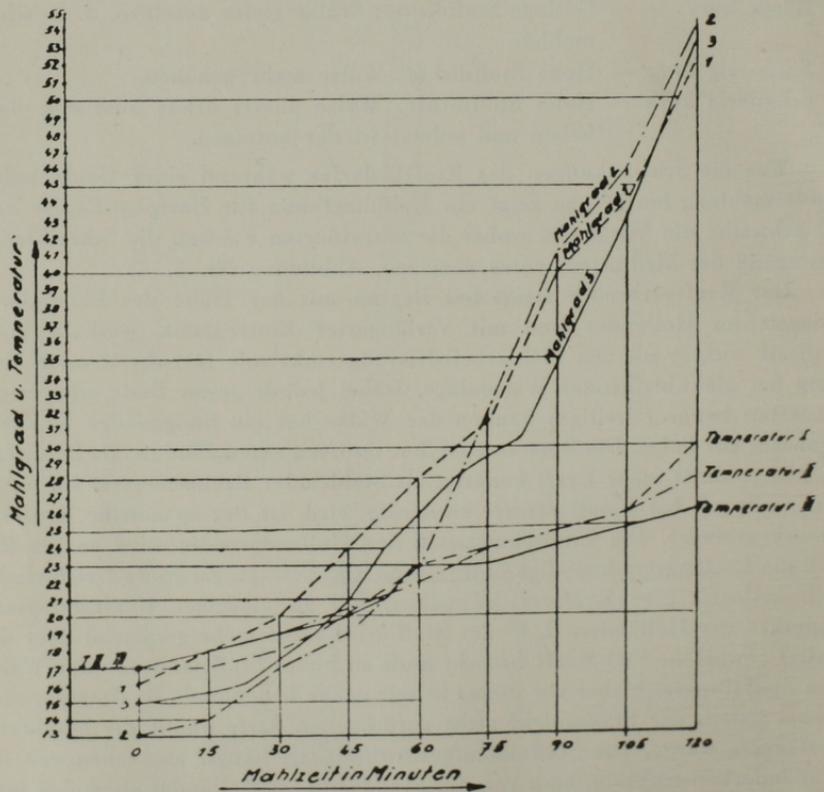


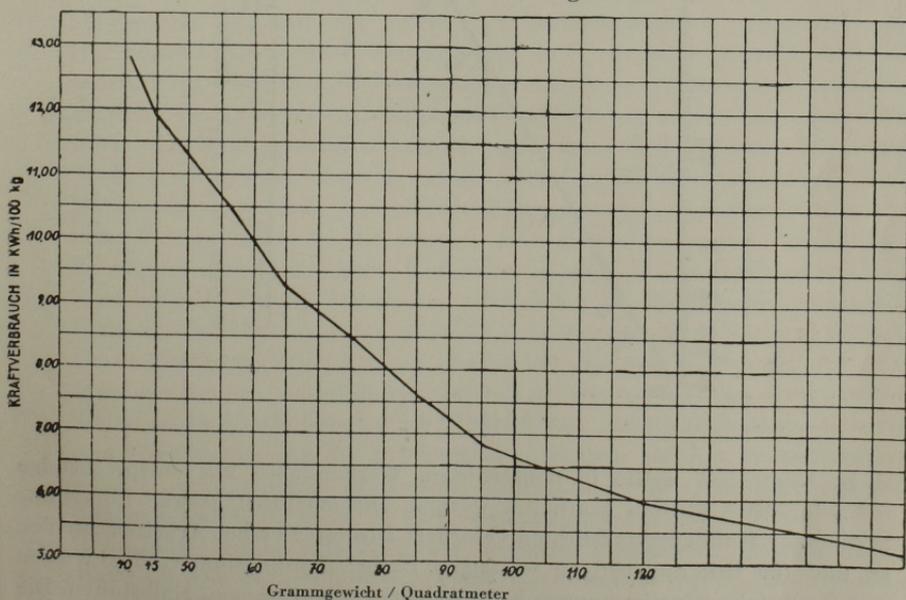
Abbildung Nr. 5

Jeder Halbstoff soll infolge seines verschiedenen Mahlverhaltens für sich gemahlen werden und die für eine Papiersorte nötige „Mischung“ durch Leeren mehrerer Holländer mit verschiedenen Halbstoffen in einen sogenannten Mischer erfolgen, der im Prinzip einen großen Holländertrog mit einem Mischorgan (Schneckenrad, Propeller oder Umwälzpumpe) darstellt. Die Wahl

geeignet gebauter „Mischer“ ist wichtig, wenn gleichmäßige Vermengung erzielt werden soll. Über die gegebenen Zusammenhänge zwischen Mischapparat (Propeller usw.), Drehzahl desselben sowie Förderhöhe, Fördermenge, Kraftbedarf und Mischintensität berichtet F. Kugel. Der von der Papiermaschine bzw. den Ausrüstungsmaschinen anfallende „Ausschuß“ bzw. Abfall kann gleichfalls für sich in eigenen Holländern aufgeschlagen werden oder aber man setzt ihn jedem Ganzeugholländer gegen Ende der Mahlung zu. Werden mehrere Halbstoffe in einem Ganzeugholländer behandelt, was, wie gesagt, ungünstig ist, so muß der langzumahlende Stoff zuerst eingetragen werden, während der weniger widerstandsfähige erst später dazugegeben wird. Man kann nach dieser Methode jedoch nie eine dem Ganzstoffcharakter weitestgehend angepaßte Mahlarbeit leisten.

Für die Papierherstellung gilt weiter die Regel, daß für geringere  $g/m^2$ -Gewichte dicker im Holländer eingetragen wird und kräftig gemahlen werden muß, während bei dickeren Papieren die Stoffdichte niedriger gehalten werden muß. Im ersteren Fall ist daher der Kraftbedarf höher, wie auch folgende Kurve nach H. Schwalbe zeigt.

*Kraftaufwand und Grammgewicht*



*Abbildung Nr. 6*

Bezüglich des Verhältnisses Holländereintrag zum fertigen Papier ist noch zu sagen, daß dieses — abgesehen von der Faserstoffrückgewinnung und

dem Füllstoffgehalt — auch sehr davon abhängt, ob das Papier in Rollen, Formaten oder gar vierseitig beschnitten geliefert wird. Die Stoffmehreinträge im Holländer im Verhältnis zum fertigen Papier liegen demnach zwischen 5—15 %. (Siehe Abschnitt IV.)

Sehr wichtig sind die Kontrollen von Holländermahlungen. An Stelle der früheren, rein gefühlsmäßigen, große Erfahrungen erfordernden, empiri-

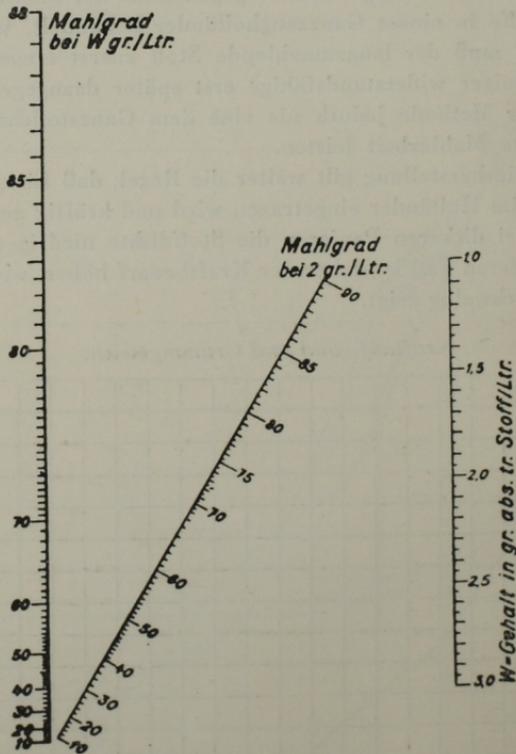


Abbildung Nr. 7

sehen Kontrollen sollte in neuzeitlichen Werken auch mit entsprechenden technologischen Mitteln gearbeitet werden. Die möglichst genaue Einhaltung bestimmter Holländerstoffdichten erfordert Dichteregler bei Arbeiten mit den an und für sich ungünstigen wässrigen Halbstopfsuspensionen oder Wiegen und Feuchtigkeitsbestimmungen beim Arbeiten mit trockenen Halbstopfen. Die Mahlgradentwicklung im Ganzeuegholländer ist mittels des Schopper-Riegler-Apparates zu prüfen, der die Entwässerungsfähigkeit der Stoffe angibt, welcher Wert auf eine bestimmte zu prüfende Stoffmenge, von zumeist 2 g atro gedacht, abgestimmt ist. Stoffdichteschwankungen im Holländer ergeben ent-

sprechende Mahlgradschwankungen. Ebenso schwanken die Ergebnisse mit der Stoff- bzw. Wassertemperatur. Die Originalmethode ist auf 15° C aufgebaut. Welche Abweichungen sich in Mahlgraden bei verschiedenen Stoffgrammgehalten im Liter Flüssigkeit ergeben, zeigt instruktiv eine Korrektur-Tafel E. Merck nach Abbildung Nr. 7.

Man sucht dabei auf der rechten und mittleren Skala den abgelesenen Mahlgrad bzw. die festgestellte Papiermenge auf und legt durch diese Punkte mit Hilfe eines Lineals eine Gerade; deren Schnittpunkt mit der linken Skala ergibt den korrigierten Mahlgrad. Bei gleichbleibenden Arbeitsmethoden ein und derselben Holländeranlage ergibt die Mahlgradentwicklung unter Berücksichtigung der möglichen Fehlerquellen wertvolle Anhaltspunkte. Die Faserveränderungen können mittels eines Faserkinos festgestellt werden. Gießt man eine gut verdünnte Stoffaufschwemmung in eine Schale aus blauem Glas, so sind darinnen unaufgeschlossene Faserbündel und Knoten deutlich zu erkennen.

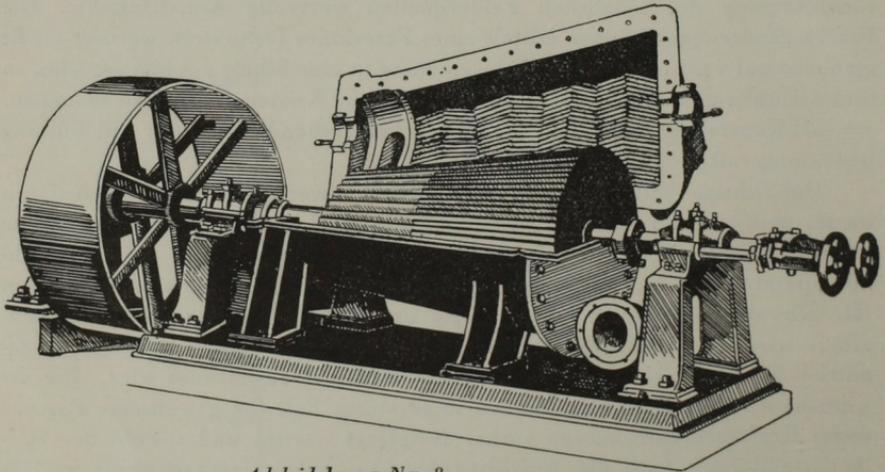
pH-Kontrollen sind für die später zu besprechende Leimung und Füllung bedeutungsvoll.

Der richtige Abstand Mahlwalze zum Grundwerk wird in vielen Anlagen immer noch abgehört. Das Arbeitsgeräusch wird beim Annähern der Walze an das Grundwerk immer stärker. Verschiedentlich hat man sich auch Abhörapparate bedient, wie solche bei Dampfmaschinen verwendet werden (H. Schwalbe). Wirklich einwandfreie und jederzeit kontrollierbare Mahlarbeit wird aber dadurch ermöglicht, daß jeder Holländer Einzelmotorenantrieb besitzt, wobei ein schreibender KW-Messer angeordnet wird. Die gewünschten Mahlverhältnisse können in so einem Fall für gewünschte Papiere durch Kraftverbrauchskurven vorher festgelegt werden und sowohl der Holländermüller als auch die Aufsichtsführenden haben jederzeit eine verlässliche Betriebskontrolle. In neuerer Zeit wurden besonders für Zwecke der Feinpapierherstellung auch Holländer gebaut, bei welchen eine Walzenlagerung mit Öldruck eine genaue Einstellung des Mahldruckes vom gesamten Walzengewicht bis zur vollständigen Entlastung der Walzen ermöglicht. Durch Betätigung eines kleinen Handrades wird der Mahldruck, der an einer Manometerskala ersichtlich ist, verändert. Diese Mahlwaage soll sehr feinfühlig arbeiten. Als Leitsatz muß gelten, daß gleichmäßige Ganzstoffbereitung eine Grundbedingung für gleichmäßiges Arbeiten auf der Papiermaschine ist.

In einer zusammenfassenden Betrachtung über wirtschaftliche Stoffmahlung (W. f. P. 1936, S. 429) wird folgendes ausgeführt:

„Jedes Papier erfordert eine arteigene Mahlarbeit, die sich nach dem Halbstoff und den gewünschten Papiereigenschaften richtet. Der für die Ausmahlung einer Mengeneinheit Stoff nötige Kraftverbrauch ist von Fall zu Fall verschieden und hängt von Mahldruck und Mahldauer ab. Die Leistung eines Holländers ergibt sich bei günstiger Förderfähigkeit in der Hauptsache aus dem Mahlgeschirr. Außer durch Bemessung von Walze und Grund-

werk wird sie durch die Walzenbreite bestimmt. Sie steigt mit dieser praktisch proportional bei gleichem Mahldruck. Alle neuzeitlichen Holländer haben daher breite Mahlwalzen. Damit im Zusammenhang ergeben sich jedoch Schwierigkeiten bezüglich einer raschen und gleichmäßigen Stoffmischung. Diese werden dadurch ausgeglichen, daß beim zweikanaligen Kropfholländer der von der Walze an die Innenwand abgeworfene Stoff durch eine konische Auswurfs- oder Umkehrhaube nach der Außenwand abgeleitet und der nach der Außenwand abgeworfene Stoff nach der Innenwand abgeleitet wird. Überwurfholländer haben schon von Haus aus eine gute Mischfähigkeit. Außerdem besteht der Vorteil, daß mindestens das



*Abbildung Nr. 8*

Maß des gesamten Walzendurchmessers als hydraulische Druckhöhe zur Verfügung steht. Mit zunehmender Kropfhöhe steigt der Kraftbedarf. Überwurfholländer sind für dicke Stoffeinträge geeignet. Neuestens wird bei Holländern auch eine trapezförmig ausgeschnittene, kammartig ineinandergreifende Walzen- und Grundwerksbemessung ausgeführt, die angeblich erhöhte Mahlleistung ohne Verbreiterung der Walzen haben soll.“

Für die früher schon angedeutete kontinuierliche Mahlarbeit werden oft Kegelstoffsäulen mit Drehkreuzmühlen verwendet. Bei derartigen Apparaten liegt das den Mantel eines geschlossenen Gehäuses bildende Grundwerk um das eigentliche, konzentrisch bewegte Mahlorgan herum.

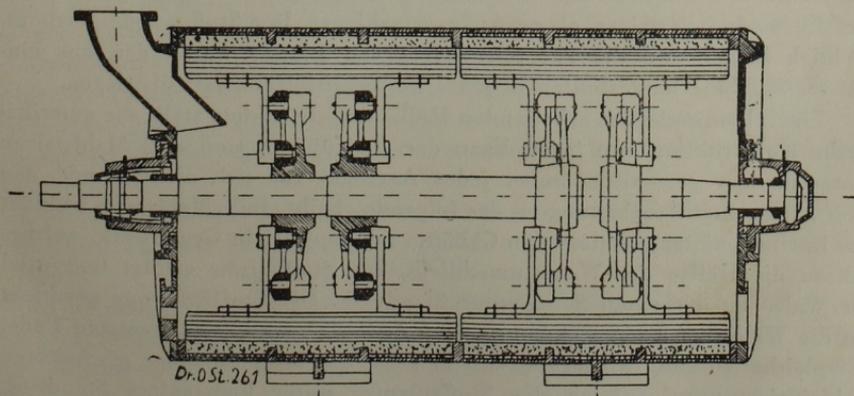
Bei Kegelstoffsäulen rotiert ein messerbesetzter Kegel in einem messergarnierten Gehäuse, wobei in der Auslaufseite meist die doppelte Messeranzahl als an der Einlaufseite angebracht wird. Umfangsgeschwindigkeit und Messeranzahl bestimmen die Stoffförderung und die Schnittlängen. Messerdicke und Material (Stahl, Bronze, Stein) sowie Zellenform und Größe sind

gleichfalls wichtig für die Mahlarbeit. Der Stoffzulauf liegt am kleinsten Umfang oben, während der Auslauf an der großen Umfangseite oben, in der Mitte oder unten liegen kann. Eine Mühle zeigt Abbildung Nr. 8.

Kegelstößmühlen werden entweder bei der noch zu besprechenden kontinuierlichen Stufenmahlung oder zur Egalisierung des Büttensstoffes verwendet. Sie können beispielsweise zwischen Bütte und Papiermaschine geschaltet werden. Der Ganzstoff muß den Kegelstößmühlen stets in gleicher Konsistenz zufließen, wozu sich Stoffdichtereger (System Källe, Trimbey usw.) bestens bewährt haben. Zu- und Ablauf der Mühle werden mit geeigneter Regulierung versehen. In Kegelstößmühlen kann schmierig oder rösch gemahlen werden. Die Stoffdichte liegt meist bei 3—4%, kann aber auch bei Preßluftverwendung nach Ryberg auf 6—7% gebracht werden. Kraftbedarf und Mahlleistungen solcher Maschinen liegen hoch. Das Verwendungsgebiet von Kegelstößmühlen ist bei vielen Papiersorten gegeben. Man kann im Holländer vor- und in Kegelstößmühlen fertigmahlen, wobei mehrere Mühlen hintereinander geschaltet werden, wie man dies z. B. bei Kraft- oder Spinnpapiererzeugung usw. vornimmt, oder man kann sie auch als reine Egalisierungsmaschinen laufen lassen.

Eine andere Maschinenart stellt die Drehkreuzmühle dar, wie sie in der Konstruktion Kirchner-Strecker entwickelt wurde und bei welcher elastisch an einer Welle aufgehängte Mahlkörper aus Basalt oder Kunststein gegen unbewegliche Körper arbeiten. Es handelt sich dabei um Anwendung großer Mahlfächen mit geringen Flächendrücken. Die Mahlfäche ist etwa 15mal so groß als bei einem Holländer gleicher Leistung. Der Stoff bleibt etwa 5 bis 15 Minuten in der Mühle, deren Schnitt Abbildung Nr. 9 zeigt.

*Drehkreuzmühle, System Kirchner-Strecker*



*Abbildung Nr. 9*

Die Mühlenleistung wird durch die Läuferdrehzahl, die Stoffdichte und die Stoffstauhöhe in der Mühle beeinflusst. Die Schaltung geschieht ähnlich wie bei Kegelstoffmühlen.

Kontinuierliche Mahlanlagen, die infolge weitgehenden Entfalles von Totzeiten leistungsmäßig günstig liegen, wurden hauptsächlich in Druckpapierfabriken entwickelt und in neuerer Zeit auch für Zellstoffpapiere, wie Spinn-, Sack- und andere Papiersorten eingeführt. Über derartige Anlagen der Papierfabrik Kabel A.-G. berichtet W. Hulke. Zellstoffrollen bzw. -ballen werden ohne Aufhacken oder Aufblättern in eine Auflöstrommel von 3 m Durchmesser und 3,30 m Länge (System Kabel) periodisch, und zwar zu etwa 450 kg Zellstoff, von dem nur die Verschnürung bzw. Verpackung entfernt wird, eingetragen. Die Wasserzugabe geschieht über ein Meßgefäß. Bei einem Trommelkraftbedarf von 15 PS erfolgt die Stoffauflösung in 20 Minuten. Die Trommelentleerung geschieht in eine Bütte, von wo der kontinuierliche Betrieb beginnt. Der Stoff wird beispielsweise einer Kegelstoffmühle zugepumpt und fließt nach deren Durchlaufen einem Ganzzeugholländer derart zu, daß der Stoff allmählich von der inneren Trogwand zur äußeren wandert und so oft das Grundwerk passiert, wie die abgenommene Stoffbandbreite der Holländerwalzenbreite entspricht. Die Durchflußmenge regelt eine automatische Schwimmersteuerung am Kegelstoffmühlenauslauf. Der gemahlene Stoff läuft kontinuierlich der Arbeitsbütte zu. Der Zellstoffmahlgrad wird durch entsprechende, mittels Ampèremeters kontrollierbare Belastung eingestellt. Eine Anordnung zeigt Abbildung Nr. 10. Es können ebensogut mehrere Kegelstoffmühlen oder Holländer hintereinandergeschaltet werden.

Über Stufenmahlungen nahm auch Brecht Laboratoriumsversuche vor, wobei er feststellte, daß ungebleichter Sulfitzellstoff, der einer mit milden Mahldrücken beginnenden Stufenmahlung unterzogen wurde, erheblich bessere Eigenschaften zeigte als einstufig gemahlener. Der Stoff wurde geschont, er blieb länger und die aus ihm gefertigten Blätter waren den aus einstufiger Mahlung hergestellten in jeder Festigkeitseigenschaft überlegen.

Einen kontinuierlich arbeitenden Holländer als solchen stellt die amerikanische Konstruktion von Smith-Egan dar. Bei diesem sind drei Mahlwalzen hintereinander geschaltet, wobei jedes Aggregat für sich arbeitet und den Stoff nach seiner Bearbeitung an das folgende abgibt. Jede Mahlwalze befindet sich in einem völlig geschlossenen Gehäuse und besitzt ein Grundwerk, welches nahezu die Hälfte der Walze umschließt. Die Stoffzufuhr erfolgt tangential zur Walze an der einen Seite unter Staudruck. Die Stoffförderung geschieht um die Walze herum in Windungen zum Auslauf am entgegengesetzten Ende. Der gleiche Vorgang wiederholt sich in jeder der hintereinander geschalteten Mahleinrichtungen. Infolge des Stoffzulaufes unter konstantem Staudruck wird dem Mahlgerät stets die gleiche Stoffmenge in der Zeiteinheit zugeführt.

Der Auslauf aus dem letzten Mahlgehäuse kann durch Stau geregelt werden, wodurch der Staudruck in den Mahlgehäusen beeinflusst wird. Für jede der drei Walzen ist ein eigener Antriebmotor vorhanden, so daß mit verschiedenen Umlaufgeschwindigkeiten der einzelnen Walzen gearbeitet werden kann.

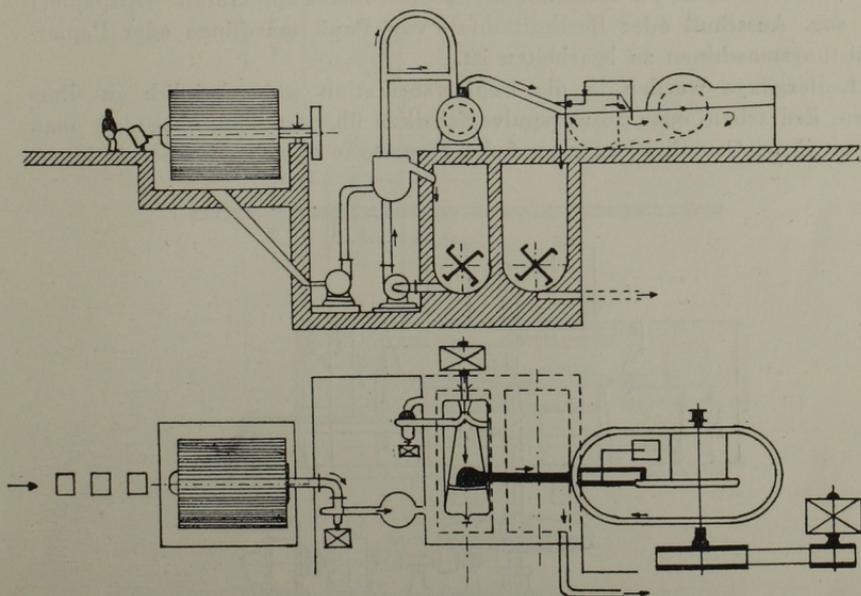


Abbildung Nr. 10

Ebenso ist es möglich, verschiedene Walzentypen anzuwenden, so daß z. B. die erste Walze den Stoff aufschlägt, die zweite ihn hydratisiert und die dritte die Hauptmahlarbeit besorgt. Solche Holländer arbeiten meist mit 3- bis 6%iger Stoffdichte. Die gute Anpassungsfähigkeit derartiger Holländertypen an die verschiedenen Anforderungen wird besonders hervorgehoben. Ihr Leistungsbedarf soll wesentlich geringer sein als jener der üblichen Holländer (H. Mory).

Andere in diesem Zusammenhang erwähnenswerte Maschinen sind die Stabmühlen und die holländerartige Ausführung der Voithschen Stetigstoffmühlen.

Es ist unbedingt nötig, bei der Auswahl seiner Mahlmaschinen sich immer den geforderten Papiersorten-Erzeugungen anzupassen und die dafür geeignete Mahlmaschine zu wählen. Jede Holländer- oder Mahlmaschinenbauart besitzt eben gewisse Eigenarten.

## d) KOLLERGÄNGE, ZERFASERER UND ZERREISSER

Für Auflös- und Zerreibungsarbeiten bedient man sich seit langer Zeit in der Papierindustrie der Kollergänge oder besonders gebauter Zerfaserer sowie auch Auflösetrommeln oder Auflöscholländer. Für eine Auflösarbeit ist zu unterscheiden, ob Halbstoff als solcher oder Papierabfälle (Altpapier) bzw. sog. Ausschub oder Beschnittabfall von Papiermaschinen oder Papierausrüstungsmaschinen zu bearbeiten ist.

Kollergänge wurden in die Papierfabrikation wahrscheinlich aus Porzellan-, Erdfarben- oder Schwarzpulverfabriken übernommen, ohne daß man sich mit ihren Grundwirkungen auf die Faserstoffe eingehender befaßt hätte.

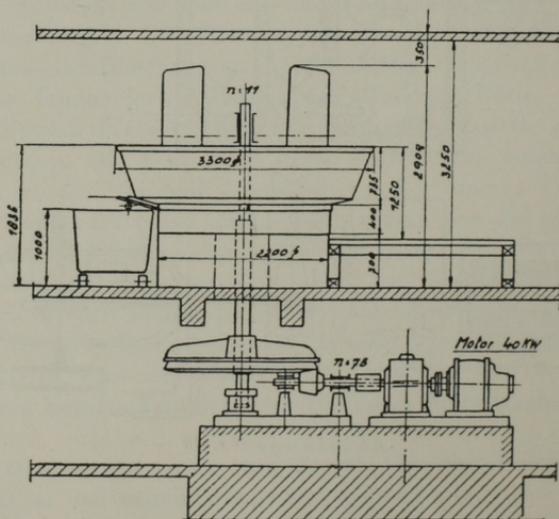


Abbildung Nr. 11

Man benutzte sie zum Zerteilen von Splintern, Knoten und Schmutzteilen. Auch glaubte man damit beim Papier bessere Faserverfälschung, schönere Durchsicht, höhere Festigkeitseigenschaften und geringe Füllstoff-, schwefelsaure Tonerde- und Leimverluste zu erreichen. Man nahm auch an, daß eine Fibrillierung der Fasern und ein Schmierigwerden eintritt, obwohl mitunter auch von einem Röscherwerden gesprochen wurde. Eingehendere technologische Untersuchungen zur Klarstellung dieser verschiedenen mutmaßlichen Verhältnisse führten jedoch erst 1937 W. Brecht und 1942 O. Wurz durch. Bevor auf diese Arbeiten eingegangen wird, sei kurz das Wesentlichste von Kollergängen beschrieben:

Eine derartige Maschine von beispielsweise 500—600 kg absoluttrocken gedachtem Eintrag zeigt Abb. Nr. 11.

Die beiden Läufersteine haben ein Gewicht von je 2900 kg und bestehen ebenso wie der Bodenstein aus rheinischer Zählbasaltlava. Eine zeitweise Stein-schärfung ist bei einem derartigen Material nicht nötig. Die Steinverhältnisse in Anlehnung an den Normalblattentwurf DIN 8871 zeigt Abb. Nr. 12:

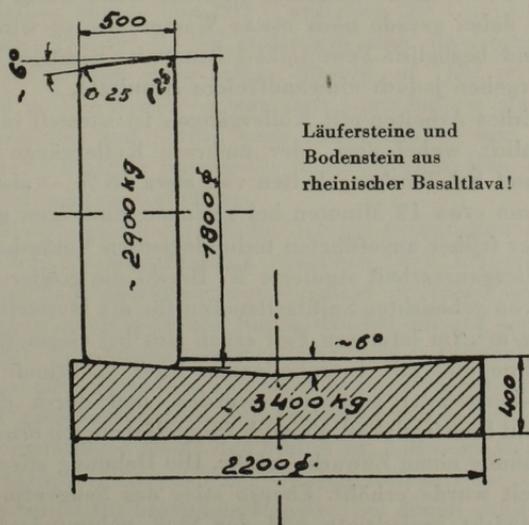


Abbildung Nr. 12

Die Wasserzugabe für die Einstellung des gewünschten Trockengehaltes bei der Kollierung erfolgt über ein oberhalb der Königswelle angeordnetes Zentralgefäß zum Schaber. Den Antrieb besorgt ein Motor von 40 kWh Leistung über ein Pfeilradgetriebe. Der Kollergang besitzt eine Vorrichtung zum Vor- und Rückwärtslauf, was bei Verklemmungen äußerst vorteilhaft ist. Die Kollierung wird je nach dem zu bearbeitenden Material mit Trockengehalten von etwa 25—30 % atro durchgeführt.

Die Läufersteine eines Kollerganges, deren Gewicht und Form für ihre Arbeit wesentlich sind, vollführen verhältnismäßig komplizierte Bewegungen. Sie ändern infolge ihrer Befestigung an der Königswelle ihre Bewegungsrichtung dauernd. Dadurch entsteht eine beträchtliche Reibung des Stoffes an den Steinen und unter den Fasern selbst. Die günstigste Stofflage wird durch entsprechende Schaber-Konstruktion erreicht. Dabei ist der Winkel (nach H. Schwalbe 25—38°), in dem der Schaber auf die Schale gerichtet ist, wesentlich. Der Stoff soll während der Arbeit am Schaber entlang gleiten. Bei zu großem Winkel bleibt er liegen bzw. wird er über die Schale geworfen. Ebenso spielt die Schaberhöhe eine Rolle, wobei der Kraftverbrauch mit der Höhe wächst.

Kollergänge arbeiten im allgemeinen diskontinuierlich. Es ist zweckmäßig,

das aufzubereitende Gut voreingeweicht oder zerrissen in einen Kollergang einzutragen. Den nötigen Feuchtigkeitsgehalt stellt man — wenn nötig — durch nachträgliche Wasserzugabe ein. Nach einer „Faustregel“ wird in der Praxis oft der gekollerte Stoff auf seinen Feuchtigkeitsgehalt dadurch kontrolliert, daß man eine Probe desselben in einer Hand durch starkes Pressen ausdrückt. Tritt dabei gerade noch etwas Wasser aus, so wird der Stoff als zweckentsprechend bezüglich Feuchtigkeit beurteilt. Richtige Trockengehaltsbestimmungen ergeben jedoch einwandfreiere Resultate.

Kontinuierliches Arbeiten mit Kollergängen ist speziell in der Sulfatzellstoffindustrie üblich, wobei drei oder mehrere Kollergänge hintereinander geschaltet sind und bei Trockengehalten von etwa 16 % — also sehr feucht — nur kurze Zeit von etwa 15 Minuten bei geringen Einträgen gearbeitet wird.

Bezüglich der früher angeführten technologischen Versuche über die Auswirkung der Kollergangsarbeit studierte W. Brecht die Kollerrung von Abfallpapier wie jene von gebleichten Sulfitzellstoffen für die Herstellung eines Postpapiers von 85 g/m<sup>2</sup>. Im letzteren Fall ergab sich bei Gegenüberstellung von Papieren, die ohne und mit vorgekollertem Stoff (1 Stunde Kollerzeit bei 25 % atro Trockengehalt) gearbeitet wurden, daß durch die Kollergangbehandlung sowohl Reißfestigkeit als auch Doppelfaltungen erniedrigt wurden, während die Dehnung einen Zuwachs erfuhr. Die Dehnung stieg leicht und die Luftdurchlässigkeit wurde erhöht. Ebenso stieg das Saugvermögen, während sich das Raumgewicht erniedrigte und der Stoff voluminöser wurde. Diese Eigenschaften erhielt der gebleichte Zellstoff schon in den Anfängen der Kollerzeit. Ähnliche Verhältnisse zeigten sich bei der Kollerrung von Abfallpapier.

Eingehende Untersuchungen mit 13 verschiedenen Halbstoffen, wie Holzschliff, ungebleichte und gebleichte, härtere und weichere Sulfit- und Sulfatzellstoffe, Laubholz und veredelte Stoffe sowie Baumwolle, führte in einem neuzeitlichen Betriebskollergang später O. Wurz durch. Dabei ergab sich die bemerkenswerte Tatsache, daß die Beeinflussung der Halbstoffeigenschaften in derselben Weise, wie sie W. Brecht bei gebleichtem Sulfitzellstoff und Papierabfällen beobachtet hatte, sehr vom Aufbau des betreffenden Faserstoffes abhängig war. Je weniger „Inkrusten“ bzw. Zellulosebegleiter ein Halbstoff enthielt, je reinere zugefeste und geschmeidige Zellulosefasern vorlagen, um so unempfindlicher wurden solche Halbstoffe gegen Kollergangeinwirkungen. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel bot das Verhalten gebleichten Baumwollhalbstoffes. Die Festigkeitsveränderungen sind bei den Untersuchungen zuerst an den behandelten Halbstoffen und hierauf nachträglich in Mahlholländern bestimmt worden. Dabei wurde gleichfalls festgestellt, daß die Kollergangseinflüsse bezüglich der Festigkeitseigenschaften mit zunehmender Feuchtkollerrung geringer werden. Ebenso spielt die Zeitdauer — die Beobachtung erfolgte von ½—2 Stunden — eine Rolle. Bezüglich der Saughöhen wurde festgestellt, daß sie anfänglich ansteigen und bei längerer Kollerrung wieder

etwas abfallen. Die Viskositäten sanken bei weniger weit aufgeschlossenen Halbstoffen schon im Anfang. Wie auch schon Brecht fand, ändern sich die Mahlgrade kaum, von einer Faserquellung ist gar keine Rede. Die Temperaturerhöhung war bei den verschiedenen Faserstoffen nahezu gleich, stieg schon in der ersten halben Stunde von 20° C auf etwa 30° C und betrug nach zwei Stunden höchstens 37—39° C. Bei Holzschliff sank die direkte Reißlänge von ursprünglich 1816 m nach einer halben Stunde auf 1532 m und betrug nach 2 Stunden 1380 m. Die Saughöhe war nach einer halben Stunde von 34 mm auf 44 mm gestiegen und betrug nach 2 Stunden 41 mm. Dem gegenüber zeigte gekollerte, gebleichte Baumwolle kaum irgendwelche Änderungen während einer zweistündigen Kollierung.

Die Mikroskopie gekollierter Stoffe ließ bei verschiedenen Untersuchungsarbeiten in voller Übereinstimmung erkennen, daß keinerlei Fibrillierung, sondern eine Oberflächenverkleinerung stattfand. Spätere Faseruntersuchungen von O. Wurz geben der Möglichkeit Raum, daß bei den starken Knetwirkungen Beeinflussung der Primärlamellen der Faserstoffe stattfindet, falls diese noch viele ligninartige oder besondere Zellulosebegleitstoffe enthalten, wodurch die eingetretenen Eigenschaftsänderungen erklärlich würden.

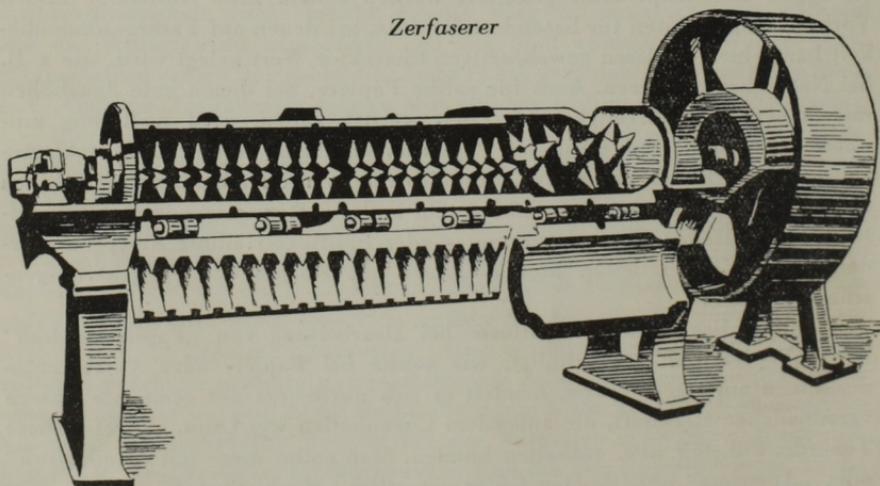
Diese Untersuchungen lassen den Schluß zu, daß normalerweise Halbstoffe als solche überhaupt nicht gekollert werden sollen. Eine Ausnahme bilden Vorbereitungsarbeiten für besondere Papiere, bei denen auf Fasergeschmeidigkeit bzw. einen gewissen gewebeartigen Charakter Wert gelegt wird, wie z. B. bei Natronkraftpapieren. Auch für solche Papiere, bei denen gute Saughöhen und höhere Einreißfestigkeiten erzielt werden sollen, wird Kollierung mitunter angewandt. Bei sonstigen Papierherstellungen sollte man Zerkleinerungsarbeiten besser Zerreißen, Einweichtrommeln oder ähnlichen Maschinen überlassen oder aber nur kurz und feucht kollern. Korrigierende Mahlbehandlungen von Halbstoffen zur Schmutz- oder Splitterzerteilung hingegen würden bei wenig veredelten Stoffen immer auf Kosten der Festigkeitseigenschaften gehen.

Anders liegen die Verhältnisse bei Bearbeitung von „Papierausschuß“ bzw. „Papierabfall“ (Beschnitt), wie solche bei Papier- oder Ausrüstungsmaschinen auftreten. Hierbei handelt es sich durchwegs um gemischte Fasern verschiedener Herkunft, die außerdem Chemikalien wie Leim, schwefelsaure Tonerde, Füllstoff usw. enthalten können. Man sollte diese mit „Kollerstoff“ oder „Ausschuß“ bezeichneten Güter eigentlich „Mischhalbstoff“ nennen. Für derartige Sorten sowie für Kartonabfälle und Altpapier sind Kollergänge verwendbar. Diese Stoffe dienen im fertig gekollerten Zustand zur besseren „Deckung“ von Papieren und gleichzeitig zur Verwertung der Abfallfasern. Um Mischhalbstoffe schneller aufzulösen, hat man auch Kollierungen unter Warmwasserzusatz vorgenommen. Dabei findet jedoch durch die Bewegung der Steine wieder eine Abkühlung des Gutes von der Heißwassertemperatur

mit etwa  $70^{\circ}$  C auf die Temperatur der Kollergangreibungswärme von etwa  $37\text{--}39^{\circ}$  C statt. Da indirekt beheizte, doppelwandige Kollergangsschalen eine teure Ausführung darstellen, wendet man mitunter direkte Dampfheizung an. Bei der Voithschen umlaufenden Kollergutheizung wird Abdampf durch einen auf der Kollergangswelle angebrachten rotierenden Dampfverteiler mittels Zuteilungsrohr nach dem Schaber geleitet. Durch den Schaber hindurch tritt der Dampf über Düsen aus, um bei der Kondensation im bewegten Kollergut seine Wärme abzugeben. Damit sind innerhalb kurzer Zeit Kollerguttemperaturen von  $70^{\circ}$  C und darüber zu erreichen, die auch während der ganzen Kollerdauer beibehalten werden. Kollerguttemperaturen von  $65\text{--}70^{\circ}$  C ergeben Mehrleistungen der Kollergänge von  $30\text{--}35\%$ . Über  $70^{\circ}$  C treten starke Dampfschwaden auf, weshalb diese Temperatur nicht überstiegen wird (W. Scholz). Bei einer derartigen Anordnung müssen jedoch auch die Dampfkosten in Rechnung gesetzt werden.

Neben Kollergängen sind auch Zerfaserer verschiedener Konstruktionen gebaut worden. Eine davon ist jene nach C. Wurster, bei welcher sich zwei Wellen, die Knetflügel besitzen, mit verschiedenen Geschwindigkeiten entgegengesetzt in einem gerippten Gehäuse drehen. Mitunter findet auch Wasserzugabe statt. Eine Ausführung zeigt Abb. Nr. 13:

*Zerfaserer*



*Abbildung Nr. 13*

Andere Maschinen sind beispielsweise jene von Werner-Pfleiderer und Lannoye-Thiry. Mitunter werden auch Einweichtrommeln solchen Zerfaserern vorgeschaltet. Gleichmäßige Beschickungen, wie sie z. B. durch Einweichtrom-



Dabei werden Rollen bis zu einem Trockengehalt von 44 % atro auf einen Förderer gelegt, der sie in den Einlauf des Zerkleinerers kippt. Dieser besteht aus einer gußeisernen Trommel mit Reißzähnen und einer eingepaßten Stahlplatte als Gegenmesser. Bei einem Trockengehalt von 36 % atro beträgt die Leistung einer derartigen Maschine etwa 3500 kg atro je Stunde bei einem Kraftbedarf von 40 PS.

Bogenzerreißmaschinen werden für Leistungen von etwa 1600 kg je 1 Stunde bei einem Kraftbedarf von 20 PS (Motor 30 PS wegen Stößen) gebaut. Es gibt auch Ausführungen, die eine Feuchtvorrichtung für die Bogen besitzen und dann sowohl für Bogen als auch für Rollen verwendet werden können.

### e) LEIMEN

Wird ein Papierblatt nur aus Faserstoffen allein gearbeitet, so besitzt es hinsichtlich des Saugvermögens Eigenschaften, die seine Beschreibbarkeit mit Tinte bzw. seine scharfbegrenzte Bedruckbarkeit stark beeinträchtigen oder überhaupt unmöglich machen. Um Papier für die angeführten Zwecke verwendbar zu gestalten, ist es nötig, vorhandene Hohlräume zu verkleinern und die Fasern schwerer benetzbar zu machen, was durch Zugabe gewisser kolloidaler Stoffe geschieht. Dieser mit „Leimung“ bezeichnete Vorgang kann im Ganzzeugholländer — Leimung in der Masse — oder durch nachträgliche Imprägnierung des fertigen Papierblattes an der Oberfläche zustandekommen.

An Stelle der älteren tierischen Oberflächenleimung führte F. Illig 1807 unter Verwendung von Harzen, Wachsen und tierischen Gallerten usw., welche in einen mit Wasser mischbaren Zustand gebracht wurden, die Leimung in der Masse ein. Die meiste Anwendung fand Harz, weshalb diese Leimungsart in ihren Grundwesenszügen vornehmlich beschrieben werden soll.

Harz oder Kolophonium ist ein uneinheitlicher Stoff, der je nach der Baumart (Nadelhölzer) und deren Wachstumsbedingungen verschiedentlich zusammengesetzt ist und der durch Verletzung des Holzes gebildet wird. Außer diesen pathologischen Harzen finden auch physiologische, wie z. B. jenes der Wurzelstöcke, für mindere Zwecke Verwendung. Bei einem Destillationsverfahren bleibt Kolophonium zurück, während Terpentinöl übergeht. Kolophonium stellt eine amorphe glasartige Masse von gelber bis dunkelbrauner Farbe dar, die muscheligen Bruch zeigt. Es besteht aus verschiedenen Abietinsäuren, teilweise auch aus Resenen. Zu seiner Kennzeichnung werden verschiedene Zahlen angewandt, von denen als wichtigste folgende anzuführen sind:

Die Säurezahl zeigt den Gehalt an Abietinsäure und kann bei 83—93% liegen. Der Anteil an Petrolätherunlöslichem soll gering sein. Verseifbares

und Unverseifbares geben gleichfalls Anhaltspunkte für die Verwendbarkeit der Harze. Von weiterer Wichtigkeit ist der Schmelzpunkt.

Das meist in Holzfässern zum Versand gelangende Harz muß vor Sonnenbestrahlung geschützt und kühl gelagert werden. Kristallines Harz gibt zu Leimstörungen Anlaß. Den schädlichen Einfluß des Sonnenlichtes zeigt folgende Untersuchung (O. Wurz):

Bei amerikanischem Fichtenharz, welches richtig kühl und dunkel gelagert wurde, ergaben sich nachfolgende Zahlen:

Verseifungsbare . . . . .	13,8%
Unverseifbares . . . . .	5,1%
Petrolätherunlösliches . . . . .	1,2%

Ließ man ein Faß im Sonnenlicht liegen, so daß Harz austrat, zeigte nachfolgende Analyse die starken Harzveränderungen:

Verseifbares . . . . .	9,5%
Unverseifbares . . . . .	11,5%
Petrolätherunlösliches . . . . .	2,7%

Die Leimkraft hatte unter dem Einfluß des Sonnenlichtes — vermutlich durch Oxydationsvorgänge — wesentliche Einbuße erlitten.

Harz muß in eine mit Wasser mischbare Form übergeführt werden, was durch Kochen mit Alkalien, wie Soda, Ätznatron usw. bei seiner Schmelztemperatur geschieht. Diese Verseifung wird nicht vollkommen zu harzsaurem Natron durchgeführt, sondern es wird freies Harz fein verteilt in harzsaurem Natrium angestrebt. Die Harzteilchengröße soll möglichst gering sein. Je feiner die Teilchen, um so besser ist ihre Wirkung. Ein bestimmtes Mischungsverhältnis von Freiharz mit gebundenem Harz und Wasser ergibt beste Leimwirkungen. Verschiedenste Verfahren sind üblich, um eine „Harzseife“ bzw. durch deren Vermengung mit Wasser eine Harzmilch herzustellen. Letztgenannte, die durch eigene Zerstäuber erhalten werden kann, hat meist 10–20 g Harz im Liter. Bei weiterer Verdünnung auf Holländerkonsistenz — etwa 1–3 g Harz im Liter — dissoziiert das harzsaure Natron, wodurch zusätzlich Freiharz entsteht. Für die Harzmilchbereitung hat sich Kondenswasser sehr gut bewährt. Um den bei der Harzmilchbereitung anzustrebenden feinkolloidalen Zustand auch bei der Leimung zu erhalten, werden Schutzkolloide, wie z. B. Kasein oder Tierleim, als Stabilisatoren verwendet.

Für die Harzmilchbereitung sind verschiedenste Verfahren üblich. Es können beispielsweise etwa 380 kg Harz in einem Kessel unter Rühren niedergeschmolzen werden, worauf bestimmte Mengen Ätznatron, Kasein und

Formaldehyd zugesetzt werden. Diese Schmelze wird anschließend mit Hilfe eines Injektors mit Wasser gemischt, wobei eine Harzmilch mit 30 g Harz im Liter resultiert, die in Betonkästen aufbewahrt wird und über Rohrleitungen zu einem Meßbehälter bzw. von dort in einen Ganzzeugholländer gelangt.

Verschiedene Leimverfahren sind unter dem Namen Triplex (Harz-emulsion in fester Form mit 34% Harz und 3% Schutzkolloid), Gillet (zwei-stufige Harzverseifung zuerst mit Soda und Natriumkarbonat und dann mit Ammoniak) oder auch Delthirna in Verwendung, wobei es sich im letzteren Fall um vollverseifte Harzseifen handelt, weshalb dafür ein Mehrverbrauch an schwefelsaurer Tonerde erforderlich ist.

Von den verschiedenen bewährten Verfahren der Harzleimbereitung soll hier das Bewoid- bzw. Hagoidverfahren (Firma Dr. B. Wieger) beschrieben werden. Es handelt sich dabei um eine mechanisch-kolloidchemische Dispergierung von geschmolzenem Harz in einer wässrigen Lösung eines Schutzkolloids und Emulsionsbildners. Der dabei erzielte Freiharzgehalt beträgt etwa 90%. Geringe Resinatmengen müssen vorhanden sein, da mit 100% Freiharz nicht geleimt werden kann.

200 kg grob zerschlagenes Harz werden in einem Behälter etwa binnen 2 Stunden vorgeschmolzen und gelangen hierauf in die eigentliche „Harzmühle“, in welcher ein Rührwerk läuft, das auf größere und geringere Geschwindigkeiten geschaltet werden kann. Das bei etwa 125° C geschmolzene Harz wird mit „schnellem Gang“ gerührt, worauf eine Ätznatronlösung bestimmter Konzentration und Menge dazukommt. Nach etwa 15 Minuten wird als Schutzkolloid Kasein, das in verdünnter Ätznatronlösung gequollen wird, zugeführt und 10 Minuten dispergiert. Hierauf wird abschließend das so erhaltene Bewoidkolloid mit Warmwasser verdünnt, das Rührwerk auf Langsamgang geschaltet, noch weiter verdünnt und in einen Sammelbehälter ablaufen gelassen. Eine schematische Anordnung zeigt Abbildung Nr. 15:

Die erhaltene Harzmilch besitzt 400 g Harz im Liter, ist holländerfertig und hat einen ph von etwa 8,2.

Um Harz zu ersparen, wurde ein Teil desselben durch Koloisol — einen besonderen Stoff, der selbst keine leimende Wirkung hat — ersetzt, welcher in der Bewoidmühle zugegeben wird und der eine besonders feine Harzverteilung bei 25%iger Harzersparnis bewirkt. Diese „Hagoidleim“ genannte Mischung hat besseres Leimvermögen als Bewoid. Dieser Leim enthält 300 g Harz und 100 g Koloisol im Liter und besitzt einen ph von 7,9. Richtig bereiteter Hagoidleim zeigte folgende Teilchengrößen (O. Wurz):

5% Teilchen	. . . . .	0,5—0,7 $\mu$
20% „	. . . . .	0,8—1,0 „
60% „	. . . . .	1,1—1,5 „
15% „	. . . . .	1,7—2,5 „

Bewoidmühle Type A (M. 1:25)

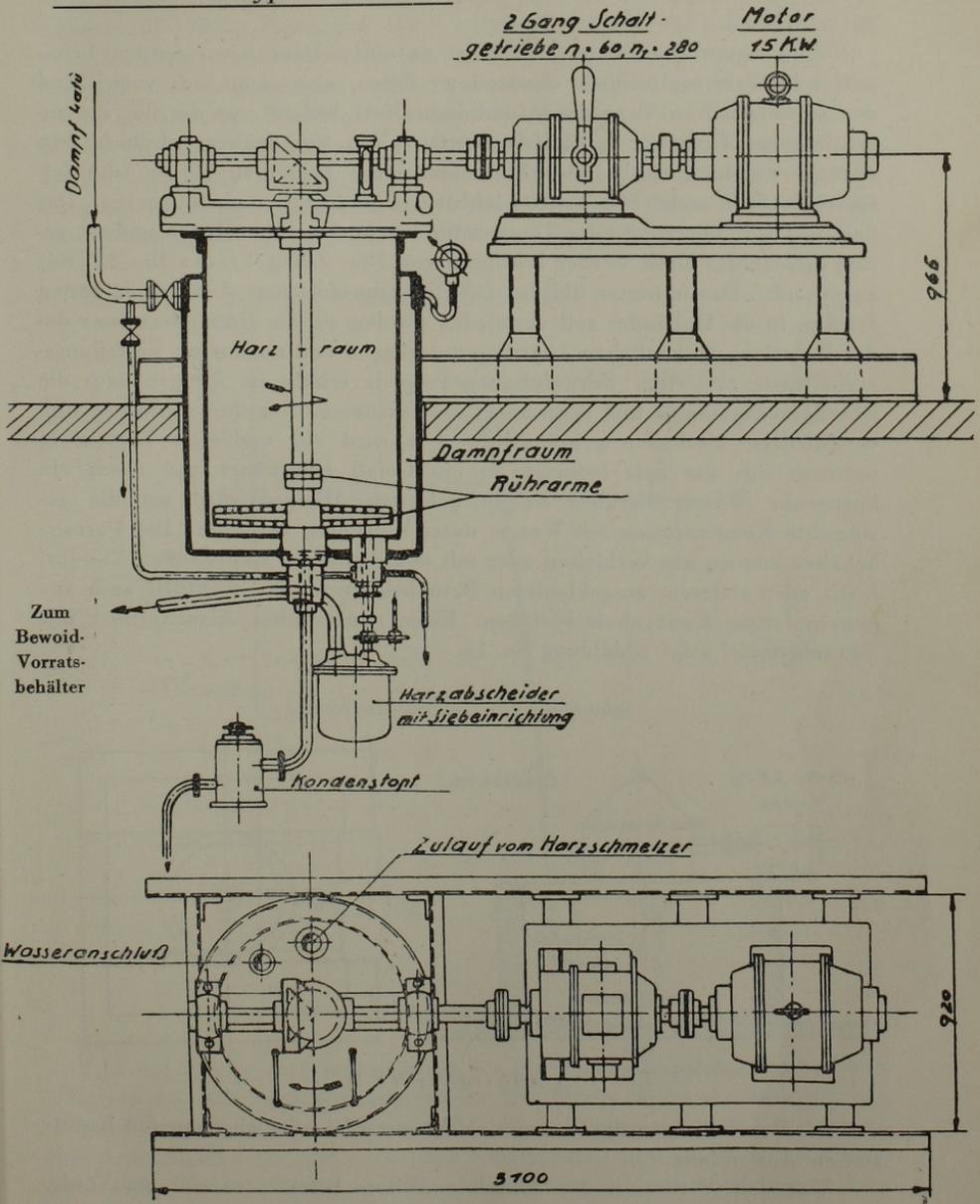


Abbildung Nr. 15

Die mikroskopische Kontrolle der Teilchengröße von Harzleimen ist nur zu empfehlen.

Zum eigentlichen Leimvorgang ist es nötig, Harz bzw. sonstige Leimmittel in wasserunlöslichem Zustand zu fällen, wozu man sich vorwiegend der schwefelsauren Tonerde (Aluminiumsulfat) bedient, welche die Zusammensetzung  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 18 \text{H}_2\text{O}$  besitzt. Von der früher gebräuchlichen Alaunverwendung (Kali- oder Ammoniakalaun) kam man ab, da schwefelsaure Tonerde mehr  $\text{SO}_3$  besitzt, leichter wasserlöslich und billiger ist. Das Salz löst sich mit steigender Temperatur in zunehmender Menge und ist gering dissoziiert. Meist werden Lösungen von 100—600 g/l (etwa 10—35° Bé) angewandt. Das mitunter übliche Zuteilen schwefelsaurer Tonerde in festen Stücken in die Holländer soll vermieden werden, da die Holländermesser dadurch starken mechanischen Angriffen unterliegen und ungünstige Verhältnisse eintreten. Schwefelsaure Tonerde erhöht im übrigen auch die Oberflächenspannung und vermindert das Schäumen. Für ihre Auflösung sind verschiedene Methoden gebräuchlich. Oft wird ein verbleiter Kasten, in welchem sich das Salz befindet, in ein Gefäß eingehängt und durch ein Spritzrohr Wasser darüber rieseln gelassen. Hierauf wird auf die gewünschte Konzentration mit Wasser unter Umrühren verdünnt. Die Vorratsbehälter können aus verbleiten oder mit den deutschen Kunststoffen Vinidur, Igelit oder anderem ausgekleideten Betonbehältern oder eventuell auch aus imprägniertem Kiefernholz bestehen. Einen neuzeitlichen Alaunauflöser mit Schraubenquirl zeigt Abbildung Nr. 16.

#### Schwefelsaure Tonerde-Auflösung

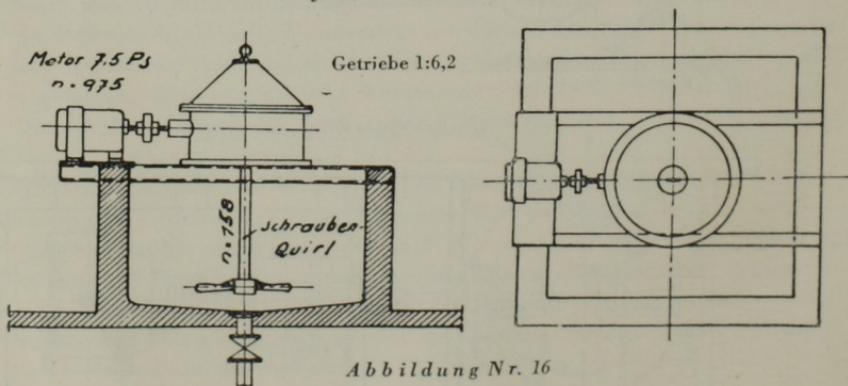


Abbildung Nr. 16

Als Rohrleitungen finden meist solche aus Blei oder obgenannten Kunststoffen Anwendung.

Was den Verbrauch des Aluminiumsulfats betrifft, so soll man nicht rechnen, 1 kg Harz benötigt 1 kg Aluminiumsulfat, da noch verschiedene

andere Einwirkungen, welche später ausgeführt werden, eintreten. (Z. B. es können auf 100 kg Papierstoff für 9 l Bewoidleim mit 400 g Harz im Liter etwa 23 Liter schwefelsaure Tonerde mit 130 g im Liter gebraucht werden.) Man soll sich vielmehr nach dem eingetretenen ph-Wert im Holländer bzw. jenem im Abwasser des Papiermaschinsiebes richten. Nach Feststellung von W. Brecht über den Einfluß des ph-Wertes der geleimten Masse auf den Leimverbrauch lag bei den untersuchten Harzleimen die günstigste Auswirkung bei einem ph von 4,5—5 bei Verwendung gebleichten Sulfitzellstoffes, wie Abbildung Nr. 17 zeigt (Kennzahl f wird später besprochen).

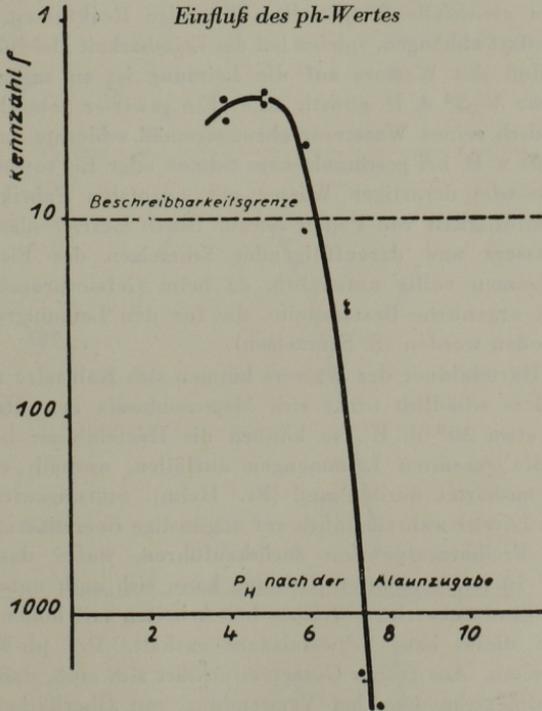


Abbildung Nr. 17

In der Praxis wird meistens mit ph-Werten des Papiermaschinenabwassers von 4,5—5,5 beste Wirkung erzielt. Die Werte schwanken auch mit den angewandten Halbstoffen. Olsen und Gartner fanden optimale Bedingungen bei Aspenzellstoff mit  $ph = 5,5$ , bei Kraftzellstoff mit  $ph = 7$ . Auch Füllstoffe üben dabei Einflüsse aus. Zu großer Überschuß an schwefelsaurer Tonerde macht das Papier brüchig und greift das Sieb stark an.

Aluminiumsulfat wird mitunter auch allein bei ungeleimten Papieren verwendet, um bessere Füllstoffverbindungen zu erreichen und ein Kleben der Papierbahn auf den Pressen der Papiermaschine zu verhüten. Auch hier empfiehlt sich eine pH-Kontrolle, wobei Werte von etwa 5—5,5 für günstige Füllstoffgehalte anzustreben sind.

Verschiedene Untersuchungen von H. Schwalbe, Heuser, Oeman u. a. ließen erkennen, daß Zellstoffe Aluminiumsulfat außerdem zu spalten (Austausch der Faseraschenbestandteile Kalzium gegen Aluminium) oder zu speichern vermögen. Vereinigungen der bei der Zersetzung von Aluminiumsulfat auftretenden Schwefelsäure mit organischen Substanzen aus den Zellstoffen wurden gleichfalls festgestellt. Derartige Reaktionen, welche auch von der Halbstoffart abhängen, spielen bei der Leimbarkeit gleichfalls eine Rolle.

Zum Einfluß des Wassers auf die Leimung ist zu sagen, daß weiche Wässer von etwa 3—5° d. H. günstig sind. Ein gewisser Salzgehalt ist jedoch nötig, da chemisch reines Wasser erfahrungsgemäß schlechte Leimung verursacht. Dies trifft z. B. bei geschmolzenem Schnee oder Eis sowie Regenwasser zu. Auch Gemische derartiger Wässer mit normalen Fabrikationswässern setzen die Leimfestigkeit von Papier herab. Durch Gefrierenlassen normalen Fabrikationswassers und darauffolgendes Schmelzen des Eises wird das Wasser zum Leimen völlig untauglich, da beim Gefrierprozeß gewisse anorganische und organische Bestandteile, die für den Leimungsvorgang nötig sind, ausgeschieden werden (S. Samuelsen).

Von dem Härtebildner des Wassers können sich Kalksalze mit Harz umsetzen. Besonders schädlich wirkt sich Magnesiumsalz aus. Hat ein Fabrikationswasser etwa 30° d. H., so können die Härtebildner bei 3—4%iger Harzleimung die gesamten Leimmengen ausfällen, weshalb ein derartiges Wasser vorher enthärtet werden muß (Fr. Heim). Störungswirkungen durch Salze sind nach Lorenz wahrscheinlich auf ungünstige Beeinflussung des Gleichgewichtes der Freiharzsuspension zurückzuführen, wobei das Harz grobflockiger wird. In letztgenannter Richtung kann sich auch unter Umständen Rückwasser störend auswirken, welches bei Arbeiten mit hohem Aluminiumsulfatüberschuß dieses bzw. Schwefelsäure enthält. Der pH-Wert soll 4,5 nicht unterschreiten. Aus früher Gesagtem erklärt sich auch, daß nach Regengüssen oder Schneeschmelzen bei Verwendung von Oberflächenwässern ungünstige Rückwirkungen zu diesen Zeiten auf die Leimung eintreten. Auch stärkere Steigerung der Wassertemperatur im Sommer kann Grobflockungen des Harzes bewirken. Auf ungünstige Einflüsse von Grundwässern, die viel Bikarbonat enthalten, macht O. Wurz aufmerksam. (Siehe IA/a.) Organische Stoffe wie Humussäuren stören ebenfalls sehr.

Besonderen Einfluß auf die Leimwirkung übt auch die Art und der Mahlungszustand verschiedener Faserhalbstoffe aus. Stoffe, die sich gut verfilzen und schleimartige Körper enthalten, benötigen geringe Leimmengen. Am

leichtesten leimen sich Strohstoffe, worauf Braunschliff, Feinschliff und Grobschliff folgen. Natronzellstoffe leimen sich leichter als Sulfitzellstoffe, von welchen wieder gebleichte leichter leimbar sind als die starkfaserigen ungebleichten. Einen weiteren Mehrverbrauch an Leim zeigen die Hadernhalb-

*Einfluß der im Augenblick der Leimzugabe vorhandenen Temperatur des Faserbreies*

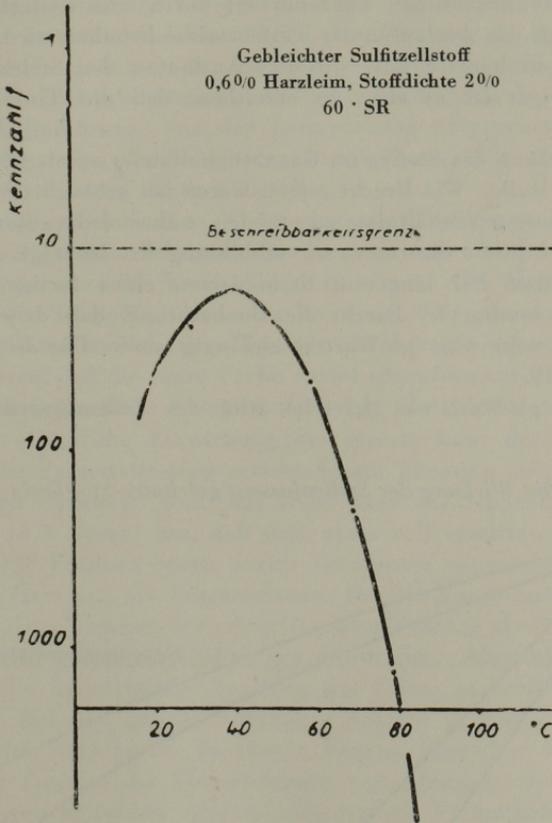


Abbildung Nr. 18

stoffe. Interessante Untersuchungen führte auch W. Brecht an ungemahlene Halbstoffen, die mit verschiedenen Schmierigkeitsgraden vorlagen, durch.

Schmierig gemahlene Stoffe leimen sich leichter, da sie besser verfilzungsfähig sind und Faserbruchstücke und Schleim enthalten, wodurch leichter ein dichtes, geschlossenes Blatt resultiert. Die Faserquellung ist also für den Leimverbrauch bedeutungsvoll. Dabei spielen auch Zellulosebegleiter eine

Rolle. W. Brecht stellte jedoch fest, daß das Leimungsvermögen des sich bei Stoffmahlung entwickelnden Schleimes von ganz anderer Art ist als das des zugesetzten Harzleimes, so daß von einer einfachen Summenwirkung beider Einflüsse keine Rede sein kann. Untersuchungen zeigten, daß bei gebleichtem Sulfitzellstoff mit steigendem Mahlgrad zunächst Leim gespart werden kann. Oberhalb von 70° Sch.R. tritt jedoch ein Mehrbedarf an Leim ein. Bei Papieren mit geringem Mahlgrad wird durch steigende Leimzugabe zunächst erreicht, daß Tinte nicht durchschlägt, während erst durch eine weiterhin gesteigerte Leimzugabe auch das Auslaufen der Tintenstriche behoben wird. Je höher der Mahlgrad, um so leichter läßt sich das Auslaufen der Striche verhindern, um so schwieriger ist es aber zu erreichen, daß die Tinte nicht durchschlägt.

Die Erwärmung des Stoffes im Ganzeugholländer spielt für die Leimung gleichfalls eine Rolle. Wie Brecht zeigte, waren bei gebleichtem Sulfitzellstoff bei 40° C die besten Verhältnisse zu erzielen, während darunter und darüber höhere Leimverbräuche eintraten, wie Abbildung Nr. 18 zeigt.

Über Einflüsse bei längerem Stehenlassen eines fertiggeleimten Holländereintrages machte W. Brecht die Beobachtung, daß dabei auftretende Veränderungen sehr von ph-Werten abhängig sind. Die Ergebnisse zeigt Abbildung Nr. 19.

Bei einem ph-Wert von 4,7—4,3 stieg der Leimungsgrad nach 1 bis

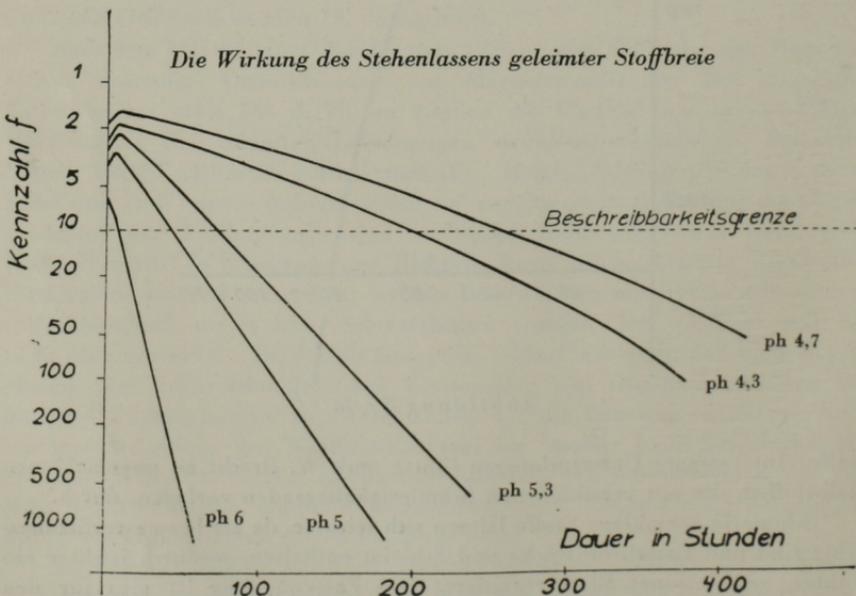


Abbildung Nr. 19

10 Stunden an. Hierauf nahm die Wirkung ab, blieb aber durch 80 Stunden immer über dem Effekt einer frischen Leimung. Erst dann traten Wirkungsminderungen auf. Bei einem pH-Wert von 6 war gleichfalls ein Anstieg durch 10 Stunden zu beobachten. Nach längerem Stehen trat jedoch ein kräftiger Abfall ein. Bei pH-Werten über 6 erfolgte beim Stehenlassen sogleich ein empfindlicher Abfall.

Zur Rolle von Füllstoffen ist zu sagen, daß hoher Gehalt an diesen einen höheren Leimverbrauch nach sich zieht. Füllstoffe sollen neutral sein. Die Füllstoffzugabe bewirkt eine Oberflächenvergrößerung, d. h. die Füllstoffteilchen binden Harz, welches für die Faser verloren ist. Auch bildet ein löslicher Anteil der Füllstoffe Resinate und schließlich geben die Füllstoffe dem Papier eine Auflockerung, was der Leimwirkung entgegensteht. Gipse bewirken allerdings eine Erhöhung der Leimwirkung. Die Reihenfolge der Leimungsverschlechterung durch Füllstoffe ist:

Talkum, Asbestine, Kaoline, China clay und Blancfix, wobei Talkum die geringste Leimungsbeeinträchtigung hervorruft, während letztgenannte die Leimfestigkeit um etwa 80 % verschlechtern können (Fr. Heim).

Auch saure Farbstoffe können zu Leimungsstörungen Anlaß geben, da diese mitunter mit schwefelsaurer Tonerde als Beize fixiert werden. Es kann der Fall eintreten, daß die saure Farbe zuviel schwefelsaure Tonerde benötigt und daß für die eigentliche Leimung zu wenig übrigbleibt.

Über die eigentliche Einwirkung des Harzes bzw. der schwefelsauren Tonerde auf die Faserstoffe sind verschiedenste Theorien aufgestellt worden. In den meisten Fällen ist wohl das freie Harz der leimende Stoff. Schon Wurster wies 1876 darauf hin, daß statt eines vollverseiften Harzleimes ein solcher mit 50 % Freiharz besser wirkt. Genannter vertrat auch die Ansicht, daß verseiftes Harz nur die Trägersubstanz für die Emulsionsmöglichkeit des Freiharzes ist. Die Wirkung der schwefelsauren Tonerde als Fällmittel beruht zunächst auf dem günstigen Einfluß des dreiwertigen Aluminiumjones. Dazu kommt noch die hydrolytische Spaltung des Salzes in basisches Sulfat und Schwefelsäure. Bei den ganzen Vorgängen handelt es sich zweifelsohne um kolloidchemische Reaktionen. In saurer Lösung überwiegt bei Anwendung schwefelsaurer Tonerde das Vorhandensein von Aluminiumjonen, in weniger saurer jenes von kolloidem Aluminiumhydroxyd. Vermutlichermaßen bildet sich bei den Leimungsvorgängen eine kolloidale Faseraluminiumadsorptionsverbindung, an welche dann Harz gebunden wird. Die Stärke der Ladungen spielt hierbei offenbar gleichfalls eine Rolle. Aber auch die Anwesenheit von Resinaten ist nötig, da mit Freiharz allein nicht geleimt werden kann. Man erhält ohne Natriumresinat das Harz auch nicht in dem nötigen feinkolloidalen Zustand (Arledter).

Über die Bedeutung der Harzteilchengröße und ihrer Verteilung im Papier für den Leimungseffekt führte H. N. Lee Untersuchungen bei ver-

schiedenen mit 1—5 % Harzzusatz geleimten Papieren durch Betrachtung bei 370- bis 620facher mikroskopischer Vergrößerung durch. Hierbei fand er, daß Harzteilchen in allen Papieren unregelmäßig verteilt sind, und zwar am unzweckmäßigsten in mangelhaft geleimten Papieren. Das Harz liegt in Form getrennter, einzelner, ungleichmäßig gestalteter Teilchen vor. Ihre Größe schwankt wahrscheinlich von submikroskopischer bis zu Anhäufungen mehrerer tausendstel Millimeter und darüber. Bei gut geleimten Papieren sind die Teilchen nicht zusammengeschmolzen, wohl aber bei unvollständig geleimten Papieren. Im allgemeinen zeigen die Teilchen die Neigung, getrennt zu bleiben. Höherer Harzgehalt hat nicht unbedingt bessere Leimung zur Folge. Zusammenballung von Harzteilchen gibt schlechte Leimung, da hierbei größere Oberflächenteile der Fasern unbedeckt bleiben. Es wird als wahrscheinlich angenommen, daß Harzniederschläge über eine gewisse Teilchengröße hinaus die Leimungswirkung beeinträchtigen. Von geschlossenen Harzfilmen oder Umhüllungen kann keine Rede sein. Möglicherweise verhindert die Anwesenheit von Aluminiumhydroxyl das Zusammenfließen der Harzteilchen. Unter Umständen konnte aber auch mit zusammengeschmolzenen Harzkörpern eine gute Leimung erreicht werden. Wirksamste und wirtschaftlichste Leimung stellt sich jedoch nur dann ein, wenn die Harzteilchen möglichst fein sind, gleichmäßig an der Faser bzw. Fibrilloberfläche liegen und vor Zusammenschmelzen geschützt sind. Bei langsamlaufenden Papiermaschinen sind selbst gröbere Harzfällungen auf der Sieb- und -unterseite eines Papiers ziemlich gleichmäßig verteilt. Bei Schnellläufern findet sich jedoch auf der Siebseite bedeutend weniger Harz als auf der Oberseite. Dabei kann die Oberseite ausreichend geleimt sein und die Unterseite unzureichend. Bei feinsten Harzfällungen werden die Unterschiede geringer. Die Verteilung lassen Abbildung Nr. 20 a und b erkennen.

Siebseite

Oberseite eines Wasserzeichen-Bankpostpapiers (620fache Vergr.)

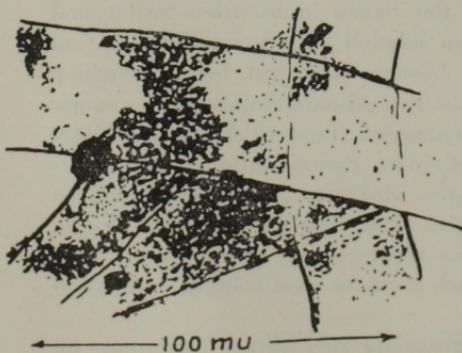


Abbildung Nr. 20a

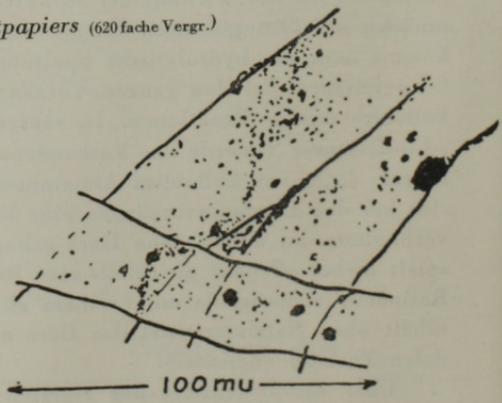


Abbildung Nr. 20b

Die Bedeutung der Teilchengröße für die Leimung geht aus diesen Untersuchungen mit großer Deutlichkeit hervor.

Auf den Einfluß der Stoff- bzw. Chemikalieneintragsfolgen auf die Leimung wird unter I/A/h näher eingegangen.

Für den Effekt einer Leimung ist nicht nur die Einhaltung bestimmter Bedingungen im Ganzzeugholländer nötig, sondern es müssen auch auf der Papiermaschine besondere Verhältnisse gebildet werden. Nach Untersuchungen von W. Brecht ist der Stoffverdünnungsgrad beim Siebauflauf ohne Einfluß. Bezüglich der Naßpressen ergab sich jedoch, daß eine gewisse Verdichtung des Blattgefüges nötig ist, um eine gute Leimwirkung zu erhalten. Zu geringe Pressung ergibt auch bei hohen Leimverbräuchen unzureichende Ergebnisse. Zu hohe Pressungen hingegen führten zu beträchtlichen Einbußen. Ein Versuch ergab ein Wirkungsmaximum bei einem durch Naßpressung erzielten Trockengehalt von 41 %, wobei auch eine gleichmäßige Pressung über die ganze Bahnbreite wichtig ist. Schlechte Pressen oder verlegte Filze können Störungen ergeben. Weiters haben schon Klemm und Oeman darauf hingewiesen, daß für Leimungserfolge eine bestimmte Beziehung zwischen Temperatur und Trockengehalt des Papierblattes auf der Trockenpartie besteht, um eine günstige Frittung, worunter man sich ein Verkleben der Kapillaren durch Harzteilchen vorstellt, zu erreichen. Auch Brecht stellte fest, daß die Einhaltung einer milden Vortrocknungstemperatur des Papiers — in der Praxis bei etwa 50—70° C — bis zu einem Trockengehalt von 50 % von großer Bedeutung für günstigsten Leimeffekt ist. Zu hohe Vortrockentemperaturen des Papiers von etwa 100° C können in ihren schlechten Auswirkungen durch Variationen in der Nachtrocknung nicht mehr ausgeglichen werden. Zu Beginn einer Papiertrocknung soll der Feuchtigkeitsentzug nicht durch Anwendung hoher Temperaturen, sondern durch längere Einwirkungsdauer milde beheizter, reichlich bemessener Heizflächen vor sich gehen. Freiharzreichere Leime erfordern an und für sich niedrigere Zylindertemperaturen. Schon Klemm wies darauf hin, daß auch Zusammenhänge mit der bei der Trocknung auftretenden Papierschumpfung, die möglichst gleichmäßig gehalten werden muß, gegeben sind. Die Fertigtrocknungstemperatur ist am besten bei etwa 110° C zu halten und kann bezüglich Leimung nichts mehr verderben, insofern sie nicht über 120° C gebracht wird. Dabei ist, worauf schon H. Schwalbe besonders hinwies, nicht die bloße Oberflächentemperatur der Trockenzyylinder, sondern die im Papier erreichte Temperatur, welche auch von der Papiermaschinengeschwindigkeit abhängt, zu beachten. Gleichmäßige Dampfverteilung in den Trockenzyindern über die gesamte Bahnbreite ist deswegen gleichfalls wichtig. Mit Hilfe elektrischer Meßstellen jedes Trockenzyinders kann für jede Papierart durch Trockenproben und Leimfestigkeitsversuche die jeweils günstigste Trocknungskurve und damit auch beste Leimung für eine Papiermaschine festgelegt werden.

Schädigungen gut durchgeführter Leimungen können nachträglich durch Behandlungen des Papiers in der Ausrüstung entstehen. Hier wäre die störende Wirkung zu starker Feuchtung sowie die Anwendung zu hoher Liniendrucke beim Satinieren hervorzuheben. Brecht fand, daß von einer gewissen Grenze des angewandten Druckes ab die durch Drucksteigerung herbeigeführten zusätzlichen Einbußen nur mehr gering sind. Die Wirkungseinbußen scheinen außerdem bei einem gutgeleimten Schreibpapier kleiner zu sein, als bei Papieren niedrigen Leimungsgrades oder überhaupt ungenügender Leimung. Sonnenlicht wirkt gleichfalls störend auf die Leimung. Zum Einfluß der Luftfeuchtigkeit bestätigen die Arbeiten von Brecht die Untersuchungen von U. Albrecht.

Wird geleimtes Papier in so feuchter Luft gelagert, daß es seinen eigenen Feuchtigkeitsgehalt über den im normalen Zustand vorhandenen erhöht, so kann dadurch unter Umständen eine deutliche Verbesserung seiner Leimung erzielt werden. Umgekehrt erschien die Leimfestigkeit von Schreibpapieren, die nach einer bei 65 % relativer Luftfeuchtigkeit erfolgten Klimatisierung geprüft wurde, schlechter, als sie bei etwas feuchterer oder trockener Luft ist.

Zusammenfassend führte H. Schwalbe folgende Grundbedingungen für eine gute Harzleimung an:

Geeignetes Harz ist aufs feinste und stabil gegen Störungen zu zerteilen. Seine Teilchengröße muß dem Halbstoff und der Porengröße der Papiere angepaßt sein. Es wird unter entscheidender Mitwirkung von Aluminiumsulfat auf die Fasern abgelagert. — Zu diesen Ausführungen über die Ganzzeugholländerbeeinflussung treten noch früher genannte Vorgänge auf den Papiermaschinen.

Als Streckmittel für Harze verwendet man mitunter Harzleimersatzstoffe, die meist zusammen mit geringeren Harzmengen den Ganzzeugholländern zugegeben werden. Von ihrer großen Anzahl seien hier nur einige unter Angabe ihres ph-Wertes genannt (O. Wurz):

Resinol	— Kunstharzprodukt	ph = 9,6	— Eigenleimwirkung
Tierit	— Knochenleimsubstanzen	„ = 9,6	— Streckungsmittel
Luresin	— organische polymere Säure	„ = 3,8	— Streckungsmittel
Adsorbin	— emulgiertes Paraffin	„ = 3,8	— Eigenleimwirkung
Paperine	— nach thermischen Sonderverfahren aufgeschlossene Stärke	„ = 7,2	— keine Eigenleimwirkung

Demgegenüber besitzt Bewoidleim einen ph von 8,2 und Hagoidleim einen solchen von 7,9.

Schon die verschiedenen ph-Werte zeigen, daß unterschiedliche Arbeitsverfahren auch bezüglich schwefelsauren Tonerdezusatzes nötig sind. Ist außerdem das Fabrikationswasser alkalisch, so bieten derartige Streckmittel oder Harzstoff-Ersatzstoffe ungünstige Leimungsvoraussetzungen. Abgesehen von den später zu besprechenden sehr unterschiedlichen Leimfestigkeiten

dieser Stoffe (hoher Verbrauch), muß auch ein Augenmerk auf ihre Mischungen gelegt werden, da sonst bei hohen Verbräuchen ein gegenseitiges Aufheben leimender Eigenschaften eintreten kann. In manchen Fällen zeigte sich auch durch Anwendung derartiger Stoffe ein mehr oder minder rasches Nachlassen der anfänglichen Leimfestigkeit bei der Papierlagerung. Auch Papiervergilbungen und wesentliche Änderungen des Tones farbiger Papiere stellten sich ein. Erkrankungen besonders empfindlicher Menschen an Hautekzemen beim Arbeiten mit einigen solchen Ersatzstoffen traten gleichfalls auf (O. Wurz). Ein besonders in Nordamerika übliches Leimmittel, nämlich die Gummimilch (Latex), hat sich in Europa bisher wegen ihres hohen Preises kaum einführen können. Bei längerem Lagern latexgeleimter Papiere wurde Brüchigkeit beobachtet (F. Arledter).

Über Unterschiede in der Leimkraft (Leimmittelaufwand zum Leimerfolg) verschiedener Stoffe stellte auch Brecht Untersuchungen an, wobei als Halbstoff gebleichter Sulfitzellstoff von 50<sup>0</sup> Sch.R. diente. Während guter Harzleim schon bei 1% Leimzugabe volle Schreibleimung hatte, war eine solche mit einem vollsynthetischen Papierleim erst bei 1,8% zu erreichen. In einer schematischen Darstellung legte Brecht die Leimmengen fest, welche bei einer größeren Anzahl von Leimen nötig waren, um die Papiermuster mit Tinte beschreibbar zu machen. Während bei Harzleim kleine Zusatzmengen erforderlich waren, ist der Bedarf bei synthetischen Leimen, von denen einige wenige etwas Harz enthielten, viel größer und liegt noch höher bei Montanwachsleimen, wie Abbildung Nr. 21 zeigt.

Zur Erreichung der Beschreibbarkeitsgrenze notwendige Leimmenge bei verschiedenen Papierleimen

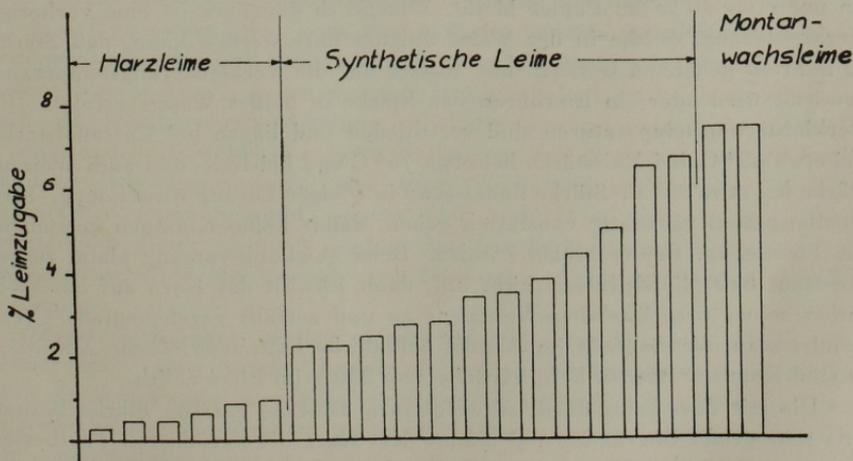


Abbildung Nr. 21

Erwähnt soll bei dieser Gelegenheit werden, daß Kombinationsleimung von Hagoid mit Adsorbin (siehe Wachsleime) etwa im Verhältnis 3 l Hagoid (1 l enthält 300 g Harz) und 1 l Adsorbin (1 l enthält 300 g Substanz) auf 100 kg Stoff gerechnet beste Leimungskraft bei wirtschaftlichsten Leimverbräuchen in der Praxis, z. B. bei Feinpapieren, ergab (O. Wurz).

Über Harzverbräuche von Papiersorten seien folgende Beispiele angegeben:

Landkartenpapier . . . . .	2,0%
Zeichenpapier . . . . .	2,0%
Werttitelpapier . . . . .	1,8%
Kapselpapier . . . . .	1,2%
Mundstückpapier . . . . .	1,2%
Bücherpapier . . . . .	2,0%
Tiefdruckpapier . . . . .	0,5%
Werkdruckpapier . . . . .	0,5%
Federleichtdruck . . . . .	0,5%

Von den vielen sonstigen Zusatzstoffen bei Harzleimen seien auch die Stärkearten erwähnt, von denen hauptsächlich Kartoffel-, Mais- und Reisstärke Verwendung finden. Jede Stärkeart hat verschieden große und verschieden gebaute Körner mit spezifischen Schichtungen. Demnach zeigen auch die einzelnen Stärkearten ein unterschiedliches Verhalten. Schleim von Weizenstärke ist durchscheinender als jener von Reisstärke, während mit Tapiokastärke eine dünnere Paste erhalten wird als mit Maisstärke. Bei direktem Stärkezusatz zu den Holländern ergeben sich schlechte Ausbeuten, da nur etwa 40 % im Papier bleibt. Wesentlich günstiger ist eine vorherige Verkleisterung, welche in der Weise durchgeführt werden kann, daß Stärke in indirekt geheizten Gefäßen mit Wasser auf die Verkleisterungstemperatur erwärmt wird oder ein Einrühren von Stärke in heißes Wasser erfolgt. Die Verkleisterungstemperaturen sind verschieden und liegen bei Kartoffelstärke bei etwa 65° C, bei Maisstärke bei etwa 75° C und bei Reis- und auch Weizenstärke bei etwa 80° C. Stärke findet etwa in 4%iger Lösung Anwendung. Ihre Quellung muß vorsichtig vonstatten gehen, damit keine Klumpen entstehen, die Flecken im Papier bilden können. Beim Quellvorgang platzt zuerst die Haut bzw. die Zelluloseschicht auf, dann schwillt das Korn auf ein Vielfaches seines ursprünglichen Volumens an und zerfällt gegebenenfalls. Verwendet man die ebenfalls im Handel befindliche kaltwasserlösliche X-Stärke, so sind Konzentrationen beispielsweise von 250 g im Liter üblich.

Die mit dem Leim durch schwefelsaure Tonerde gefällte Stärke besitzt eine sehr große Oberfläche und nimmt dem Harz die Sprödigkeit (Verbesserung von Griff und Klang). Die Papieroberfläche wird durch Bindung von

Füllstoff und Faserteilchen verbessert, womit auch das sogenannte „Stauben“ unterbunden wird. Außer der Verbesserung von Füllstoffausbeuten wird auch die Radierfähigkeit erhöht.

Was die mengenmäßigen Leimzusätze auf Stoff gerechnet betrifft, so haben sich solche von 1—2% bei Bücher- und Normalzeichenpapier, von 3% bei Millimeterpapier und von 4—6% bei Spezialzeichenpapier bewährt.

Eine besondere Art von Quellstärke stellt „Paperine“ dar, welches in Mengen von 0,5—2,5% ähnliche Eigenschaften wie Stärke besitzt, jedoch intensiver wirkt und sparsamer im Verbrauch ist. Auch verschiedentlich enzymatisch abgebaute Stärken, bei welchen auf bestimmte Viskositäten hingearbeitet wird, sind im Handel.

Von besonderem Interesse sind Wachsleime, wobei Stearin mit Soda oder Borax, Bienenwachs mit Ätznatron verseift wird und auch andere Fettsäuren im Gebrauch sind. Bei Paraffinen verwendet man Emulsionen derselben unter Zusatz von Emulsionsbildnern, wie Kasein usw. Auch Gemische solcher Emulsionen mit Seife und Wachsen werden verwendet. Die schon früher angeführte Kombination von Paraffin-Harzleimungen haben sich auch bei wechselnden Betriebsverhältnissen (Änderung von Stoff- und Wasserqualität) bestens bewährt, wobei Ersparnisse an Harz und schwefelsaurer Tonerde eintreten (etwa 15—20%). Besonders günstige Eigenschaften zeigt das „Adsorbin Pa“, welches ursprünglich als Imprägnierungsmittel für wasserfeste Papiere und Pappe ausersehen war. Dieser Stoff enthält Paraffin in feinverteilter, stabilisierter Form und stellt eine weiße, in Wasser bei 60° C leicht lösliche Emulsionsgallerte dar. Die Lösung ist in Holzgefäßen vorzunehmen. Die Zugabe in Ganzeugholländern erfolgt beispielsweise in Konzentration von 300 g/l durch ein Sieb (Gewebe-Nr. 60—70) nach dem Harzleim, worauf etwas später schwefelsaure Tonerde zugefügt wird.

Viel Verbreitung fand auch Montanwachs, welches meist durch Benzolextraktion getrockneter Braunkohlen nach Abtreiben des Destillates als dunkler Wachskörper von muscheligem Bruch erhalten wird. Es besteht aus Wachs und Harzkörpern und kommt in heller sogenannter „gebleichter Form“ in den Handel, als welches es durch Raffinieren mit Wasserdampfdestillation erhalten wird. Montanwachs kann durch Verseifung mit Alkalien in holländerfertige Form gebracht werden oder auch beim Arbeiten mit einer Bewoidmühle dieser zugesetzt werden. Das braune Rohmontanwachs mindert die Papierfarbe. In Mengen von etwa 2% ergibt es eine ausreichende Druckleimung.

Diese Wachsleime werden durch schwefelsaure Tonerde gefällt. Sie machen die Papiere weich. „Lappigen“ oder wasserabstoßenden Charakter geben sie dem Papier nur dann, wenn man sie in großen Mengen anwendet. Folgende Zusätze sogenannten gebleichten Montanwachses sind z. B. mit Erfolg angewandt worden:

Landkartenpapier . . . . .	1,5%
Offsetpapier . . . . .	2,0%
Bücherpapier . . . . .	3,0—5,0%

Für besondere Papiersorten findet auch Tierleim Anwendung, wobei prinzipiell zwei Sorten, nämlich Hautleim oder Lederleim aus ungegerbten Hautabfällen bzw. entgerbten Lederresten und Knochenleim aus entfetteten Knochen in Betracht kommen. Das hochwertigste Produkt sind hiebei Hautleime. Die verschiedenen Sorten besitzen hellgelbe bis dunkelbraune Farbe und können in Tafeln für Papierherstellungszwecke, jedoch auch in Perlen als sog. „Perlleime“ in den Handel kommen. Tierleim weist als kolloidchemischer Stoff mancherlei Paralleleigenschaften mit Zellulosen auf. Zu seiner Auflösung wird eine gewogene Menge in Holzkübeln mit kaltem, reinem Wasser übergossen und hierauf quellen gelassen, was bei Tafeln 12—24 Stunden, bei Perlen 6 Stunden dauern kann. Hierauf wird in indirekt geheizten Gefäßen bei 50—60° C gelöst. Werden diese Temperaturen überschritten, so tritt Proteinabbau und damit Schädigung ein. Es finden Lösungen von 100 g Tierleim in 1 Liter Wasser Anwendung. Tierleim soll dem Ganzzuegholländer möglichst frühzeitig beigegeben werden. Er wird meistens gefällt, wozu Tannin oder das Präparat Tamol (I. G. Farben) geeignet ist. Bei Verwendung von letzterem können z. B. 20—30 % der Tierleimmenge an Tamol angewandt werden. Dieses Präparat kann auch als Dispergierungs- und Stabilisierungsmittel für Harzleim und ähnliche Emulsionen sowie auch als Beizmittel für Farbstoffe Verwendung finden. Ein sehr gutes Tierleimfällmittel ist auch Isländisches Moos (oder Meertang), welches vor dem Kochen gereinigt und gequollen sein muß und das gleichzeitig leimende Wirkung besitzt. Bei geordneten Arbeitsmethoden betragen die Tierleimausbeuten 70—80 % oder mehr. Tierleim verbessert Festigkeit, Radierbarkeit und Klanghärte von Papieren und wird z. B. in folgenden Mengen angewandt: Bücherpapier 1—2 %, Norm-Zeichenpapier 1 % und Spezialzeichenpapier 2—3 %.

Als mineralisches Leimmittel findet man mitunter Wasserglas, welches in seiner Zusammensetzung von Monosilikat  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ) bis zum Tetrasilikat  $\text{Na}_2\text{Si}_4\text{O}_9$  ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 4 \text{SiO}_2$ ) verwendet wird. Aluminiumsulfat fällt es. Um saure Reaktionen zu bekommen, werden hievon jedoch größere Mengen benötigt. Es ist daher vorteilhaft, nur Wasserglas, das möglichst wenig Alkali enthält, zu verwenden. Bei alleiniger Anwendung rechnet man mit 8—10 % auf den Stoffeintrag, während in Verbindung mit Harz etwa 2 % ausreichen. Mitunter mischt man auch 2½ kg Stärke mit ½ l Wasserglas und erhält so bessere Stärkeausbeuten (Gundersen). Die Papiere werden durch „Kieselsäureleimung“ härter und glatter.

Einen besonderen Papierzusatzstoff stellt das Polymin (I. G. Farben) dar, welches die Abreibfestigkeit von Papieren erhöht, wobei gleichzeitig

die Saughöhen etwas zurückgehen. Es wird unter anderem zum Zusatz für Kunstleder- und ähnliche Papiere verwendet.

Von den verschiedenen anderen Stoffen seien noch Viskose, Kasein und Carrageenmoos erwähnt.

Außer diesen verschiedenen Leimungen in der Masse finden Oberflächenleimungen nur für besondere Zwecke Anwendung. Hierbei wird das fertige Papierblatt in sog. Oberflächenleimmaschinen durch eine Tierleimlösung gezogen und getrocknet. Hiedurch wird der Oberflächenwiderstand gegen das Eindringen von Flüssigkeiten erhöht. Die Papiere erhalten einen guten Klang, bessere Steifheit und beste Radierfähigkeit. Für Dokumentenpapiere, Sonderzeichenpapiere, Spielkarten, Lichtdruck- und andere Spezialpapiere finden diese Verfahren mitunter noch Anwendung.

Zur Bestimmung des Leimungsgrades von Papieren bedient man sich verschiedener Methoden, wie der Schwimm- oder Federstrichprüfung (Beobachtung, bei welcher Strichbreite in Millimeter Normaltinte ausläuft oder durchschlägt), wobei besonders letztere subjektiven Einflüssen sehr ausgesetzt ist. Für die Ausdrücke  $\frac{1}{4}$ -,  $\frac{1}{2}$ -,  $\frac{3}{4}$ - oder Volleimung gibt es keine durch ein Prüfverfahren gekennzeichneten bestimmten Grenzwerte dieser handelsüblichen Leimungsgradstufen. Zur Schaffung klarerer Verhältnisse entwickelte W. Brecht ein Prüfverfahren, welches sich auf die Saugfähigkeit der Papiere für eine bestimmte Prüftinte aufbaut.

Man denkt sich dabei alle Papiere in eine Reihe eingeordnet, die von der höchsten Saugfähigkeit bis zur geringsten führt. Der logarithmisch geteilte Maßstab dieser Reihe liefert für jedes Papier eine sein Saugvermögen bezeichnende Kennzahl, die  $f$  genannt wird. Sie ist am größten bei den saugfähigen, also ungeleimten, am kleinsten bei jenen geleimten Papieren, deren Saugvermögen durch eine kräftige Leimung fast völlig verschwunden ist. Diese Saugfähigkeitszahl  $f$  und damit den Leimungsgrad eines Papieres ermittelt man durch eine Prüfung, die je nach dem ungefähren Saugfähigkeitscharakter des Papieres verschieden ist. Für sehr saugfähige Papiere, wie Löschpapiere, benutzt man die Saughöhenbestimmung nach Klemm, für ungeleimte und schwachgeleimte Papiere die Saugzonenmessung nach Klemm und für andere geleimte Papiere die Tintenschwimmprobe, welche nach Brecht mit einer photoelektrisch arbeitenden Zelle ausgeführt wird. Die dabei erhaltenen Meßwerte führen bei der Schwimmprobe durch einfache Rechnung

$$f = \frac{\left(\frac{F}{10}\right)^2}{S}, \text{ wobei}$$

$F$  = Flächengewicht des Papiers in  $g/m^2$  und

$S$  = Schwimmdauer in Minuten,

bei den zwei anderen Prüfarten durch Gebrauch nachfolgenden Nomogramms

der Abbildung Nr. 22 zu der Saugfähigkeitskennzahl  $f$  und somit zum Leimungsgrad.

*Das System zur zahlenmäßigen Kennzeichnung des Verhaltens von Papieren gegenüber Schreibinte*

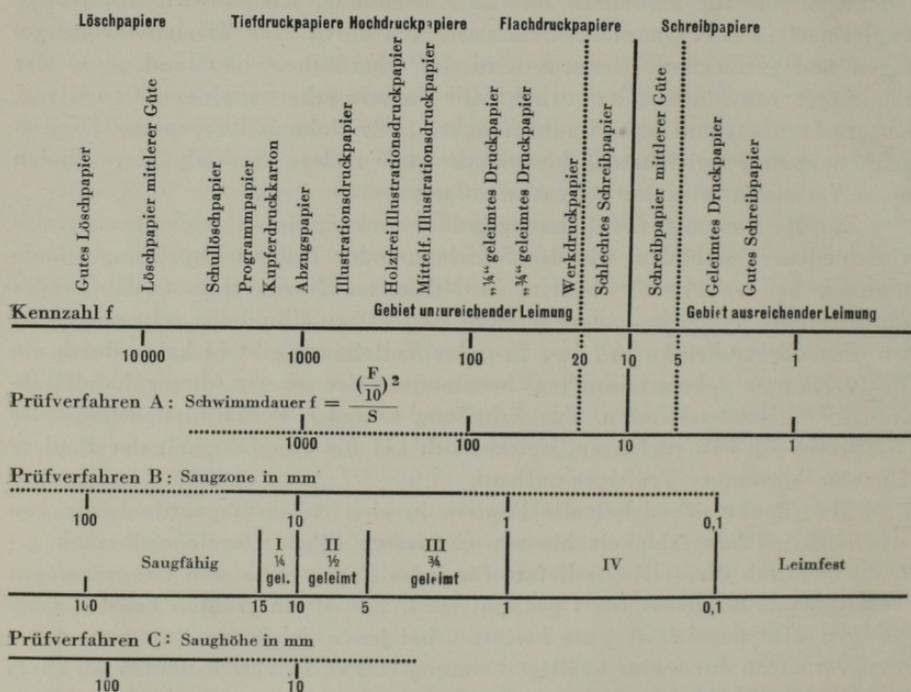


Abbildung Nr. 22

Als Prüftinte wurde deutsche Pelikantinte 4001 verwendet. Im Nomo-gramm ist oben die gesamte Skala für die Kennzahl  $f$  angegeben. Zur Ver- deutlichung sind verschiedene Papiersorten angeführt. Die Saugfähigkeits- kennzahlen von Löschpapieren reichen über 10.000 hinaus bis zu 30.000. Bei der Kennzahl  $f = 10$  liegt die Beschreibbarkeitsgrenze. Auf diese Art ist der Leimungsgrad von Papieren zu ermitteln, während die Federstrichprobe nach Herzberg die Schreibfähigkeit beurteilen läßt. Diese wird in der Weise durch- geführt, daß parallele Striche ohne Kreuzung mit Ziehfedern von 1/4 mm Breite angefangen immer um 1/4 mm mehr gesteigert werden, bis die Tinte durchschlägt, wobei angegeben wird: Beschreibbar bis zu einer Strichbreite von so und soviel Millimeter. Die Art der Leimungsprüfung ist wesentlich für die richtige Beurteilung von Papieren.

Über den Einfluß der Tintenzusammensetzung bezüglich der Papierbeschreibbarkeit stellte W. Brecht folgendes fest: Eisengallustinten (ph = 1 bis 1,5), Farbstofftinten (ph = 3,9 bis 9,0) und Blauholztinten (ph = 2 bis 6) verhalten sich in ihren Neigungen zum Durchschlagen, Auslaufen und Nachdunkeln auf Papieren sehr unterschiedlich, wobei auch die Papierzusammensetzung eine Rolle spielt. Eisengallustinten schlagen weniger stark durch und laufen weniger aus als Farbstofftinten. Solche mit hohem ph-Wert sind aggressiver als sauerere Tinten. Rote Farbstofftinten schlagen bei h'freien Papieren weniger, bei h'hältigen Papieren stark durch. Am aggressivsten von 15 Tinten überhaupt erwies sich die Pelikanschekktinte. Unter den wesentlich milderen Eisengallustinten ist die schärfste die Pelikan-Füllfedertinte. Die Tintenart ist daher für Schreibprüfungen sehr wichtig. Nach Feststellungen von W. Brecht und E. Liebert verursachen vornehmlich Eisengallustinten deutliche Verminderungen des Falzwidestandes und bei den diesbezüglich sehr empfindlichen Hadernpapieren auch Verminderung der Einreißfestigkeit. Andere Festigkeitseigenschaften wurden kaum beeinflußt.

A. Noll entwickelte eine Tinte (ein sog. Doppelreaktiv), welche sowohl den Anforderungen der Federstrichprobe als auch jenen der Schwimprobe nachkommt. Nach seinen Untersuchungen ist zum Herbeiführen einer gewissen Reaktionsschärfe in einer Tinte neben einem bestimmten ph-Wert auch das Vorhandensein einer Gallussäurekomponente nötig, wobei diese auch in einem Farbstoffmolekül (z. B. mit Farbstoffen der Gallocyaninreihe) enthalten sein kann. Auf Grund dieser Erkenntnisse setzte Noll die sog. Semigallus-Doppeltinte 101/10 (lieferbar v. Merck-Darmstadt) zusammen.

#### f) FÜLLEN

Füllstoffe haben, wie schon ihr Name sagt, die Aufgabe, die Lücken zwischen den Fasern auszufüllen, wodurch die Papiere gleichmäßige Oberflächen bekommen und gleichzeitig weicher werden. Durch diese Einflüsse ergibt sich vor allem eine günstigere Bedruckbarkeit, weiters dienen sie dazu, den Papieren eine bessere Glätte zu verleihen und die Durchsicht zu vermindern.

Papierweiße und Glanz sowie Undurchsichtigkeit hängen mehr oder weniger von Art und Menge des Füllstoffes ab. Feineres Korn gibt größere Undurchsichtigkeiten und auch höhere Weißgehalte als gröberes. Je kleiner die Teilchengröße, desto deckender ist der Füllstoff in seiner Gesamtheit, solange die Teilchengröße nicht unter ein bestimmtes Maß sinkt. Sind die Pigmentteilchen kleiner als die Lichtwellenlänge, so treten Beugungserscheinungen auf, welche die Verhältnisse teilweise umkehren. Ein Papierblatt enthält volumetrisch betrachtet viel Luft. Je größer das Verhältnis des Bre-

chungs-exponenten eines Füllstoffes gegenüber Luft und Halbstofffaser ist, um so weißer erscheint das Papier. Werden Papiere mit geringen Füllstoffgehalten von 5—8 % satiniert, so werden sie infolge der dabei auftretenden Luftverdrängung viel transparenter als solche Papiere, die einen Füllstoff, der einen hohen Brechungsexponenten gegenüber der Halbstofffaser besitzt, beinhalten (O. Hansen). Arledter berichtet über mildig getrübe Fabrikationswässer aus Karst-Kalkgebirgen, die kolloidale Füllstoffe mit sich führen und dadurch eine natürliche Eignung zur Herstellung opaker, dünner Papiere, wie Bibeldruck- und Zigarettenpapier, besitzen.

Da Füllstoffe billiger als Faserstoffe sind, dienen sie auch als deren Ersatz. Ihre im Papier vorhandene Menge wird durch den Aschengehalt ausgedrückt. Füllstoffreiche Papiere besitzen geringe Festigkeiten und ein schlechtes Leimungsvermögen, was vermutlich auch mit der Füllstoffkorngröße im Zusammenhang steht. Auf das unangenehme Nachdunkeln von Papieren auf Satinierkalandern können Füllstoffe gleichfalls von Einfluß sein, obwohl hierbei auch andere Ursachen, wie z. B. die Papierfeuchtigkeit, mitspielen können.

Von den wichtigsten Füllstoffarten seien hier einige kurz behandelt:

Mehr oder weniger reine, kieselsaure Tonerden stellen die Kaoline dar, welche in verschiedenen Lagern vorkommen und im besten Falle die Zusammensetzung  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  mit 39,6 % Tonerde, 46,5 % Kieselsäure und 13,9 % Hydratwasser besitzen. Je nach dem Rohlager und der Aufbereitungsart zeigen die Kaoline verschiedene Eigenschaften. Es gibt wassergeschlämmte Ware, trocken verarbeitete, pulverisierte und besonders raffinierte. Naßaufbereitete Sorten ergeben höherwertige Typen. Maßgebend sind Teilchengröße und Verunreinigungen, wie scharfkantiger Glimmer usw. Damit steht auch das Haftvermögen der Füllstoffe in gewissem Zusammenhang, worüber weitere Ausführungen folgen. Außer der chemischen Analyse ist daher für die Beurteilung von Füllstoffen eine Korngrößenbestimmung nötig. Am besten eignen sich solche Kaoline, die wenig grobe und feinste, sondern hauptsächlich mittlere Korngrößen besitzen, wie z. B. etwa 55 % von 0,5—5  $\mu$  und etwa 10 % feinste Teilchen unter 0,2  $\mu$ . Je größer eine Kaolinsorte, um so weniger plastisch ist sie. Genannte Korngrößen geben auch die Voraussetzung für günstige Füllstoffausbeuten. Schlämmt man Kaolin in bestimmten Mengenverhältnissen in einem Meßzylinder und läßt hierauf die Milch absetzen, so sind jene Kaoline die besseren, welche langsam sedimentieren. Setzt sich die Hauptmenge rasch und die feinen Teile langsam ab, so handelt es sich um minderwertigere Ware. Die gleichfalls wichtigen Weißgehalte werden mittels Photometer bestimmt, wobei ein Vergleich bei denselben Trockengehalten nötig ist, da feuchtere Ware ungünstige Färbungen vortäuscht. Mitunter finden sich Kaoline, die zu ihrer Farbverbesserung durch Zugabe blauer oder roter Farbstoffe getönt wurden. Von guten Kaolinen wird

auch niedriger Feuchtigkeitsgehalt von etwa 5—12 % sowie niedriger Eisen-  
gehalt von höchstens 1 % verlangt. Der Sandgehalt soll 0,25—0,5 % nicht  
übersteigen. Die hochwertigste Kaolinsorte ist China-Clay, welche in England  
vorkommt und hohe Weiße mit bester Deckkraft vereint, wozu noch günstige  
Glättfähigkeit der damit gefüllten Papiere kommt. Die Normalausbeuten von  
Kaolinen bezüglich ihres Zurückbleibens in Papieren liegen bei 55—65 %,  
die Maximalausbeuten bei 75—80 % (H. Schwalbe).

Kieselsaure Magnesia der Zusammensetzung  $H_2[Mg_3(SiO_3)_4]$  findet als  
Talkum Verwendung. Das Mineral Talkstein wird gemahlen und gesiebt.  
Die Korngröße kann bei 3—40  $\mu$  liegen, wobei der Hauptanteil von 53 %  
bei guten Sorten zwischen 10—20  $\mu$  liegen soll. Als Verunreinigungen finden  
sich Gipse, Kalksalze, Glimmer, Eisen und Farbstoffzusätze. Die Farbe ist  
weiß, kann aber auch grau und gelblich sein. Die Ausbeute in Papieren beträgt  
normalerweise etwa 57 %, bei Zugabe von schwefelsaurer Tonerde etwa 61 %,  
bei weiterem 10prozentigen Stärkezusatz etwa 74 % und bei Anwendung von  
10 % Stärke, die mit 10 % Wasserglas gequollen war, 83 % (Blasweiler). Die  
Leimung wird durch Talkum wenig beeinflusst.

In den letzten Jahren hat sich u. a. besonders Titanweiß eingeführt,  
welches vornehmlich aus dem Mineral Ilmenit (Titaneisenoxyd mit etwa  
50 %  $TiO_2$ ) durch Mahlung, Aufschluß mit Schwefelsäure und Abscheiden der  
Metatitansäure, Trocknen, Glühen, neuerlicher Mahlung und Windsichtung  
gewonnen wird. Unter verschiedenen Marken ist z. B. „Titanweiß Supra P“  
(I. G. Farben) zu nennen, welches 90% Titandioxyd und 10% Blancfix ent-  
hält. Bezüglich Weiße stehen Titanweißprodukte unter den Füllstoffen an  
erster Stelle. Die Korngröße ist sehr gering. 66 % der Teilchen liegen  
zwischen 0,6—1  $\mu$ . Der Hauptanteil besitzt Körner, die wenig größer sind  
als die Wellenlängen des Lichtes. Titanweißpigmente haben hohes Färbever-  
mögen, sind chemisch indifferent und völlig lichtecht. Papiere werden durch  
Titanweiß sehr opak, wodurch auch dünne Papiere leicht doppelseitig be-  
druckt werden können. Titanweiß hat sich auch zur Aufhellung von Papieren,  
die aus ungebleichtem Zellstoff oder aus Mischungen von gebleichtem und  
ungebleichtem Zellstoff hergestellt sind, bewährt. Außer bei Zeichenpapieren  
haben sich auch günstige Effekte bei der Herstellung von Wachsblumenroh-  
papier, welches später paraffiniert wird, ergeben. Derartige Papiere er-  
scheinen im allgemeinen transparent. Bei Titanweißgehalt bleiben sie auch  
nach dem Paraffinieren weiß und opak, so daß sie kontrastreich bedruckbar  
sind. Titanweiß wird als trockenes Pulver, mit Rücksicht auf die Ausbeuten,  
im Ganzeugholländer vor Beginn einer Mahlung eingetragen. Zusätze von  
schwefelsaurer Tonerde bzw. Leimung begünstigen die Faserstoffhaftbarkeit  
(O. Hansen). Infolge seines verhältnismäßig hohen Preises muß auf spar-  
same Anwendung und hohe Ausbeuten Bedacht genommen werden. Zum Auf-  
hellen ungebleichter Zellstoffe finden Zugaben von etwa 3—5 % Anwendung.

**B l a n c f i x**, auch Barytweiß genannt, wird durch Fällung eines Baryumsalzes mit Sulfaten hergestellt, enthält feine kristalline Teilchen, hohe Weiße und wird in frostempfindlicher Pastenform in Fässern mit beispielsweise 35—40 % Wassergehalt in den Handel gebracht, da es im trockenen Zustand nicht den gewünschten Feinheitsgrad hat. Es besitzt stark aufhellende Wirkung und gibt infolge seiner spezifischen Schwere (spezifisches Gewicht = 4.2—4.5) rasche Grammgewichtszunahmen bei Papieren. Man rechnet mit 40—50%igen Füllstoffausbeuten. Solche von 60—70 % sollen erhaltbar sein, wenn der Füllstoff im Holländer durch Fällung von Baryumchlorid (1 Teil) mit Natriumsulfat (1,5 Teile) oder durch Wechselwirkung von Baryumchlorid und Aluminiumsulfat hergestellt wird (H. Schwalbe). Zur Aufhellung von Landkartenpapier, Naturkunstdruck und Transparentkarton haben sich Mengen von 1—3 % bewährt.

Von den verschiedenen **G i p s p r ä p a r a t e n** wird natürlicher, ungemahlener Gips ( $\text{CaSO}_4 - 2 \text{H}_2\text{O}$ ) als „Lenzin“ gehandelt, welcher Stoff schön weiß ist, sich aber zu 0,25 Teilen in 100 Teilen Wasser löst, wodurch sich höhere Verluste ergeben. Nahezu totgebrannte Gipse finden sich als **Annaline** im Handel. Diese zeichnen sich gegenüber Talkum und Tonerden bei gleichem Dispersionsvermögen durch größere Weißen aus. Sie kommen meist im trockenen Zustand in den Handel. Gemahlene Sorten enthalten mitunter freies Alkali. Künstlich hergestellte Gipse sind gleichfalls in Anwendung. Die verschiedensten Gipsarten sollen in möglichst konzentrierter Aufschlammung Verwendung finden. Sie bewirken erhöhten Griff und Klang von Papieren und bedingen gutes Flachliegen.

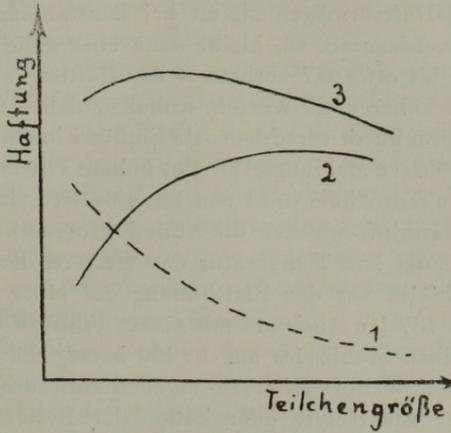
Von den Karbonatfüllstoffen ist auch **K r e i d e** zu erwähnen, die etwa 96%  $\text{CaCO}_3$  enthalten kann. Weiße Kreide fördert bei Zigarettenpapier die Verbrennbarkeit und erteilt im übrigen Papieren ein samtartiges Aussehen, verhindert die Transparenz und gibt gute Druck- und Prägefähigkeiten. Die Ausbeuten liegen bei 38—54 %. Kalziumkarbonat kann auch durch chemische Umsetzungen von Salzen im Ganzeugholländer gebildet werden. Die Leimung wird sehr im ungünstigen Sinne beeinträchtigt.

An anderen Füllstoffen wären noch die in Amerika entdeckten **B e n t o n i t e** (kolloidales Aluminiumsilikat) sowie die **A s b e s t i n e** (kieselsaure Magnesia - Aluminium - Kalziumverbindung), welche letztere für voluminöse Druck- und Löschpapiere verwendet werden, zu erwähnen.

Die Füllstoffe werden als Pulver oder im Wasser aufgeschlämmt den Ganzeugholländern zugegeben. Zur Frage des Haftens an den Faserstoffen sind verschiedene Untersuchungen, wie solche von Brecht und Pfretschner, Haslam and Steele, Roschier u. a., durchgeführt worden. Alle diese Arbeiten zeitigen als Ergebnis, daß die Haftbarkeit der Füllstoffe auf den Fasern auf vier Ursachen zurückzuführen ist, nämlich auf Filtration und Adsorption sowie Diffusion sehr feiner Teilchen in die Fasern und Einschließen von Füllstoff-

teilchen durch Harz und schwefelsaure Tonerde. Die Abhängigkeit des Haftvermögens von der Teilchengröße zeigt ein Schema, Abbildung Nr. 23, nach Pestalozzi.

*Haftung des Füllstoffes in Abhängigkeit von der Teilchengröße*



- 1 Haftung durch Adsorption.
- 2. Haftvermögen durch Filtration. 3 Resultierende Haftung.

*Abbildung Nr. 23*

Mit zunehmender Teilchengröße nimmt die Menge des zurückgehaltenen Füllstoffes durch Filtrationswirkung des Faserfilzes zu, während die Adsorptionskurve gleichzeitig einen abfallenden Verlauf nimmt, da nur die kleinsten Teilchen auf diese Weise eine Aufnahme erfahren. Wie die obere Kurve 3, welche die resultierende Haftung darstellt, zeigt, ist eine mittlere Teilchengröße letzten Endes für die Gesamthaftung am günstigsten.

Untersuchungen von Roschier geben Aufschluß über das Verhalten vier verschiedener Teilchengrößen unter verschiedenen Bedingungen, wie hier ersichtlich ist:

Haftung	Größe der Teilchen				Gehalt an Aluminiumsulfat in v. H.	
	5 $\mu$	5-12 $\mu$	12-20 $\mu$	20-44 $\mu$		
}	8	15	25	32	0	ungemahlen und ungeleimt
	36	34	47	54	2	
	28	32	39	42	0,84	ungemahlen und geleimt mit 2,3 v. H. Harzleim
	38	41	49	55	2,5	
	71	72	74	76	2,5	

Von Einfluß ist auch die Mahlung, wobei jedoch die Größe der Füllstoffteilchen kaum eine besondere Rolle spielt. Die Wirkung des Harzleimgehaltes scheint keine allzu große zu sein. Besondere Verschiedenheiten ergeben sich aber bei wechselndem Aluminiumzusatz, speziell bei den feineren Teilchen, was wohl auf die Wirkung der kolloidalen Ausflockung des Füllstoffes zurückzuführen ist. Das Haftvermögen nimmt bei konstantem ph von 5,6 bis zu einem 5%igen Tonerdezusatz zu, bleibt dann aber gleich oder nimmt etwas ab. Steigender ph bis etwa 6,7 verbessert die Haftung ebenfalls. Kolloidale Ausflockungen bei höheren ph-Werten schließen dabei Füllstoffteilchen ein.

Die Haftung kann durch verschiedenste Einflüsse bedingt sein, wie Teilchengröße, Mahlung (höherer Mahlungsgrad gibt höhere Filtrationswirkung), Halbstoffart (die Füllstoffaufnahme sinkt von Baumwolle, Leinen, Zellstoff, Strohstoff bis zum Holzschliff, welcher die schlechteste Aufnahme zeigt), Blattgewicht, Füllstoffmenge und Temperatur des Wassers. Bei einer Verdünnung des fertigen Stoffbreies vor der Blattbildung auf einer Papiermaschine bei 1 : 200 wurde eine 48%ige Ausbeute mit einem Füllstoff erzielt, bei erhöhter Verdünnung desselben Stoffbreies auf 1 : 400 betrug die Ausbeute nur mehr 43 % (H. Schwalbe). Weitere Einflüsse ergeben sich auch durch das Vorhandensein bestimmter Elektrolyte oder kolloidaler Bestandteile des Wassers, wobei z. B. Alkalien eine Verringerung der Teilchengröße bewirken, während Säuren und dreiwertige Aluminiumionen eine Vergrößerung zur Folge haben.

Eine Steigerung von Füllstoffausbeuten wird durch Zusatz von Stärke bewirkt, wobei 5 % Stärke eine Schutzkolloidwirkung ausübt und eine Vermengung von Füllstoffen mit Stärkekleister (etwa in Mengen von 5—10 % auf die Erde gerechnet) günstige Auswirkungen zeigen. Wasserglaszusatz bewirkt gleichfalls erhöhte Bindung.

Die angewandten Füllstoffe sollen am zweckmäßigsten in weitestgehend egalisierter Form vorliegen, was beispielsweise durch die Behandlung im eigens konstruierten Lenart-Mischer erreicht werden kann. Nach Hauser beruht eine gewisse Kittwirkung des Kaolins auf dessen Hydratation, die vom Bau des kristallisierten Kaolins und von der Art und Menge seiner auswechselbaren Ionen abhängt. Diese Ionen bedingen in erster Linie den erreichbaren Grad der Hydratation. Befreit man ein Kaolin von seinen natürlichen Verunreinigungen und zerteilt es weitestgehend, so muß sich bei Bekanntsein der auswechselbaren Kationen die Möglichkeit ergeben, Kaoline vom gewünschten Hydratationsgrad zu erhalten. Derartig behandelte Kaoline müssen, wenn sie durch elektrokinetische Verkittung niedergeschlagen werden, nicht nur die Papierporen schließen, sondern sich auch gut mit den Fasern verbinden.

Die Ausbeute der bei einer Papiersorte angewandten Füllstoffe im Papier ist aus wirtschaftlichen Gründen wichtig. Auf Grund der gemachten Dar-

legungen muß eine möglichst günstige Ausbeute angestrebt werden. Mit der Wiedergewinnung der in den Papiermaschinenabwässern enthaltenen Fasern ist auch die der darin enthaltenen Füllstoffe verbunden. Für die Faserverluste auf der Papiermaschine spielen auch die Siebfeinheit und die Art der Schüttelung eine Rolle. Die Hauptänderung der Füllstoffmenge erfolgt überhaupt auf dem Sieb. Scharfes Arbeiten mit den Saugern hat einen größeren Übergang von Füllstoffen ins Abwasser zur Folge.

Zur Praxis der Füllstoffverarbeitung ist zunächst zu sagen, daß manche von ihnen, wie z. B. Kaoline, in geschlossenen Güterwagen transportiert werden, während hochwertige Stoffe, wie z. B. Titanweiß, in Säcken oder Blancfix in Holzfässern in den Handel gelangen. Bei losen Waggonfüllungen können die Füllstoffe zu ihrer Entleerung abgesaugt und mittels Luft zu den Aufschlammapparaten transportiert werden oder auch durch händische Schaufelentladung im Kippwagen mittels diesen über einen Aufzug zu hochgelegenen, geschlossenen Betonbunkern geführt werden, aus welchen sie über Wagen in die Erdauflöser gelangen können.

Zur besseren Verteilung und für Ausscheidung von Unreinheiten ist es zweckmäßig, die meisten Füllstoffe — eine Ausnahme macht u. a. Titanweiß — nicht trocken in die Holländer zu geben, sondern im Wasser aufzuschlämmen. Von den verschiedensten dazu üblichen Apparaten sei hier jener nach System Niethammer angeführt, wie ihn Abbildung Nr. 24 zeigt (Bauart Voith).

In einem gußeisernen Trog mit Zwischenwand befindet sich eine rotierende Trommel mit Schaufeln. Durch den Einwurftrichter wird eine abgewogene Menge Füllstoff eingeführt. Nach vollendeter Aufschlämmung wird die Flüssigkeit durch einen Rohrstutzen in eine Vorratsbütte abgelassen. Es werden verschiedene Größen dieser Maschine gebaut.

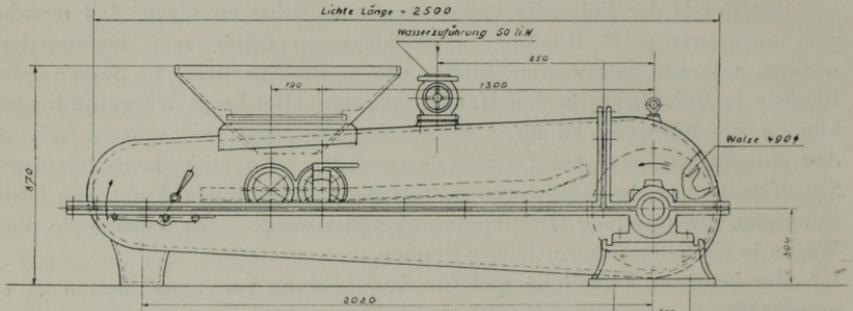
Die Füllstoffaufschlämmungen können in Eisenbetonbehältern mit Propellerrührern gesammelt und von dort nach Bedarf über eigene Wagen (siehe III) den Holländern zugebracht werden. Die Aufschlämmungen können beispielsweise 200 g/l enthalten.

Die Zuteilung der Füllstoffe erfolgt meist gleich mit Beginn des Halbstoffeintrages, worüber weiteres unter (h) ausgeführt wird.

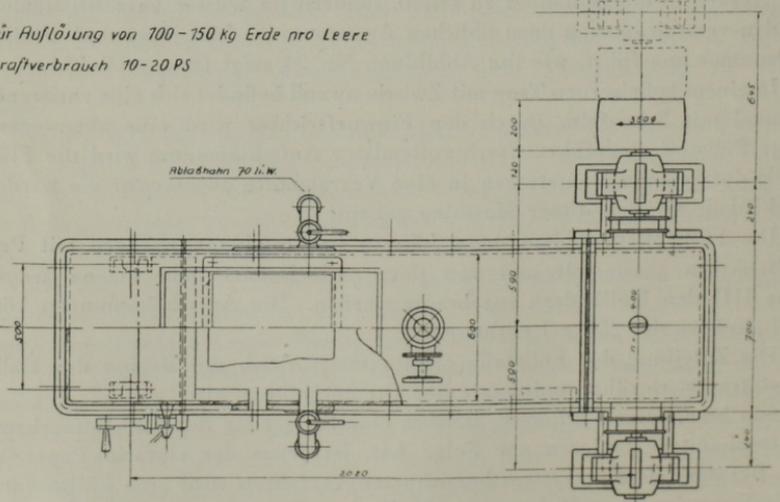
Ein besonderes Verfahren, welches eine Steigerung der Füllstoffausbeute bei bestimmten Papieren zur Folge hat, ist jenes der Ontario Paper-Co. Ltd. Bei dem als Fair-System bezeichneten Verfahren wird eine Füllstoffaufschlämmung in einer Dichte von  $1\frac{3}{4}$  % dem Papierblatt auf dem Papiermaschinensieb in der Nähe der Sauger zugeführt. Es soll damit möglich sein, die Ausbeuten bis auf 82 % zu steigern. Nach diesem Verfahren werden auch starkgefüllte Papiere mit hoher Wasserverdünnung auf das Sieb auflaufen gelassen, ohne dadurch die normalerweise eintretenden Füllstoffverluste zu erhöhen. Die Füllstoffaufschlämmung wird durch ein gelochtes Rohr auf ein mit Gummi überzogenes Blech gespritzt, welches über dem Sieb in geneigter

Lage angebracht ist. Diese Anordnung bewirkt eine gleichmäßige Verteilung. Besonders beim Arbeiten mit hohen Füllstoffgehalten sei hier auf eine Papiereigenschaft hingewiesen, die in solchen Fällen auftritt und welche als

*Erdauflöser Größe I, System Niethammer (Inhalt 580 Liter)*



*Für Auflösung von 700-750 kg Erde pro Leere  
Kraftverbrauch 10-20 PS*



*Abbildung Nr. 24*

„Zweiseitigkeit“ bezeichnet wird. Man findet diese Erscheinung meist bei Füllstoffgehalten von etwa 15—20 % aufwärts. Dabei erscheint die Sieboberseite des Papierses in einem anderen Farbton als die Siebunterseite, bzw. er-

geben sich Unterschiede in der Druckfähigkeit der beiden Papierseiten. Die Ursache liegt in den unterschiedlichen Füllstoffanreicherungen.

Bei ungefärbten Papieren findet sich bei jeder Langsiebmaschinenarbeit eine Neigung zur Zweiseitigkeit, da sich außerdem noch verschiedene Halbstofffaserarten bis zu einem gewissen Grad entmischen können. Letztgenannte Erscheinungen ergeben sich besonders bei holzhaltigen beschwerten Stoffen, worauf auch sehr hohe Papiermaschingsgeschwindigkeiten mit starker Saugerarbeit fördernd wirken. Dabei besitzt die holzschliffreichere Siebseite eine gelblichere Tönung als die füllstoffreichere Oberseite. Bei schweren Füllstoffen, wie Blancfix, ist die Unterseite angereichert. Der Holzschliffverfärbung kann durch Verwendung gebleichter Holzschliffe entgegengearbeitet werden. Zum Ausgleich so entstehender verschiedener Tönungen können auch kombinierte Farbstoffe Verwendung finden, die eine annähernd gleiche Anfärbung des Halbstoffes und des Füllstoffes gewährleisten, wozu beim Weißtönen beispielsweise Äthylviolett und Wasserblau IN sehr geeignet sind, da eine Lackbildung beider Farbstoffe eintritt. Arledter erzielte zur Vermeidung der Zweiseitigkeit durch Vorleimen der Füllstoffe mit Harzleim und Stärke gute Erfolge.

Die Grundlage für Zweiseitigkeit bei färbigen Papieren liegt ebenfalls in obgenannten Entmischungsvorgängen. Die unterschiedliche Affinität der verschiedenen Farbstoffgruppen zu den verschiedenen Papierhalbstoffen wirkt hierbei bestärkend auf die Zweiseitigkeit. Werden außerdem Farbstoffe verwendet, die keine genügende Hitzebeständigkeit haben, so tritt weitere Verstärkung beim Übergang über die Trockenzylinder einer Papiermaschine auf.

Sehr stark gefüllte Papiere neigen weiters zum „Stauben“ beim Drucken. Auch sinkt mit steigendem Füllstoffgehalt die Leimfestigkeit der Papiere, bzw. wird mehr Leim benötigt. Ferner sinken Reißlängen und Dehnung, ebenso geht die Dicke der Papiere zurück. Füllstoffe sind auch von Einfluß auf Papierfärbungen, da sie selbst verschiedenlich gefärbt werden und die Zweiseitigkeit gleichfalls stark beeinflussen.

Die durch die Aschengehalte ausgedrückten Füllstoffgehalte einiger Papiere seien hier abschließend angeführt:

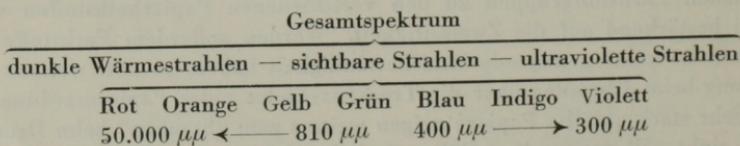
Bücherpapier . . . . .	2—6 %	Asche
Druckpapier h'frei . . . . .	12—15 %	„
Illustrationsdruck . . . . .	10—25 %	„
Konfektionspapier h'frei . . . . .	8—12 %	„
Schreibpapier h'frei . . . . .	8—13 %	„
Zeichenpapier . . . . .	9—10 %	„
Naturkunstdruck . . . . .	bis 30 %	„

## g) FÄRBEN

Zum richtigen und wirtschaftlichen Färben von Papieren ist es nötig, sich über die theoretischen Grundlagen der Färberei überhaupt sowie der Farbstoffe und ihrer Anwendung auf die Papierhalb- und -zuteilstoffe im klaren zu sein. In diesem Abschnitt sollen dazu vorwiegend Richtlinien gegeben werden.

Unter Färbung versteht man einen Vorgang, bei welchem der Grundton eines Papierses resultierend aus der Mischung der Eigenfarbe der Bestandteile durch Zugabe von Farbstoffen auf einen gewünschten Farbton gebracht wird. Für die dabei auftretenden Farben ist auch die Empfindlichkeit des menschlichen Auges von Einfluß sowie die verwendete Lichtquelle. Normales künstliches Licht ist gelber oder rötlicher als Tageslicht, weshalb man für Farbvergleiche bei Nacht eigene Tageslichtlampen verwenden muß.

Das weiße Tageslicht kann durch ein Glasprisma in die bunten Farben Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett zerlegt werden, deren Mischung wieder Weiß ergibt. Neben diesen sichtbaren Strahlen sind auch dunkle Wärmestrahlen und ultraviolette Strahlen vorhanden. Das Bereich der Wellenlängen erstreckt sich auf 50.000  $\mu\mu$  bis 300  $\mu\mu$ , wie folgendes Schema zeigt:



Die ultravioletten Strahlen liegen dabei zwischen 300 und 400  $\mu\mu$ .

Verschiedene Körper haben die Eigenschaft, gewisse Farbtöne stärker zu schlucken und andere weniger stark. Dementsprechend entsteht der Eindruck verschiedener Farben. Außer den bunten Farben gibt es noch die unbunten. Wirft eine Fläche alles Licht zurück, so erscheint sie weiß, wird hingegen das Licht verschluckt, so erscheint sie schwarz, dazwischen liegen die verschiedenen Stufen des Grau.

Nach der Farblehre von W. Ostwald sind alle Farben, die reinen und trüben, in einem Farbkörper vereinigt. Der Übergang zwischen den einzelnen Farben ist dabei ein stetiger. Die Grundlagen dieser Farblehre bilden die gleichseitigen sogenannten farbgleichen Dreiecke, welche z. B. die Eckbezeichnungen R, W, S nach Abbildung Nr. 25 besitzen.

Die Linie R—W ergibt alle Mischungen der Reinfarben mit Weiß bis zum reinen Weiß und wird als hellklare Reihe bezeichnet, während jene der Seite R—S alle Mischungen der Reinfarbe bis Schwarz, die sogenannte dunkelklare Reihe darstellt, und auf W—S die Schwarzweißmischungen, also die verschie-

denen Grau in der sogenannten Grauleiter vorliegen. Im Dreiecksinneren sind alle trüben Töne, d. h. die Mischungen der Reinfarben mit verschiedenem Grau vorhanden.

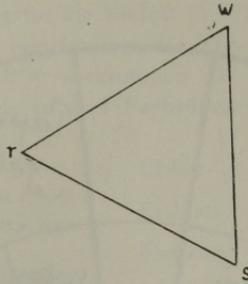


Abbildung Nr. 25

Ein derartiges Dreieck läßt sich für jede reine Farbe entwickeln. Nimmt man die stets ähnlichen Seiten W—S aller Farbdreiecke als Achse eines Doppelkegels, wobei W die obere Spitze und S die untere darstellt, so bildet dieser Doppelkegel den Farbkörper, welcher sämtliche Farben enthält (Abbildung Nr. 26).

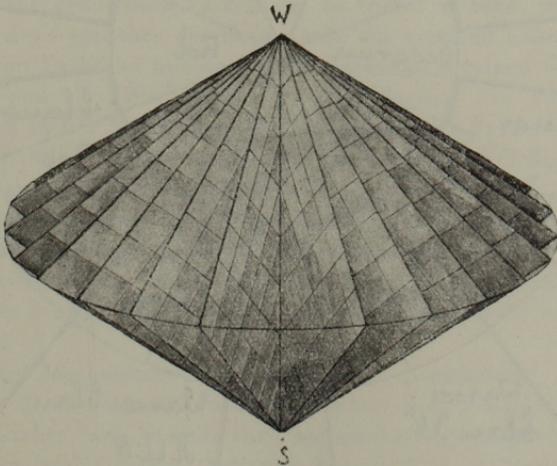


Abbildung Nr. 26

Der obere Kegelanteil enthält alle hellklaren, der untere Kegelanteil alle dunkelklaren Farben. Alle trüben Farben befinden sich im Innenraum und eine Reihe unbunter Farben bildet die Achse. Für die reinen Farben teilt Ostwald den Grundkreis des Doppelkegels in 100 Teile, wobei Gelb bei 0,0 liegt. Für jede Farbe gibt es eine charakteristische Kennzahl. Da auch die

Strecke W—S in 100 Teile zerlegt wird, kann damit der Weiß- und Schwarzgehalt einer Farbe zum Ausdruck gebracht werden. An Stelle dieser Kennzahlen werden jedoch meist nach logarithmischen Einteilungen ermittelte Farbzeichen benutzt.

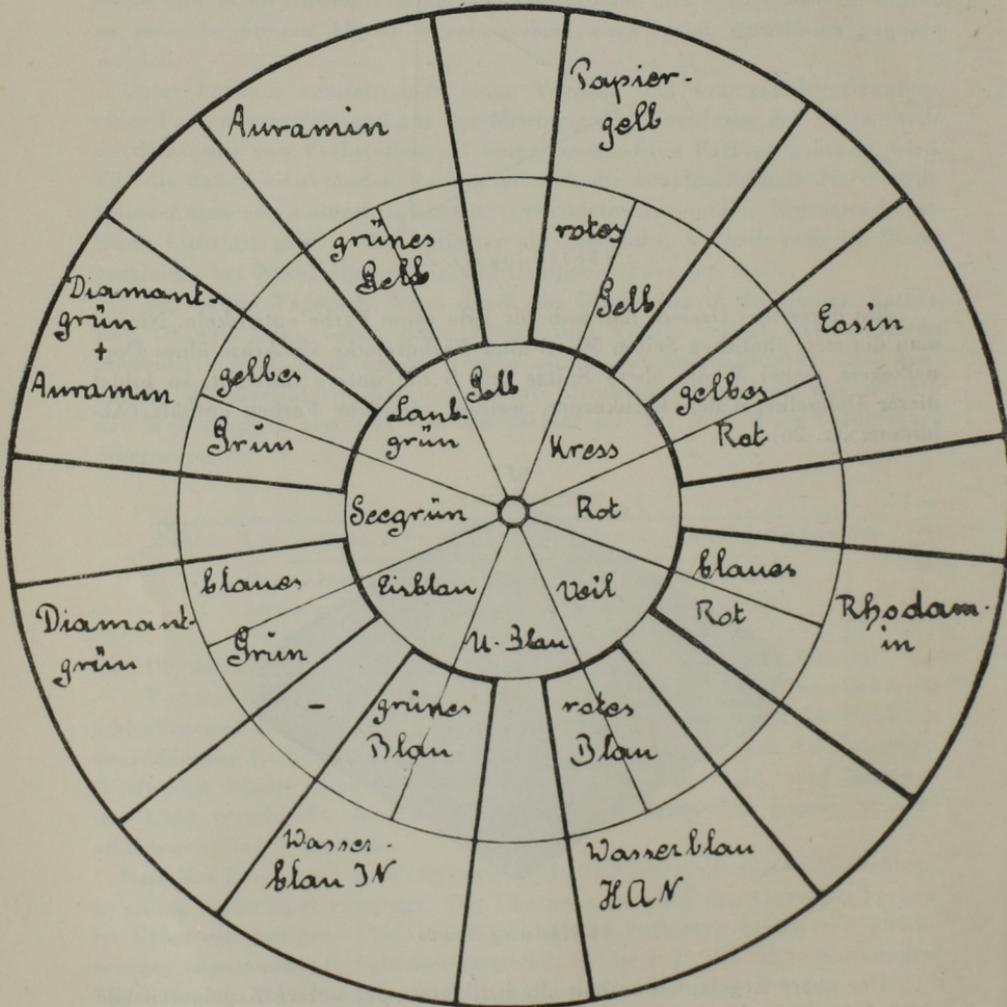


Abbildung Nr. 27

Einen obgenannten, jedoch vereinfachten Grundkreis, kurz Farbenkreis genannt, stellt Abbildung Nr. 27 nach Gottlöber dar.

Im Inneren befinden sich die Ostwaldschen Farbbezeichnungen, an welche sich nach außen eine Farbkreisteilung anschließt, während im äußersten Kreis acht Vertreter häufig zum Papierfärben benutzter Farbstoffe verzeichnet sind. Die Töne von Seegrün bis Violett (Veil), deren Reinheit selten 60 % übersteigt, werden als kalt empfunden, die Töne von Laubgrün bis Rot, die bis zu einer Reinheit von 90 % vorkommen, als warm. Von den acht Hauptfarben des Kreises wird jede in drei Farbtönen dargestellt.

Gelb		Ublau	
Kress	{ rotes Gelb gelbes Rot	Eisblau	{ grünes Blau blaues Grün
Rot		Seegrün	
Veil	{ blaues Rot rotes Blau	Laubgrün	{ gelbes Grün grünes Gelb

Eine wichtige Regel aus diesen Betrachtungen ergibt sich im Gesetz der Gegenfarben. Werden nämlich die an den Enden eines Durchmessers, also einander entgegengesetzt liegenden Farben gemischt, so entstehen bei richtigem Verhältnis der Anteile keine bunten Farben mehr, sondern ein neutrales Grau. Jede Farbe, mit einer anderen des Farbkreises gemischt, gibt eine bunte Farbe, wobei die gemischten Farben um so trüber werden, je mehr sich die zweite Farbe des Gemisches der Gegenfarbe der ersteren nähert. Weiter gilt, daß die meisten Farbtöne mit drei gleichabständigen reinen Grundfarben erzielbar sind und die Mischfarbe aus zwei Farben des Farbkreises zu gleichen Teilen in der Mitte ihres Abstandes auf dem Farbkreis liegt. Für alle diese Verhältnisse ist die Anwendung von Licht gleicher Zusammensetzung (in Wellenlängen) Voraussetzung.

Die Träger der Farben bezeichnet man als Farbstoffe. Während früher vorwiegend natürlich vorkommende Pflanzenfarbstoffe, wie Gelb-, Rot- und Blauholz, Katechu u. a., Anwendung fanden, werden heutzutage vornehmlich natürliche oder synthetische anorganische sowie synthetische organische Farbstoffe benützt.

Natürliche anorganische Farbstoffe, sog. „Erdfarben“ (farbige Mineralien), wie z. B. Ockerarten (Eisenoxydhydrat und kieselsaure Tonerdeverbindungen), Umbra (aus Verwitterung manganhaltiger Eisenerze entstanden), Kasseler-Braun (viel Ocker enthaltende Braunkohle), müssen gut aufbereitet (geschlämmt) werden. Sie besitzen hohe Echtheit bei geringer Färbekraft, d. h. für sattere Töne werden große Mengen benötigt. Sie wirken gleichzeitig als Füllstoffe, haften verschieden stark und können das Papier „lappig“ machen. Man verwendet sie daher meist nur zum Grundieren und nuanciert mit organischen Farbstoffen, wobei letztere dann besseres Haftvermögen und größere Lichtbeständigkeit zeigen als für sich allein.

Synthetische anorganische Farbstoffe zeichnen sich durch feine Zerteilung

aus, weshalb sie besseres Färbevermögen besitzen als Erdfarben. Sie ermöglichen bei sehr guter Echtheit lebhaftere Farbtöne. Ultramarin (wasserlösliche Aluminium-Natriumverbindung mit Kieselsäure und Schwefel) muß möglichst fein sein, um eine gute Färbekraft zu haben. Es ist lichtecht, jedoch säureempfindlich (z. B. auch gegen schwefelsaure Tonerde), hingegen alkalieempfindlich. Da dieser Farbstoff nur wenig Grauegehalt aufweist, wird er noch oft zum Weißtönen feiner Papiere verwendet. Berliner-Blau (amorphes Ferriferrocyanid) ist grünstichig und wird für satte, einigermaßen lichtechte Töne benützt. Es ist alkaliempfindlich und wird durch Oxalsäurezusatz wasserlöslich. Es neigt zu zweiseitiger Anfärbung. Chromgelb (Bleichromat) wird als solches oder durch Umsetzen von Bleinitrat mit Kaliumbichromat im Ganzzeugholländer erhalten. Man verwendet es für lichtechte Töne von Hellgelb bis zum Goldton. Es ist giftig, empfindlich gegen Alkalien und Schwefelwasserstoff und wird noch für Feinpapier zur Erzielung frischer, echter Farbtöne eingesetzt. Hieher gehört auch Ruß (reiner Kohlenstoff), der in besonderer Sichtung in Säcken gehandelt wird. Er eignet sich für Schwarzfärbungen, wobei er mit etwas Spiritus geknetet wird, worauf man allmählich heißes Wasser zuführt (H. Schwalbe). Besser ist seine Verwendung in ebenfalls handelsüblicher Teigform.

Im allgemeinen werden anorganische Farbstoffe mit Wasser zu einer Suspension von 100—300 g/l aufgeschlämmt. Sie haften am Papierstoff ohne Beize.

Die meiste Verwendung finden synthetische organische Farbstoffe, die auch als Anilin- oder Teerfarbstoffe bezeichnet werden. Für alle möglichen Zwecke wurden eine Unmenge derartiger Farbstoffe geschaffen, bei deren Anwendung es wesentlich ist, ihre Eigenschaften sowie ihr technologisches Verhalten besonders gegenüber von Papierhalbstoffen zu kennen. Die verschiedensten Farbenfabriken bringen verlässlich gleichmäßige Farbstoffe auf den Markt. Zur Papierfärbung kommen nur ganz bestimmte Gruppen in Frage, deren Einteilung auf gewissen, ihnen eigentümlichen chemischen Zusammensetzungen beruht. Die Gliederung ist folgende:

1. Basische Farbstoffe
2. Saure Farbstoffe
3. Substantive Farbstoffe
4. Janus-Farben
5. Resorcin-Farben (Eosin)
6. Schwefelfarben (Immendialfarbstoffe)
7. Pigmentfarben
8. Indanthrenfarben
9. Alizarinfarben
10. Fanal L und Fanal TX supra Farbstoffe.

Mitunter gruppiert man die Farbstoffe auch in wasserlösliche und wasserunlösliche.

Basische Farbstoffe sind Chloride, Oxalate oder Doppelzinksalze von Farbbasen, welche im Verhältnis zu anderen Farbstoffgruppen geringere Wasserlöslichkeit besitzen. Sie geben leuchtende Färbungen bei großer Färbekraft, jedoch geringe Lichtechtheit. Da sie billiger sind, werden sie auch weniger für hochwertige Papiere verwendet. Sie sind empfindlich gegen hartes Fabrikationswasser, da Fällungen eintreten. Besonders stark färben sich Holzschliff und ungebleichte Zellstoffe sowie auch Jute an, was auf eine gewisse Beizwirkung der Inkrustenbestandteile dieser Halbstoffe zurückzuführen sein dürfte. Für gebleichte Zellstoffe ist es nötig, Körper, welche das Aufziehen der Farbstoffe auf die Faser begünstigen, sog. Beizstoffe, anzuwenden. Als solche stehen in erster Linie Gerbsäuren (Tannin, Tamol) in Gebrauch. Auch schwefelsaure Tonerde allein besitzt fixierende Wirkung, ebenso die Leimung. Bindemittel, wie Stärke, Tierleim, Kasein u. a., erhöhen die Haltbarkeit. Die Temperatur spielt beim Fixieren basischer Farbstoffe eine untergeordnete Rolle. Nur Holzschliff färbt sich leichter an, da er beim Erwärmen physikalisch aufgeweicht wird. Günstigste pH-Werte können beim Färben schwer eingehalten werden, da Rücksicht auf andere Holländervorgänge genommen werden muß (Cornely). Starke Säuren verhindern das Aufziehen basischer Farbstoffe. Bei einer Mischung gebleichter und ungebleichter Zellstoffe tritt besonders bei Verwendung von Diamantgrün unterschiedliches Anfärben der verschiedenen Fasern ein, welche Erscheinung als Melieren bezeichnet wird. Als häufigste Vertreter basischer Farbstoffe sind zu nennen: Äthylviolett, Auramin, Chrysoidin, Diamantgrün, Fuchsin, Kristallviolett, Methylblau, Methylviolett, Nilblau, Rhodamin, Safranin, Vesuvin und Viktoriablau. Jeder Farbstoff muß für sich heiß und sorgfältig gelöst und gesiebt werden, da sonst Farbflecke entstehen können. Bei härterem Wasser setzt man auf 1 l etwa 1 cm<sup>3</sup> Essigsäure zu. Bei Auramin, Chrysoidin und Vesuvin dürfen Temperaturen von 60° C nicht überschritten werden. Um Melieren zu verhindern, ist es nötig, die Farbstoffe möglichst kalt und in großer Verdünnung in die Ganzzeugholländer zu geben. Werden sattere Färbungen durchgeführt, fügt man manchmal einen Teil der Farbstofflösung gleich zu Beginn dem Holländerwasser zu. Beim Anfärben mehr inkrustenhaltiger Halbstoffe soll man bei Verwendung basischer Farbstoffe nicht über 2 %, bezogen auf die lufttrockene Fasermasse, hinausgehen. Das Abwasser gefärbter Stoffe (Probe durch Auspressen mit der Hand) gibt immer eine Kontrollmöglichkeit über das Aufziehen der angewandten Farbstoffe.

Saure Farbstoffe sind meist Natriumsalze von Farbsäuren, die eine gute Löslichkeit besitzen und auf Halbstoffe nur dann gleichmäßig aufziehen, wenn diese geleimt sind. Man soll sie daher für ungeleimte Papiere nicht verwenden, da auch Tanninbeizung wirkungslos ist. Unter Anwendung

eines ph von etwa 4,5 fördern Harze und Metallsalze, wie Kalziumchlorid oder Aluminiumchlorid, in Mengen von mehr als 1 % angewandt, das Haftvermögen der Farbstoffe. Sie besitzen geringe Wasserechtheit und eignen sich allein angewandt wenig für die Papierfärberei. Besonders anwendbar sind sie zum Anfärben tierischer Fasern, wie Wolle, die als Melierfaser oder für Kalandervalzenpapier- oder Rohpapier-Erzeugung benützt wird. Oft verwendete Farbstoffe sind: Baumwollscharlach, Brillantcrocein 7 b, Chinolingelb, Metanilgelb, Naphtholgelb, Nigrosin, Orange II, Papiergelb A, Säureviolett und Wasserblau. Die Lösung saurer Farbstoffe geschieht bei Temperaturen etwas unter 100° C. Sie sollen im Holländer genügend Zeit zum Aufziehen haben. Zur Melierung neigen sie weniger. Die Abwässer der Papiermaschine bei sauren Farbstoffen sind meist gefärbt. Zu hohe Trockenzylindertemperaturen können bei ihrer Anwendung Fleckenbildung bewirken, da diese Farbstoffe gegen Hitze und Dampf wenig beständig sind. Besonders Metanilgelb wird dabei leicht rot. Dieser Farbstoff ist übrigens auch im Holländer gegen Schwankungen im schwefelsaure Tonerde-Zusatz sehr empfindlich. Auch Wasserblau gibt immer voller werdende Töne und neigt zur Zweiseitigkeit, wogegen man sich durch Umkehrung der Zylindertemperaturverhältnisse, besonders bei den ersten beiden Zylindern und durch langsames Trocknen helfen kann (Gottlöber). In der Praxis hat es sich auf Grund der geschilderten Eigenschaften von sauren Farbstoffen als zweckmäßig erwiesen, den gewünschten Farbton durch kombinierte Färbung saurer mit basischen Farbstoffen zu bewerkstelligen. Man gibt zuerst die eine Lösung dem Holländer zu und nach gründlichem Durcharbeiten die zweite. Durch gegenseitige Fällung beider Farblösungen entsteht ein Farblack, der fester an den Fasern haftet, wodurch nahezu farblose Abwässer auftreten. Lichtechtheit und Farbtontiefe werden dabei gesteigert. Beide Farbstoffarten dürfen nie vor ihrer Holländerzugabe zusammengeschüttet werden. Mit substantiven Farbstoffen treten keine Reaktionen ein.

Substantive Farbstoffe sind Salze von Farbsäuren, die im allgemeinen direkt ohne Beizmittel auf Fasern aufziehen. Ihre Färbekraft ist geringer als die anderer Gruppen, sie besitzen jedoch eine größere Echtheit, welche durch Zusatz von  $\frac{1}{2}$  % Kupfersulfat erhöht werden kann (H. Schwalbe). Infolge ihres höheren Graugehaltes ergeben sie trübere Farbtöne. Ihre Hitzebeständigkeit ist gut. Baumwolle und Zellstoff nehmen diese Farbstoffe gut auf. Holzschliff hingegen weniger. Sie eignen sich für ungeleimte und geleimte Papiere, soweit diese nicht stark holzhältig sind. Gegen Säuren sind sie empfindlicher als gegen Alkalien. Zur Erreichung besonders tiefer Töne bei guter Farbstoffausnützung hat es sich als günstig erwiesen, auf 1—2 % Farbstoff 5—6 % denaturiertes Kochsalz zuzusetzen, wobei von einer Art Beizwirkung gesprochen werden kann (H. Schwalbe). Auch Glaubersalz findet Anwendung. Da geleimte Halbstoffe für substantive Farbstoffe ein wesentlich vermindertes

Aufziehvermögen besitzen, ist bei ihnen unbedingt die Reihenfolge: Farbstoff — Leim — schwefelsaure Tonerde einzuhalten. Bekannte Farbstoffe sind: Baumwollorange, Benzoeerot, Diamin- und Dianil- sowie Oxaminfarbstoffe, Papierschwartz T, Papiergelb L und Stilbengelb. Ihre Lösung soll im kalkfreien Wasser erfolgen. Liegt ein solches nicht vor, so ist eine doppelte Sodazugabe, auf den Farbstoff gerechnet, erforderlich. Die Abwässer der gefärbten Stoffe sind durchwegs farblos. Der Farbton ist gerade bei substantiven Farbstoffen sehr vom Mahlzustand des Halbstoffes abhängig. Je höher dieser ist, um so satter erscheint der Farbton. Zur Verbesserung des Farbtones wird oft mit substantiven Farbstoffen vor- und mit basischen nachgefärbt. Besondere Lichtechtheit besitzen die Siriusfarbstoffe, wie Siriusgelb, Siriusorange und Siriusrot.

Die Janusfarbstoffe verhalten sich teils wie basische, teils wie substantive. Sie geben gute Wasser- und Dampfchtheit und finden für dampf-echte Hülsenpapiere Verwendung. Zu nennen wären: Janusblau, Janusgelb, Janusgrün und Janusrot. Ihre Arbeitsweise deckt sich mit jener von basischen Farbstoffen.

Die Resorcinfarbstoffe (Eosin) werden vielfach zu den sauren Farbstoffen gerechnet, weil sie sich ähnlich wie diese verhalten, obwohl sie andere chemische Eigenschaften besitzen. Sie haben brillante Rotnuancen, womit ihre Eignung für zarte Rosatöne gegeben ist. Man verwendet sie bei geleimten Papieren. Schon ein geringer Überschuß an schwefelsaurer Tonerde beeinträchtigt den Farbstoff. Als Farbstoffe finden z. B. Eosin, Erythrosin und Phloxin Anwendung. Eine Kombination mit Fuchsin steigert die Wasser-echtheit.

Alle anderen eingangs angeführten Farbstoffe finden nur für Sonderfärbungen Verwendung. Die aus organischen Stoffen unter Einwirkung von Schwefel hergestellten Schwefelfarbstoffe (Immedialfarbstoffe) besitzen gute Echtheitseigenschaften, jedoch stumpfe Tönungen. Sie können auf ungebleichten, ungeleimten Ganzstoffen ohneweiters verwendet werden. Im Wasser müssen sie mit Zugabe von Schwefelnatrium in 1- bis 2facher Menge bei 100° C gelöst werden. Es sind jedoch Produkte im Handel, die bereits Schwefelnatrium in einem für die Lösung nötigen Anteil enthalten. Bei geleimten Papieren muß vor der Leimung gefärbt und dann das Schwefelnatrium ausgewaschen oder durch Natriumbisulfatzugabe neutralisiert werden. Schwefelfarbstoffe sind: Kryogenbraun, Kryogenblau, Kryogen- grün, Kryogenschwartz bzw. Immedialgelb, Immedialviolett usw. Schön ge- deckte und warme Töne bei guter Echtheit geben die in Teigform vorliegen- den Pigmentfarbstoffe (Permanentechtfarbstoffe), die, weil sie wasserunlöslich sind, in warmem Wasser aufgeschlämmt dem Holländer zugegeben werden. Ihre Fixierung erfolgt am einfachsten durch Leimung. Man kann aber auch Stärke, Tierleim und ähnliches anwenden. Alle Faktoren, welche

der Verdichtung des Papierblattgefüges dienen, begünstigen genau so wie bei Füllstoffen die Einlagerung von Farbpigmenten. Man verwendet sie für holzfreie, vorwiegend geleimte Papiere, wobei z. B. Antholrot BW, Litholechtgelb, Litholechtscharlach, Pigmentgrün, Permanentechtrot verwendet werden.

Die Indanthrenfarben sind spezielle Küpenfarbstoffe, die in reduzierter, alkalilöslicher Form vorliegen und bei welchen die Farbe durch Oxydation entwickelt wird. Die Indanthrenfarbstoffe werden in Teigform mit 9—16 % Trockengehalt oder als feines, im Wasser aufgeschlämmtes Pulver, direkt und möglichst frühzeitig dem Holländer zugegeben. Sie ziehen ohne Beize auf und sind ganz besonders licht-, säure-, alkali-, wasser-, dampf-, chlor- und temperaturecht. Die Farbtöne sind stumpf. Zu nennen wäre Heliodonbraun, Heliodongelb, Indanthrenblau und Indanthrenrot.

Alizarinfarben können als adjektive Farbstoffe nur unter Mitwirkung von Metallsalzen durch Farblackbildung Verwendung finden. Sie eignen sich als sehr lichtecht für zarte, helle Töne und geleimte holzfreie Stoffe. Zu nennen wären: Anthracenblau, Anthrachinonblaugrün, Anthrachinonviolett u. a.

Die wasserlöslichen Fanal-L-Farbstoffe dienen hauptsächlich für Tauchfärbungen, wobei lichtechte Blau-, Violett- und Grüntöne erzielt werden. Die Fanal-TX-supra-Farbstoffe sind besonders lichtecht und werden für holzfreie Stoffe für reine, brillante Töne verwendet, wie Fanalrosa und Fanalblau.

Die Bezeichnung der einzelnen Farbstoffe, welche in etwa 300 Produkten für die Papierindustrie vorliegen, sind leider ursprünglich sehr willkürlich und daher ohne Systematik vorgenommen worden. Wertvolle Zusammenstellungen geben große Farbstoff-Firmen heraus, wie z. B. die I. G. Farben in den Broschüren: „Farbstoffe für Papier“ und „Das Färben des Papiers in der Masse“, wobei auf die verschiedensten Ansprüche, die je nach dem Verwendungszweck an eine Papierfärbung zu stellen sind, weitestgehend Rücksicht genommen ist. Die Ausfärbungen werden dabei auf verschiedene Grundfaserstoffe, z. B. je 50 % ungebleichte Sulfitzellstoffe und Weißschliff oder gebleichten Sulfitstoff und ungebleichten Sulfitzellstoff bezogen. Die angegebenen Farbstoffmengen sind auf lufttrockenen Stoff gerechnet und werden gegenwärtig auf absolut trockenen angegeben. Zur Unterscheidung einzelner Farbstoffe bedient man sich Buchstaben in oft willkürlicher Anordnung.

Meist werden jedoch die Nuancen damit bezeichnet, wie z. B. G = gelblich, R = rötlich, B = bläulich. Eine Buchstabenverdoppelung bedeutet eine Verstärkung dieses Farbtönen. X gibt meist an, daß der Farbstoff konzentriert geliefert wird.

Untersuchungen über die Tönung von Farbstoffen nahm O. Rols durch Spektroskopie von Farblösungen und nachherige Zusammenstellung vor.

I. Refsaas gibt eine Tabelle darüber, wobei die weißen Felder die Farben und gleichzeitig die Intensität der Farben andeuten. Die dunklen Felder sind die Gebiete ohne Farben. (Abb. Nr. 28.)

FARBSTOFF	rot	gelb	grün	blau	indigo	violett
Methylviolett						
Aethylviolett						
Marineblau RA						
„ RAX						
„ BDX						
„ BD						
Viktoriablau B (Sandos)						
Reinblau I						
Methylenblau 2 B						
„ 1814						
Saphirblau G						
Neumethylenblau						
„ (Sandos)						
Kongo-echtblau 19						
Chicagoblau 6 B						
Brillant Lackblau						
Methylengrün						
Diamantgrün						
Brillantgrün						
Chinagrün						
Basicgrün						
Kohlschwarz						
Nigrosin						
Zuckerkulör						

Abbildung Nr. 28

Wie schon bei den einzelnen Farbstoffgruppen erwähnt, zeigen diese zu den verschiedenen Halbstoffen sehr unterschiedliches Verhalten.

Holzschliff (ebenso Weiß- und Braunschliff sowie Rohjute und gelber Strohstoff) wird vornehmlich von basischen Farbstoffen, geleimt wie ungeleimt, fast ausnahmslos gut angefärbt. Die Inkrusten wirken dabei als Beize. Größere Splitter bleiben infolge ihrer Dichtheit ungefärbt. Die Durchfärbung der harzigen Teilchen ist während der kurzen Färbedauer in einem Holländer nicht möglich. Saure Farbstoffe erfordern eine Beize von schwefelsaurer Tonerde von 2—5 %. Substantive Farbstoffe besitzen nur geringe Affinität (unruhige Färbungen bei h'hältigen Papieren).

Ungebleichte Sulfit- und Natronzellstoffe (Rohjute, Rohleinen und Bambus) werden von basischen Farbstoffen, sowohl geleimt als auch ungeleimt, gut gefärbt. Der mehr oder weniger hohe Inkrustengehalt dieser Fasern bewirkt verschieden intensive Farbstoffaufnahme, was zu Melierungen führen kann. Der Aufschlußgrad von Zellstoffen ist dem Anfärbevermögen mit basischen Farbstoffen direkt proportional, d. h. weichere Zellstoffe färben sich weniger an, weshalb unter Umständen in solchen Fällen die Anordnung von Beizen nötig ist. Saure Farbstoffe ziehen nur durch gute Leimung oder Zusatz von 2—5 % schwefelsaurer Tonerde auf. Bei substantiven Farbstoffen findet ein gutes Aufziehen an geleimten und ungeleimten Papieren statt. Zugabe von 10—20 % Glaubersalz gibt volle Töne. Auch hier bestehen direkte Zusammenhänge zwischen Aufschlußgrad und Anfärbevermögen (Melierungsgefahr).

Gebliche Sulfit- und Natronzellstoffe, sowie gebleichte Hadernhalbstoffe werden von basischen Farbstoffen wenig gefärbt. Beizen mit Tannin oder Tamol, deren Zusatz frühzeitig zum Stoff erfolgen soll, sind nötig. Saure Farbstoffe besitzen keine Affinität. Zu ihrer Fixierung ist schwefelsaure Tonerde oder Volleimung nötig. Substantive Farbstoffe hingegen besitzen ein großes Aufziehvermögen, welches mit der Reinheit dieser Farbstoffe steigt. Sie bedürfen weder einer Leimung noch einer Beize. Für satte Töne empfiehlt sich eine Zugabe von Glauber- oder Kochsalz. Fanal-, Pigment- und Indanthrenfarbstoffe finden für gutgeleimte Stoffe Verwendung. Für ungeleimte ist bei ihnen ein Zusatz von 2—4 % schwefelsaure Tonerde erforderlich.

Gelber Strohstoff, der vom Aufschlußprozeß her Kalk enthält und alkalisch reagiert, muß vor dem Färben mit Salzsäure neutralisiert werden. Es finden bei ihm vornehmlich basische Farbstoffe Verwendung, obwohl auch eine Reihe saurer Farbstoffe bei schwacher Leimung einsetzbar ist.

Das färbetekhnische Verhalten von Altpapier schwankt mit seiner Zusammensetzung. Bei Verarbeitung ungefärbten und gefärbten Altpapiers ist mit Melierung zu rechnen. Saure Farbstoffe können egalisierend wirken.

Was die verschiedenen Echtheitsanforderungen an gefärbte Papiere betrifft, so ist bei der Lichtechtheit (Widerstand gegen Lichteinwirkung bzw.

Farbstoffverblässung) auch die Art und Farbe des verwandten Lichtes von Einfluß. Rotes Licht bringt kaum eine Farbtonänderung, gelbes Licht wirkt stärker und blaues Licht gibt die größten Angriffe. Hiebei ist auch die Temperatur von Einfluß. Als Schutzmittel für Lichtechtheitserhöhung dienen z. B. Stearin und Kupferpalmitat. Im übrigen hängt die Lichtechtheit auch sehr von der angewandten Halbstoff-Faser ab. Holzschliff, Braunschliff und ungebleichte Sulfitzellstoffe geben nie lichtechte Papiere. Ebenso schadet Oxyzellulosegehalt gebleichter Zellstoffe. Auch eisen- oder manganhaltiges Fabrikationswasser verhindert Lichtechtheit. Die Farbstoffe sind nach dem angewandten Halbstoff zu wählen. Lichtechte Färbungen in der Masse sind nur bei Papieren aus holzfreien, gebleichten Halbstoffen möglich. Hervorragend lichtecht sind die teuren Indanthren- und Alizarin- sowie die meisten Schwefelfarbstoffe. Sehr echt sind die natürlichen und künstlichen anorganischen Farbstoffe. Auch einige substantive und saure sind lichtecht. Ferner werden Säure-, Alkali-, Dampf- und Wasserechtheit je nach dem Verwendungszweck der Papiere verlangt.

Zum Färben von Papieren ist es aus wirtschaftlichen Gründen nötig, eine zentralgelegene Farbküche zu errichten. Diese teilt sich in ein Farbstofflager sowie in einen Wäge- und Löseraum. Die Lagerung soll in trockenen, hellen Räumen stattfinden, wobei Feuchtigkeitseinflüsse auszuschalten sind, da sonst ein Zusammenpacken der Farbstoffe erschwerte Löslichkeit zur Folge hat. Farbfässer oder Büchsen müssen gut verschlossen gehalten werden. Die einzelnen Gebinde sind in Regalen nach Gruppen (basische, saure usw.) zu ordnen und durch entsprechende Einteilungsanschläge gut zu kennzeichnen.

Die Farbstoffentnahmen sollen mittels kleiner Blechschaufeln erfolgen. Farbstoffe in Teigform sind vor Frost und direkter Sonnenbestrahlung zu schützen und müssen vor dem Wiegen gut durchgerührt werden. Im anschließenden Wägeraum erfolgt auf gut beleuchtetem Tisch das Abwiegen der Farbstoffe, wozu eigens gebaute Kreiswaagen für größere und sogenannte Apothekerwaagen für Nuancierfarbstoffe vorhanden sein müssen. Das Auswiegen kann in einem emaillierten Gefäß mit Henkel oder in Papiertüten erfolgen, wobei Spitztüten unten abgerissen werden, wodurch der Farbstoff leicht im dünnen Strahl in das Lösungswasser eingerührt werden kann. Der Löseraum muß einen Behälter mit reinem heißem Wasser, am besten Kondenswasser, enthalten, das kochend heiß zur Verfügung stehen muß, bzw. durch Dampfzufuhr zum Kochen erhitzt werden kann. Die Lösung der Farbstoffe erfolgt in Holz- oder emaillierten Eimern, welche für die einzelnen Farbstoffgruppen bezeichnet werden müssen und wovon jeder sein eigenes Rührschieber besitzt. Diese Gefäße stellt man auf Lattenroste und gibt dem Boden des Raumes ein gutes Gefälle. Wird mit Stammlösungen, welche in Gefäßen zu etwa 30 l Inhalt aufgelöst werden, gearbeitet, so finden hiefür

Steinzeugbottiche mit Deckeln Anwendung. Die Skizze einer Anordnung (i. G. Farben) zeigt Abbildung Nr. 29.

Für die Ausfärbung dürften in einer Papierfabrik im allgemeinen etwa 12 Farbstoffe, bei speziellen Feinpapierfabriken etwa 30 Farbstoffe genügen.

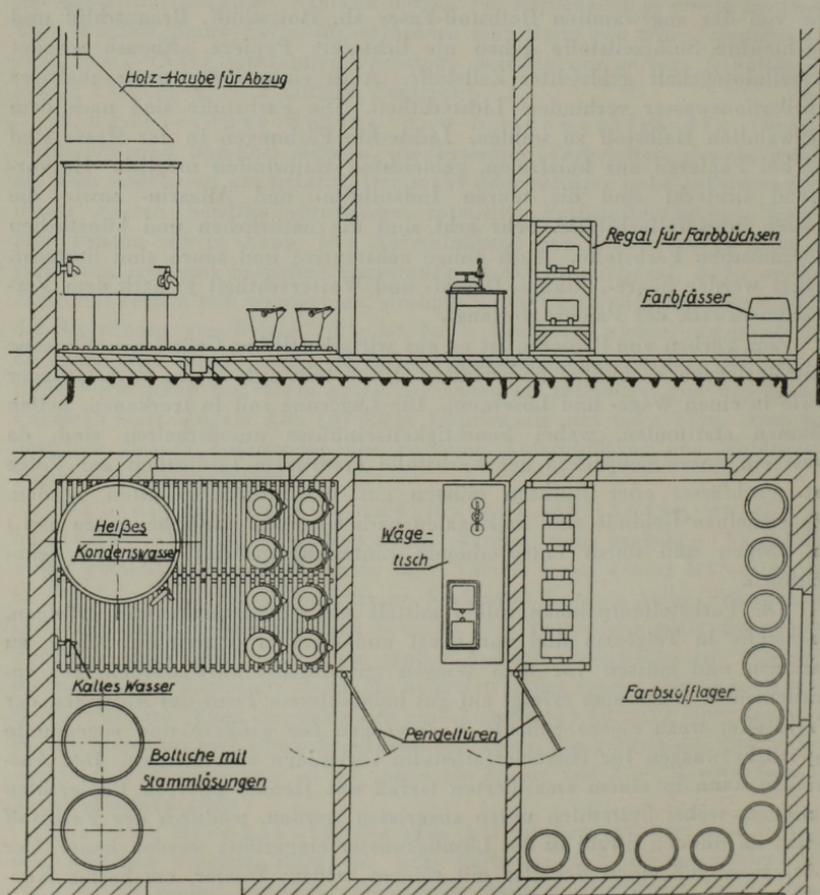


Abbildung Nr. 29

wobei für jede der vier Urfarben (Gelb, Rot, Blau und Grün) je zwei Vertreter gewählt werden, wie z. B. Gelb ein grünstichiges und ein rotstichiges usw. (siehe Farbkreis). Mit den im Farbkreis angegebenen Farbstoffen muß jeder bunte Farbton des Vollfarbkreises — vom Schwarz-

ton abgesehen — durch Benutzung zweier benachbarter Farbstoffe erreicht werden. Zur Beeinflussung des Schwarzgehaltes hält man sich einen solchen Farbstoff, wie beispielsweise Nigrosin, bereit.

Wasserlösliche Farbstoffe werden je nach ihrer Zusammensetzung nach früher angeführten Methoden, bzw. nach Sondervorschriften unter kräftigem Umrühren gelöst. Bei solchen Stoffen, die im kochendheißen Wasser zur Lösung gelangen, ist ein Aufkochen zu vermeiden. Verwendetes Kondenswasser muß frei von Öl und sonstigen Verunreinigungen sein. Farbstoffe verschiedener Gruppenzugehörigkeiten dürfen nie zusammen in einem Gefäß gelöst, bzw. dürfen die Lösungen derartiger Farbstoffe nicht gemischt werden. Das Anlegen von Stammlösungen zum Nuancieren soll auf das absolut nötige Maß eingeschränkt werden, da dabei Farbstoffausscheidungen auftreten. Man soll Farbstofflösungen im allgemeinen nicht in größeren Mengen ansetzen, als für die nächsten 48 Stunden gebraucht werden.

Basische Farbstoffe dürfen dabei höchstens mit 1—2 g/l, saure mit 5—10 g/l angesetzt werden. Zum direkten raschen Verbrauch von Farbstoffen sind Konzentrationen von 1—10 g/l üblich (z. B. Auramin, Papiergelb, Eosin mit 8 g/l, Rhodamin mit 1 g/l, Brillantgrün mit 4 g/l).

Die Farbstofflösungen müssen erkalten gelassen und nach Filtration durch ein Sieb oder Baumwolltuch in einen Transportbehälter abgelassen werden, der nur so groß sein soll, daß sein Inhalt rasch verbraucht wird. Den Entleerungshahn eines derartigen Lösungsgefäßes befestigt man einige Zentimeter ober seinem Boden, damit abgesetzte Teilchen nicht auf das früher beschriebene Filtermaterial kommen.

Zum Vermeiden von Melierungen, die besonders bei basischen, aber auch bei manchen substantiven Farbstoffen auftreten, ist es für die Zugabe erkalteter und verdünnter Lösungen zweckmäßig, den Hauptteil der Farbstofflösungen schon im Holländerwasser beim Füllen der Ganzzeugholländer zuzugeben, da hierbei eine starke Verdünnung erreicht wird. Man kann aber auch die Faserhalbstoffe vor der Färbung mit Tamol versetzen, wobei durch die nachfolgende Lackbildung bei Farbstoffzugabe eine Egalisierung eintritt und Melierung verhindert wird.

Wasserunlösliche Farbstoffe schlämmt man lediglich in heißem Wasser zu einem Gehalt von 100—300 g/l gut auf und gibt sie über ein feinmaschiges Sieb in die Holländer. Für Ruß wählt man eine Konzentration von 100 g/l, bei Berlinerblau 30—50 g/l, wobei im letzteren Fall 10 % Oxalsäure zugesetzt werden (H. Schwalbe).

Über die eigentlichen Vorgänge beim Färben in den Ganzzeugholländern sind verschiedene Theorien entwickelt worden. Eine rein mechanische Adsorptionsbindung durch Filterwirkung tritt wahrscheinlich bei den anorganischen Farbstoffen auf, wobei mit steigendem Mahlgrad der Halbstoffe eine Verbesserung des Haftvermögens eintritt. Auch chemische Spaltungs-

theorien und jene der festen Lösungen, wie bei Pigmenten im geschmolzenen Glas, wurden aufgestellt. Den micellaren Bau der Fasern berücksichtigen Haller und Auerbach. Bei den Quellungsvorgängen werden demnach auch gelöste und feinverteilte Farbstoffteilchen in die Hohlräume der Fasern eindringen. Die Teilchengröße muß den Zwischenräumen der Faserbauelemente entsprechen, wenn eine Fixierung erfolgen soll. Substantive Farbstoffe besitzen bedeutende Molekülgrößen. Sie gehen mit relativ größeren Teilchen in Lösung als die sauren und mehr noch als die basischen. Dabei spielt auch die Ladungsintensität eine Rolle. Während basische Farbstoffe meist positive Ladung haben, sind saure und substantive negativ geladen. Der Querschnitt einer substantiv gefärbten Faser zeigt einen äußeren intensiv gefärbten Ring, welche Auflagerung durch Adsorption entstanden ist, für die ein bestimmter Dispersitätsgrad erforderlich ist. Zusatz von Neutralsalzen bewirkt eine Teilchenvergrößerung. Mehrwertige Salze können zu rasche Flockung, die schädlich ist, bewirken. Art und Einwirkungsdauer von Elektrolyten ist daher wesentlich. Die Färbung von Baumwolle beruht auf Quellung und Einwanderung von Farbstoffteilchen. Salzzusätze wirken verdichtend.

Für Färbungsvorgänge hat auch die Temperatur einen Einfluß. Substantive Farbstoffe mit zu großen Teilchen färben erst in der Hitze an, da eine Teilchenverkleinerung erfolgt.

Neben der Einwirkung von Teilchengrößen und Adsorption sowie der Bildung unlöslicher Lacke durch Beizen spielt aber auch der Anteil der Fasern an Zellulosebegleitern eine Rolle. Auch Oxyzellulosen zeigen starkes Färbvermögen. Wie schon früher ausgeführt, verhalten sich die einzelnen Papierhalbstoffe deshalb färbetechnisch verschieden, wobei auch vorgeleimte Stoffe oft ein geringeres Anfärbvermögen besitzen, als wenn nach dem Färben geleimt wird.

Nach Studien an Zellwollfasern, also künstlichen Faserstoffen, gelangten Schramek und Helm zu der Anschauung, daß das Färben von reiner Zellulose durch folgende Größen beeinflusst wird:

1. Durch die Adsorptionsfähigkeit der inneren Oberflächen des Fasergels bzw. durch die Affinität der Zellulosemoleküle zu den Farbstoffmolekülen.
2. Durch die Molekül- bzw. Aggregatgröße des gelösten Farbstoffes.
3. Durch die Konzentration des Farbstoffes in der Farblösung und die Farbstoffkonzentration an der Grenzfläche Fasergel-Farbstofflösung.
4. Durch den elektrolytischen Zustand der Farbstofflösung.

Jeder im Wasser lösliche Farbstoff läßt sich an der Grenzfläche Farbstofflösung-Faser und an der inneren Faseroberfläche zur Adsorption bringen, wobei mannigfaltige, die Adsorption begünstigende oder verzögernde Einflüsse

auftreten können. Saure Wollfarbstoffe, die in ihrer wässrigen Lösung molekular aufgeteilt sind, werden von allen Faserteilen rasch aufgenommen. Jedoch auch hier ist ein Unterschied verschiedener Schichten beim Auswaschen deutlich wahrnehmbar. Die Farbstoffe dieser Gruppe lassen sich aus allen Faserteilen vollständig auswaschen. Langgestreckte, größere Farbstoffmoleküle hingegen werden zunächst im Faserkern aufgenommen, während die äußere Zone des dichten Fasermantels den Farbstoff langsamer aufnimmt. Beim Auswaschen jedoch gibt der Kern den Farbstoff weitaus rascher ab als der Mantel. Der Färbeprozess ist nicht mehr in allen Teilen reversibel.

Bei dieser Gelegenheit sei auch darauf hingewiesen, daß verschiedene Farbstoffeinflüsse auf die Festigkeitseigenschaften von Papieren beobachtet wurden. Darüber berichtet u. a. G. Wünschmann. Bei seinen Versuchen mit starkgefärbten Kraftpapieren (Sack- und Spinnpapier) konnte er feststellen, daß bei basischen Farbstoffen mit zunehmender Farbstoffzugabe ein Absinken der Reiß- und Falzfestigkeiten in Abhängigkeit von den angewandten Farbstoffen (z. B. Reißfestigkeit um 19,8 %, Falzzahl um 52 % bei Viktoriablauf B hochkonzentriert) eintrat. Bei sauren Farbstoffen wurde ein leichtes Ansteigen der Festigkeiten, ebenfalls in Abhängigkeit von den angewandten Farbstoffen, beobachtet. Bei anderen wieder änderten sich die Festigkeiten nicht nennenswert. Substantive Farbstoffe verhielten sich indifferent. Versuche mit Erdfarben führten zu verschiedenen Ergebnissen. Saftbraun erhöhte die Festigkeit von Spinnpapieren.

Das praktische Papierfärben in der Masse wird in Ganzzeugholländern vorgenommen, wobei die Farbstoffzugabe nach den früher genannten Richtlinien erfolgt. Dabei ist auf die Wechselwirkungen der Farbstoffe mit Leim, schwefelsaurer Tonerde, Füllstoffen und eventuell anderen Zutaten Rücksicht zu nehmen. Nach Heuser fällt Harzleim Farbstoffe, welcher Niederschlag mit schwefelsaurer Tonerde einen Farblack bildet, der gut auf die Halbstoffe aufzieht. Die beste Reihenfolge wäre nach dieser Ansicht Leim, Farbstoff, schwefelsaure Tonerde. Darauf muß jedoch verzichtet werden, da es beim färbe-technischen Ausmustern eines Papiers unbekannt ist, wieviel Farbstoffmengen ein Holländer benötigt. Man wendet daher im allgemeinen die Reihenfolge Leim, schwefelsaure Tonerde, Farbstoff an (substantive Farbstoffe werden meist vor dem Leim zugegeben).

Basische Farbstoffe färben besonders kräftig Kaolin, mäßiger Talkum, wenig Blancfix. Saure Farbstoffe färben mehr Kaolin und Blancfix, Talkum weniger. Substantive ziehen am besten bei Blancfix, dann bei Asbestine, Kaolin und Talkum auf. Heuser stellte fest, daß künstliche Silikate von Aluminium, Kalzium und Magnesium stark von basischen, wenig von substantiven und gar nicht von sauren Farbstoffen gefärbt werden. Basische Silikate dagegen zeigten bestes Aufnahmevermögen für saure Farbstoffe. Titanweiß wird nicht angefärbt.

Durch derartiges Verhalten von Füllstoffen zu Farbstoffen wird ebenfalls oft die Zweiseitigkeit von Papieren bedingt, wobei die eine Seite tiefer als die andere gefärbt ist. Daher kann auch aus diesem Grunde bei ungleicher Verteilung der Füllstoffe, beispielsweise wenn hoher Füllstoffgehalt und starke Saugerarbeit vorliegt, unter Verwendung ungeeigneter, die Füllstoffe wenig färbender Farbstoffe, wie z. B. saurerer, eine derartige Zweiseitigkeit hervorgerufen werden.

Weiters muß beim Färben beachtet werden, daß sich Stoffe höheren Mahlgrades stärker anfärben als weniger gemahlene. Bei Beginn des Arbeitens auf einer Papiermaschine wird weiters der Farbton in den ersten 15—30 Minuten voller, da sich vor allem das Siebwasser erst anfärbt. Nachträgliches Satinieren oder Prägen des Papiers macht den Farbton im allgemeinen tiefer, was besonders bei sauren Farbstoffen satter Färbung auftritt (H. Schwalbe).

Der Grundton eines Papiers wird durch die darin enthaltenen Halbstoffe, die sonstigen Zutaten und das verwendete Wasser (Rückwasser) bestimmt. Soll nach einem vorliegenden Muster gefärbt werden, so macht man zuerst Ausfärbungsversuche im Laboratorium mit der vorgeschriebenen, richtig gemahlten Stoffzusammensetzung und verschiedenen Farbstoffen. Man bedient sich dazu zweckmäßig eines geeigneten Blattbildungsapparates, wie z. B. jenes nach FAK, wobei auch darauf zu achten ist, daß die Blätter richtig gepreßt und getrocknet werden. Gleiche Oberfläche und gleicher Trockengehalt der zu vergleichenden Muster ist wichtig, da nasse Papierstoffe immer satter gefärbt erscheinen. Auch dieselben Papierseiten, also z. B. beide Filzseiten, müssen betrachtet werden. Zum Mustervergleich faltet man Vorlage und Muster scharf und legt sie übereinander, wobei die Bruchkanten im gleichen Faserlauf liegen müssen. Die parallel aufeinanderliegenden Blätter hält man so, daß die Lichtquelle links ist, und dreht hierauf die Papierblätter in der linken Hand, bis sie den hellsten Eindruck hervorrufen. Bei jedem Vergleich muß immer dieselbe Stelle gewählt werden. Man legt einmal die Vorlage über das Muster, so daß dieses links unter der Vorlage etwa  $\frac{1}{2}$  cm hervorsteht, und das anderemal in gleicher Weise das Muster über die Vorlage. Das jeweils obenliegende Papier erscheint voller. Wenn der Farbeindruck bei beiden Lagearten gleich ist, so stimmen Muster und Vorlage überein. Als Licht kommt kräftiges, zerstreutes Tageslicht — also am besten in Richtung Norden — in Frage. Grell gefärbte Gegenstände gegenüber dem Fenster stören. Für Nachtfärbungen sind beste Tageslichtlampen oder sog. Tageslichtbrillen erforderlich. Bei gewöhnlichen Glühlampen treten die gelben Farben viel mehr hervor als die blauen (Gottlöber).

Sind so die geeigneten Farbstoffe ermittelt worden, so ist bei der Holländerfärbung weiter zu beachten, daß alle technischen Farbstoffe aus Vollfarbe und einem grauen, trüben Anteil bestehen, also innerhalb des Ostwaldschen Farbkreises liegen. Sie stellen keine der vier Urfarben dar, son-

dern sind ein Gemisch aus zwei oder mehreren, im Farbkreis nebeneinander liegenden, bunten Farben und einem grauen Anteil. Der Grauegehalt eines Papiers, welcher von dessen Zusammensetzung abhängt, wirkt zusammen mit dem Grauegehalt der Farbstoffe. Die Grundweiße eines jeden Papiers ist mit dessen Zusammensetzung und der Arbeitsart gegeben und spielt eine große färbetechnische Rolle. Der Farbton eines Papiers wird durch Änderung der zugegebenen Vollfarbe und des Schwarzgehaltes ermöglicht. Zu beachten ist ferner, daß bei höherer Mahlung von Halbstoffen auf Schmierigkeit und Kürze ein stärkeres Grauerwerden des Stoffes auftritt. Das Grauerwerden durch Zugabe von Schwarz ergibt sich aus dem Mischton mit Weiß.

Das Färben einfacher heller Farbtöne sollte mit zwei bunten, im Farbkreis nebeneinander liegenden Tönen bewirkt werden. Erreicht man damit nicht die erforderliche Trübung, so kann man beispielsweise Nigrosin zugeben. Dabei ist zu beachten, daß, je öfter man eine Farbstoffmenge zu einem weißen Grundstoff gibt und je satter der Farbton wird, der jeweils durch den Farbstoff herbeigeführte Unterschied mit der Mengenzugabe immer geringer wird. Für vorsichtige Färbung kann zuerst der eine Farbstoff und dann der zweite zugegeben werden, während gleichzeitige Zugabe von zwei Farbstoffen schon große Übung voraussetzt. Durch ein logisches Stufenfärben (Anfertigung von ein bis zwei Zwischenmustern, wobei den auftretenden Tönen Rechnung zu tragen ist) kann die Vorlage sicher erreicht werden. Bereits das erste Farbmuster gibt Anhaltspunkte über die Schwarzzugabe für nötige Trübungen. Der Grauanteil kann auch durch Gegenfärben erzielt werden. Dieselbe Grundregel gilt für das Färben satter, einfacher Farbtöne, nur ist dabei der Unterschied zwischen den bunten und grauen Anteilen im höheren Maße zu beachten. Man darf nicht zuviel Trübung auf einmal zugeben, da diese nur durch Eintrag von frischem Halbstoff vermindert werden kann. Entsprechend den farbtongleichen Dreiecken soll daher zuerst immer mit der Vollfarbe gefärbt und dann mit Schwarz getrübt werden.

Schwierig ist das Färben satter, zusammengesetzter Töne, die große Farbstoffmengen benötigen und einen beträchtlichen Grauanteil haben. Dazu ist die Verwendung an und für sich trüber, billiger Farbstoffe nötig. Dunkle Töne sind dabei zweckmäßig durch Gegenfärbung zu erreichen.

Die aufzuwendenden Farbstoffmengen beim Färben hängen sehr von dem zu erzielenden Effektton sowie von den Halbstoffen und den Farbstoffen ab. Es können Mengen von 0,5—20 % in Frage kommen. Bei sehr viel Färbungen findet man mit 1—2 % des Farbstoffes, auf das Fasermaterial bezogen, das Auslangen. Die Farbstofffixierung kann durch Herausnehmen einer Probe aus einem Holländer, Auspressen mit der Hand und Beobachtung des Abwassers überprüft werden.

Eine Spezialität ist das Schwarzfärben, wobei mit Flamm- bzw. Petrolruß in Teigform oder mit Spezialpapierswarz gearbeitet wird. Eisenvitriol,

Kaliumbichromat und Blauholzextrakt geben gleichfalls ein schönes Schwarz. Als Ersatz finden organische Farben Anwendung, wie z. B. Diaminecht-schwarz, Brillantschwarz u. a.

Mustergetreues Papierfärben ist eine Kunst, die nur durch stete, verständnisvolle Übung erreicht werden kann. Eine sehr gute Anleitung für praktisches Papierfärben gibt u. a. das von Gottlöber verfaßte Büchlein.

Bei den meisten Papieren ist es nötig, ein Weißtönen des Papierganztstoffes vorzunehmen, welcher Vorgang von der Grundweiße des Holländerinhaltes abhängig ist. Ungebleichte Zellstoffe kann man nie auf die Weiße gut gebleichter Zellstoffe bringen. Man kann sie nur weißer, als ihrer Eigenart entspricht, erscheinen lassen. Ein bläulich-rötlicher Farbton wird immer weißer empfunden als ein gelblich-grünlicher. Zur Weißtönung kann zum Beispiel Rhodamin, Reinblau, Methyl- und Äthylviolett sowie Brillanteroccein verwendet werden.

Ein besonderes Weißtönungsmittel, das in neuer Zeit viel Anwendung findet, ist das „Ultrasan“ (I. G. Farben). Beim Arbeiten mit diesem Produkt handelt es sich um eine optische Weißfärbung. Kurz gesagt werden durch Ultrasan die kurzwelligen Strahlen, z. B. des zerstreuten Tageslichtes, adsorbiert, in langwellige umgewandelt, dabei in leuchtend bläulich-violetter Fluoreszenz reflektiert und so für das menschliche Auge sichtbar gemacht. Durch diese Lumineszenzfarbe des Ultrasans erfährt die Papierweiße eine Erhöhung. Ultrasan stellt ein gelbliches, wasserlösliches Pulver dar. Man teigt es mit kaltem Wasser an und übergießt es hierauf mit kochendem Wasser. Die Holländerzugabe erfolgt durch feinmaschige Siebe. Es zieht direkt auf die Faser auf, wirkt aber nur bei Papieren, die wenigstens 50 % vollgebleichte Halbstoffe enthalten, da Inkrusten seine Aufnahme behindern. Ultrasan ist lichtecht und gibt auch beste Effekte in Kombination mit Nuancierfarbstoffen. Es gelangt in den äußerst geringen Mengen von etwa 0,02 %, auf lufttrockenes Fasermaterial bezogen, zur Anwendung. Nach Untersuchungen der I. G. Farben gab beispielsweise ein Papier, das aus 85 % gebleichtem Sulfitzellstoff und 15 % gebleichtem Strohstoff bestand, mit 100 g Ultrasan und 0,2 g Äthylviolett, auf 100 g lufttrockenen Holländereintrag bezogen, beste Weiße.

Ultrasan übt auch eine fixierende Wirkung auf basische Farbstoffe aus und wird für Sonderzwecke als Abschirmungsmittel für ultraviolette Strahlen, z. B. bei Butterpergamentpapier, verwendet, bei welchem letztere Problemstellung dieser Stoffe überhaupt entwickelt wurde.

Um bei einem Papierauftrag bestimmter Färbungsvorschrift immer gleichen Farbausfall zu haben, ist es zweckmäßig, aus den einzelnen Holländern, bzw. aus einem Mischer nasse Farbmuster auf ein Brettchen zu geben und die Farbe der einzelnen Mischungen untereinander, bzw. im Verhältnis zum Inhalt der Papiermaschinenbütte zu vergleichen. Man kann so leicht die Farbe

im Holländer oder auch in der Maschinenbütte korrigieren. Das Ausmustern auf der Papiermaschine durch Aufgießen von Farbstoffproben am Sieb ist gleichfalls üblich.

Über Farbenkontrollen berichtete Donovan 1936, der ein registrierendes, photoelektrisches Spektrometer beschrieb, welches innerhalb von drei Minuten die Kurven der Rückstrahlungswerte einer Farbe aufzeichnet und damit eine eindeutige Kennzeichnung und Vergleichsmöglichkeit eines Farbstoffes oder eines Papiermusters gibt.

Bei Neuanfertigungen von Papierfärbungen ist es zweckmäßig, mit der ersten Färbung gegenüber der Vorlage etwas zurückzuhalten und erst nach dem Vergleich der Mischer bzw. Maschinenbüttenproben nachzufärben. Ist ein Farbton zu voll geworden, so kann man durch weniger Anfärben eines anderen Holländerinhaltes und Daraufleeren eines Holländers bzw. einer „Mischung“, durch direktes Leeren in die Maschinenbütte oder durch Zugabe von Gegenfarben ein entsprechendes „Drücken“ erreichen.

Zum raschen Ausgleich von Färbungen beim Übergang verschiedenfärbiger, in ihren Farbtönen entsprechend abgestufter Papiere kann auch im Siebwasserkasten zusätzlich gefärbt werden. Beim Übergang verschiedenfärbiger Papiere ist es oft zweckmäßiger, die Papiermaschine nicht abzustellen und zu reinigen, sondern die „Zwischenfarben“ auf die Papierrollen zu nehmen und derartige Mischrollen als Ausschuß zu verkollern (Gottlöber).

Für das Färben sogenannter Melierfasern (Zellstoffe, Schafwolle, Jute), z. B. für Löschpapiere, benützt man kleinere Kugelkocher oder Holländer von etwa 50 kg Eintrag. Arbeitet man mit einem Holländer, so muß dieser ein Dampfzuführungsrohr für Temperaturen bis etwa 80° C und eine Waschtrommel besitzen. Die Färbemethoden erfolgen ganz nach der Faserart und dem Farbstoff und auch bei verschiedenen Temperaturen. Manche Melierfasern, mit Ausnahme jener für Löschpapier, erhalten eine Harzleimung. Schafwollfasern, am besten aus alten Papiermaschinnaßfilzen durch Aufmahlen zerlegt, können mit sauren Farbstoffen unter Zusatz von schwefelsaurer Tonerde gefärbt werden. Hierauf wird abgekühlt und gewaschen. Eine gute Zerfaserung ist nötig, um Knotenbildung zu verhindern.

Besondere Vorschriften ergeben sich auch für Jute, die am günstigsten mit basischen Farbstoffen zu behandeln ist. Auf weitere Einzelheiten dieser Färbearten wird unter VI/b bei den Löschpapieren näher eingegangen werden.

Ein Spezialgebiet des Färbens ist das Durchziehen fertiger Papiere durch ein Farbbad, welch sogenannte Tauchfärbungen, z. B. bei Seidenpapieren, angewandt werden, sowie das Auftragen eines Farbstoffes auf eine Papieroberfläche durch Aufstrichfärbung.

## h) ARBEITSVORGÄNGE BEI GANZZEUGHOLLÄNDERN

In einem Ganzzzeugholländer finden gegenseitige Einwirkungen der verschiedenen darin enthaltenen Stoffe statt. Die Reihenfolge des Eintrages wird in den einzelnen Fabriken sehr unterschiedlich gehandhabt.

Was die Reaktionen beim Leimen betrifft, so findet man Fälle, wo der Füllstoff mit den Halbstoffen eingetragen wird, nach vollzogener Hauptmahlung der sogenannte „Ausschuß“ dazukommt, während eine halbe Stunde vor dem Ableeren Leim und eine Viertelstunde vor dem Ableeren schwefelsaure Tonerde beigegeben wird. Manchmal kommt aber auch der Leim nach dem Halbstoffeintrag dazu und wird mitgemahlen oder aber man setzt schwefelsaure Tonerde beim Mahlungsbeginn als Schäumungsverhütungsmittel zu. Nach Untersuchungen von W. Brecht hat die Reihenfolge Leimen — Füllen — Füllen relativ günstigste Ergebnisse gezeitigt, wie Abbildung Nr. 30 zeigt.

Die Reihenfolge der Zugaben in ihrem Einfluß auf die Leimungswirkung

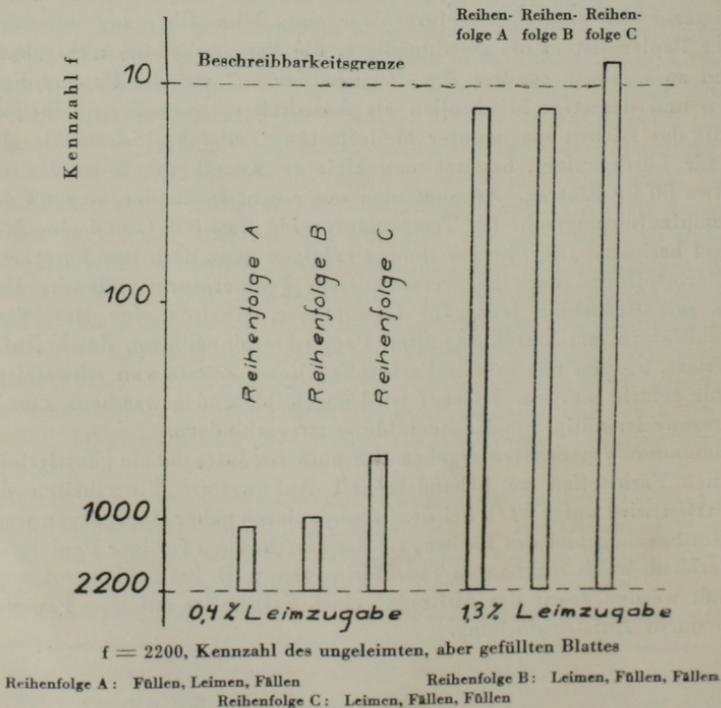


Abbildung Nr. 30

Brecht stellte bei seinen Untersuchungen jedoch fest, daß besonders große Wirkungsunterschiede bei Veränderungen der Reihenfolge nicht beobachtet werden konnten.

Es ist jedoch zweifelsohne zweckmäßig, die Holländerzutaten so einzuteilen, daß die eigentlichen Quellungsvorgänge der Halbstoffasern beim Mahlungsprozeß dadurch nicht ungünstig beeinflußt werden. Zu frühe Leimzugabe behindert unbedingt die Entwicklung der Faserquellung, weshalb in so einem Fall die Mahldauer verlängert werden müßte, um einen bestimmten Mahlzustand zu erreichen, was höheren Kraftbedarf und damit verminderte Wirtschaftlichkeit im Gefolge hat. Bezüglich der „Ausschußzugabe“ ist es mitunter üblich, Ausschuß in eigenen Holländern für sich auf seinen nötigen Mahlzustand zu bringen und zu den übrigen Holländerinhalten in einen sogenannten Mischer zu leeren. Derartige Arbeitsweisen finden sich bei manchen Feinpapierfabriken. Das getrennte Mahlen von Halbstoffen an und für sich ist jedenfalls vorzuziehen, da jede Faserart andere Mahleigenschaften zeigt (Verschiedenheiten in Stoffdichte, Mahldruck, Mahlgradiententwicklung usw.). Bei Feinpapierherstellung hat sich folgende Eintragsweise in Ganzzweugholländern bewährt:

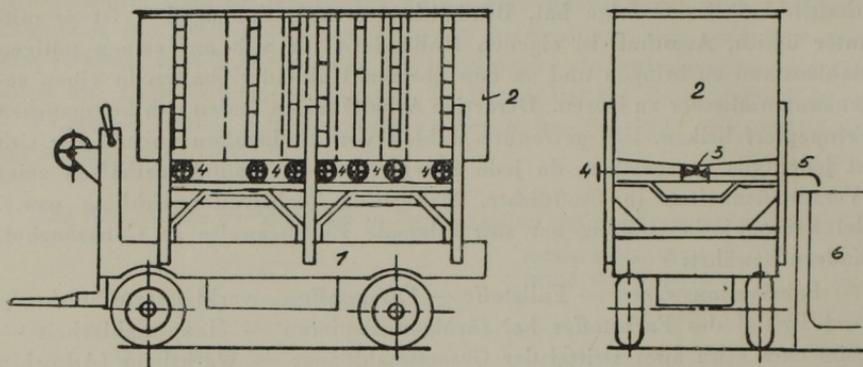
Fabrikationswasser — Füllstoffe — Faserstoffe — verkleisterte Stärke — zwei Drittel des Farbstoffes bei färbigen Papieren — Hauptmahlarbeit — Leim nach etwa zwei Drittel der Gesamtmahldauer — Wachsleim (Adsorbin oder ähnliches), schwefelsaure Tonerde  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Stunde nach Leimzugabe — Farbstoffreste oder Tönung — Leerung. In diesem Beispiel sind nahezu sämtliche bei einer derartigen Papierherstellung überhaupt in Frage kommenden Stoffe angeführt, die natürlich nicht bei jeder Papierart verwendet werden, weshalb diese Angaben als schematisch zu betrachten sind.

Praktische Versuche haben jedoch ergeben, daß auch folgender technologisch zweifelsohne richtiger Vorgang vollen Erfolg bringt: Eintrag der Faserstoffe — Mahlarbeit auf gewünschten Stoffzustand — (Schopper-Riegler <sup>o</sup>) — Anheben der Mahlwalze — Zugabe von Füllstoffen, verkleisterter Stärke — Tierleim — Harzleim — und zuletzt schwefelsaure Tonerde in Intervallen von je ungefähr 5—10 Minuten, um eine gute Durchmischung zu gewährleisten. Abschließend erfolgt die Papierfärbung.

Wichtig für gleichmäßigen Stoffausfall ist es, bei annähernd gleichmäßigen Halbstoffen, immer in der jeweils erforderlichen Stoffdichte zu mahlen, wozu es nötig ist, die Faserstoffe unter Berücksichtigung ihres Trockengehaltes einzuwiegen. Ebenso müssen alle sonstigen Zutaten gewogen, bzw., wenn sie flüssig vorliegen, volumetrisch eingemessen werden. Im letzteren Fall muß ihre Lösungskonzentration immer gleich gehalten werden, bzw. genau bekannt sein. Die Überwachung der Mahlarbeit selbst geschieht am zweckmäßigsten bei Einzelmotorenantrieb durch schreibende Kilowattmesser. Verschiedenheiten einzelner Holländermahlungen können sehr gut in einem

„Mischer“ ausgeglichen werden, der etwa 3—5 Holländer-Inhalte fassen kann. Die Zuteilung der verschiedenen Chemikalienlösungen ist mittels Meßgefäßen aus fahrbaren Kübeln oder mittels eines Transportwagens durchzuführen, welcher nach Oberingenieur R. Plattner folgende Gestaltung haben kann (Abbildung Nr. 31).

### Tankwagen



- |   |                      |
|---|----------------------|
| 1 Elektrokarren   | 3 Entleerungsventil  |
| 2 Harz-, Tierleim-, Füllstoff-,<br>schwefelsaure Tonerde-<br>und Stärkebehälter | 4 Entleerungshandrad |
|   | 5 Entleerungsleitung |
|   | 6 Holländer          |

Abbildung Nr. 31

Fixe Meßgefäße mit Rohrleitungen haben sich bei den Holländern wenig bewährt, da wegen der Verschmutzungsgefahr laufende Reinigungsarbeiten nötig sind. Leimleitungen müssen starkes Gefälle bei genügendem Durchmesser haben.

Man muß sich immer vor Augen halten, daß die Holländerarbeit grundlegend für die auf der Papiermaschine zu erzielende Qualität ist. Die laufende Überwachung dieser Arbeit ist daher für Papierbetriebskontrollen sehr wichtig. Über maschinelle Anordnungen folgen weitere Ausführungen unter III.

## B. PAPIERMASCHINENARBEIT

### a) ALLGEMEINES

Um aus dem Ganzstoff das eigentliche Papierblatt zu gestalten, bedient man sich verschiedener Entwässerungsvorrichtungen bzw. Maschinen. Ursprünglich wurden mit dem Schöpfsieb und seinen Nebenapparaten die sogenannten handgeschöpften Papiere hergestellt, welche heute nur mehr als besonders hochwertige Druck- und Schreibpapiere zur Erzeugung gelangen. Mit der Erfindung der Papiermaschine wurde das Schöpfsieb nahezu vollständig verdrängt.

Von den Papiermaschinen haben sich hauptsächlich die Langsiebmaschinen eingeführt, wobei sogenannte Selbstabnahmemaschinen, bei welchen die Stoffbahn von der Gautsch weg durch ein Filzobertuch abgeführt wird, eine Sonderausführung für vorwiegend dünne Papiere darstellen. Neuerdings wurden diese Maschinen jedoch so verbessert, daß darauf sowohl dünne Papiere mit Selbstabnahme als auch stärkere Papiere mit Handabnahme gearbeitet werden können. Derartige Maschinen besitzen einen Zylinder mit großem Durchmesser und entsprechenden Andruckwalzen. Für schwer entwässerbare Papiere, wie z. B. Pergamentersatz, rüstet man die Langsiebmaschine mit großen Naß- und Trockenpartien aus. Bezüglich Geschwindigkeit und Produktionsmenge wurden weiters Druckpapiermaschinen konstruiert, welche schon mit 400—500 m/Minute Geschwindigkeit laufen. Neben den verschiedenen Arten von Langsiebmaschinen finden auch Rundsiebmaschinen Verwendung, und zwar außer für Pappen vornehmlich für hochgrammige Kartons. Sie geben gute Längs- und Querlagerung der Fasern. Bei Kartonmaschinen arbeiten mehrere Rundsiebzyylinder hintereinander, wobei die einzelnen Papplagen zusammengautscht und auf eine Zylinder-Trockenpartie geführt werden. Später baute man zur Herstellung schöner, geschlossener Kartondecken kombinierte Rundsieb-Langsiebmaschinen, die beispielsweise aus 3—6 Rundsiebzyindern und einem darüber befindlichen Langsieb bestehen können. Bei einer derartigen Maschine werden auf dem Rundsieb die weniger empfindlichen Schichten, also Rückseite und Einlagen von Kartons hergestellt, während das Langsieb die dünnere und meist edlere Deckschicht arbeitet. Auch Kombinationen von mehreren Rundsieben mit zwei Langsieben sowie Mehrlangsiebmaschinen sind gebaut worden. Ein anderes Anwendungsgebiet von Rundsiebmaschinen ist jenes für Herstellung von Banknoten- und anderen Werttitelpapieren, da es mit ihnen nicht nur möglich ist, das früher genannte günstige Festigkeitsverhältnis der Längs- zur Querrichtung, sondern auch schöne „Schattenwasserzeichen“ zu erreichen.

Bei den folgenden Ausführungen soll nur die Gestaltung von Langsieb-papiermaschinen, wie solche meist für mittelfeine und feinere Papiere Ver-

wendung finden, einer näheren Betrachtung unterzogen und bezüglich aller anderen Sonderheiten auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen werden. Feinpapiermaschinen besitzen besondere Ausführungen von Sieb- und Trockenpartien, um den verschiedensten Erfordernissen gerecht zu werden.

## b) AUFBAU VON LANGSIEBPAPIERMASCHINEN

- 1.) Zu einer Papiermaschine gehört ein sogenannter „konstanter Teil“, bestehend aus Stoffbüten mit Zubehör und Stoffsortierern (Erkensatoren, Knotenfänger), der immer mit gleicher Geschwindigkeit läuft, und ein variabler Teil, der durch die eigentliche Papiermaschine dargestellt wird.
- 1.) Der Ganzstoff kann mittels Pumpen aus dem Mischholländer zu den Maschinenrührbüten gefördert werden, wovon zwei nebeneinander befindliche für jede Papiermaschine mit Rücksicht auf den Sortenwechsel vorhanden sein müssen. Die aus Eisenbeton mit Fliesenbelag gebauten Rührbüten benötigen ein gutes Bodengefälle, damit man sie leicht reinigen kann. Zur Verhinderung eines Absetzens, bzw. eines Entmischens des Ganzstoffes sind 2.) Rührwerke eingebaut. Während früher die Papiermaschinenbüten hauptsächlich mittels Schöpfböcher, die an einer Stirnseite der Rührwerkswellen an einem Radkranz angeordnet wurden, zur Entleerung gelangten, bediente man sich später an ihrer Stelle der Pumpen. Eine Pumpe fördert in einen Stoffkasten, welcher einen Auslauf in den Regelkasten und einen Überlauf zurück in die Büte besitzt. Da besonders Hadernstoffe beim Fördern mit Kreiselpumpen zum „Spinnen“ (Zusammenballungen) neigen, bedient man sich bei reinen Hadernpapieren nur Schöpfräder oder einer Kolbenpumpe. 4.) Bis zu einem Haderngehalt des Papierstoffes von etwa 40 % können jedoch Kreiselpumpen bedenkenlos verwendet werden. Eine Maschinenbüte soll etwa fünf Mahlholländerinhalten entsprechen, wobei auf die nötige Verdünnung Rücksicht zu nehmen ist. Zwei Büten sind deswegen nötig, um aus einer vollen Büte arbeiten zu können, während in die andere geleert wird. Beim Leerarbeiten einer Büte muß diese mit Wasser gut ausgespritzt werden, wozu es nötig ist, mit der Papiermaschinesgeschwindigkeit zurückzugehen, um das Grammgewicht halten zu können, oder aber bald neuen Stoff hinzuzufügen. 5.) Das Stoffwassergemisch muß bei seinem Austritt aus der Büte auf Dichte und Menge geregelt werden, um ein gleichmäßiges Grammgewicht pro Quadratmeter für das zu arbeitende Papier erhalten zu können. Die Mengeregelung geschieht dadurch, daß der Auslaufspalt des Regulierkastens, in welchem der Stoff einläuft, je nach dem gewünschten  $m^2$ -Gewicht des Papiers mittels Spindel mehr (schwere Papiere) oder weniger (leichtere Papiere) geöffnet wird. Die Öffnungseinstellung geschieht mittels Skala, während sie bei älteren Maschinen durch Maßstabmessung nach Zentimetern vorgenommen wurde.

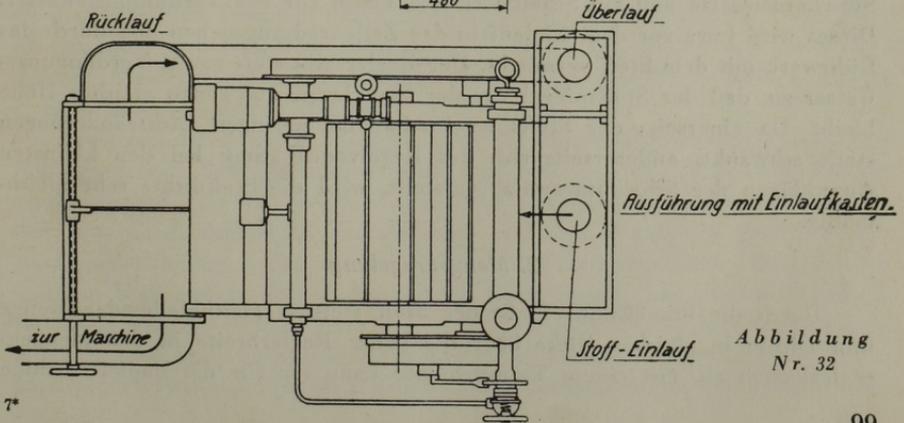
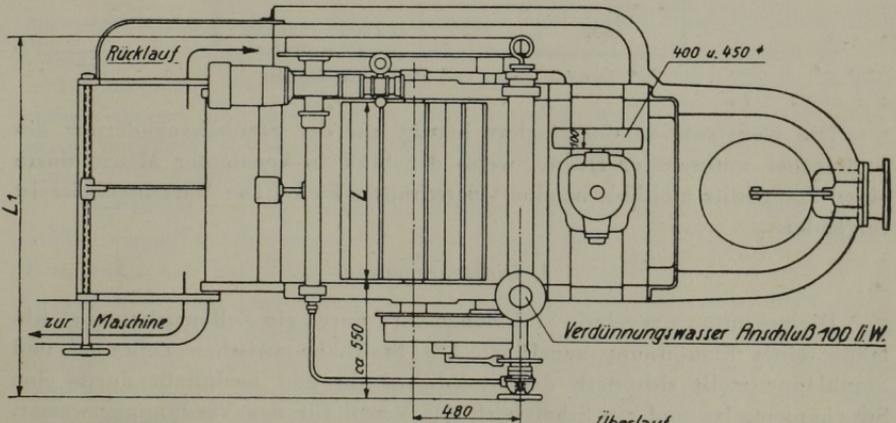
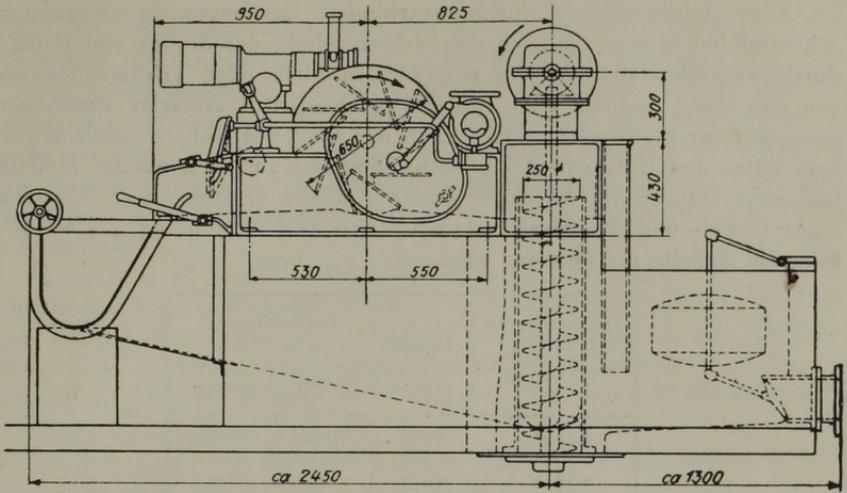


Abbildung  
Nr. 32

Eine gleichmäßige Stoffdichte verhindert Grammgewichtsschwankungen. Während bei älteren Anlagen die Dichteregelung des Stoffes von Hand aus durch Ventilverstellungen des zufließenden Sieb- oder Trichterfilterwassers vor sich ging, bedient man sich bei neuzeitlichen Anlagen verschiedener automatischer Stoffregler. Dabei kann der Stoff aus Rohren ausfließen oder man nützt den Unterschied im Drehwiderstand aus, den ein im Stoffstrom laufender Rührer bei Änderung der Stoffdichte erfährt. Eine Ausführung eines Dichte- und Mengereglers nach Voith zeigt Abbildung 32, wobei die folgende Tabelle die Leistung angibt.

Zellenradbreite L in mm	L 1 in mm	Bruttolistung* in kg/24 Std.
800	1625	56 000 — 100 000
1000	1825	70 000 — 120 000
1250	2075	85 000 — 150 000
1500	2325	105 000 — 180 000

\* Je nach Dichte und Stoffbeschaffenheit

Die Konstruktion des Reglers beruht auf der Stauhöhenänderung des Stoffes bei wechselnder Dichte, wenn der Stoff in konstanter Menge durch einen Stauschlitz gleichbleibenden Querschnittes fließt. Die Wirkungsweise ist folgende:

### 1. Dichtenregelung

Die gesamte zu regelnde Stoffmenge wird durch ein Zellenrad stets gleichmäßig einer Stauöffnung zugeführt. Die Stoffhöhe zwischen Zellenrad und Stauklappe stellt sich nach der Stoffdichte ein und beeinflusst durch eine Schwimmerwalze und ein Schaltwerk das Ventil für das Verdünnungswasser. Dieses wird kurz vor dem Einlauf in das Zellenrad zugegeben und durch das Rührwerk mit dem Stoff vermischt. Der Regler gibt stets soviel Verdünnungswasser zu, daß der Stoffspiegel vor der Stauklappe auf genau gleicher Höhe bleibt. Da einerseits der Stoffspiegel schon bei geringen Dichteänderungen stark schwankt, andererseits sich das Regelventil schon bei den kleinsten Ausschlägen der Schwimmerwalze verstellt, wird die Stoffdichte sehr gleichmäßig.

### 2. Mengenregelung

Durch die Stauöffnung fließt der Stoff stets in gleichbleibender Menge und Dichte in gleicher Dicke über die ganze Reglerbreite in den Mengenreglerkasten ab. Mit einem Trennschieber kann die für die Papiermaschine

erforderliche Stoffmenge sehr genau und übersichtlich abgeteilt werden. Der übrige Stoff fließt zur Förderschnecke oder zur Bütte zurück.

Dem Stoffdichteregler ist etwas mehr Stoff zuzuführen, als das Zellenrad fördert. Der überschüssige Stoff wird zurückgeleitet. Der Stoffdichteregler besteht aus einem Kasten mit Zellenrad, Rührwerk, Wasserventil mit Schaltwerk, Schwimmerwalze mit Luftdruckübertragung auf die Schaltklinke, Stauvorrichtung, Motor mit Getriebe für Zellenrad, Rührwerk und Gebläse für die Steuerluft.

Es kann z. B. zwischen Maschinenbütte und Papiermaschine oder bei vorhandenen Kegelstoffmühlen zwischen diesen und der Papiermaschine geregelt werden. Ein Regler soll bis auf ein Hundertstel genau die Stoffdichte halten, unter der Voraussetzung, daß keine großen Schwankungen in der Stoffmahlung oder im Füllstoffgehalt eintreten, wodurch das Fließvermögen des Stoffes weitestgehend verändert würde.

Zur Reinigung läuft der Stoff anschließend in etwa einprozentiger Stoffdichte über einen mit Staulatten versehenen Sandfang, welcher der Papiermaschinenleistung entsprechend bemessen und leicht reinigbar sein muß. (Kippbare Sandfänge.) Sandfänge arbeiten um so besser, je länger sie sind und je langsamer und verdünnter der Stoff darüber läuft. Eingebaute Magneten dienen zur Abscheidung von Eisenteilchen. Die günstigste Stoffgeschwindigkeit für 60- bis 80grammige Papiere liegt bei 0,18—0,26 m/Sekunde (Th. Jahn). 6.)

Sandfänge wurden jedoch in neuerer Zeit immer mehr durch andere Stoffreinigungsmaschinen ersetzt. Von den verschiedentlichen Stoffschleuderkonstruktionen hat sich vornehmlich die Stoffzentrife „Erkensator“ (Firma Erkens in Düren) eingeführt, die im Deutschen Reich erstmalig 1924 gebaut worden ist. Diese Maschine kann Unreinheiten, die spezifisch schwerer oder leichter sind als die Fasern, ausscheiden. Maßgebend für ihre Entwicklung war dabei das Thomassen-Patent, bei welcher Ausführung der obere Rand einer rotierenden Trommel durch einen nach innen ragenden Ring a) begrenzt ist, wodurch sich aus dem Stoffstrom c) eine Faserschichtruhezone bildet, welcher Polster b) Verunreinigungen und Beschwerstoffe aufnimmt. Dieses Prinzip zeigt Abbildung Nr. 33. 7.)

Die rauhe Polsterschicht fängt z. B. Sand, Holzsplitter und grobe Schäben. Nach mehreren Betriebsstunden, welche je nach der zu arbeitenden Papiersorte zwischen 12—48 Stunden liegen können, muß der Polster entfernt werden, was durch Stillsetzen der Maschine und ihre Reinigung geschieht. Bei stark hadernhältigen Papieren sind kürzere Reinigungszeiten nötig als bei anderen Halbstoffen. Durch Anordnung eines Ringes am oberen Trommelrand fangt Thomassen auch noch die Leichtstoffe, die sich nach innen aus dem aufsteigenden Stoffstrom absondern und längs der Innenfläche des kreisenden Stoffringes hochsteigen. Beim Stillsetzen der Maschine fallen diese Leichtstoffe

aus dem inneren Ringraum, in dem sie sich ansammeln, herab und fließen durch Öffnungen im Trommelboden in den Schmutzkanal. Später wurde ein federgespanntes Abschäumrohr angeordnet, welches von Zeit zu Zeit in den

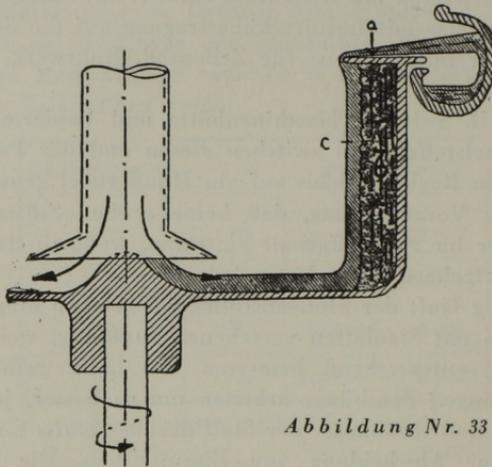


Abbildung Nr. 33

kreisenden Stoffring eingetaucht wird, um durch ein Tauchrohr die angesammelten Leichtstoffe auszuspülen. Zur Leistungssteigerung der Erkensatoren wurden später Mehrfachtrommelschleudern entwickelt, wobei eine Stufen-

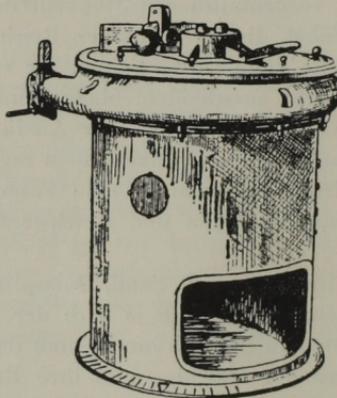


Abbildung Nr. 34

reinigung des von innen nach außen durch gewöhnlich drei Trommeln fließenden Stoffes vor sich geht. Einen Erkensator neuerer Bauart, bei welchem der Trommelantriebsmotor im unteren Teil angeordnet ist, zeigt Abbildung Nr. 34.

Wurden früher Erkensatoren infolge ihrer geringen Leistungsfähigkeit vornehmlich für die Feinpapierherstellung verwendet, so führten sie sich mit ihren verbesserten Konstruktionen auch für weniger wertvolle Stoffarten ein. Die Type IV des Baujahres 1940 leistet 55—60 m<sup>3</sup> stündlich und arbeitet mit Verdünnungen von etwa 110- bis 130fach (110 für kürzere und 130 für längere Fasern). Bei 55 m<sup>3</sup> beträgt daher die Stundenleistung 425—500 kg, was etwa 10.000—12.000 kg in 24 Stunden entspricht. Mit steigenden Verdünnungen arbeiten die Erkensatoren qualitativ besser.

Füllstoffe werden nur beim Anlaufen der Apparate mitausgeschieden, während beim Dauerbetrieb das Beschwerungsmaterial zum größten Teil im Papierstoff bleibt.

Für ordinäre Papiere verwendet man natürlich keine Erkensatoren, da sie abgesehen von ihrer Überflüssigkeit aus qualitativen Gründen nur vertuernd (auch unnötiger Kraftverbrauch) und durch ihren beschränkten Produktionsbereich unter Umständen leistungshemmend wirken würden.

Man ordnet mehrere Erkensatoren am besten ringförmig um eine zentrale Einlaufstelle an, wobei sich ihre Anzahl nach der Produktionskapazität der Papiermaschine und den zu arbeitenden Papiersorten richtet. Ein Apparat ist dabei immer als in Reinigung befindlich zu rechnen.

Ein anderes Prinzip macht sich der „Vortrap“ genannte Apparat zunutze. Versetzt man in einem Zylinderbehälter eine Flüssigkeit, die spezifisch schwerere Bestandteile, wie Sand u. dgl., enthält, in Rotation, so setzen sich diese Bestandteile bei einer optimalen Winkelgeschwindigkeit der Flüssigkeit in der Bodenmitte ab (wie bei Wirbelstürmen oder Strudeln). Der in Kanada entwickelte „Vortrap“ besteht aus einem vertikalen Zylinder mit kleinem Durchmesser, der durch in der Mitte perforierte Gummiwände, die senkrecht zur Zylinderachse liegen, in Sektionen geteilt ist. Der Stoff wird tangential im Zylinder oben eingedrückt, wodurch ein absteigender Wirbel entsteht. Die Unreinheiten werden auf die Achsenöffnung der ersten Gummimembrane hin bewegt und dort wieder vom Wirbel erfaßt, dessen Rotationsgeschwindigkeit durch die Enge des Durchganges durch die Scheidewand erhöht wird. Der gereinigte Stoff geht im aufsteigenden Wirbel wieder in die obere Kammer des Zylinders und fließt durch ein Rohr in einen Sammelbehälter, bzw. zur Papiermaschine. Die untere Gummimembran verringert die Rotationsgeschwindigkeit der Unreinheiten, welche sich in der unteren kegelförmigen Kalotte ablagern, von wo sie in einen Glasbehälter fallen. Die Dimensionen eines Vortrap sind aus Erfahrungen ermittelt worden. Der Zylinderdurchmesser steht im Verhältnis zu seiner Länge und der Apparatarbeit. Die Stundenleistung eines Vortrap beträgt 45 m<sup>3</sup> Stoffwasser und ist daher je nach der Stoffdichte von 0,5, bzw. 1, bzw. 1,5 % 5, 10, bzw. 15 t Trockenstoff in 24 Stunden. Eine Druckpumpe für die Stoffzuführung genügt für mehrere Apparate. Sie stellt den einzigen und geringen Kraftverbraucher dar. Der

Vortrap entfernt Sand, Rost, Metalle, Faserbündel u. a. (Nichols Freemann).

2) Außer der durch vorgenannte Apparate durchgeführten Reinigungsarbeit ist aber auch eine Entfernung von Faserbündeln, Knoten und größeren Fremdkörpern von gleichem spezifischem Gewicht, als die Fasern besitzen, nötig, da solche Stoffe in Zentrifugen nicht genügend ausgeschieden werden. Man ordnet daher hinter diesen Apparaten noch Knotenfänger an. Man findet mitunter allerdings auch Anordnungen, bei welchen von Knotenfängern hinter den Erkensatoren Abstand genommen wird, mit welcher Reihung verschiedene holzfreie Zellstoffpapiere einwandfrei zum Arbeiten gelangen. Dies ist jedoch nicht für alle Papiersorten geeignet. Man vermeidet damit aber die durch Knotenfänger verursachten Stoffverluste. Bei der Anordnung Erkensatoren—Knotenfänger ist zu berücksichtigen, daß die Beanspruchung der Knotenfänger in so einem Fall geringer ist, als wenn keine Erkensatoren vorgeschaltet sind. Knotenfänger haben die Aufgabe, nach vorhergegangener Reinigungsarbeit der Faserstoffe durch Sandfänge, Erkensatoren u. dgl. Stoffzusammenballungen, gröbere Fasern usw. vom Siebauflauf der Papiermaschine fernzuhalten, also Feinsichterarbeit zu leisten. Hadernhältige oder Hadernpapiere benötigen daher unbedingt Knotenfänger.

Es gibt eine große Anzahl von Knotenfängerkonstruktionen. Im wesentlichen handelt es sich immer um geschlitzte, sich drehende Zylinder, bei welchen der Stoffweg von innen nach außen oder umgekehrt gehen kann. Zur Erleichterung des Stoffdurchganges werden entweder Zylinder oder Trog in rüttelnde Bewegung versetzt. Außerdem sorgen noch Spritzrohre für das Reinhalten der Schlitzte.

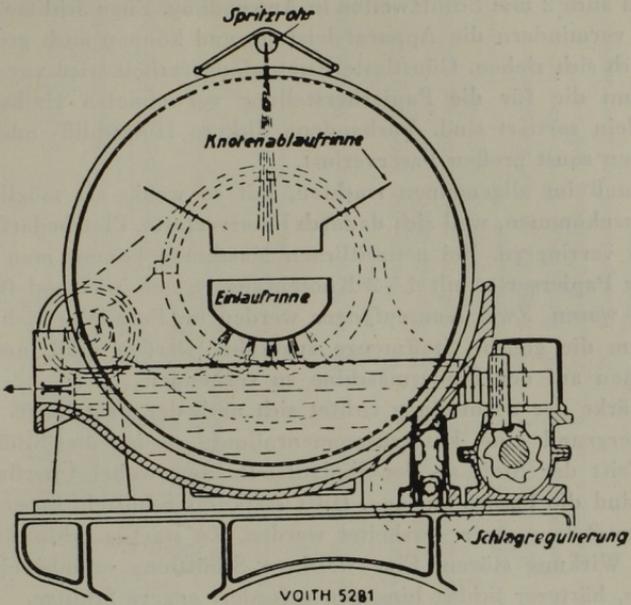
Für feine Papiere und langfaserige Stoffe werden Zylinderschüttelung mit Schlagrädern bevorzugt, bei welchen der Stoff von innen nach außen durch den Zylinder geht. Ein derartiges Arbeitsprinzip zeigt Abbildung Nr. 35 (Voith).

Gegenüber diesen leicht zu reinigenden Flachtauchknotenfängern werden auch Tieftauchknotenfänger mit tief im Stoff liegenden Zylindern und Trogschüttelung hergestellt, wie Abbildung Nr. 36 zeigt.

Ein derartiger Großknotenfänger kann bei mittelfeinen Papieren etwa 25.000 kg in 24 Stunden leisten. Diese Ausführungen, bei welchen der Stoff von außen nach innen fließt, werden vorwiegend für Druckpapiere mit Rücksicht auf die hierbei nötigen großen Leistungen gewählt. Es ergeben sich dabei kurze Stoffwege, größer ausgenützte Sortierflächen und milde Sichtarbeit. Die beweglichen Dichtungen zwischen Zylinder und Trog führen aber leicht zu Batzenbildungen, müssen daher dauernd überwacht werden.

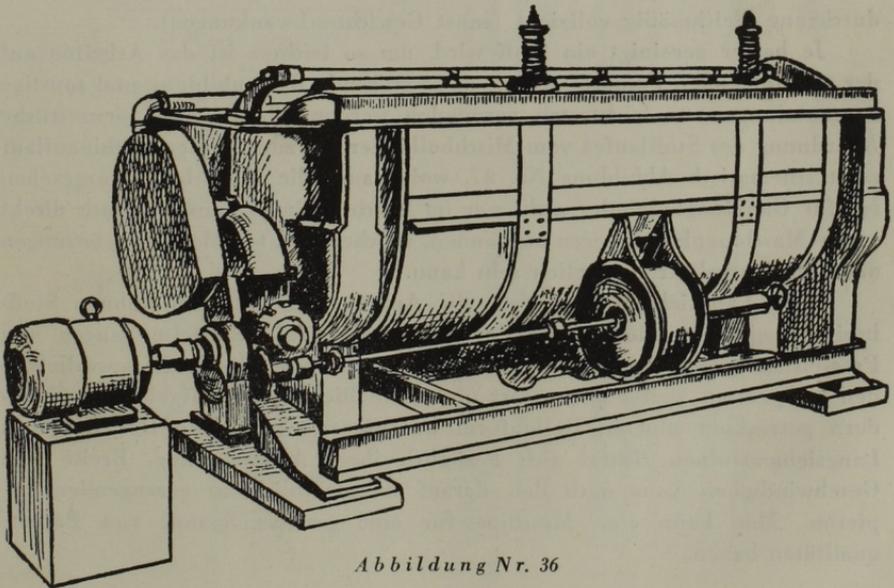
Bei verschiedenen Papieren bzw. Kartonsorten benötigt man verschiedene Schlitzweiten, weshalb es nötig ist, verschiedene Zylinder zum Auswechseln auf Lager zu haben. Die geringsten Schlitzweiten liegen bei 0,2 bis 0,4 mm, für mittlere Fasern bei 0,4—0,7 mm und für lange Fasern bei

*Knotenfänger mit Zylinderschüttlung durch Schlagrad*



VOITH 5281

*Abbildung Nr. 35*



*Abbildung Nr. 36*

0,7—1 mm. Für besonders grobe Stoffverarbeitungen, wie z. B. bei Schrenz-papier, sind auch 2 mm Schlitzweiten in Anwendung. Enge Schlitz für feinere Sortierung vermindern die Apparateleistung und können auch größere Stoff-verluste nach sich ziehen. Günstigste Knotenfängerarbeit wird vor allem dann erzielt, wenn die für die Papierherstellung verwendeten Halbstoffe schon möglichst fein sortiert sind. Vorhandene dickere Holzschliff- oder Zellstoff-bündel geben sonst großen Faserverlust.

Man muß im allgemeinen trachten, mit so wenig als möglich Knoten-fängern auszukommen, weil sich dadurch Faserverluste, Platzbedarf und Unter-haltskosten verringern. Bei neuzeitlichen Maschinen kommt man durchwegs, je nach der Papiersorte, mit 1—2 Knotenfängern aus, während früher meist drei üblich waren. Zwei Knotenfänger werden im Parallelbetrieb geschaltet, wobei jedem die gleiche Stoffmenge zugeführt werden muß, um Gewichtsschwankungen auf der Papiermaschine zu vermeiden.

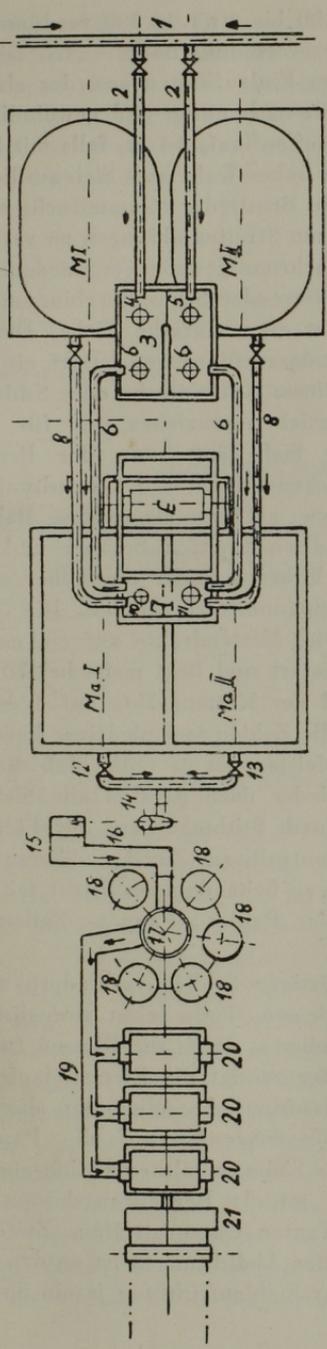
Die Stärke der Schüttelung richtet sich nach der Faserlänge. Bildet sich am Zylindergrund eine Faserzusammenrollung, so ist die Schüttelung zu schwach. Tritt der Stoff an der Einlaufstelle aus, wobei Überflutung statt-findet, so sind die Fasern zu lang. Hilft stärkeres Schütteln in so einem Fall nichts, so muß langsamer gearbeitet werden. Zu starkes Schütteln kann die reinigende Wirkung stören. Eine weichere Schüttelung erlaubt eine größere Schlitzweite, härterer Schlag hingegen erfordert engere Schlitz.

Von einem guten Knotenfänger muß auch verlangt werden, daß durch ihn keine Verunreinigungen durch Schmiermittel in den Stoff kommen, keine Stoffknötchenbildung auf der Sortieroberfläche erfolgt und daß sich der Stoff-durchgang gleichmäßig vollzieht (sonst Gewichtsschwankungen).

Je besser gereinigt ein Stoff wird, um so leichter ist das Arbeiten auf der nun folgenden Papiermaschine, da so störende Batzenbildung und sonstige Ansammlungen am leichtesten vermieden werden können. Eine neuzeitliche Anordnung des Stofflaufes vom Mischholländer bis zum Papiermaschinenauf-lauf zeigt schematisch Abbildung Nr. 37, wobei auch die Möglichkeit vorgesehen ist, für Ganzzeugholländer nicht nur im Mischholländer, sondern auch direkt in die Maschinenbütte leeren zu können, welcher Fall für Mengenergänzungen oder Stoffkorrekturen möglich sein kann.

9.) Einer Langsiebmaschine steht die Aufgabe zu, aus dem dünnen Stoff-brei auf einem endlosen Sieb durch fortwährendes Schütteln, Saugen und Pressen ein geeignetes Papierblatt zu bilden, welches durch die anschließen-den Naßpressen weiter entwässert und schließlich auf dampfgeheizten Zylindern getrocknet und in Rollenform herausgearbeitet wird. Der Bau von Langsiebmaschinen richtet sich bezüglich ihrer Ausgestaltung, Breite und Geschwindigkeit ganz nach den darauf hauptsächlich zu erzeugenden Pa-pieren. Man kann eine Maschine für eine gewisse Spanne von Papier-qualitäten bauen.

22 →



- M I und M II = Mischbüten
- Ma I und Ma II = Maschinenbüten
- E = Randspritzstoff und Gautschbruch-Eindicker
- 1 Holländerstoff-Sammelleerleitung
- 2 Holländerstoff-Leerleitung zum Mischbüten-Stoffverteilerkasten
- 3 Mischbüten-Stoffverteilerkasten
- 4 Stoffentleerung in Mischbüte I
- 5 Stoffentleerung in Mischbüte II
- 6 Stoffentleerung in den Maschinenbüten-Stoffverteilerkasten
- 7 Maschinenbüten-Stoffverteilerkasten
- 8 Stoffentleerung von der Mischbüte I zum Maschinenbüten-Stoffverteilerkasten
- 9 Stoffentleerung von der Mischbüte II zum Maschinenbüten-Stoffverteilerkasten
- 10 Stoffentleerung in die Maschinenbüte I
- 11 Stoffentleerung in die Maschinenbüte II
- 12 Stoffentleerung von der Maschinenbüte I zur Pumpe
- 13 Stoffentleerung von der Maschinenbüte II zur Pumpe
- 14 Stoffpumpe zum Konsistenzregler
- 15 Konsistenzregler
- 16 Stoffrinne zum Erkensatoren-Stoffverteiler
- 17 Erkensatoren-Stoffverteiler
- 18 Erkensatoren
- 19 Stoffrinne zu den Knotenfängern
- 20 Knotenfänger (1 als Reserve)
- 21 Stoffauflauf zum Sieb
- 22 Randspritzstoff und Gautschbruch-Rückführung

Abbildung N r. 37

Der je nach der Papiersorte auf 1 : 80 bis etwa 1 : 300 verdünnte Stoff — gute Stoffverdünnung ist für gute Faserverteilung nötig — tritt aus einer Rinne oder Rohrleitung kommend in den Einlaufkasten aus, der als Puffer Unruhen ausgleichen soll. Der Stoff fließt nach unten und gewöhnlich über zwei Trennwände zur Beruhigung zum Stoffauflauf, wo er, falls mit Schaumlatten gearbeitet wird, über ein etwa 4 cm hohes Wehr aufs Sieb ausfließt. Dabei ist als Übergangsdichtung zum Sieb ein Brustleder (Gummituch) angeordnet, welches überall glatt aufliegen muß, um Streifenbildungen zu vermeiden.

10.) Das Metallsieb, welches ein Phosphorbronzegewebe verschiedener Feinheitsgrade darstellt, wird mit nicht markierender Schweißverbindung ausgeführt. Je nach der Webart unterscheidet man einfache Siebe, Dreiköpfersiebe, Schrägsiebe, Schleifsiebe u. a. Sonderausführungen. Darf ein Papier keinerlei Siebmarkierung zeigen, so bewähren sich einfache oder Schleifsiebe. Für große Saugerpartien ist das Schrägsieb vorzuziehen und für Schnellläufer das stabile Dreiköpfersieb. Ein Sieb läuft, von der Brustwalze (unterhalb des Siebleders) der vorne liegenden unteren Gautschwalze und verschiedenen Siebleitwalzen getragen bzw. geführt, als endlose Bahn. Sowohl Brustwalze als auch Siebrückleitwalzen besitzen Schaber und Spritzrohre. Die Siebspannwalze muß in der Führung leicht verstellbar sein, um dem Sieb eine geeignete nicht zu starke Spannung zu erteilen. Die Nummer eines Siebes, welche früher angab, wieviel Kettendrähte auf ein englisches Zoll kommen, richtet sich nach der Papierart und liegt meist bei 70 bis 90. Gegenwärtig wird durchwegs die Anzahl der Kettendrähte auf 1 cm angegeben, bei welcher neueren Siebnummern die Zahlen viel niedriger liegen. Um einen einwandfreien Sieblauf zu gewährleisten, ist es nötig, daß die Brustwalze parallel zur Gautschwalze und wieder dazu parallel alle Siebwalzen liegen müssen. Die richtige Lage wird durch Stichmaße auf der Führerseite und Triebseite einer Papiermaschine kontrolliert. Zwecks näherer Einzelheiten über Siebe (sowie auch der später zu behandelnden Filze) sei auf das Buch von K. Keim „Sieb und Filz in der Papier-, Pappen-, Zellstoff- und Holzstoffindustrie“ verwiesen.

Das seitliche Abfließen des dünnflüssigen Stoffes verhindern am Sieb die aus Paragummi bestehenden Deckelriemen, deren leicht bewegliche Führungsrollen große Durchmesser besitzen müssen, damit die Riemen gut durchziehen und nicht rutschen. Ein Abstreifer reinigt die Riemen laufend von Stoffteilchen. Da bei größeren Papiermaschineschwindigkeiten die Deckelriemen leicht schleudern und dabei Wassertropfen auf die Papierbahn werfen, hat man die Seitenbegrenzung der Siebe in solchen Fällen und später auch bei geringeren Geschwindigkeiten mittels Begrenzungsleisten ausgeführt. Diese besitzen an den unteren Kanten Gummistreifen. Zwecks Reibungsverhinderung und zur Erzielung guter Abdichtungen ist an den Außen-seiten der Begrenzungsleisten parallel zur Sieblaufrichtung je ein Spritzrohr

angebracht, welches der Dichtungskante ständig Wasser zuführt. Die Leisten sind auch in der Höhe verstellbar und können vom Sieb abgeschwenkt oder hochgeklappt werden, was während eines Siebwechsels vorgenommen wird. Der Einstellung des gewünschten Papierformats dient der Formatwagen, durch welchen Deckelriemen oder Begrenzungsleisten in der Richtung der Bahnbreite verstellbar sind.

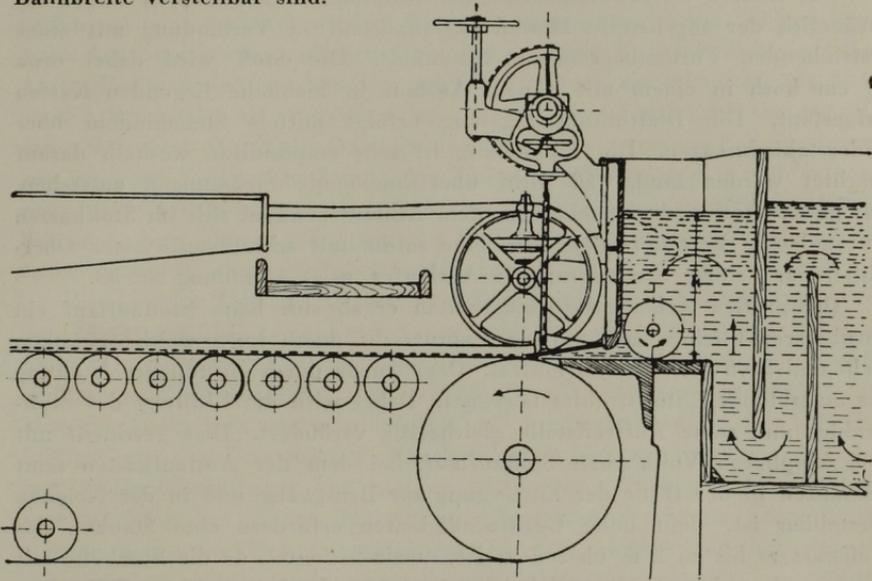


Abbildung Nr. 38

Dem Stoffauflauf auf einem Sieb kommt besondere Bedeutung zu. Die Stoffzufuhr muß im Verhältnis zur Siebgeschwindigkeit geregelt werden, unter gleichzeitiger Aufwirbelung des Stoffwassers, um eine gute Querlagerung der Faser zu erreichen. Eventuelle stärker dabei auftretende Schaumbildung wird durch feine Zerstäuberdüsen, welche beim Einlauf mittelst eines Rohres verteilt sind, bekämpft. Ursprünglich fanden Lineale oder Schaumlatten Anwendung, die nicht nur die Aufgabe hatten, den Schaum zurückzuhalten, sondern vor allem den Stoff aufzustauen und die Papierdicke über die ganze Bahn zu regeln. Diese Lineale sind in der Mitte übereinandergeschoben, um sie bei Formatverstellungen nach beiden Seiten auseinander- oder zusammenziehen zu können. Die Lineale müssen an der stoffberührten Seite unbedingt scharf und eben sein und dürfen in der Mitte nicht durchhängen. Sie werden je nach der Papierart in der Höhe gegen das Sieb und im Abstand untereinander verstellbar. In Richtung zur Gaultsch werden sie treppenförmig abfallend angeordnet. Mit derartigen Linealen und dazugehörigen Formatwagen kann man bis zu Geschwindigkeiten von etwa 160 m/Minute (z. B. bei

Natronpapier) arbeiten. Die Querreißfestigkeit damit gearbeiteter Papiere kann bis zu etwa 60 % der Längsreißfestigkeit gebracht werden. Es ist mitunter auch üblich, zur Erreichung guter Querfestigkeiten die bereits auf dem Sieb befindliche Stoffsuspension mittels Düsen einem Strom von Wasser, Dampf oder Luft auszusetzen.

Für höhere Geschwindigkeiten bei Rotationsdruckmaschinen wurde ursprünglich der sogenannte Hochdruckstoffauflauf in Verbindung mit einer feststehenden Formatbegrenzung entwickelt. Der Stoff wird dabei etwa 30 cm hoch in einem mit seinem Auslauf in Siebhöhe liegenden Kasten aufgestaut. Die Blattbildungsregelung erfolgt mittels Stellspindeln über Federstahlschnauzen. Die Einstellung ist sehr empfindlich, weshalb darauf geachtet werden muß, daß nicht überschneidende Strömungen entstehen. Zur guten Stoffdurchwirbelung vor dem Auslauf befindet sich im Stoffkasten eine gelochte Verteilerwalze, bzw. eine solche mit schraubenförmiger Oberfläche. Das Prinzip eines derartigen Auslaufes zeigt Abbildung Nr. 38.

Bei großen Arbeitsgeschwindigkeiten ergab sich beim Stoffauflauf ein unruhigeres Fließen und Spritzen, verursacht durch Luft, welche zwischen Sieb- und Stoffwasserschicht eintrat. Dem wurde durch einstellbare Lenkung des austretenden Stoffstrahles begegnet. Dabei wird die Richtung des Stoffstrahles und seine Auftreffstelle gleichzeitig verändert. Dies geschieht mit dem kippbaren Voith'schen Stoffauflauf, bei dem der Auslaufkasten samt Schnauzen in der Höhe der Entfernung zur Brustwalze und in der Neigung verstellbar ist. Sehr hohe Geschwindigkeiten erfordern eine Stauung des Stoffwassers bis zu 2 m über dem Brustwalzenscheitel, da die Stauhöhe mit dem Quadrat der Geschwindigkeit steigt. Man baut in solchen Fällen geschlossene Stoffzulaufkasten, aus welchen der Stoff unter entsprechendem Druck austritt und durch welche Bauart die Kästen kleiner werden.

Weitere Versuche des Hochdruckstoffauflaufes führten auch dazu, ihn für langsamer laufende Feinpapiermaschinen zur Anwendung bringen zu können. Die Verteilerwalze liegt hierbei in einem vertieften Unterboden des Staukastens ganz im Stoff, um Mitreißen von Luft zu vermeiden, welches zu Blasen- und Schaumbildung im Sieb führen würde. Mit derartigen Ausführungen werden auch feinste Kondensatorpapiere von 6—7 g/m<sup>2</sup> gearbeitet.

Man wendet solche Stoffaufläufe bis zu Geschwindigkeiten von 8 m/Minute an. Es können jedoch in solchen Fällen auf der Wegstrecke „Lochwalze—Düsenaustritt“ die gewünschten Durchmischungen zunichte gemacht werden, so daß ungenügende Querfestigkeiten entstehen. Aus diesem Grund baut man immer noch Formatwagen mit Staulatten.

<sup>11)</sup> Der Entwässerungsvorgang soll am Sieb so geleitet werden, daß sich jede Strecke in der ihr zukommenden Weise an der Entwässerungsarbeit beteiligt (K. Schönemann). Dabei ist zu berücksichtigen, daß Entwässerung und Blattbildung bei den einzelnen Stoffarten sehr verschieden sind. Will man ein gutes,

gleichmäßiges Papierblatt, so muß die Entwässerung in schonender Weise vor sich gehen. Zunächst beeinflußt schon die Länge des Siebleders die Entwässerung. Es ist für die Blattbildung nicht gleichgültig, ob die Entwässerung an der Brustwalze vor oder hinter der folgenden ersten Registerwalze, bzw. vor oder hinter der Staulatte einsetzt. Das Siebleder wird oft bis unter die zweite Staulatte geführt. Es kann nur während eines Maschinenstillstandes verlängert oder verkürzt werden. Eine Entwässerungswirkung bei der Brustwalze kann durch eine zwischen diese und die erste Registerwalze eingebaute Abstreifleiste erzielt werden. Um bei Schnellläufern ein Anhaften des Siebles an der Brustwalze zu vermeiden, wird deren Mantel mit Schlitz- und Löchern versehen. Die Walzenstirnwände besitzen in so einem Fall Aussparungen, wodurch Luft in das Innere der Walze und bis unter das Sieb gelangen kann. Um dem durchhängenden Sieb eine vollständig ebene Unterlage zu geben und einen glatten Übergang des Stoffes vom Stoffauflauf auf das Sieb zu ermöglichen, ist ein Siebtisch angeordnet. 12.)

Eine starke Wasserabführung bewirken die meist in Kugellagern laufenden Registerwalzen. Eine Vermehrung oder Verminderung ihrer Zahl, wie diese beispielsweise durch Absenkung einzelner Walzenlager durch Exzenterstellung möglich ist, wirkt sich auf die Entwässerungsgeschwindigkeit aus. Mitunter findet man auch Verschiebbarkeit der Registerwalzen mit Hilfe von Schlitz- auf den Tragschienen. Manchmal führt man die Registerwalzen auch mit einem Gummibezug von einigen Millimeter Stärke und 9—15 Plastometerpunkten aus. Trotz der glatten Oberfläche derartiger Gummiwalzen werden diese vom Sieb gut mitgenommen. Zur leichten Regelung der Entwässerbarkeit wurden auch zwischen einer verminderten Anzahl von Registerwalzen schwenkbare Gummiabstreifleisten eingesetzt, wie Abbildung Nr. 39 (Schönemann) zeigt. 13.) 14.)

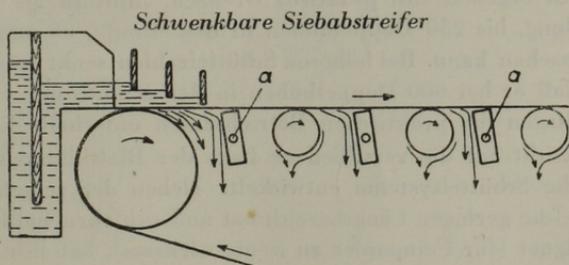


Abbildung Nr. 39

Ihre Bewegung erfolgt im Zapfen a, wobei sie in beliebiger Lage festgehalten werden können. Es ist für die Wasserabfuhr von Bedeutung, wie stark und nach welcher Seite die Schwenkung ausgeführt wird. Die am Sieb haftende und gegen den Abstreifer zulaufende Wassermenge wird von der

gegen die Brustwalze stehenden Abstreifseite vom Sieb abgelenkt und nach unten geführt. Schwenkt man die obere Hälfte eines Abstreifers unter gleichzeitigem Senken in kleinen Grenzen, so bleibt die eine Kante der oberen Abstreiffläche mit dem Sieb in Berührung, während die Fläche einen spitzen Winkel gegen das Siebband bildet. Die vom Sieb abstehende Kante des Abstreifers teilt die ankommende Wassermenge und führt einen Teil des Wassers der hohen Kante entlang nach unten und den anderen Teil in den spitzen Winkel hinein gegen das Sieb. Die ablaufende Siebwassermenge kann durch entsprechendes Schwenken von minderen zu höheren Werten beeinflusst werden. Es ist möglich, 30—50 % der Registerwalzen durch derartige Abstreifer (System Fag) zu ersetzen. Ihre Entwässerungsfähigkeit liegt um 30 % höher als jene von Registerwalzen.

15.) Einen besonderen wichtigen Teil einer Siebpartie bildet die Schüttlung. Sie hat den Zweck, eine gute Faserverfilzung zu bewirken, was in der Verbesserung der Papierdurchsicht und in höheren Querfestigkeiten eines Papierblattes im Verhältnis zur Längsrichtung praktisch zum Ausdruck kommt. Die Blattbildungszone, in der die Wirksamkeit der Schüttlung am größten ist, liegt in unterschiedlichen Abständen vom Stoffauflauf. Hubgröße und Schüttelzahl einer Schüttlung schwanken sehr mit den herzustellenden Papieren (Stoffverdünnung, Wasserführung, Maschinengeschwindigkeit usw.). Die Ausführung eines Schüttelbockes muß daher diese Veränderungen in kürzester Zeit zur Anpassung an den Stoffcharakter gestatten. Die Wirkung einer Schüttlung beruht in dem bei den Endlagen des Schüttelhubes auftretenden Verzögerungs- oder Beschleunigungsdruck, welcher eine Verlagerung der Stoffasern hervorruft. Ebenso ist die beim Durchgang durch die Nullage des Schüttelhubes auftretende höchste Schüttelgeschwindigkeit (senkrecht zur Siebgeschwindigkeit) wesentlich für die Faserverlagerung (K. Schönemann). Papiertechnisch ergeben sich praktisch Grenzen, insofern als man bei langsamer Schüttlung, bis 250 Doppelhüben in der Minute, 25 mm Hublänge als Höchstmaß ansehen kann. Bei höheren Schüttelzahlen senkt man den Hub allmählich, so daß er bei 600 Doppelhüben in der Minute nur etwa 6 mm beträgt. Meist liegen die praktischen Betriebsdaten unterhalb dieser Angaben.

Mit Rücksicht auf die verschiedene Lage der Blattbildungszone hat man unterschiedliche Schüttelsysteme entwickelt. Neben der reinen Brustwalzenschüttlung, welche geringen Längsbereich hat und sich vornehmlich für Schnellschüttlung eignet (für Feinpapier zu wenig wirksam), hat sich die Schüttlung der Brustwalze mit angeschlossenem, kurzem Registerstück (etwa 8—10 Walzen) eingeführt, wobei die geschüttelte Zone schon länger ist. Das alte Schüttlungssystem ist jenes mit Bewegung des langen Registerlineals, mit dessen Drehpunkt in der Nähe der Saugkästen. Dieses System gestattet keine einwandfreie und vielseitige Einstellbarkeit und ist für besonders hochwertige Papiere unvollkommen. Über Zwischenstufen, wie System Mac-Donnel (Brust-

walze und eine in der Mitte liegende Registerwalze), wurde schließlich die Zonenschüttlung konstruiert. Durch Teilung der Registerschienen werden zwei

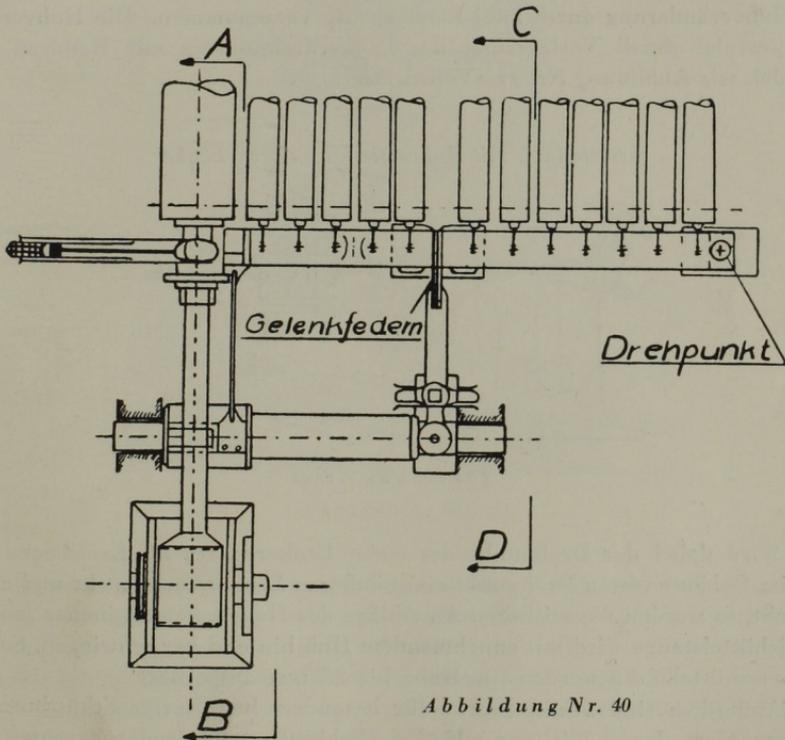
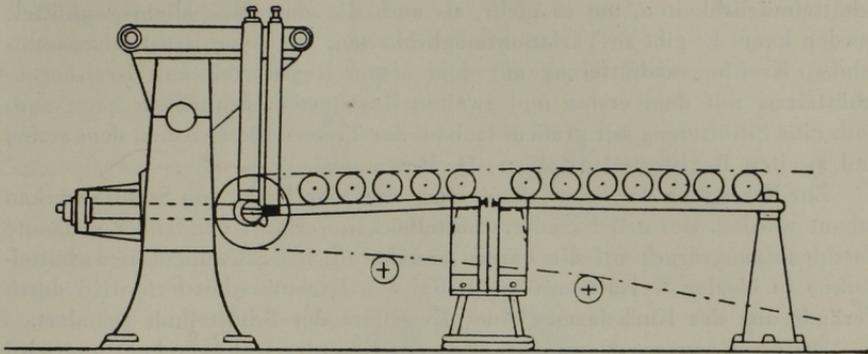


Abbildung Nr. 40

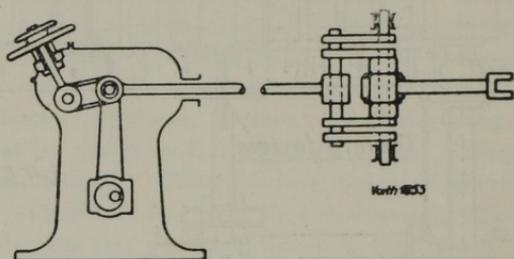
Schüttelzonen gebildet, wobei jede Zone ein besonderes Schüttelwerk enthält. Die Schüttlung wird mit einer Vorgelegewelle übertragen, wobei der erste Teil des Registers einschließlich der Brustwalze parallel, der zweite im Kreisbogen geschüttelt wird. Das Prinzip zeigt Abbildung Nr. 40 (O. Bergmann).

Führt man die Vorgelegwelle mit Hubverstellung aus oder werden zwei synchron laufende Schüttelwerke verwendet, so ergeben sich verschiedenste Schüttelmöglichkeiten, um so mehr, als auch die eine Zone allein geschüttelt werden kann. Es gibt so Variationsmöglichkeiten, wie reine Brustwalzenschüttelung, Kreisbogenschüttelung mit dem ersten Registerteil und Kreisbogenschüttelung mit dem ersten und zweiten Registerteil. Schließlich kann auch noch eine Schüttelung mit großem Hub an der Trennstelle zwischen dem ersten und zweiten Registerteil erfolgen (O. Bergmann).

Zur Erzeugung der Schüttelbewegung sind eine Reihe von Schüttelwerken gebaut worden. Bei den Exzentrerschüttelböcken verläuft der früher genannte Beschleunigungsdruck auf die Fasern annähernd, bei Schwungmassenschüttelböcken in idealer Weise sinusförmig. Bei den Exzentrerschüttlern wird durch Veränderung des Kurbelarmes eines Exzentrers der Schüttelhub geändert.

Bei einer neueren Konstruktion ist das Exzenter fest aufgekeilt und wird die Hubveränderung durch zwei Lenkerpaare vorgenommen. Die Hubverstellung erfolgt durch Verlagerung des Lenkerdrehpunktes mit Handrad und Spindel, wie Abbildung Nr. 41 (Voith) zeigt.

*Schüttelbock mit Hubverstellung durch Lenker*



*Abbildung Nr. 41*

Wird dabei der Drehpunkt des einen Lenkerpaares im Kreisbogen um den im Gehäuse festen Drehpunkt eines äußeren Lenkerpaares mehr und mehr gesenkt, so werden die seitlichen Ausschläge des Hauptgelenkes immer größer, die Schüttelstange wird mit zunehmendem Hub hin und her schwingen. Solche Lenkerschüttelböcke werden für Hübe bis 25 mm ausgeführt.

Außerdem sind Schüttelwerke für besonders hochtourige Schüttlung gebaut worden, deren Wirkung auf der Fliehkraft umlaufender exzentrischer Massen beruht. Durch Verdrehung zweier Schwungmassen gegeneinander kann eine wirksame Zentrifugalkraft von Null bis zu einem Höchstwert eingestellt und der Hub des auf Federn gelagerten Schwungmassenträgers, der mit dem Register verbunden ist, geändert werden. Der Hauptvorteil dieser Konstruk-

tion liegt in der großen Veränderlichkeit der Schüttelzahl von 2 bis 700 Doppelhuben per Minute, wobei der größte Hub 20 mm beträgt. Eine Darstellung zeigt Abbildung Nr. 42.

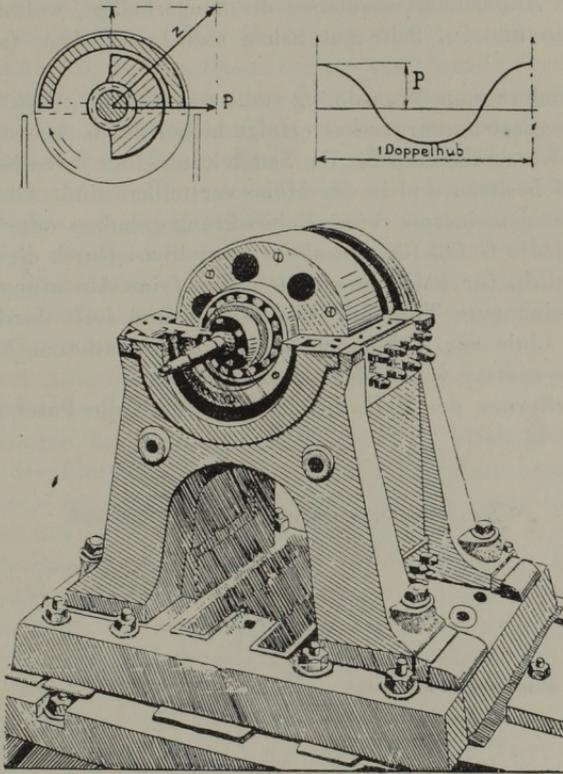


Abbildung Nr. 42

Alle neuzeitlicheren Schüttelwerke sind durch gedrängten Zusammenbau in einem öldichten Gehäuse mit guter Umlaufölschmierung gekennzeichnet.

Auf die Registerwalzen bzw. Abstreifleisten folgt die Saugerpartie, auf welcher schon eine stärkere Wasserentziehung stattfindet. Man arbeitet mit den bekannten Kastensaugern, deren innere Seitenwände mittels Spindeln für eventuell nötige Papierformate verstellbar sind und die durch dauernden Wasserzufluß abgedichtet werden müssen. Die Saugung wird gewöhnlich beim ersten Sauger über ein barometrisches Fallrohr, bei allen übrigen mittels einer Vakuumpumpe vorgenommen. Für einen Saugkasten genügt eine Breite von etwa 300 mm. Mehrere schmale Kästen sind in bezug auf gleichmäßige Ent-

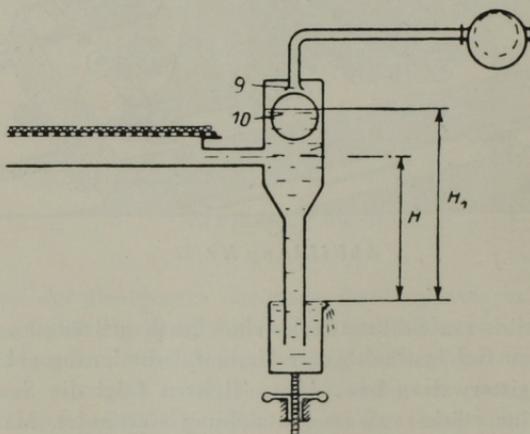
wässerung wenigen und breiteren überlegen. Bei breiten Kästen kann die Saugabstufung nicht mit der nötigen Feinheit vorgenommen werden. Für gute Entwässerung ist es nötig, die Sauger ohne freien Zwischenraum völlig aneinanderzurücken (System Heeß).

Besondere Achtsamkeit verdienen die Saugerbeläge, welche immer glatt abgerichtet sein müssen. Sehr gut haben sich Lederbeläge (z. B. Robalit) bewährt.

Eine besondere Saugeranordnung stellt das System „Heck“ dar. Die Regelung des Saugkastenunterdruckes erfolgt hiebei durch Anordnung von Gefäßen, die als Wasserabschluß für die Saugleitung eines jeden Kastens dienen, einen Überlauf besitzen und in der Höhe verstellbar sind. Alle Gefäße können durch eine gemeinsame Verstelleinrichtung gehoben oder gesenkt werden. Auch ist jedes Gefäß für sich allein verstellbar. Durch diese Vorrichtungen ist es möglich, für jeden Saugkasten eine feine Abstufung der Freifallsaugung und eine gute Trennung von Wasser und Luft durchzuführen, so daß in erster Linie zur Vakuumerzeugung die einfacheren Wasserringluftpumpen (siehe später) verwendet werden können.

Eine Erweiterung des Heckschen Systems stellt die Patentregelung nach Abbildung Nr. 43 dar.

*Saugerunterdruckregelung DRP 682 894*



*Abbildung Nr. 43*

Das Wasser wird dabei durch freien Fall abgeführt, so daß eine überflüssige Bewegung desselben durch die Vakuumpumpe entfällt. Die Luft wird dem Trennraum jedes Saugers mittels einer gemeinsamen Vakuumpumpe ent-

nommen. Der Fallrohrsaugerunterdruck wird mit heb- und senkbaren Überlaufgefäßen für eine Höhe  $H$  eingestellt. Bei gleichen Betriebsverhältnissen ergibt sich durch die Luftpumpe im Trennraum ein Wasserspiegel mit einer Höhe  $H_1$ , welcher nur vom Unterdruck der Saugerpumpe abhängig ist und der immer größer als  $H$  sein muß (Freifallsaugwirkung). Nimmt der Luftgehalt im Sauger ab, so würde die Höhe  $H_1$  zunehmen und der Energieaufwand an der Luftpumpe unnötig steigen. Dieses Steigen oder Senken des Wasserspiegels im Trennraum wird zur Steuerung der Luftabsaugung herangezogen und die Ansaugöffnung 9 der Luftpumpe mittels eines Schwimmers 10 entweder mehr geschlossen oder geöffnet. Bei großem Luftanfall sinkt der Wasserspiegel im Trenngefäß, wodurch ein weiteres Freiwerden der Öffnung des Ansaugrohres erfolgt. Bei abnehmendem Luftgehalt steigt der Wasserspiegel im Trennraum und die Öffnung des Ansaugrohres wird verschlossen. Die Trennräume der Sauger hängen gemeinsam an einer Luftpumpe. Jeder Sauger hat jedoch für sich seinen Flüssigkeitsablauf. Man benötigt für dieses Verfahren eine relativ kleine Absaugpumpe mit geringem Kraftbedarf (Bergmann).

Eine andere Anordnung ist jene nach System Giebeler, wobei Staukästen die Registerwalzen ersetzen sollen.

Verbesserungen bei Flachsau gern in der Art, wie sie eben angeführt wurden, sind der Einführung von Walzensau gern entgegengestanden. Letztgenannte arbeiten mit beträchtlichen Luftverlusten, da eine gute Abdichtung der mit Unterdruck laufenden Walzen nicht gelungen ist. Eingeführt haben sich daher derartige Konstruktionen nur bei der Gautsch, worüber später Näheres ausgeführt wird. Als Saugerpumpen verwendet man verschiedenlichste Ausführungen, wie solche bei Behandlung der Saugwalzen später beschrieben werden, wobei durch zwischengeschaltete Windkessel Schwankungen vermieden werden.

Meist werden bei einer Papiermaschine 4—5 Sauger (in Spezialfällen auch weitaus mehr) angeordnet. Die Saugstärke wird durch Hähne in den Saugleitungen geregelt und nach Vakuummeter, von welchem jeder Sauger eines besitzen soll, abgelesen und eingestellt.

Eine besondere österreichische Saugerkonstruktion zum verhältnismäßig schnellen Arbeiten von Wasserzeichenpapieren stellt der Tinnacher-Patent-Egoutteursauger dar. Dabei läuft ein mit erhaben ausgebildeten Wasserzeichen versehener Egoutteur nicht wie früher üblich zwischen zwei Saugern, sondern unmittelbar am zweiten Sauger. Dazu werden die Schieber des Saugers, welche mit dem Format verstellbar ausgeführt sind, elastisch gemacht, damit sie sich dem Umfang des Egoutteurs anpassen können. Durch diese Konstruktion wird das Hochziehen von Blasen und Wasser am Siebüberzug des Wasserzeichenegoutteurs verhindert. Mit diesen Saugern ist es möglich, sehr klare Wasserzeichen auch bei Papieren von  $40 \text{ g/m}^2$  löcherfrei zu erzielen. Der Ausschlußanfall verringert sich durch das Arbeiten mit diesem Sauger wesentlich. Der Tinnacher-

sauger gewährleistet ein wirtschaftliches Arbeiten feinsten Wasserzeichens-  
 papiere. Eine schematische Anordnung zeigt Abbildung Nr. 44.

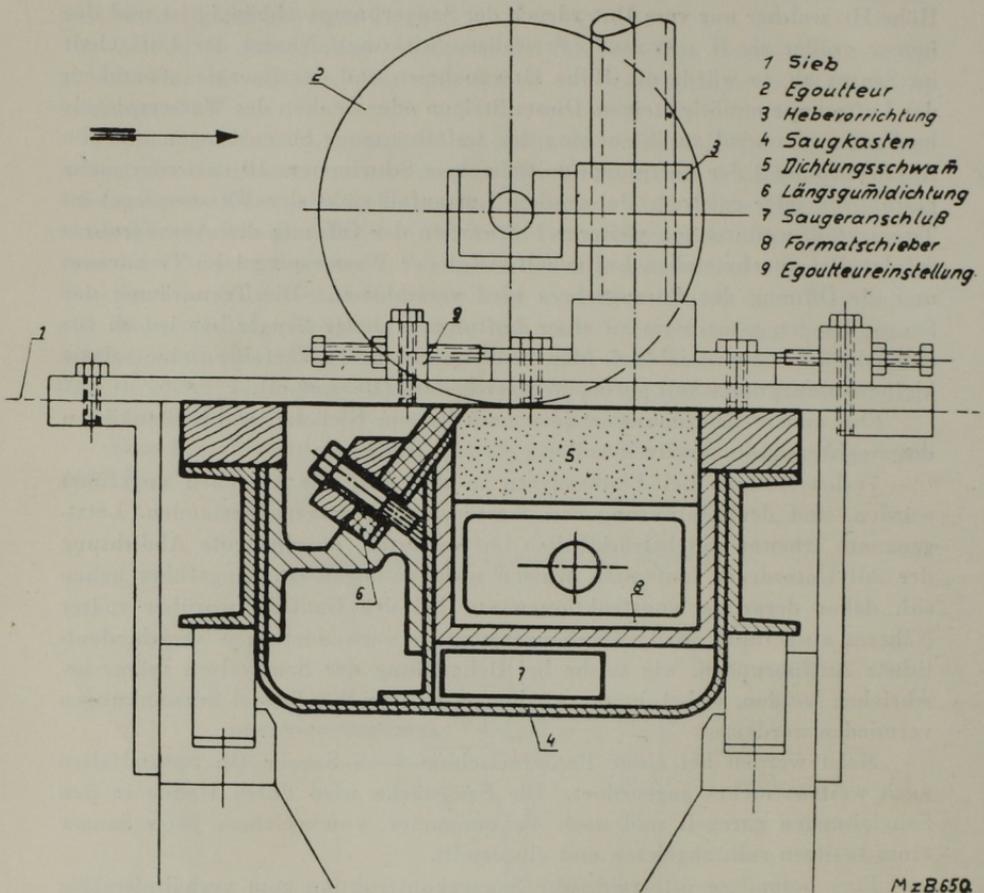


Abbildung Nr. 44

MzB65Q

Bei dieser Gelegenheit sei ausgeführt, daß sog. echte Wasserzeichen ein  
 altes Kennzeichen abendländischer Herkunfts- und Qualitätspapiere waren.  
 Die ältesten bisher festgestellten Wasserzeichen stammen vom Jahre 1282  
 aus Bologna. Die üblichen Egoutteure, auch Vordruckwalzen genannt, werden  
 bei Langsiebmaschinen durch Aufnahmen der gewünschten Wasserzeichenformen  
 mittels feiner Drähte und Laufenlassen eines derartigen Egoutteurs unter  
 leichtem Druck auf einer Papierbahn mit bestimmtem Feuchtigkeitsgehalt her-  
 gestellt. Dabei wird durch die Erhebungen des Egoutteurs eine Prägewirkung

durch Verdrängung von Stoffasern erzielt, wodurch die Zeichen im Papier in der Durchsicht wasserhell erscheinen. Für Schattenwasserzeichen werden versenkte Drahtformen verwendet. Ein Egoutteur muß zweckentsprechend für das gewünschte Wasserzeichen bestellt sein. Näheres darüber wird unter I/B/c ausgeführt.

Nach den Saugern sind die Randspritzer angeordnet, welche mit reinem Wasser beschickt werden müssen und dazu dienen, dem Papier einen glatten, starken Rand zu geben. (17.)

Hierauf folgt der sog. Gautschknecht, ein über die ganze Breite der Papierbahn verschiebbares Spritzrohr, welches mit kräftigem Wasserstrahl die Papierbahn teilt und beim „Aufführen“, d. h. beim Anfahren einer Papiermaschine, benutzt wird, um das Papier in einer Schmalbahn (sog. „Spitzspritzen“) durch die Naßpressen führen zu können. (18.)

Als weiterer Hauptbestandteil nach der Saugerpartie folgt die untere Gautschwalze, welche auch als Saugwalze ausgebildet wird. Die ältere Form stellt jene Gautsche dar, bei welcher eine mit Filzschlauch — Manchon genannt — überzogene Kupfermantelwalze über die am Sieb befindliche Stoffbahn gegen eine untere Walze drückt, welche, wenn es sich um die Herstellung schöner Papiere durch weiche Gautschung handelt, gleichfalls mit einem Manchon bespannt wird. Der Zweck einer Gautsche ist, die Oberfläche des Papiers zu glätten und ihm die erste Festigkeit zu geben. Der Manchon, welcher bei dem starken Druck der Walzen ein Verpressen der Stoffasern verhütet, wird durch eine darüberlaufende Gummiwalze mit Schaber und Spritzrohr rein gehalten (Kittnerwalze). Die beiden Gautschwalzen liegen so schräge übereinander, daß beim Zusammendrücken — Zusammengautschen — die obere Gautschwalze nach rückwärts ins Sieb einsinkt. Es entsteht eine Pressung, wobei die Papierbahn gegen den Manchon gedrückt wird, ehe sie durch die Walzen geht. Je dicker die Papierbahn, um so weniger darf gegautscht werden und um so größer muß die als Vorgautschung bezeichnete Zurücksetzung der oberen Gautschwalze gegenüber der unteren sein. Die Belastung der oberen Gautschwalze kann durch eine mit Parallelaufhelfung versehene Gewichtsbelastung sowie hydraulisch oder pneumatisch erfolgen, auf welche letztere Möglichkeiten bei der Beschreibung der Naßpressen eingegangen wird. (19.)

Die Gautschpresse kann durch Manchons der oberen und eventuell der unteren Gautschwalze viel Störungen und Ausschuß bringen, ganz abgesehen von dem Aufwand an Bespannungsmaterial. Man ist daher vielfach dazu übergegangen, die Stoffbahn durch den Luftdruck soweit entwässern zu lassen, daß sie mit genügendem Trockengehalt leicht vom Sieb abgenommen werden kann. Diese Arbeitsmethode setzte die Konstruktion zweckmäßig gestalteter Saugwalzen voraus, wobei die Bahn über die ganze Breite durch den darüber zur Wirkung kommenden Luftdruck gleichmäßig entwässert wird. Da für die Art der Entwässerung auch die Zeit, während welcher diese (20.)

vor sich geht, eine Rolle spielt, so hat man den Saugwalzen eine möglichst lange Saugzone gegeben. Dadurch kommt man mit geringerem Unterdruck und folglich auch mit geringerem Energieaufwand der Luftpumpe aus.

Die ersten in Nordamerika gebauten Walzen wurden in Europa wesentlich verbessert. Bei der Saugwalze mit feststehendem Saugkasten besteht die Walze aus einem umlaufenden gelochten Bronzemantel und aus einem in diesem angeordneten feststehenden Saugkasten, der eine Spezialabdichtung gegen den rotierenden Mantel besitzt. Parallel dazu wurden besonders für schmalere Maschinen und mittlere Geschwindigkeiten die Zellsaugwalzen entwickelt, die aus einem umlaufenden, im Zapfen gelagerten Zellenkörper, mit einem oder zwei feststehenden, an eine Luftpumpe angeschlossenen Saugköpfen an der Stirnseite bestehen. Den Walzenstirnseiten liegen Saugsektoren federnd an, über die immer nur jene von der Stoffbahn abgedeckten Saugzellen an die Pumpe angeschlossen sind.

Hiebei wird in erster Linie Luft durch die Saugköpfe aus den Zellen abgeführt, das aus der Bahn gesaugte Wasser aber aus den Zellen nach Verlassen der Saugzone tangential abgeschleudert. Einen Querschnitt zeigt Abbildung 45 (Voith).

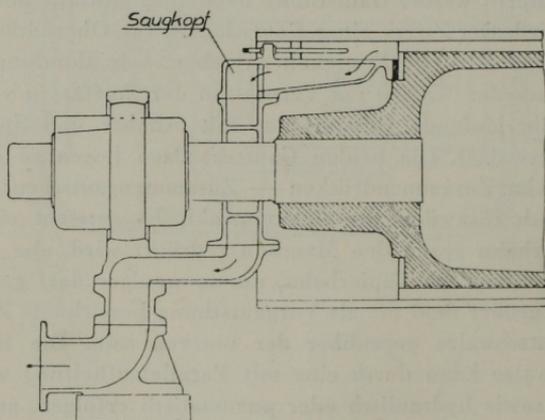


Abbildung Nr. 45

Diese Ausführung zeichnet sich auch durch eine sanfte Saugung aus, bei welcher Papierschlammstoffe nicht abgezogen werden. Zellsaugwalzen können im Körper sehr biegungssteif bemessen werden. Die Walzenkörperzellen bilden Profilstäbe, weswegen die Walzenoberfläche einen glatten, von axial durchlaufenden Schlitzen durchbrochenen Zylinder darstellt, wodurch nur geringe Markierungen erzielt werden.

L.N.) Sogenannte Sauggautschen werden mit oder ohne obere Preßwalze aus-

geführt. Die Anordnung von Anpreßwalzen ist besonders bei schmierigen Stoffen und dicken Bahnen nötig. Neuzeitliche Sauggautschen besitzen Formatverstellung während des Betriebes, Druckluftanschluß für Bahnüberführung und Saugkammervakuummeter.

Mit Sauggautschen kann schneller gearbeitet werden als mit Manchons, da die Gefahr der Bahnzerdrückung wegfällt. Man kann mit ihnen sehr schön voluminöse Papiere arbeiten, was besonders für Lösch- und Vulkanfaserpapierherstellung bedeutungsvoll ist. Auch können dünne Stoffbahnen, wie z. B. jene von Seidenpapieren, zweckentsprechend entwässert werden. Auch stark beschwerte Papiere bis etwa 25 % Asche können ohne Markierung gearbeitet werden. Für Zigarettenpapier mit 15 g/m<sup>2</sup> sind derartige Walzen ebenfalls geeignet.

Zur Erzielung des nötigen Vakuums bei Flachsaugern oder Saugwalzen bedient man sich einfacher Wasserringpumpen nach Abbildung Nr. 46, wobei es sich um Flügelradpumpen mit umlaufendem Flüssigkeitsring handelt.

Wasserring-Vakuumpumpe

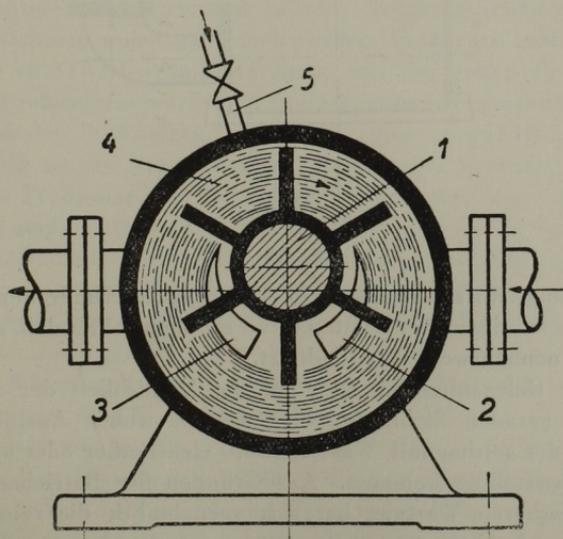
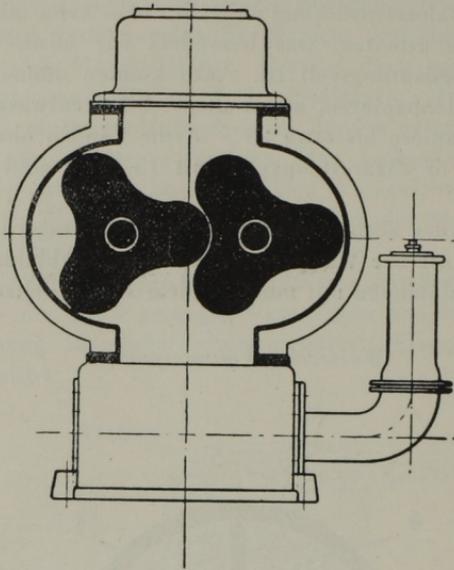


Abbildung Nr. 46

Für bestimmte höhere Leistungen erreicht man aber damit nicht mehr den gewünschten Nutzeffekt. Sie eignen sich besonders für gleichmäßiges Arbeiten von Maschinen bezüglich Geschwindigkeit, Grammgewicht und Vakuum. Ihr Kraftbedarf beträgt je nach der Höhe des Vakuums (meist etwa 2,7 m Wassersäule) und je nach Leistung etwa 80 PS. Sie sind nicht regelbar.

Eine Vakuumpumpenausführung mit Rotationskörpern (sogenannte Rootsblower) zeigt Abbildung Nr. 47.

*Vakuumpumpe mit Rotationskörpern*



*Abbildung Nr. 47*

Ihre Leistung läßt sich leicht durch Änderung der Umdrehungszahl herabsetzen oder bis zu einem bestimmten Grad erhöhen, ohne daß sich dabei der Wirkungsgrad nennenswert verschlechtert.

Bei dieser Gelegenheit sei auch auf die Möglichkeit der automatischen Regelung des geraden Sieblaufes hingewiesen, wobei Ausführungen rein mechanischer oder solcher mit Wasserstrahl-, elektrischer oder anderen Steuerungen zur Anwendung kommen. Aus Gründen der Betriebssicherheit und jener der einfacheren Wartung hat sich vornehmlich die rein mechanische Sieblaufregelung durchgesetzt.

Die Verstellung der Siebregulierwalze wird bei leichter Berührung des Siebes mit stehenden Blättchen ausgeführt. Ein Wandern des Siebes wird durch eine zwischengeschaltete Dämpfungsvorrichtung verhindert.

Verschiedentlich, insbesondere bei breiten Papiermaschinen, wird zwecks raschen und leichten Siebwechsels die Siebpartie seitlich herausfahrbar konstruiert. Außer der unteren Gautschwalze, bzw. einer Saugwalze, werden alle im Sieb hängenden Teile an das Fahrgestell gehängt. Lange Querträger

vermeidet man bei neuzeitlichen Ausfahrvorrichtungen, indem die Siebwalzen seitlich mit Rollen für zwei getrennte Spurweiten ausgerüstet sind. Die schmale Spur liegt innerhalb der Maschine, die andere Spurweite außerhalb derselben. Schwenkträger vermitteln den Anschluß der ortsfesten, äußeren Fahrbahn mit den Siebpartieständern.

Die Laufdauer von Sieben wechselt sehr mit ihrer Beanspruchung und kann bei etwa 3 bis 8 Wochen liegen.

Ewähnt sei auch, daß sich bei Siebpartien als Auskleidungsmaterial für Stoffkästen, Saugerkästen sowie als Registerwalzenbezüge und ähnlichem die deutschen Kunststoffe Oppanol (hochpolymerisiertes Isobutylen) und Vinidur (aus Vinylchlorid hergestellt) bestens bewährt haben.

In den anschließenden Naßpressen wird die Stoffbahn durch Wollfilze zwischen zwei Walzen geleitet und ausgepreßt. Dabei besteht die obere Preßwalze meist aus der Kunstmasse „Stonit“ (Quarzsand-Gummi-Mischung), während die untere einen Gummiüberzug besitzt. Als Schaber für die obere Preßwalze finden solche als Spezialstahl (Vickery) oder aus den verschiedenen deutschen Kunststoffen, wie Igelit (Kunstharz), mit bestem Erfolg Anwendung. Die unteren Gummiwalzen müssen zweckentsprechende Härte und Bombierung besitzen, wobei mit zunehmendem Preßdruck auch erhöhte Bombierung nötig ist. Die Gummihärte steigt von der ersten Presse gegen die letzte. Die Preßwalzen werden lichtdicht zusammengeschliffen. Um den guten Zustand der Preßwalzen, welcher für eine einwandfreie Papierarbeit unbedingt nötig ist, zu kontrollieren, läßt man bei herausgenommenen Filzen die obere Preßwalze auf die untere Gummiwalze leicht aufliegen, setzt sie in Betrieb und spritzt von rückwärts Wasser gegen die Presse. Kommen dabei auf der Gummiwalze feuchte Streifen durch, so müssen die trockenen Stellen so lange abgeschliffen werden, bis diese Streifen verschwinden. Zum Einschleifen der Gummiwalze kann man sich des Schnitzlerschen Walzenschleifapparates bedienen, der direkt in die Presse eingebaut wird und bei welchem der Schleifbock zuerst mit grobem Schmirgelpapier zum Vor- und dann mit feinerem zum Nachschleifen bespannt wird.

Die Naßpressen werden für starke Lineardrücke in kräftigen Ausführungen gebaut, wobei eine besonders feinfühligke Preßdruckausübung durch den Einbau von Kugellagern in Pressen und Belastungshebeln bei mechanischer Gewichtsbe- und -entlastung der oberen Walze mittels Parallelaufhelfungsspindel erreicht wird. Eine besondere Ausführung stellen Nadel- oder Schneidenlager dar. In diesem Fall genügt eine einfache Hebelübersetzung, da durch den Einbau von in Nadeln gelagerten Exzentern eine große Übersetzung und damit ein hoher Belastungsdruck erzielt werden kann, wobei eine elastische Pressung möglich ist.

In neuerer Zeit haben sich hydraulische oder pneumatische Pressenbelastungen immer mehr eingeführt. Eine Druckluftvorrichtung zur Be- und

Entlastung einer oberen Naßpressenwalze, wie solche auch für Gaultsch- und Offsetpressen ausgeführt werden, zeigt Abbildung Nr. 48.

*Druckluftvorrichtung zur Be- und Entlastung der oberen Naßpresswalze*

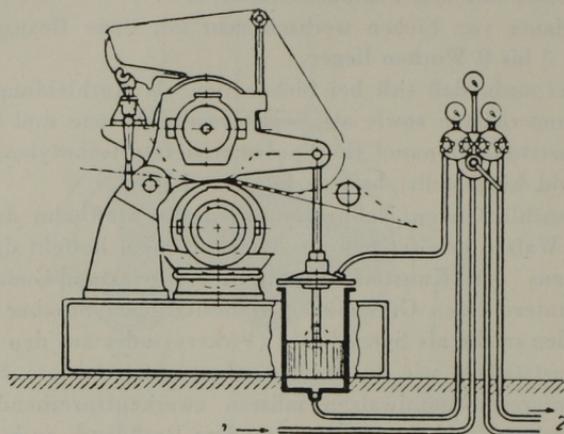


Abbildung Nr. 48

Die Hebel der oberen Walze stehen dabei unmittelbar mit der Kolbenstange der Druckzylinder in Verbindung. Die Preßluft liefert ein Kompressor mit Windkessel, wobei der Betriebsdruck 6 atü beträgt. Sinkt dieser infolge Spannungsverlust in der Leitung und an Dichtungsstellen auf 5 atü, so wird der Kompressor automatisch eingeschaltet und arbeitet so lange, bis der Luftdruck im Windkessel 6 atü erreicht hat, worauf er wieder ausgeschaltet wird. Der eingestellte Druck ist an dem Manometer des Steuerventils ablesbar. Gleichzeitig ist die Möglichkeit geschaffen, an der Führer- und Triebseite der Presse verschiedene Drücke (beispielsweise 1,8—2 atü) einzustellen. Durch Wegfall mehrfacher Hebelübersetzungen ist der Druck völlig elastisch. Selbst geringe Papierbahndickenabweichungen bewirken ein Spielen der oberen Preßwalze. Die gesamte Pressenarbeit wird durch die geschilderte Einrichtung bequem geregelt und überwacht, wobei auch gleichzeitig eine äußerste Schonung der Walzen und des Filzes eintritt. Mit einem Hebelgriff kann Be- oder Entlastung durchgeführt werden, was auch beim Aufführen der Papierbahn sehr zweckmäßig ist.

Die Naßpressen selbst kommen bei neuzeitlichen Maschinen in gedrängter Bauart zur Ausführung, um kürzere Papierzüge zu erhalten, wodurch einerseits Platz gespart und andererseits eine leichtere Zugregulierung, die wieder weniger Papierausschuß im Gefolge hat, ermöglicht wird. Trotz gedrängter Ausführung wird die Papierbahn gut zugänglich erhalten.

Eine besondere Ausführung stellen die Saugpressen dar, wobei statt einer unteren Gummiwalze eine Saugwalze eingebaut ist. Bei verhältnismäßig geringerem Preßdruck können damit höhere Trockengehalte erreicht werden. Die Saugwalzenausführung wird dabei analog jener von Sauggautschen gestaltet. Seitdem die Herstellung geeigneter Spezialfilze keine Schwierigkeiten mehr bildet, hat sich diese Ausführung namentlich bei Druckpapiermaschinen und auch bei schwer zu entwässernden Stoffen eingeführt. Solche Filze und eventuell gummiüberzogene Saugwalzen vermeiden Papiermarkierungen. Saugpressen werden als erste und eventuell als zweite Presse ausgeführt, wobei ein Vakuum von 4—5 m Wassersäule zur Anwendung kommt.

Für manche Papiermaschinen wurde auch die aus Amerika stammende Doppelpresse angewandt. Dabei wird die Entwässerung nicht auf mehrere Pressen verteilt, sondern in einer einzigen Pressenpartie auf kleinem Raum durchgeführt. Bei dieser Konstruktion liegen drei Walzen annähernd in einer Waagrechten aneinander, so daß zwei Preßstellen entstehen. Die erste Walze (in der Papierlaufrichtung gesehen) ist eine Saugwalze mit Gummibezug. Dann folgt eine aus Stonit oder Granit, während die dritte Walze Gummibezug besitzt. An die mittlere, festgelagerte Walze werden die beiden äußeren pneumatisch oder mechanisch angepreßt, so daß die Entwässerung eigentlich mittels einer Saugpresse und einer gewöhnlichen Presse erfolgt. Die beiden äußeren Walzen liegen in je einem Filz, der im wesentlichen senkrecht verläuft und besonders bei unterkellerten Maschinen gut geführt werden kann. Derartige Konstruktionen haben sich bei Maschinen für mittlere Arbeitsgeschwindigkeiten bei der Herstellung von Buchdruck-, Streichroh-, Packpapier und ähnlichem bewährt (Bergmann).

Bei Maschinen für mittelfeine und feine Papiere werden jedoch meist 3—4 Naßpressen angeordnet, wobei die letzte als Wendepresse ausgebildet wird. In dieser erfolgt ein Wenden des Papierblattes, um ausgeprägte Zweiseitigkeit zu vermeiden. Beim Lauf durch eine derartige Presse kommt die Papierbahn auf ihren beiden Seiten abwechselnd mit Filz und oberer Preßwalze in Berührung. Wird mit drei Pressen gearbeitet, so muß die Bombierung der ersten für das gängigste Grammgewicht des Papiers eingestellt werden. Meist wird die Bombierung so durchgeführt, daß der Umfang der anderen Walzen, in der Mitte gemessen, um etwa 2 mm größer ist als an ihren beiden Rändern. Werden auf einer Maschine sehr unterschiedliche Grammgewichte von geringeren bis zu Kartons hinaufgearbeitet, so ordnet man mitunter vier Pressen an (drei Lege- und eine Wendepresse), um damit ein gleichmäßigeres Arbeiten für verschiedene Verhältnisse zu ermöglichen.

Als Entwässerungsfilze finden bei Naßpressen Schafwollfilze, die aus Garnen schlauchförmig rund gewebt, appretiert und gewalkt werden, Anwendung. Die Dichtheit ihrer Gewebe sowie ihr Grammgewicht richtet sich ganz nach dem zu entwässernden Papierstoff. Für die erste und zweite Presse wer-

den Filze mitunter mit  $750 \text{ g/m}^2$  verwendet. Feine Filze haben Gewichte von  $450\text{--}600 \text{ g/m}^2$ , während schwerere Steigfilze, wie sie, je nachdem, entweder für die dritte oder eine noch vorhandene vierte Presse verwendet werden,  $750\text{--}1350 \text{ g/m}^2$  haben.

Innerhalb der Naßpressen erleiden die Filze eine starke mechanische Beanspruchung, da die Wollfäden breitgequetscht werden, wobei sich die Fadenzwischenräume weitestgehend ausfüllen. Nach Durchlaufen der Preßlinie bauscht sich der Filz auf Grund der elastischen Eigenschaften der Wollhaare wieder auf und die Fadenräume vergrößern sich.

Mischungen von Schafwolle mit etwa 20 % Zellwolle haben keinen Nachteil gezeigt, während bei 30—40 % Zellwolle durch das Quellvermögen dieses Faserstoffes die Maschen solcher Mischgewebe verengt werden, wodurch sich die Filze leicht verlegen und verdrücken.

Für guten Lauf der Filze ist auch die Ausführung der Filzleitwalzen wichtig. Ihr Durchmesser soll z. B. bei 3 m Maschinenbreite nicht unter 180 mm liegen. Sie müssen glatt sein und dürfen sich nicht durchbiegen.

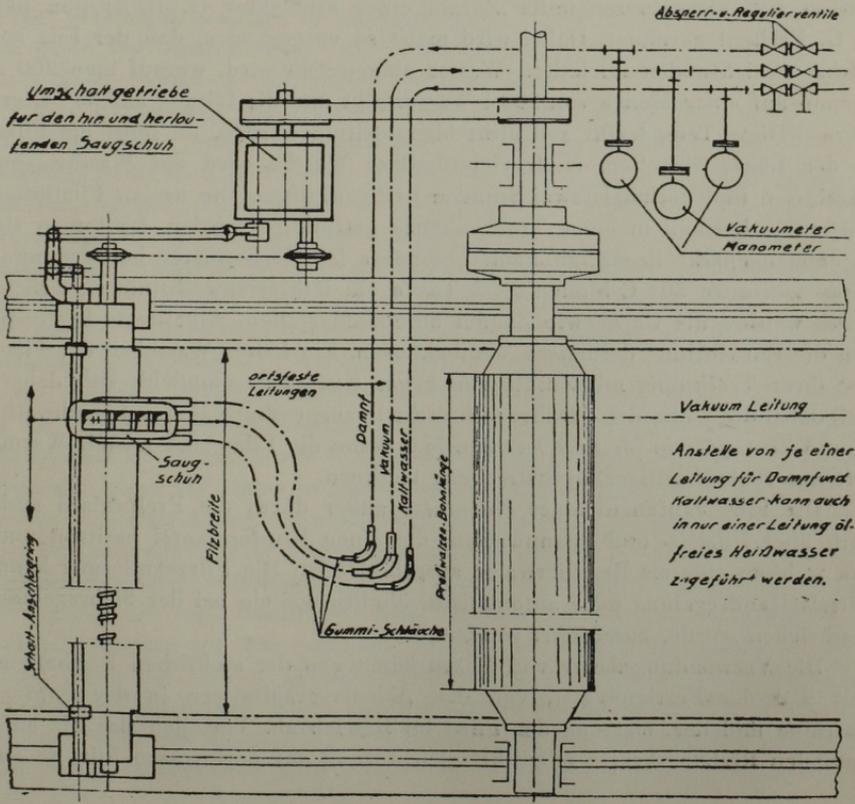
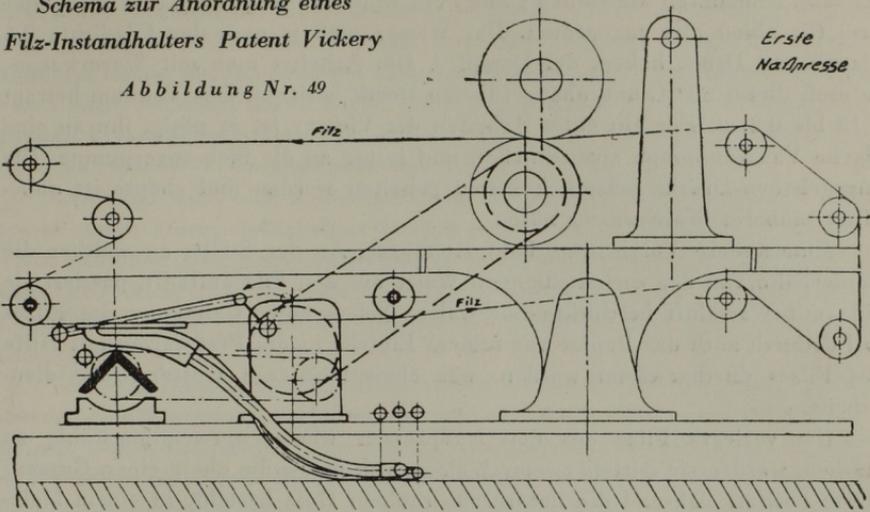
Um die Filze der ersten beiden Pressen untereinander verwenden zu können, sollen sie gleiche Länge haben. Es kann so ein aus der ersten Presse ausgezogener Filz nach seiner gründlichen Wäsche noch in der zweiten bzw. dritten Presse gute Dienste tun. Sind vier Pressen vorhanden oder ist schon die dritte als Steigpresse ausgebildet, so wird dieser Filz nach gewissen Laufzeiten zur Reinigung herausgenommen, um dann neuerlich eingezogen zu werden.

Es ist zweckmäßig, in der ersten Presse weichere, nicht zu eng gewebte Filze zu verwenden, damit sie sich nicht allzu schnell verlegen.

Zur längeren Laufdauer reinigt man die Filze schon während ihrer Arbeit in der ersten Presse laufend, wozu sich Waschpressen und der Vickery-Filz-instandhalter bestens eingeführt haben. Letztgenannter besteht aus einem Schuh, welcher auf einer Spindel dauernd über die Filzbreite hin und her geführt wird und an der Arbeitsseite des Filzes dicht anliegt. Innerhalb dieses Schuhs befindet sich eine Düse, aus welcher warmes Wasser oder kaltes Wasser und Dampf in den darüber gleitenden Filz eingespritzt wird. Die kleinen Düsenöffnungen beschränken den Wasser- und Dampfverbrauch auf ein geringes Maß. Kurz nachdem der Filz auf diese Weise an einer kleinen Stelle gut gewaschen ist, gleitet er über eine Vakuumzone, durch welche das hineingespritzte Wasser mit den gelösten Unreinheiten rasch herausgesaugt wird. Es findet somit kurz nacheinander eine gute Reinigung und Trocknung jeweils eines schmalen Filzstreifens statt. Der Filz bleibt locker und aufnahmefähig, da er dabei weder gepreßt noch geklopft wird. Die Gleitplatte auf dem Arbeitsschuh muß nach einer bestimmten Laufzeit infolge Verschleißes gewechselt werden. Eine Ausführung zeigt Abbildung Nr. 49 (Fa. Ph. Nebrich, Maschinenfabrik, Köthen).

Schema zur Anordnung eines  
 Filz-Instandhalters Patent Vickery

Abbildung Nr. 49



Bei schmälereu Maschinen genügt ein Apparat, bei breiten sind zwei oder drei für einen Filz angeordnet. Das Wasser muß je nach der Filzdichte 0,6 bis 1,8 atü Druck haben, der Dampf 1 atü. Arbeitet man mit Warmwasser, so muß dieses 50° C und obangeführten Druck besitzen. Das Vakuum beträgt 0,12 bis 0,2 at. Für ein gutes Arbeiten des Vickery ist es nötig, ihn an eine eigene Vakuumpumpe anzuschließen und ja nie an die Siebsaugerpumpe. Die angegebenen Drücke müssen konstant gehalten werden und ebenso ist unbedingt sauberes Waschwasser nötig.

Eine andere Vorrichtung baut Heimbach. An der Stelle, an welcher die Papierbahn von der vorhergehenden Walze auf den Filz aufläuft, passiert sie eine mit Warmluft beschickte Lochwalze. Neben einer Reinigung des Filzes soll dadurch auch das Papier vor seinem Eintritt in die Preßwalzen mit Hilfe des Filzes durchgewärmt werden, was einer leichteren Wasserabgabe dienlich ist.

Um verlegte Filze aus den Naßpressen wieder verwendungsfähig zu machen, werden sie mittels zweier Walzen, von denen die obere einen Gummi- bezug besitzt, während die untere aus rauhem Holz besteht, in einem Holzkasten mit Warmwasser unter Zusatz eines Emulgator (z. B. Igepon der I. G. Farben) gereinigt. Dabei wird meist so vorgegangen, daß der Filz zunächst zwei Stunden im kalten Wasser eingeweicht wird, worauf man 200 g Igepon auf einer Menge von 200 l Wasser gibt und die Lösung auf 30° C erwärmt. Diese Temperatur soll nicht überschritten werden, da sonst die Filze in der Länge eingehen. Nach vierstündiger Wäsche wird das Waschwasser abgelassen und nochmals zwei Stunden nachgewaschen. Die nassen Filztücher müssen sachgemäß in einer Trockenhänge getrocknet werden. Läßt man sie zusammengepackt liegen, so kann besonders im Hochsommer bei Temperaturen von etwa 30° C binnen 2—3 Tagen ein Bakterienwachstum entstehen, durch welches die Garne wie Zunder auseinanderfallen. Alkalireste begünstigen die Entwicklung derartiger Wollbakterien. Ein kaltes Waschbad der Filze vor ihrer Trocknung mit Zusatz von etwas Essigsäure empfiehlt sich daher, weil dabei die Wolle den für ihre technische Beanspruchung geeigneten schwach-sauren Zustand von  $\text{ph} = 4,9$  erhält. Man kann die Filze auch mittels Warmluft unter gleichzeitiger Breitstreckung trocknen.

Die Filze laufen in einer Naßpresse außer durch die Preßwalzen auch noch über Filzleit- und Spannwalzen, die einen Kupfermantel besitzen und von welchen eine als Regulierwalze ausgebildet ist. Die Filzregulierung kann mittels Handregelung oder automatisch, ähnlich wie sie bei der Siebregelung beschrieben wurde, ausgeführt werden.

Die Verwendungsdauer von Filzen hängt von der stofflichen Beschaffenheit und der Fertigungsart, von den Arbeitsverhältnissen in der Papiermaschine und der Wartung der Filze im Betrieb ab. Verteilen sich die auftretenden Reibungskräfte möglichst gleichförmig auf den ganzen Filz, so ist

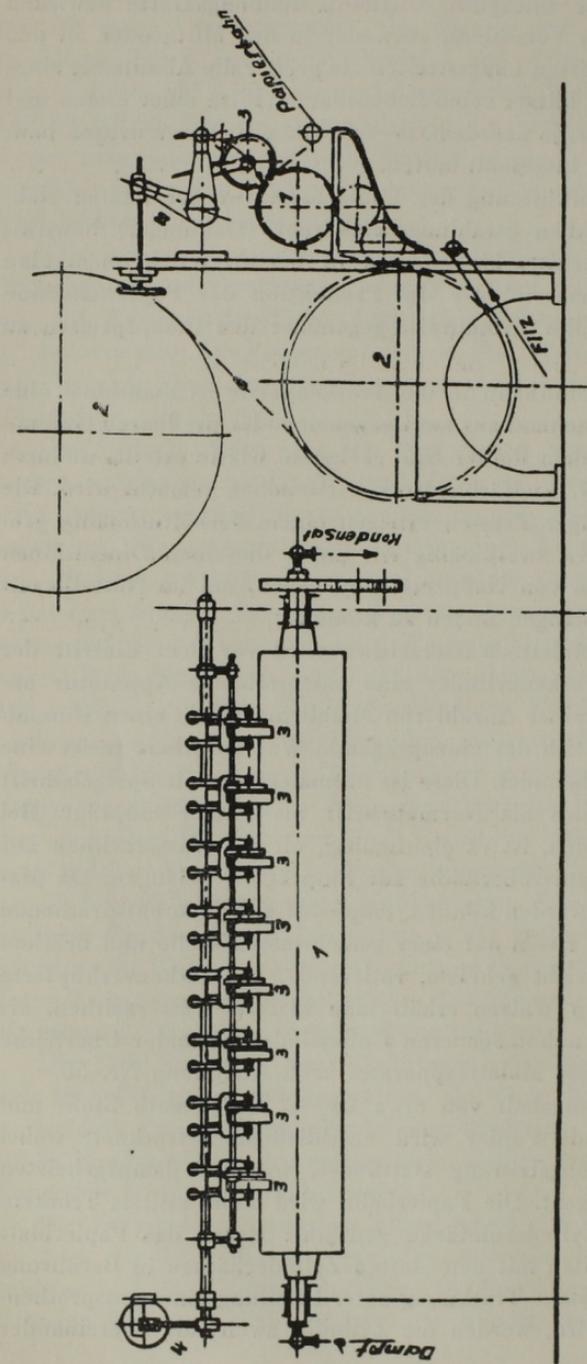
dies seiner Lebensdauer nur zuträglich. Ungleiche Reibungskräfte bewirken hingegen raschen einseitigen Verschleiß, entweder in der Mitte oder an den Rändern, immer aber in gewissen Längsstreifen. Je größer die Abnutzung eines Filzes durch Reibung, um so kürzer seine Lebensdauer. Filze einer ersten und zweiten Presse können daher, je nachdem, 3—6 Wochen, in einer dritten bzw. vierten Presse 5—7 Wochen insgesamt laufen.

Manchmal wird eine Anwärmung der Papierbahn vor der letzten Naßpresse durch einen elektrischen Strahlungsheizkörper (Danninger) bewirkt, wobei mitunter Dampfersparnisse bis zu etwa 15 % eintreten können. Man kann sich diese zunutze machen oder die Produktion der Papiermaschine steigern. Dabei sind jedoch die Strompreise gegenüber den Dampfpreisen zu kalkulieren. 25)

Vor dem Eintritt der Stoffbahn in die Trockenpartie ist manchmal eine sogenannte Offsetpresse, bestehend aus zwei gegeneinander preßbaren Gummiwalzen, angeordnet, welche dem Papier eine geeignete Glätte erteilt, wodurch es besonders für Offset- bzw. Vielfarbendruck verwendbar gemacht wird. Die Gummiwalzenbezüge derartiger Pressen erliegen einem verhältnismäßig größeren Verschleiß, weshalb es zweckmäßig ist, ihnen dieselben Dimensionen wie jenen der Gummiwalzen von Naßpressen zu geben, um im Notfalle mit einer Reservewalze das Auslangen finden zu können. 26)

Zur Herstellung von Molette-Wasserzeichen wird vor dem Eintritt der Papierbahn zum ersten Trockenzylinder eine entsprechende Apparatur angebracht. Diese besteht aus einer Anzahl von Metallringen, die einen Gummiüberzug besitzen, auf dem sich das einzuprägende Wasserzeichen, meist eine Schrift in erhabener Form, befindet. Diese ist normalerweise als Spiegelschrift ausgebildet, wodurch sie sich als Normalschrift ins Papier einprägt. Bei Papieren, die satiniert werden, ist es gleichgültig, ob die Wasserzeichen auf der rauhen oder glatten Papieroberfläche zur Einprägung gelangen. Da Moletteringe leicht beschädigt werden können, empfiehlt sich eine entsprechende Reservehaltung. Alle Ringe sitzen auf einer gemeinsamen Welle und drücken in das Papier gegen eine leicht geheizte, rotierende, oberflächenverkupferte Walze. Mit so ausgeführten Walzen erhält man klarere Wasserzeichen, als wenn die Ringe auf einem unhomogeneren Gußzylinder normaler Oberfläche laufen. Die Ausführung eines Moletteapparates zeigt Abbildung Nr. 50.

Das mit einem Trockengehalt von etwa 28—42 % (je nach Stoff- und Papiermaschinart) anfallende Papier wird anschließend getrocknet, wobei gleichzeitig die sog. Leimungsfröpfung stattfindet, was auf dampfgeheizten Trockenzylindern vor sich geht. Die Papierbahn wird dabei mittels Trockenfilzen gegen die glatten Zylinderumfänge gedrückt. Damit das Papierblatt abwechselnd auf beiden Seiten mit den glatten Zylinderflächen in Berührung kommt, wobei eine gleichmäßige Trocknung unter Erteilung einer entsprechenden Glätte durchgeführt wird, werden die Zylinder zweireihig übereinander 27)



- 1 Einführzylinder
- 2 Trockenzylinder
- 3 Molettewalzen
- 4 Molettewalzen-Anpreß- und Abheborrichtung

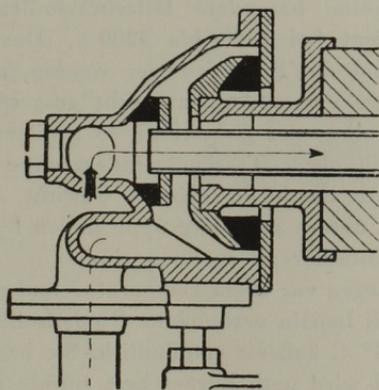
Abbildung Nr. 50

angeordnet. Wie später näher ausgeführt, erhält jeder Zylinder für sich oder Gruppen von zusammen zwei oder vier Zylindern einen Antrieb. Zu jedem Antrieb, also für einen, für zwei oder auch vier Zylinder gehört ein Trockenfilz, welcher einen dampfgeheizten Filztrockner besitzt. Der erste Zylinder einer Trockenpartie arbeitet meist ohne Filz. Während des fortschreitenden Trocknungsprozesses schrumpft die Papierbahn zusammen, weswegen die entsprechende Spannung durch Zugregulierung zwischen den einzelnen Zylindern oder Zylindergruppen ausgeglichen werden muß. Das in den Zylindern durch Wärmeabgabe des Dampfes gebildete Kondenswasser wird über Kondens-töpfe abgeleitet.

Die Trockenzyylinder selbst bestehen aus bestem Gußeisen und müssen eine porenfreie Oberfläche haben, die durch Bearbeitung auf hohe Glätte gebracht wird.

Neuzeitliche Trockenzyylinderdampfeströmungen werden stopfbüchsenlos ausgeführt. Die in Verwendung stehenden selbstschmierenden zwei Graphitringdichtungen zeichnen sich dadurch aus, daß die Abdichtung automatisch in Abhängigkeit vom jeweiligen Druck des Heizdampfes geschieht. Außerdem ergeben sie ein geringes Anfahrmoment beim Ingangsetzen der Zylinder und niedrigen Kraftbedarf. Dampfeströmung und Kondensat-abführung erfolgt an derselben Stelle. Eine Ausführung zeigt Abbildung Nr. 51 (Voith).

#### *Trockenzyylinder-Dampfeströmung*



*Abbildung Nr. 51*

Jeder Zylinder muß mit Rücksicht auf unterschiedliche Zylinderdrücke einen eigenen Kondensstopf besitzen, da sonst Stauungen in den einzelnen Zylindern auftreten können. Wasserfüllung eines Zylinders macht sich sofort im Nachlassen seiner Trockenleistung bemerkbar. Die Trockenzyylinder

besitzen Stahlschaber, die sauber gehalten werden müssen, um Streifenbildungen zu vermeiden.

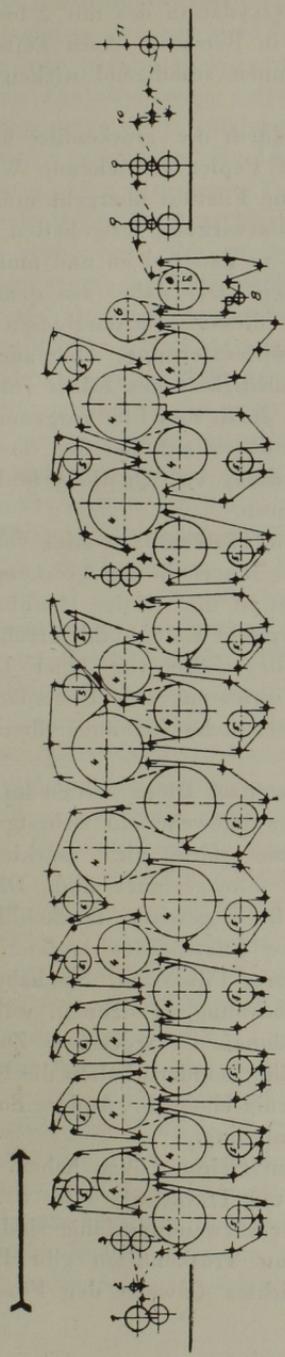
Statt Kondenstöpfen gibt es auch verschiedene, sehr zweckmäßig ausgebildete Kondensatableiter wie regelbare Thermostate (z. B. System „Kofra“), wodurch eine viel zweckmäßigere und wärmewirtschaftlichere Arbeit als mit Kondenstöpfen ermöglicht wird.

Die Anordnung von Trockenzylindern bezüglich ihres Durchmessers kann sehr verschieden sein. Es gibt große Glätzzylinder von etwa 4,8 bis 5 Meter Durchmesser zur Erzielung guter einseitiger Glätten. Für mittlere und feine Papiere kann eine Anordnung z. B. nach folgendem Schema gewählt werden (Abbildung Nr. 52): Ausführung Maschinenfabrik Bruderhaus, Reutlingen.

Dabei haben die ersten Zylinder einen Durchmesser von 1500 mm, während etwa in der Mitte der Trockenpartie vier größere des Durchmessers von 2000 mm und zwei ebenso große als Nachtrockner angeordnet sind. Vor letztgenannten Nachtrocknern, bzw. überhaupt vor der gesamten Nachtrocknungspartie befindet sich eine sogenannte Feuchtglätte, die aus geschliffenen und polierten Hartgußwalzen besteht, welche eine gegenseitig pneumatische Anpressung besitzen können. Im gezeigten Schema besitzt, infolge Einzelmotorantriebes, jeder Trockenzylinder seinen eigenen Filztrockner. Für die Erreichung guter Papierglätten werden mitunter auch sogenannte Filzanpreßwalzen bei den Trockenzylinderfilzen angebracht. Ihr Betrieb bedarf jedoch aufmerksamster Wartung; sie geben leicht zu Papierausschuß Anlaß.

Die Trockenfilze selbst sind dicke Baumwolle- oder Asbestgewebe, von welchen die letzteren eine besondere Hitzebeständigkeit aufweisen. Ihr Quadratmetergewicht liegt bei 2500 bis 4200 g. Dort, wo größere Verdampfung stattfindet und die Filze feuchter werden, nimmt man leichtere und durchlässigere Filze. Verwendet man nicht ausgesprochene Sonderfilze, wie Evaporator-, Halbwolle- oder Asbestfilze, so genügen Wollfilze mit 2800 bis 3200 g/m<sup>2</sup>. Für die obere Trockenzylindergruppe wählt man schwere Qualitäten, da diese sich durch ihr eigenes Gewicht satt auf die Papier-trockner legen. Für die untere Zylindergruppe finden leichtere Filze Anwendung, da diese auch einfacher zu spannen sind.

Trockenfilze unterliegen vor allem Temperatur- und chemischen Einflüssen. Als Eiweißkörper (durch Lanain verbundene Rindenzellen) ist die Wolle für Temperaturen über 100° C äußerst empfindlich. Sie beginnt sich bereits bei 120° C zu bräunen und wird nach kurzer Zeit spröde und brüchig. Solange im Filz genügend Feuchtigkeit vorhanden ist, besteht keine Gefahr, daß die Filztemperatur wesentlich über 100° C hinausgeht. Chemische Einwirkungen werden durch die mit der Papierfeuchtigkeit unter Umständen übertragene schwefelsaure Tonerde und deren hydrolytische Spaltung hervorgerufen. Es können in Filzen ph-Werte bis zu 3 auftreten, was bei den verhältnismäßig hohen Temperaturen mit der Zeit zu Zerstörungen führt. Außer-



- |                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| 1 Naffilz-Wendepresse | 7 Feuchtlättwerk   |
| 2 Malette-Apparat     | 8 Schöllerfeuchter |
| 3 Offetpresse         | 9 Glättwerk        |
| 4 Trockenzylinder     | 10 Längsschneider  |
| 5 Filztrockner        | 11 Rollapparat     |
| 6 Kühlzylinder        |                    |

Papierbahn — — — — — Trockenfilz — — — — —

(Ausführung der Maschinenfabrik Bruderhaus, Reutlingen)

Abbildung Nr. 52

dem kommen schädliche Einwirkungen durch Oxydation des mit 2 bis 5 % vorhandenen Wollschwefels zu Schwefelsäure in Betracht. Auch Fettstoffe, die in Schafwollgeweben vorhanden sind, können schädigend wirken (Abspaltung von Fettsäure).

29) Beim Trocknungsvorgang wird das Papier durch die Trockenfilze an die heißen Zylinder gepreßt, wobei der aus dem Papier entstehende Wasserdampf unmittelbar in das anpressende trockene Filztuch übergeht und hier in den Textilfasern durch Quellung und Kapillarwirkung festgehalten wird. Der Feuchtigkeitsgehalt der Filze reichert sich so dauernd an und muß ihm durch die Filztrockner wieder entzogen werden. Der dabei aus dem Filz entstehende Wasserdampf entweicht durch diesen. Darüberblasen von trockener Warmluft beschleunigt die Wasserdampfentfernung. Aber auch mit diesem Hilfsmittel wird nur ein Teil der Feuchtigkeit des Filzes entfernt, weshalb besser ein Durchblasen von Warmluft durch den Filz vorgenommen wird (System Heimbach). Die Textilfasern befinden sich bei den Trockenfilzen in einer dauernd wechselnden Beanspruchung von Quellung und Entquellung bei verhältnismäßig hohen Temperaturen.

Außerdem ist es für die Lebensdauer von Trockenfilzen auch von Bedeutung, daß sie eine gute maschinelle Führung innerhalb der Trockenpartie haben und fachgemäß behandelt werden. Dabei ist die richtige Handhabung der Filzspannung sehr wesentlich. Nach dem System Kaltschmidt erfolgt die gleichzeitige Spannung oder Entspannung aller Filze von einer Druckknopftafel aus, wobei durch eine besondere Einrichtung eine Überspannung der Trockenfilze verhindert wird, womit eine elastische Spannung überhaupt verbunden ist.

Gewisse Vorteile bringen auch Asbesttrockenfilze. Diese werden im Prinzip so hergestellt, daß auf ein starkes Baumwollgewebe ein Asbestgewebe aufgewebt wird. Derartige Filze besitzen schöne glatte, nicht markierende Oberflächen, weshalb sie auch für Feinpapier sehr geeignet sind. Die Erhitzung dieser Filze ist eine so nachhaltige, daß ein gewisses Trockenbleiben gewährleistet ist, weshalb sie mitunter ohne Filztrockner laufen. Ihre Lebensdauer ist durchwegs länger als die anderer Filzsorten. Sie haben jedoch die Eigenschaft, sich bei zu starker Trocknung zu dehnen, während sie sich beim Feuchtwerden straffen. Sie können im trockenen Zustand leicht abgerieben werden, sind nicht quellungsfähig, sondern halten die Feuchtigkeit nur kapillar fest, außerdem sind sie wenig elastisch. Andere Sonderfilze sind solche mit Metallisierung oder Gummierung.

Die Trockenfilze sämtlicher Gruppen sollen gleiche Länge haben. Ihre Laufdauer kann beim ersten oberen und unteren Trockenfilz 4 bis 5 Jahre betragen, während Endtrockenfilze etwa 1 Jahr verwendungsfähig sind.

Über zweckentsprechende Behandlung von Trockenfilzen gibt Belani eine übersichtliche Zusammenstellung. Zu dichtes Gewebe der Filze, zu

kleine Filztrocknerflächen und zu strammes Anspannen kann ein richtiges Verdampfen des aus der Papierbahn kommenden Wassers behindern. Es können so nasse Stellen entstehen, bei welchen unter früher genannten Einflüssen Fäulnisprozesse auftreten können. Derartige Vorgänge spielen sich um so rascher ab, je minderwertiger die Wollqualität eines Trockenfilzes und je dicker er ist. Auf die Laufdauer der Trockenfilze wirkt ferner auch die Belastung der wirksamen Trockenflächen der Papierbahn ein. Meist ist ein Verhältnis von Trockenflächen zwischen Trockenzyylinder und Filztrockner von 3 : 1 vorhanden. Bei zu hoher Belastung der wirksamen Papiertrocknerflächen steigt der Verschleiß an Trockenfilzen. Noch schonenderer Behandlung als die widerstandsfähigen Schafwollfilze bedürfen die Baumwollfilze, wie solche für Schnellläuferpapiermaschinen verwendet werden, da ihr dünnes Gewebe von etwa 2500 g/m<sup>2</sup> noch empfindlicher ist. Schlechte Baumwollqualitäten machen sich rasch bemerkbar. Sowohl Schaf- als auch Baumwollfilze springen stark ein, wenn sie trocken werden, d. h. sie werden kürzer. Eine sofortige Entspannung der Trockenfilze beim Reißen der Papierbahn ist daher wichtig, um das sonst auftretende starke Anpressen dieser Filze an die heißen Zylinder zu verhindern.

Bei der Trocknung von Filzen mittels kleiner Zylinder von etwa 1,0 atü Druck und einer Wandtemperatur von 115 bis 120 ° C wird vorwiegend nur eine rasche Trocknung der an den Zylinderflächen anliegenden Filzschicht mit gewebeschildigenden Überhitzungen erreicht. Um eine gleichmäßige Durchtrocknung des ganzen Filzes zu ermöglichen, wurde der Heimbach-Filztrockner entwickelt. Dabei wird Warmluft durch die Hohlwelle des gelochten Filztrockenzylinders eingedrückt und mittels eines im Trocknerinneren vorhandenen Kastens so verteilt, daß sie an dem filzumspannten Umfang der Trommel durch den perforierten Mantel und durch den Filz strömen kann. Es wird dabei mit einem Überdruck von 100 bis 350 mm WS bei Lufttemperaturen von 100 bis 120 ° C gearbeitet. Die Trockenleistung von Papiermaschinen kann durch den Einbau von Heimbach-Trocknern erhöht werden, wobei der Dampfverbrauch für die Heißluftherzeugung und die Ventilatorleistung etwa gleich groß ist als bei der Anwendung üblicher Filztrockner. Jedoch sind die Filze wesentlich weniger feucht und kühler, was einer Filzschonung gleichkommt.

Bezüglich der Dampfverbrauchszahlen zum Papiertrocknen ist zu sagen, daß diese vom Einlauf-trockengehalt und der Papiersorte abhängen. Dabei sei bezüglich des Trockengehaltseinflusses bemerkt, daß 1 % Trockengehaltsabfall etwa 5 % Dampf-mehrverbrauch ausmachen können. Außerdem spielen auch Umgebungseinflüsse sowie die Belastungsverhältnisse einer Papiermaschine eine nicht zu unterschätzende Rolle. Es ist zweckmäßig, den Dampfverbrauch nicht für 1 kg Papier, sondern für 1 kg Wasserverdampfung anzugeben. Hältige Papiere sollen bei neuzeitlichen Anlagen für

1 kg Wasserverdampfung etwa 1,5 kg Dampf, Spinnpapier und Pergamentersatz etwa 1,7 bis 1,8 kg Dampf benötigen (v. Laßberg). Beste Vergleiche bieten die Angaben über 1 kg Wasserverdampfung pro 1 m<sup>2</sup> wirksamer Trockenfläche. Moderne Papiermaschinen sollen Leistungen von 5 bis 8 kg Wasserverdampfung je 1 m<sup>2</sup> wirksamer Trockenfläche und Stunde aufweisen.

Zum Trocknen des Papiers wird leicht überhitzter Dampf möglichst niedrigen Druckes verwendet. Man kommt im allgemeinen bei richtig bemessenen Trockenflächen und genügend großen Dampfrohreintrittsquerschnitten mit 0,5 bis 1 atü aus (1 atü = rund 120° C). Niedriger Druck ist besonders für eine günstige Wärmewirtschaft speziell bei kalorischen Gegendruckanlagen von besonderer Bedeutung. Für gute Dampfausnutzung haben sich z. B. auch die Dampfkreisanlagen V. I. B. Frankfurt bewährt, wobei die Brüden des Kondensats für die Trockenzyylinder mittels Injektors verwertet werden. In Nordamerika wurde auch je Zylinder ein Injektor verwendet, der durch ein Syphonrohr das Kondensat aus dem Zylinder zusammen mit der Luft entfernt, während der Dampf zur Kondensation im Zylinder bleibt. Anlagen zur Entfernung der durch ihre Isolationswirkung störenden Luft in Trockenzyindern wurden auch schon früher von Lütschen gebaut. Die Dampfersparnisse, welche durch Verwendung der Kondensat-Nachverdampfungs-Wärme erzielt werden, sind allerdings um so geringer, je niedriger der Dampfdruck in den Trockenzyindern ist.

Zur geringfügigen Steigerung der Trockenleistung von Zylindertrocknern wird Warmluft zur Schwadenentfernung zwischen die Zylinder geblasen.

Für die zweckentsprechende Führung des Trocknungsprozesses und der Leimfrittung ist es nötig, die Trockenzyindertemperaturen so einzustellen, daß nach bestimmten Trockenkurven, die für die einzelnen Papierarten verschieden sein können, gearbeitet wird. Im allgemeinen sollen die Temperaturen gegen die Mitte der Trockenpartie zu steigen und später wieder abfallen. Sehr gut bewährte Temperaturüberwachungseinrichtungen wurden gebaut, um im oben angedeuteten Sinn arbeiten zu können (z. B. Fa. Höpfel, Köhler u. Comp., Chemnitz). Dabei bekommt jeder Trockenzyylinder einen Temperaturfühler, der so angeordnet ist, daß er weder beim Aufführen des Papiers stört noch das Filzwechseln behindert. Die Temperatur wird auf elektrischem Weg über zwei Leitungen zu einem Thermostat und von da zu einer Instrumententafel geleitet. Ein Thermostat ist nötig, um die Angaben der Instrumente von der Raumtemperatur unabhängig zu machen. Eine derartige Anlage arbeitet nach thermoelektrischem Prinzip. Bei zwölf angeschlossenen Zylindern enthält die Instrumententafel beispielsweise zwölf in Grad C geeichte Profilinstrumente, deren Skalen von 1° C zu 1° C unterteilt sind. Die Profilinstrumente werden untereinander so angeordnet, daß sie von den Dampfventilen der Trockenzyylinder aus gut sichtbar sind. Die Temperaturangaben werden mit einem Spielraum von  $\pm 2^{\circ}$  C gewährleistet.

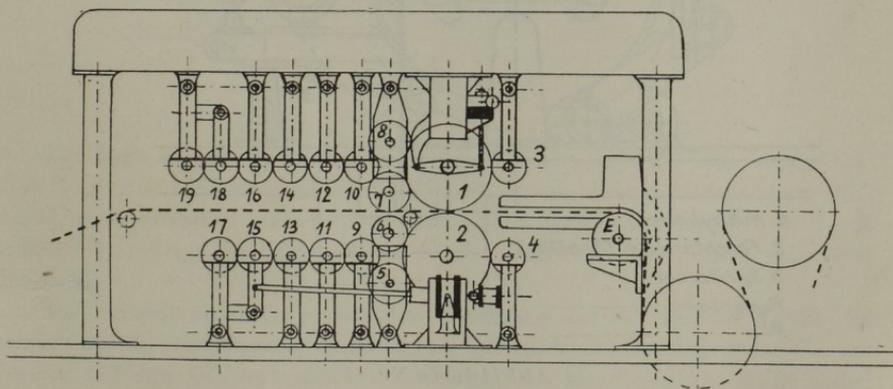
Um Umgebungseinflüsse auszuschalten und eine gute Schwadenabführung zu ermöglichen, versieht man die Trockenpartien mit Dunsthauben, von denen aus es leichter möglich ist, die Schwadenwärme der Trockenzyylinder zur Raumluftheizung auszunützen. Zweckentsprechende Raumgestaltung des Papiermaschinengebäudes ist für das wirtschaftliche Arbeiten von Trockenpartien nötig.

Die Durchführung der Papierbahn durch eine Trockenpartie, welche bei Geschwindigkeiten bis etwa 150 m/Minute meist von Hand erfolgt, kann auch mit Anwendung eines endlosen Seiles vorgenommen werden. Bei hohen Geschwindigkeiten bedient man sich der Preßluftauführung mittels Preßluftstrahlen.

Mitunter werden Trockenpartien auch mit Einrichtungen für bestimmte Zwecke ausgerüstet, welche durchwegs auf besondere Oberflächeneigenschaften abgestellt sind. Man kann zur Erzielung einer Sonderglätte eine Oberflächenleimung zwischenschalten, wobei für bestimmte Zeichen-, Aquarell- oder Bücherpapiere eine Oberflächenimprägnierung vorgenommen wird. Die Papierbahn läuft dabei durch einen Trog, welcher die Leimlösung enthält, wird anschließend durch ein Gummiwalzenpaar ausgepreßt und gelangt über zwei Haspeln mit Warmluftzufuhr auf die Nachtrockner, bei welchen die ersten beiden Zylinder aus nichtrostendem Stahl bestehen oder einen entsprechenden Schutzüberzug besitzen.

Für besondere Zwecke wurde das amerikanische Massey-Verfahren entwickelt, welches gestattet, in der zweiten Hälfte der Trockenpartie einen Füllstoffauftrag (Strich) vorzunehmen, wodurch ein gut bedruckbares Papier von samtartigem Aussehen entsteht. Die fertig zubereitete Farbe und Füllmasse wird je nach der gewünschten Stärke dosiert, den Auftragswalzen zugeleitet und das Papier damit überzogen. Eine schematische Anordnung zeigt Abbildung Nr. 53.

*Die Walzenanordnung einer Massey-Papiermaschine*



- 1, 2 Auftragswalzen; 5—8 Verteilwalzen; 9, 10 Zwischenwalzen; 11—14 oszillierende Walzen;  
16 Zwischenwalze; 15, 17—19 Farbwalzen; E Einführzylinder

*Abbildung Nr. 53*

Die Einrichtung wird so in eine Papiermaschine eingebaut, daß ein Übergang von der Erzielung normaler Papiere zu diesen gestrichenen Papieren und umgekehrt ohne Unterbrechung der Produktion erfolgen kann. Dieses Verfahren wird hauptsächlich für leicht gestrichenes Zeitungsdruckpapier, für Illustrationsdruck, Tapetenpapier und leichte Kartons angewandt.

Das aus einer Trockenpartie kommende Papier muß gekühlt werden, um glattliegendes Papier zu bekommen. Zu diesem Zweck läuft es meist über zwei verkupferte, mit Wasser beschickte Kühlzylinder, in welchen das Wasser durch Drosselung des Abflußhahnes beliebig hoch gestaut werden kann.

Zur Feuchtung einer Papierbahn für das nachträgliche Glätten am Kalandrier kann beispielsweise ein Schöllerfeuchter angeordnet werden. Bei diesem Apparat wird ein dünnwandiger, gußeiserner Zylinder, der zum Vermeiden von Rost mit einem Kupferüberzug versehen ist, vom Wasser durchlaufen. Über dem Zylinder läuft ein Filz, welcher durch ein Wasserbad angefeuchtet und durch ein Walzenpaar (ähnlich wie bei einer Filzwäsche) entwässert wird. Zwischen dem gekühlten Zylinder und den angefeuchteten Walzen läuft die Papierbahn, welche so auf beiden Seiten eine gleichmäßige Kühlung und Feuchtung erfährt. Eine Ausführung zeigt Abbildung Nr. 54.

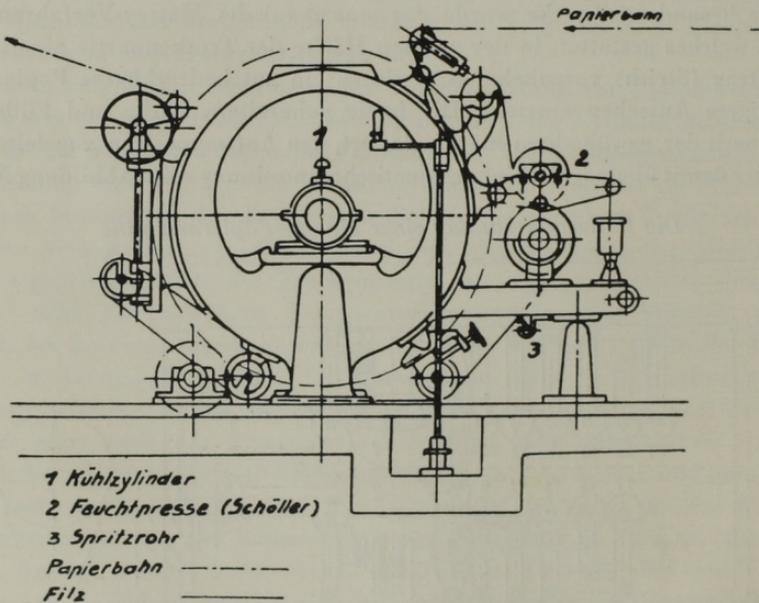


Abbildung Nr. 54

Andere Ausführungen stellen Sprühfeuchter oder auch Bürstenfeuchter dar, auf welche unter II b näher eingegangen wird.

Eine Sonderanordnung ist die Bauart Kullen, welche aus zwei Bürsten und zwei in einem Wassertrog eintauchenden Walzen besteht. Die sich gegenläufig mit hoher Geschwindigkeit drehenden Bürstenwalzen sind so gelagert, daß sie die Wasserstrahlen unterhalb der Bahn führen. Durch die dabei entstehenden Windwirbel und das gegen die Bahn in feinen Tropfen geschleuderte Wasser bilden sich feinste Nebel, die auf dem Papier eine gleichmäßig dünne Feuchtigkeitsschicht erzeugen. Der Einbau dieses Apparates erfolgt unterhalb der Papierbahn, wie Abbildung Nr. 55 zeigt.

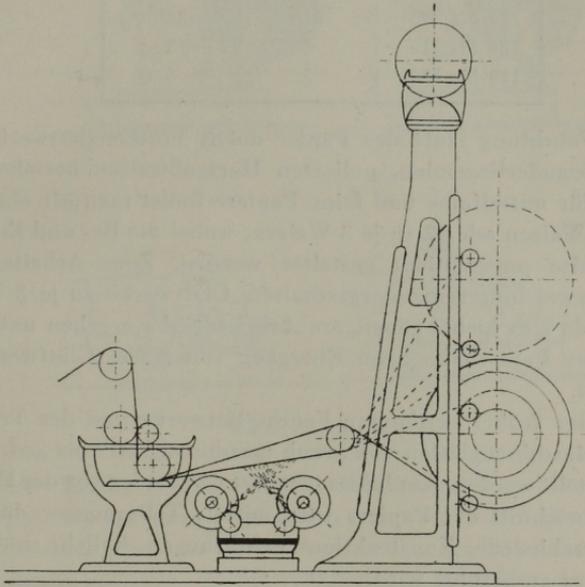


Abbildung Nr. 55

Zur Regelung der Feuchtigkeit ist der Wasserspiegel im Trog einstellbar. Auch kann die Umfangsgeschwindigkeit der Tauch- bzw. Bürstenwalzen mittels Getriebe geändert werden. Der Winkel des Spritzwasserbündels ist durch radiale Verstellung der Bürstenwalze an der Tauchwalze vergrößer- oder verkleinerbar.

Zur Einstellung einer bestimmten Feuchtung auf der Papiermaschine ist es auch üblich, statt Prozent Feuchtigkeit auf trockenes Papiergewicht Gramm Wasser auf den Quadratmeter zu rechnen. Der Maschinführer wiegt dabei einen üblichen Maschinenbogen wie bei der Quadratmetergewichtskontrolle (z. B.  $\frac{1}{4}$  Bogen [oder  $80 \times 12,5$  cm], der auf eigenen Waagen direkt als Quadratmetergewicht angezeigt wird) nach der Papiermaschinenfeucht-

apparatur, läßt ihn hierauf einmal über einen Trockenzylinder laufen und wiegt wieder. Die Differenz ergibt g Wasser je 1 m<sup>2</sup> Papier. Je nach dem Quadratmetergewicht des Papiers und der eventuellen Weiterbehandlung in der Papierausrüstung können z. B. folgende Feuchtungen vorgenommen werden:

Papiergewicht g/m	g Wasser/m <sup>2</sup>	
	bei Mattsatina	bei Scharfsatina
45 bis 50	1/2	2
80 bis 90	2 1/2	3 1/2
100 bis 110	4	5
120 bis 130	5	6

3A) Nach der Feuchtung läuft das Papier durch Trockenglättwerke, die aus 3 bis 10 übereinanderliegenden, polierten Hartgußwalzen bestehen können. Bei Maschinen für mittelfeine und feine Papiere findet man oft ein derartiges Glättwerk zu 5 Walzen oder 2 zu je 3 Walzen, wobei die Be- und Entlastungen zweckmäßigerweise pneumatisch gestaltet werden. Zum Arbeiten feinerer Kartons haben zwei hintereinandergeschaltete Glättwerke zu je 3 Walzen gewisse Vorteile, da sich hiebei günstigere Arbeitsdrücke ergeben und eine Zwischenkühlung der Papierbahn beim Übergang von einem Glättwerk zum anderen stattfindet.

Mit Hilfe der früher erwähnten Feuchtglättwerke und der Trockenglättwerke können Maschinenglätten von „rauh maschinenglatt“ bis „scharf maschinenglatt“ hergestellt werden. Am bildsamsten ist das Papier vor der Feuchtglätte.

Der Längsbeschnitt des Papiers wird mittels Tellermesser durchgeführt, von denen verschiedene Konstruktionsausführungen üblich sind, worüber unter II b einiges ausgeführt wird.

Zum Aufrollen des Papiers dienen Rollstangen oder Tamboure, wobei mit Ölfriktion, Poperoller, Elektrowickler oder Allroller gearbeitet werden kann. Tamboure sind eiserne Rollstangen für maschinenbreite Rollen und besitzen meist einen Durchmesser von 350 mm. Auf sie können etwa 1500 kg Papier aufgewickelt werden, wozu noch das Eigengewicht eines Tambours kommt. Mitunter ist es jedoch auch üblich, ein Mittelding zwischen Rollstangen und Tambouren zu nehmen, wobei eiserne Hülsen auf eisernen Rollstangen aufgeschoben werden. Die Befestigungsart dieser Hülsen gibt jedoch immer zu Störungen Anlaß.

Die Ölfriktion (Firma Bruderhaus-Reutlingen) ermöglicht durch hohe Feinfühligkeit die Herstellung gleichmäßig gewickelter Rollen in jeder gewünschten Härte.

Demgegenüber stellt der Poperoller einen Rollapparat mit Tragtrommel dar (nimmt die Papierrolle durch Umfangsreibung mit), wobei die Trag-

trommel gleichzeitig als Kühlzylinder benutzt wird. Einführung des Papiers und Wirkungsweise des Rollapparats sind aus nachstehender Skizze, Abbildung Nr. 56, ersichtlich.

Rollapparat mit Tragtrommel (Schema)

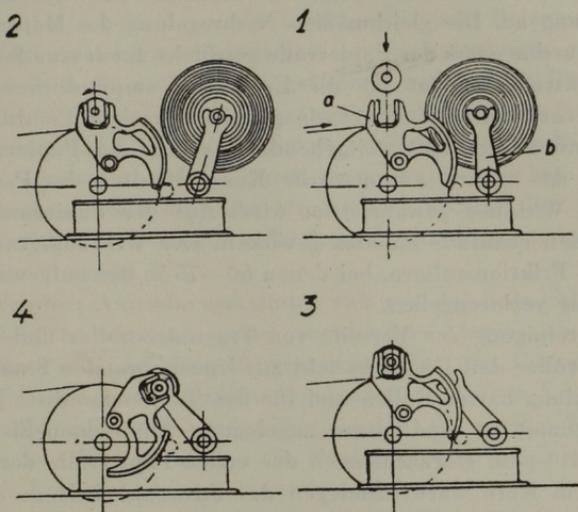


Abbildung Nr. 56

Der leere Tambour wird dabei in die senkrecht gestellten Schwenkhebel-<sup>52.)</sup>lage eingelegt, die laufende Papierbahn eventuell mittels Preßluft aufgeführt und nach Herausnehmen der vollen Papierrollen der Tambour mit aufgewickeltem Kern durch Umlegen der Schwenkhebel in die Lager der äußeren Gabelhebel gelegt.

Tragtrommelroller werden bei Arbeitsgeschwindigkeiten über 100 m/Minute und Papierstärken von 200 g/m<sup>2</sup> aufwärts bevorzugt, wenn auf die Regelung der Wickelstärke keine hohen Anforderungen gestellt werden und maschinenbreit aufgewickelt wird. Die Papierbahnbreite muß gleichmäßig gearbeitet sein, da sonst störende Faltenbildung eintritt. Eine Regelung der Wickelhärte ist nur in geringen Grenzen durch eine besondere Entlastungsvorrichtung möglich, welcher Nachteil sich nur auf gewisse Papiersorten auswirkt. Der große Vorteil dieser Konstruktion besteht in dem ausschlußlosen, bequemen Tambourwechsel selbst bei hohen Arbeitsgeschwindigkeiten, weshalb Schnellläufer durchwegs mit Tragtrommelrollern ausgerüstet werden.

Der Elektrowickler nach Siemens-Schuckert beruht in seinem Arbeitsgrundsatz auf den Rollvorgängen, wonach der Antrieb gleichbleibende Leistung bei einer Drehzahl liefern muß, die mit fortschreitendem Aufwickeln hyper-

bolisch absinkt. Als Antriebsmotor dient ein fremderregter Gleichstrom-Nebenschlußmotor, der seine regelbare Spannung von einem Leonarddynamo haben kann. Über die Grundgeschwindigkeit hinaus erfolgt die zusätzliche Regelung entsprechend dem zunehmenden Rollendurchmesser durch Regelung im Feld des Motors, welcher konstante Leistung gibt und bei dem mit abnehmender Drehzahl sein Drehmoment steigt. Der Strommesser zeigt unmittelbar die Papierspannung an. Die gleichmäßige Nachregelung des Motors mit der Zunahme des Durchmessers der Papierrolle geschieht durch eine Sonderschaltung.

Der Elektrowickler ist für die Erzeugung empfindlicher Papiere oder solcher, die zur nachfolgenden Satinage einer starken Feuchtung bedürfen, zweckentsprechend. Er läßt weitgehende Regelung der Papierrollenhärte zu, wobei durch das exakte, automatische Konstanthalten des Papierzuges eine gleichmäßige Wicklung gewährleistet wird. Auf der Papiermaschine geteilte Bahnen werden ebenfalls tadellos gewickelt. Der Wirkungsgrad ist viel günstiger als bei Friktionsrollern, bei denen 60—75 % der aufgewandten Energie durch Reibung verlorengehen.

Eine Vereinigung der Vorteile von Tragwalzenroller und Elektrowickler stellt der Allroller dar. Dieser besteht aus einem normalen Tragtrommelroller, der zur Wicklung harter Rollen und für den Tambourwechsel jeder Aufwicklungsart bestimmt ist, und einem angebauten Eintambour-Elektrowickler.

Dabei wird nach Herausnehmen der vollen Papierrolle der Tambour mit aufgewickeltem Kern durch Umlegen des Schwenkhebels in die Lager der äußeren Gabelhebel gelegt. Nach Einschaltung des Elektrowicklermotors werden dann die Hebel in senkrechte Stellung gebracht und es wird die Wicklung durch den Elektrowickler übernommen.

Für das Arbeiten besonders dünner Papiere auf Selbstabnahmemaschinen wird die Papierbahn in der Papiermaschine auf die gewünschte Teilbreite geschnitten; die Papierbahn läuft auf einem Haspel auf, dessen Umfang ein Vielfaches der gewünschten Bogenlänge beträgt. Ist eine genügende Papiermenge am Haspel aufgelaufen, wird dieser mit einem Messer durchgeschnitten und die Bahn auf einem Planschneider mit verlängertem Tisch geschnitten.

Über jeder Papiermaschine ist eine Kranbahn angeordnet, wodurch alle Montage- und Reparaturarbeiten wesentlich erleichtert werden. Diese, bzw. ein Elektrozug, dient auch für die Weiterbeförderung der fertigen Papierrollen. Die Gesamtanordnung einer Papiermaschine in schematischer Darstellung zeigt Abbildung Nr. 57 (siehe Beilage).

Da eine Papiermaschine für sehr unterschiedliche Geschwindigkeiten gebaut sein muß, ist es erforderlich, ihren Antrieb mit entsprechender Drehzahlregelung auszuführen. Von den alten Antriebsweisen mit liegenden Dampfmaschinen und riesigen Konusscheiben ist man schon längst abgegangen. Es entwickelte sich die Anordnung, bei der ein in seiner Drehzahl unveränderlicher Elektromotor mit Wechselrädern (auswechselbare Stirnräder mit ver-

schiedenen Übersetzungen) über Konusscheiben auf eine Längstransmission trieb, wobei von dieser aus mittels kleinen Konusscheibenpaaren und Winkelrädern der Antrieb der einzelnen Maschinenteile bzw. Gruppen erfolgte.

Verbesserte Längstransmissionsausführung stellt dann der Antrieb mit Kapseldampfmaschinen dar. Bei diesen stehenden Dampfmaschinen wird die Geschwindigkeit durch einen Öldruckfeinregler völlig stufenlos bis zu einem Verhältnis von 1 : 15 beliebig geregelt, wobei für jede Belastung die einmal eingestellte Papiermaschinesgeschwindigkeit praktisch konstant gehalten wird. Die Dampfmaschine ist vollkommen gekapselt und besitzt Drucköl-Umlaufschmierung für Welle und Triebwerk. Durch Drehung einer Handkurbel am Öldruckfeinregler wird die Geschwindigkeit erhöht oder erniedrigt. Die Steuerung der Dampfmaschine erfolgt durch einen Kolbenschieber, der auch bei höchster Drehzahl gleichmäßige Dampfverteilung bewirkt. Der Abdampf dieser Maschine wird zum Heizen der Trockenzylinder benützt, so daß sich ein Gegendruckbetrieb ergibt.

Die elektrischen Antriebe gestalteten sich mit der Entwicklung drehzahlregelbarer Gleichstrommotore, wobei verschiedene Arten, wie nebenschlußregelbare Motore mit und ohne Hilfsspannung, Zu- und Gegenschaltung, sowie Leonard-Schaltung zur Ausführung gelangen. Alle diese Schaltungen wurden mit Einmotorenantrieb ausgeführt, wobei über eine Längstransmission mit konischen Riemenscheiben die Papiermaschine betrieben wurde. Mit Steigerung der Papiermaschinarebeitsgeschwindigkeit und der Forderung nach feinsten Zugregulierungen entwickelten sich die Mehrmotorenantriebe, worüber u. a. Kießling eine Übersicht gibt. Demnach wird bei der ursprünglichen Bauart, z. B. nach Siemens, die Geschwindigkeit jedes Einzelmotors mit der Geschwindigkeit einer mechanischen Leitwelle in einem mechanischen Differential verglichen. Tritt in dem eingestellten Geschwindigkeitsverhältnis eine Änderung ein, so wird selbsttätig durch Verstellen eines Nebenschlußreglers die Drehzahl des Teilmotors auf den höheren Wert gebracht. Die Kraftübertragung erfolgt elektrisch, die Zueinstellung rein mechanisch. Bei dieser Bauart werden große Regelbereiche, also ohne Umschaltgetriebe, durchfahren. Deswegen werden bei Regelbereichen über 1 : 6 in Reihe mit den Ankern der Teilmotoren kleine Zusatzgeneratoren geschaltet, die den inneren Spannungsabfall der Teilmotoren decken, welche dadurch immer volles Feld haben. An Stelle der früher angewandten Teilmotoren mit freistehendem Zahnradgetriebe wurden später Getriebemotoren gebaut, wodurch die Breite der Maschinenteile verkleinert und der freie Platz zwischen den Einzelmotoren vergrößert wurde.

Die Motoren arbeiten direkt auf die Wellenzapfen der Naßpressen, mit denen sie durch elastische Kupplungen verbunden sind.

Besonders günstig wirkte sich die Antriebsart bei den Trockenzylindern aus. Die großen, über Ritzel gruppenweise angetriebenen Stirnräder

der Zylinder stellten einerseits ein Hindernis für die Wartung der betriebsseitigen Lager und die Maschinensauberkeit überhaupt dar.

Später konstruierte man gekapselte Schneckenräder, die durch Schneckenwellen gruppenweise angetrieben wurden. Aber erst die Einführung von Zapfengetriebemotoren brachte eine vorbildliche Lösung. Die Getriegehäuse sind hierbei freitragend auf die Zylinderzapfen aufgesetzt, so daß

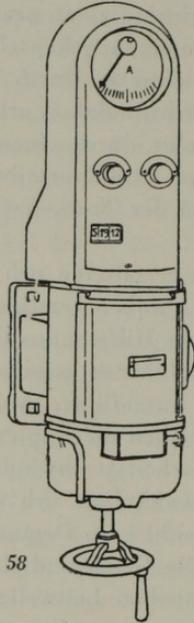
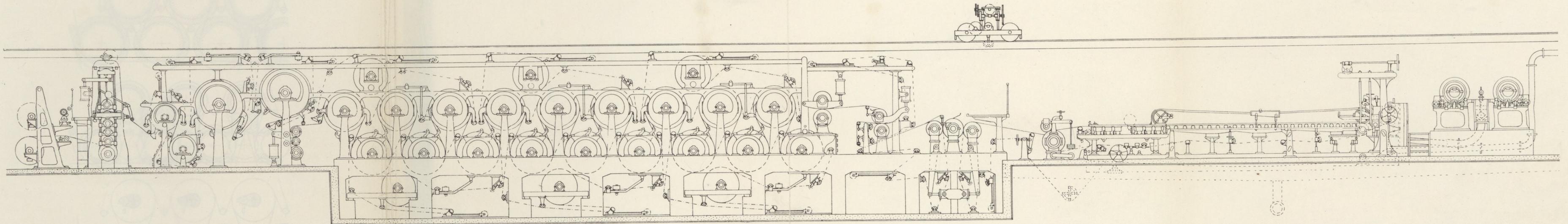


Abbildung Nr. 58

sie ungehindert allen Wärmedehnungen folgen können, und sind lediglich an einem Zapfen in der Stuhlung abgestützt. Ein gemeinsames Lüfteraggregat versorgt auch die Einzelmotoren mit Kühlluft und macht sie unempfindlich gegen die Dampfschwaden der Trockenpartie.

Hier sei auch bemerkt, daß die Zapfengetriebe für den Antrieb der großen Glättzylinder von Selbstabnahmemaschinen durch Gewährleistung eines ruhigen Laufes große Vorteile bringen. Mit dem Heransetzen der Motoren an die Papiermaschine wurden auch alle Regelgeräte entfernt. Beim Siemens-Ferndifferential werden sämtliche Regeldifferentiale einschließlich der kleinen Kegelscheiben für die Zugeinstellung an einer Zentralstelle vereinigt. Dort werden sie miteinander gekuppelt, wobei die Leitwelle auf eine Länge von 3 bis 4 Meter zusammenschrumpft. Die Drehzahl der Einzelmotoren wird durch kleine, wechselstromerregte Geber und Empfänger elektrisch dem Ferndifferential zugeführt und hier mechanisch mit der Leitdrehzahl verglichen. An der Papiermaschine verbleiben nur die sogenannten Fern-

Papiermaschine



Ausführung: Maschinenfabrik Voith, Heidenheim

Doppelpresse

Abbildung Nr. 57

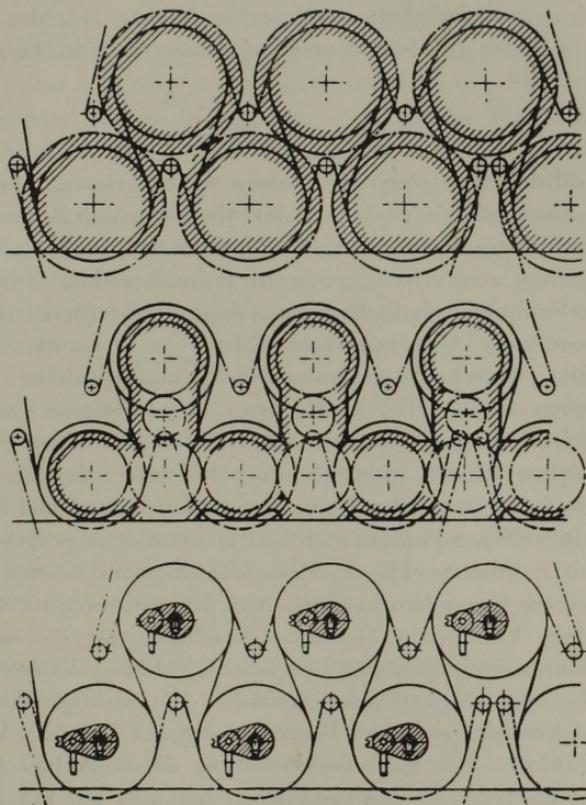
Die hier gezeigte Ausführung einer Papiermaschine ist eine der neuesten und besten. Sie ist durch gezielte Konstruktion und sorgfältige Ausführung auszeichnet. Die Maschine ist in der Lage, Papier von hoher Qualität herzustellen. Die Abbildung zeigt die verschiedenen Teile der Maschine, die für den Produktionsprozess erforderlich sind.

Die stehende Stellung der Papiermaschine wird dabei ebenfalls in gleicher Vollendung gebracht. Die Steuerung erfolgt durch gekuppelte Steuergetriebe, die an der Führertafel der Papiermaschine angeordnet sind. Auch die Führung der Papierbahn wird von hier steuert. Die Drehung eines Handrades am Fernrohr ermöglicht und die Größe der Züge zu einem Zählerwerk überträgt. Ein Steuerapparat zeigt Abbildung Nr. 58.

Die stehende Stellung der Papiermaschine wird dabei ebenfalls in gleicher Vollendung gebracht. Die Steuerung erfolgt durch gekuppelte Steuergetriebe, die an der Führertafel der Papiermaschine angeordnet sind. Auch die Führung der Papierbahn wird von hier steuert. Die Drehung eines Handrades am Fernrohr ermöglicht und die Größe der Züge zu einem Zählerwerk überträgt. Ein Steuerapparat zeigt Abbildung Nr. 58.

dreher, welche auf die Getriebekästen gesetzt werden. Alle elektrischen und mechanischen Teile werden in einem elektrischen Schaltraum zusammengesetzt, in welchem auch das andere Zubehör, wie Leonard-Steueraggregate, Zusatzgeneratoren, Ventilatoren für Motorenbelüftung, untergebracht ist.

*Antrieb einer Trockengruppe*



Oben: durch große ineinandergreifende offene Zahnräder. Mitte: durch gekapselte Zahnräder mit Zwischenrädern. Unten: Zylindereinzelantrieb mit Zapfentriebmotoren

*Abbildung Nr. 59*

Die elektrische Steuerung der Papiermaschine wird dabei gleichfalls zu großer Vollendung gebracht. Die Steuerung erfolgt durch gekapselte Steuergeräte, die an der Führerseite der Papiermaschine angeordnet sind. Auch der Papierzug wird von hier elektrisch durch Drehen eines Handrades am Ferngeber eingestellt und die Größe des Zuges an einem Zählwerk abgelesen. Ein Steuergerät zeigt Abbildung Nr. 58.

Wie bedeutend die Zugänglichkeit der Trockenpartie durch Verwendung elektrischer Einzelmotorenantriebe erhöht wird, zeigt Abbildung Nr. 59

(Schiller), in welcher die Antriebsarten: offene Zahnräder, gekapselte Zahnräder mit Zwischenrädern und Zapfengetriebemotor, gegenübergestellt sind.

Die Größe einer Papiermaschine richtet sich ganz nach den zu erzeugenden Papierarten und der zu erzielenden Produktion, wobei auch besonders auf die zu arbeitenden Formate (siehe IV c) Rücksicht genommen werden muß. Die theoretische Stundenleistung einer Maschine in Kilogramm errechnet sich aus der Maschingschwindigkeit in Meter je Minute ( $v$ ), der beschnittenen Arbeitsbreite in Meter ( $b$ ) und dem Quadratmetergewicht in  $g/m^2$  ( $g$ ) nach der Formel:

$$L_{\text{St/kg}} = \frac{v \cdot b \cdot g \cdot 60}{1000}$$

Die tatsächliche Erzeugung wird infolge von Abrissen, Geschwindigkeits- und Gewichtsunterschieden usw. mit der theoretischen Rechnung nie ganz übereinstimmen. Grammgewicht und Papiermaschingschwindigkeit stehen in keinen linearen, sondern in gewissen technologischen Zusammenhängen (hyperbolische Funktion). Jede Papiermaschine ergibt für bestimmte Papierarten und bestimmte Quadratmetergewichte eine bestimmte Geschwindigkeitsmöglichkeit. Innerhalb gewisser Quadratmetergewichte schwankt die Erzeugung jedoch wenig. Bei Herstellung 60grammigen Postpapiers und 130grammigen Bücherpapiers ergaben sich beim Betrieb einer Papiermaschine kaum Leistungsunterschiede während einer 24-Stunden-Erzeugung.

Wichtig ist die richtige Bemessung einer Trockenpartie. Eine Maschine für feine und mittelfeine Papiere von 2,85 m beschnittener Arbeitsbreite und Geschwindigkeiten von 8—150 m/Min., für Grammgewichte von 60 bis 300  $g/m^2$  hatte eine Gesamttrockenfläche von 295  $m^2$ , wovon 195  $m^2$  nutzbare Heizfläche waren. Von dieser Gesamttrockenfläche war die nutzbare Nach-trockenfläche hinter der Feuchtglätte 76  $m^2$ . Das richtige Verhältnis der Nach-trocknungsfläche zur Gesamttrocknungsfläche ist wichtig. Die 24-Stunden-Produktionsmöglichkeit genannter Maschinen lag bei 25—37 t hadernhältiger und h'freier Papiere. Die Wasserverdampfung dieser Anlage für 1  $m^2$  und Stunde lag mit 25 t/24-Stunden-Produktion bei 5,35 kg, bei 37 t hingegen bei 8 kg. Der Kraftbedarf für den variablen Teil betrug 220 kWh.

### c) ARBEITSEINFLÜSSE VON LANGSIEBPAPIER MASCHINEN AUF DIE PAPIERQUALITÄT

Kommt der für eine gewünschte Papiersorte hergestellte Ganzstoff nach Dichte und Menge entsprechend eingestellt auf das Sieb einer Papiermaschine, so ist zunächst die Entwässerungsfähigkeit des Ganzstoffes außer von seinem Mahlgrad auch von dem vorhandenen ph-Wert abhängig. Zum Erreichen einer bestimmten Papierdurchsicht ist der Stoffauflauf in seiner Verdünnung und

der Entwässerungsgeschwindigkeit, weiters durch die Schüttlung zu beeinflussen. Bei der Schüttlung richtet sich der Hub nach Faserlänge, wobei langsames Schütteln entwässerungsfördernd, rasches Schütteln wasserhaltend wirkt. Dabei ist die Angriffsstelle der Schüttlung wichtig, wobei Zonenschüttlung größte Vorteile bietet. Im allgemeinen wird bei langfaserigen Stoffen mit großem und bei kurzfaserigen mit kleinem Hub gearbeitet. Dicke Papiere und schmierige Stoffe erfordern langsame, dünne Papiere und röschere Stoffe schnelle Schüttlung. Für gute Durchsicht bedient man sich auch eines glatten Egoutteurs, wobei der richtige Feuchtigkeitsgehalt der Papierbahn unter dem Egoutteur wichtig ist, da zu wässriger Stoff breite Wasserlinien im Papier entstehen läßt. Über den Einfluß der Registerwalzen bzw. Abstreifleisten auf die Entwässerungsarbeit wurde schon früher hingewiesen. Es sei hier auf die Möglichkeit aufmerksam gemacht, daß rauhe, schnellaufende Registerwalzen Wasser durch das Sieb nach oben schleudern können, wodurch unregelmäßig verteilte Löcher in der Papierbahn auftreten. Schmierige Stoffe sind gegen derartige Störungen viel weniger empfindlich als röschere. Um im Verhältnis zu den Längsreißenhöhen höhere Querreißenhöhen im Papier zu erreichen, kann die Siebbahn auch leicht ansteigend eingestellt werden und entsprechende Schüttlung zur Anwendung gelangen. Greift man zu kürzerem Stoff, so geht dies auf Kosten der Doppelfaltungen. Richtige Saugarbeit kann an der hinter dem letzten Sauger auftretenden schattierten Abstufungslinie erkannt werden. Bei gleichmäßigem Papier verläuft diese Absauglinie parallel zur Saugerbreitenkante, bzw. hat in der Mitte der Papiermaschine eine leichte Spitze, während bei unterschiedlichen dicken oder dünnen Stellen im Papierblatt verschiedentliche Spitzen und Ausbuchtungen über die ganze Bahnbreite erkennbar sind.

Besonderer Sorgfalt bedarf die Herausarbeitung klarer Egoutteur-Wasserzeichen, wozu man sich sehr zweckmäßig des Tinnacher-Saugers bedient. Voraussetzung für gute Wasserzeichen ist die Verwendung geeigneter, schmierigkurz gemahlener Halbstoffe. Gut brauchbar sind neuweiße Baumwolle, Leinen und auch Strohstoffe. Der Stoff darf unter dem Egoutteur weder zu naß (Verdrückungen) noch zu trocken (Flecken) sein und das Egoutteurgewicht muß der Papierqualität angepaßt sein. Zu schwere Egoutteure drücken bei dünnen Papieren durch. Sogenannte „Schattenwasserzeichen“, welche im Egoutteur versenkt angebracht sind, dürfen nicht zu schnell gearbeitet werden, da sie sonst unscharf zum Ausdruck kommen. Ein Egoutteur muß zeitweise von der Papiermaschine abgehoben und mittels Druckwasserstrahl gut ausgespritzt werden, da sonst durch Verunreinigungen an den Drahtzeichnungen unschöne bzw. unklare Wasserzeichen entstehen. Egoutteure mit größerem Durchmesser wie z. B. 37 cm arbeiten schönere Wasserzeichen, da in ihrem Innern nicht solche Schaumbildungen und äußere Mantelverklebungen auftreten, wie dies bei kleinen Egoutteuren z. B. des Durchmessers 22 cm meist der Fall ist.



Für die Herstellung eines Wasserzeichenegoutteurs ist bezüglich der aufgenähten (oder auch versenkt angeordneten) Wasserzeichen verschiedenes zu beachten. Es wird zumeist angegeben, daß ein bestimmtes Egoutteur-Wasserzeichen — symmetrisch oder unsymmetrisch — in bestimmter Anzahl in einem Bogen bestimmten Formates zu erscheinen hat. Zum Beispiel kann gefordert werden: Eg. WZ. symmetrisch 4mal im Bogen  $43 \times 61$  cm bzw. 1mal im Blatt  $21,5 \times 30,5$  cm. Dieses Format kann zu  $2 \times 86$  auf einer Papiermaschine gearbeitet und in der Papierausrüstung geteilt werden. Für die Egoutteur-Bestellung wird eine Skizze angefertigt, aus welcher zu ersehen ist, wie die Wasserzeichen gewünscht werden. Der Egoutteurhersteller bekommt ein sog. „Developpement“, welches folgende Angaben enthält:

Größe des unbeschnittenen Bogens in Millimeter, Anzahl der Wasserzeichen am Egoutteur, Umfang der Walze in Millimeter, Entfernung zwischen den Mittelpunkten des Wasserzeichens, Gewicht des fertigen Papiers, Körperlänge, Zapfenlänge, Durchmesser, Umfang und nutzbare Arbeitsbreite. Für Schrumpfung in der Querrichtung des Papiers kann z. B. mit 5,5 %, für Dehnungen in der Längsrichtung mit 6,5 % gerechnet werden. (Schwankt mit der Papiersorte und der Papiermaschinenbauart.) Der Egoutteurkörper wird meist um 30 mm länger als die gesamte Siebbreite bemessen. Ein Developpement zeigt Abbildung Nr. 60.

Sogenannte „Kopfwasserzeichen“, wie solche vornehmlich bei Banknotenspapieren gewünscht werden, kann man in schönen Licht- und Schattenwirkungen nur auf Rundsiebmaschinen oder mittelst Handschöpfung (Büttenpapier) herstellen. Sehr selten werden auch Maschinen mit Sonderkonstruktionen hierfür verwendet.

Bei Gautsch- oder Saugwalzen ist es wichtig, im ersteren Fall mit Manchons und mit richtiger Vorgautschung (dickere Papiere größere Vorgautschung, geringerer Gautschdruck), im zweiten Fall mit entsprechender Saugung zu arbeiten.

Da ein Papier durch die Schrumpfung während der Trocknung und dem Beschnitt an beiden Seiten an Breite verliert, muß es im Format am Sieb breiter gestellt werden, als die trockene Bahn beim Verlassen der Zylinder sein soll. Je nach Papierart und Mahlung — schmierige Stoffe schrumpfen mehr als rösche — rechnet man mit 2 bis 6 % Schrumpfung. In der Praxis festgestellte Zahlen gaben z. B. bei h'freien Schreibpapieren aus ungebleichten Zellstoffen Schrumpfungen von 5 %, bei Landkartenpapier aus 90 % gebleichten Zellstoffen und 10 % Baumwollhadern etwa 4 % Schrumpfung. Durch Vergleichsmessungen am Sieb und an der Papierrolle stellt man die jeweiligen Verhältnisse für alle zu arbeitenden Sorten und die entsprechende Papiermaschine fest, da nicht alle Papiermaschinen gleiche Schrumpfungen ergeben.

Bei den Naßpressen ist darauf zu achten, daß kein Hochgehen des Stoffes an den Preßwalzen eintritt, was bei zu feuchtem Stoff oder fettigen Ober-

walzen (Reinigung mit warmer Seife) vor sich geht. Besonders leicht können bei den Pressen Falten im Papier auftreten (bei Stoff- oder Büttelwechsel), die ihre Ursache beispielsweise in zu schwacher Gaultschung, mitgerissenen Luftblasen über dem Filz der ersten Presse sowie im schwachen Zug oder zu starker Belastung der letzten Presse haben können. Die unteren Gummwalzen müssen in einwandfreiem Zustand gehalten werden. Unebenheiten oder gar Rillen im Gummimantel geben feuchtere oder trockene Stellen sowie überhaupt ungleichmäßige Papierdicken über die Bahnbreite. Die Pressen müssen elastisch und gleichmäßig über die Bahnbreite arbeiten. Zu starkes Pressen kann zu Filzmarkierungen führen. Derartige Markierungen sind aber beispielsweise bei gekörnten Zeichenpapieren erwünscht, wozu in die zweite Presse ein eigener Markierfilz eingezogen wird. Der Preßdruck soll von der ersten zur letzten Presse zunehmen.

Von Bedeutung ist die Einstellung der Züge zwischen den einzelnen Gruppen. Kurze Züge sind zwecks genauer Regulierung überhaupt vorteilhaft. Bei zu schmaler oder zu breiter Bahn können 2 bis 4 cm herausgeholt und auch Abstände von Wasserzeichen, die z. B. zu klein sind, durch starken Zug zwischen Sieb und Presse vergrößert werden. Auch kann ein etwa um 2 g zu schweres Papier durch Zug am Sieb auf das richtige Gewicht gebracht werden. Jede Stoffmahlung bedingt eine andere Zugspannung. Lockere Züge erhöhen die Dichte eines Papiers, zu straffe Züge können sie zerstören. Straffe Zugspannung wendet man auch zur Erzielung eines Papiers mit geringer Dehnung an.

Die Offsetpresse dient der beiderseitigen gleichmäßigen Oberflächen-gestaltung des Papiers und ist dementsprechend einzustellen.

Beim Herausarbeiten von Molettewasserzeichen muß der Stoff gute prä-gsame Eigenschaften haben. Ferner ist es nötig, daß die erhabenen Zeichen der Gummiringe sauber und unbeschädigt sind. Sie pressen das Papier gegen eine glatte, nur handwarm geheizte oberflächenverkupferte Walze. Zu hohe Temperaturen dieser Walze verkürzen die Lebensdauer der Gummiringzeichen.

Ganz allgemein ist zu den Papiereigenschaftsgestaltungen auf der Naßpartie zu sagen, daß Trockengehalt und Reißlängen sich in den Pressen einem konstanten Wert nähern. Die Falzzahl steigt in den Pressen mit Ausnahme bei fettdichten Papieren an. Zu starker Zug oder Druck kann die Festigkeitswerte zerstören.

Durch die Arbeit der Trockenpartie entsteht eine glatte, getrocknete Papierfläche, wobei zu heiße Trockenzyylinder rauhes Papier ergeben können. Der Trocknungsvorgang muß nach bestimmten Trockenkurven, die den Stoffeigenschaften angepaßt sind, vollzogen werden, wobei auf die Frittung bei geleimten Papieren Rücksicht genommen werden muß. Steigen schon am ersten Trockenzyylinder Dampfschwaden auf, so ist dies ein Zeichen, daß er zu heiß ist. Alle Trockenzyylinder müssen gut entwässert werden, da bei Ansammlung

von Kondenswasser die Leistung sofort zurückgeht, weshalb dann der Dampfdruck gesteigert werden müßte. Bei einem richtig getrockneten Papier soll sich die Bahn vom letzten oberen Trockenzylinder weich anfühlen. Die unter b) beschriebenen elektrothermischen Anzeiginstrumente sind ein ausgezeichnetes Hilfsmittel zur Führung richtiger Trocknungsprozesse. Die Trockenfilze müssen bei glatten, harten Papieren stark angezogen werden, dagegen bei weichen, rauhen Papieren lose mitlaufen. Beim Abstellen einer Papiermaschine muß man die Filze sofort entspannen, da sonst infolge der durch ihre starke Erhitzung bedingten Schrumpfung Zapfen- oder größere Stuhlbrüche eintreten können. Nasse Trockenfilze (unzureichende Filtrockner) ergeben schlechtes Papier. Eine Papierbahn zieht sich während des Trocknungsvorganges immer mehr zusammen, weshalb die Spannung durch Zugregulierung ausgeglichen werden muß, wobei auch hier kurze Züge am vorteilhaftesten sind. Trockenfalten können bei übertrocknetem Papier auftreten.

Zur Arbeit einer Feuchtglätte innerhalb einer Trockenpartie ist zu sagen, daß ein bestimmter Papier-Eintrittstrockengehalt von etwa 80—82 % atro für eine gute Arbeit dieses Glättwerkes wichtig ist. Kommt das Papier zu trocken mit 85—90 % hinein, so ist kein entsprechender Effekt mehr zu erzielen. Zu hoher Wassergehalt dagegen ergibt einen „Speckglanz“ mit schwachgrauer Tönung. Auch läuft die Papierbahn in so einem Fall leicht in Falten. Die Arbeit einer Feuchtglätte erfordert daher eine besondere Überwachung. Richtige Trockenvorgänge teilen sich in drei Abschnitte, nämlich in:

1. eine Erwärmungszone, wobei ein schwacher Trockengehaltsanstieg bis zur Erreichung einer Zylindertemperatur von 98—100° C erfolgt
2. eine Verdampfungszone, verbunden mit einem starken Anstieg des Trockengehaltes
3. ein Austreiben von gebundenem Wasser, wobei der Trockengehalt schwächer ansteigt.

Im ersteren Teil der Verdampfungszone steigt die Reißlänge in der Längsrichtung und fällt in der Querrichtung, um dann wieder zu steigen. Auf den ersten Zylindern einer Trockenpartie nehmen die Falzzahlen in der Längsrichtung stark ab, steigen dann rasch auf einen Höchstwert, welcher dem früheren Wert in den Pressen entspricht, und fallen wieder rasch auf dem letzten Zylinder auf einen Mindestwert. In der Querrichtung zeigen die Falzzahlen auf der Trockenpartie abnehmende Neigung. Die verschiedenen Änderungen der Festigkeitswerte hängen mit den Gefügeänderungen einer Stoffbahn zusammen (P. Lindman).

Nach der Papierkühlung erfolgt die Trockenglätte, durch welche das Papier zusammengewalzt wird und ein dichtes und dünneres Blatt entsteht, was zwangsläufig mit einer Glättung der Oberfläche verbunden ist. Auch wird das Papier etwas breiter und etwas länger, also in der Laufrichtung gestreckt.

Zur Dickeneinbuße ist zu sagen, daß l'hältiges Druckpapier etwa den fünften Teil seiner Dicke im Glättwerk einbüßt. Im übrigen hängen derartige Zahlen ganz von der Papierqualität ab. Glanz oder Hochglanz können erst auf Satinierkalandern erzeugt werden. Zur Arbeit im Trockenglättwerk ist eine straffe Papierspannung nötig, da an den Rändern schlafe Papierbahnen Falten geben.

Eine weitgehende Feuchtung auf der Papiermaschine erfolgt durch die früher genannten Apparate, wobei die Stärke der Feuchtung in Prozent Wasser auf das Trockenpapiergewicht angegeben wird. Seine Menge richtet sich nach Papiersorten, Blattstärke und gewünschtem Glättegrad. Mit Bürsten- oder Spritzrohrfeuchtern können etwa 3—6 %, mit Schöllerfeuchtern etwa 10 % Wasser ins Papier gebracht werden. Die Papiere müssen überhaupt mit einer gewissen Feuchtigkeit von der Papiermaschine kommen, welche normalerweise um 5 % herum liegt. Besonders bei solchen Papieren, von denen hohe Falzzahlen gefordert werden, erniedrigen sich diese bei zu weit getriebener Trocknung. Höhere Feuchtungen als die angegebenen werden den Papieren auf eigenen Feuchtmaschinen erteilt.

Bei dieser Gelegenheit sei auch der Begriff „einseitig maschinenglatt“ erwähnt. Dabei wird das Papier auf Zylindern bis etwa 60 % Trockengehalt gebracht und dann mittels einer elastischen Anpreßwalze gegen einen großen Glättzylinder (Spezialmaschine), dessen hochpolierte Oberfläche durch mehrere Schaber sauber gehalten wird, gepreßt. Auch die Anwendung der „deutschen Presse“, die in normalen Trockenpartien eingebaut werden kann, ist üblich.

Soll auf einer Papiermaschine, wie dies früher meist üblich war, in zwei oder mehreren Bahnen gearbeitet werden, so bedient man sich dazu der Tellermesser, welche auch Kreismesser genannt werden. Bei ihrer Einstellung dürfen die Teller nicht zu tief ineinander greifen, da sonst rauher Schnitt entsteht und die Messer rasch abstumpfen.

Das Herausarbeiten der Papierrollen wird vielfach auf Holzhülsen durchgeführt, die auf eisernen Rollstangen aufgesteckt sind und welche über lösbare Kupplungen angetrieben werden. Zur Erzielung einer festen Rollenwicklung ist ein entsprechendes Voreilen der Rollenvorrichtung nötig. Während früher vorwiegend mit Friktionskupplungen, die Manchonscheiben besaßen, gearbeitet wurde, werden beste Reglungen und gute Rollen beispielsweise mit Ölfriktion erzielt. Auch auf die gute Bewährung der Voith-Friktion mit flachkegelförmigen Reibflächen sei hier verwiesen. Heutzutage arbeitet man die Rollen meist maschinenbreit und unbeschnitten auf Rollstangen oder auch Tambouren heraus, worauf auch eine maschinenbreite Ausrüstung der Papiere bis zum Querschneider erfolgt. Diese mit weitestgehend mechanisierten Transportvorrichtungen arbeitende Methode spart vornehmlich Lohnkosten und Papierabfall.

Für die Einstellung eines bestimmten Grammgewichtes pro m<sup>2</sup> sind die Verkaufsvorschriften besonders zu berücksichtigen. Wenn nicht ausgesprochenes Nettogrammgewicht eines Papierbogens verlangt wird, so ist die Emballierung schon bei der Papiermaschinenarbeit zu beachten. Auch die Nachbehandlung des Papiers in der Ausrüstung ist einzurechnen. Das g-Gewicht muß also entsprechend niedriger gehalten werden, um nicht Übergewichte zu bekommen. Das Maschinengrammgewicht kann z. B. um folgende Sätze niedriger gehalten werden als das vorgeschriebene Endgrammgewicht:

Maschinenglatte Papiere	2 %
Maschinenglatte Löschpapiere	4 %
Mattsatinierte Papiere	3 %
Scharfsatinierte Papiere	5 %
Hochglanz-Papiere	6 %
Dessinpapiere (Platten- oder Kalanderprägung) bei 70 bis 80 g/m <sup>2</sup>	6 bis 7 %
bei 90 bis 100 g/m <sup>2</sup>	8 %

An besonderen Übelständen können bei Papieren u. a. Dickenunterschiede, Zweiseitigkeit und Welligkeit auftreten.

Um ein gleichmäßig dickes Blatt über die ganze Maschinenbreite zu erhalten, ist es nötig, bei gleichmäßiger Stoffmahlung ein gleichmäßiges Grammgewicht zu haben. Weiters müssen Gautsch und Pressen mit gleichmäßiger Belastung bzw. gleichmäßiger Saugung arbeiten und lichtdichte, geschliffene Preßwalzen sowie gute Filze vorhanden sein.

Die Zweiseitigkeit wurde schon unter I A f) und I A g) eingehender behandelt. Die Tendenzen der Entmischung von Halbstoffen und Holländerzutaten müssen entsprechend ihren Ursachen bekämpft werden. Schmieriger Stoff mit langsamer Entwässerung und ebensolcher Trocknung gearbeitet, bietet dabei, außer früher Ausgeführtem, günstige Bedingungen. Markierende Spannung der Papiermaschine muß dabei vermieden werden.

Mitunter bilden sich bei Papieren während ihres Feuchtigkeitsausgleiches mit der Umgebungsluft Wellen. Die Ursache des äußerst störenden Welligwerdens, welches besonders bei gewissen Feinpapieren auftritt, kann schon in der Stoffart bzw. Mahlung liegen. Harte und schmierige Stoffe neigen mehr zum Welligwerden als weichere und rösche. Klangharte Papiere sind besonders empfindlich.

Zur Vermeidung der Welligkeit muß weiters auf der Naßpresse gleichmäßigste Blattbildung durchgeführt (langes Sieb, gute Schüttlung, gute Pressen) und die Trocknung vorsichtig und allmählich vorgenommen werden. Die Züge zwischen Pressen und Zylindern dürfen nicht zu straff gespannt sein, da sich sonst die Fasern stark dehnen und bei späterer Schrumpfung Wellen bilden. Abgearbeitete Trockenfilze können in der Mitte locker werden und

an den Rändern straff bleiben, was zu ungleichmäßiger Papiertrocknung führt. (Zu trockene Ränder.) Bei Übertrocknungen wirken sich bald die Feuchtigkeitsunterschiede in den weiteren Bearbeitungsräumen auf das Papier aus. Auch neigt sehr wolkiges, hartes Papier mehr zur Wellenbildung als geschlossenes. Zwischen Trockenpartie und Rollapparat ist die Papierbahn durch Kühlzylinder und nicht durch Befeuchtung mit Wasser abzukühlen. Das Papier muß im „ausgeruhten Zustand“ und nicht voll innerer Spannungen von der Maschine kommen, wobei es weder zu trocken noch zu feucht sein darf. Auf Rollstangen oder Tamboure ist das Papier so aufzuwickeln, daß die Siebseite nach außen kommt. Lagern des Papiers vor seiner Weiterverarbeitung in klimatisierten Räumen mit eingestellter Luftfeuchtigkeit von 65 % und Temperaturen von etwa 20° C ist äußerst vorteilhaft. Für mittelfeine und auch h'haltige Papiere genügt dabei eine Lagerung von 24 Stunden, während feinere Papiere etwa 48 Stunden benötigen. Langes Herumstehenlassen des Papiers in Stapeln in nicht klimatisierten Räumen stark wechselnder Feuchtigkeit und Temperatur kann Wellenbildung auslösen (Kantenaustrocknung). Baldiges Einriesen der Stapel ist daher vorzunehmen. Über den großen Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf Papiereigenschaften wird unter IV Näheres ausgeführt. Schließlich ist die Verpackung fertigen Formatpapiers so vorzunehmen, daß Papier, welches unter Umständen wasserdicht sein muß, als Hülle zwischen Hülle und Packbretter gelegt wird. Besonders bei Verwendung feuchter Bretter kann sonst durch deren Spalten stark mit Wasser gesättigte Luft eindringen, wodurch das Papier Feuchtigkeit anzieht. Vollbretterpackung ist für heikle Fälle vorzuziehen. Welliges Papier kann mitunter durch 48stündiges Auslegen in klimatisierten Räumen wieder verwendbar gemacht werden.

#### d) FASERRÜCKGEWINNUNGSANLAGEN

Bei einer Papierfabrik fallen bei den Papiermaschinen durch Randspritzer, durch Gautschbruch und bei Störungen oder beim Aufführen an den Naßpressen größere Faserstoffmengen in feuchtem Zustand an. Auch gehen Faserstoffe und Chemikalien während der Arbeitsvorgänge direkt in die Abwässer über, von welchen prinzipiell zwei Arten zu unterscheiden sind, und zwar:

1. Abwässer, die beim normalen Lauf von Papiermaschinen abfließen,
2. Reinigungswässer von Holländern und Papiermaschinen.

Während der innerhalb oder nach der Trockenpartie mit niedrigem oder höherem Trockengehalt anfallende Ausschuß oder Beschnittabfall nach Behandlung in Aufweichtrommeln, Kollergängen oder Zerfaserern (oder z. B. im Papieraflöser Voith-Grewin bei Druckpapierherstellung) über die Ganz-

zeugholländer wieder eine Verwertung erfährt, ist es auch nötig, die feuchten Abfallstoffe einer wirtschaftlichen Wiedergewinnung zuzuführen.

Für die durch Randspritzer und Gautschbruch anfallenden Hauptstoffmengen hat es sich bewährt, diese in einer unterhalb der Gautsch liegenden, gekachelten, ein Rührwerk enthaltenden Gautschbruchbütte zu sammeln, um sie von dort laufend zu einem kleinen Eindickzylinder zu pumpen, der sich oberhalb der Maschinenbütten befindet. Der eingedickte Stoff gelangt von dort in die jeweilige Arbeitsbütte. Abbildung Nr. 61 zeigt schematisch eine derartige Anordnung.

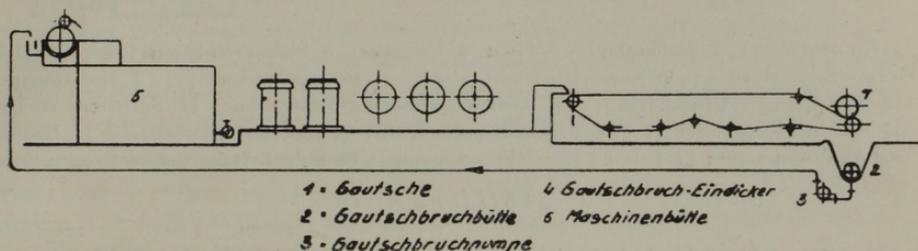


Abbildung Nr. 61

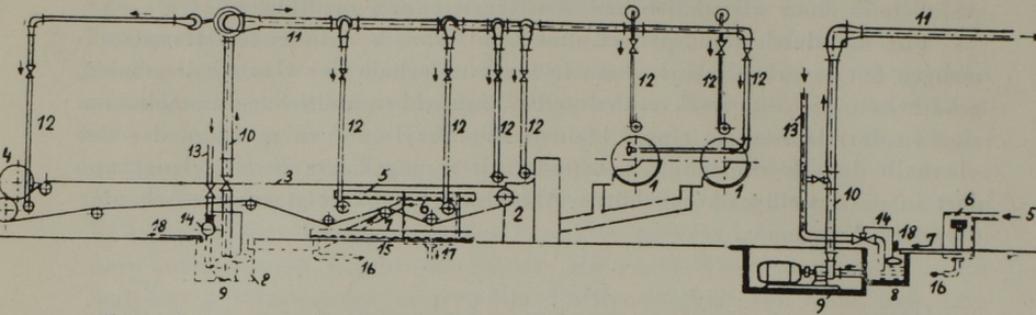
Diese Einrichtung bewährt sich besonders beim Arbeiten großer einheitlicher Papierposten von etwa 10 t auf der Papiermaschine und gibt auch beim Farbwechsel — falls färbige Papiere gearbeitet werden — keinerlei Schwierigkeiten, da alles leicht und rasch gereinigt werden kann.

Mitunter finden sich auch Anordnungen, bei welchen im Fall des Stoff- oder Farbwechsels aus der Druckleitung der Förderpumpe eine Leitung abzweigt, durch welche Randstoff und Gautschbruch in eine eigene Fangstoffanlage geleitet werden und dort auf einer Entwässerungsmaschine zur Herausarbeitung gelangen. Die dabei erzeugten feuchten Päckchen oder Rollen werden eventuell nach Farben getrennt gelagert und nach Bedarf für einen passenden Eintrag in Ganzzeugholländern verwendet.

Die Abwässer, welche bei der Naßpartie über dem Siebtisch anfallen, können in einen auf der Maschinenbütte befindlichen Siebwasserkasten gefördert und von dort als Verdünnungswasser zur Stoffrinne geregelt zugegeben werden, während der Überlauf in eine Fangstoffanlage gelangt.

Eine neuzeitliche, in kürzestem Kreislauf arbeitende Apparatur stellt die Rotorkreislaufanlage dar, wobei das Siebwasser in einem Pumpenschacht gesammelt und von dort verschiedenen Spritzrohren und Zerstäuberdüsen der Papiermaschine über sog. „Rotorkörper“, die Rohrleitungsverlegungen durch ihre besondere Ausbildung verhindern, direkt zugeführt wird. Der Überlauf gelangt zur Fangstoffanlage.

Eine schematische Anordnung zeigt Abbildung Nr. 62.



- 1 Knotenfänger; 2 Stoffauflauf; 3 Sieb; 4 Gautsche; 5 Siebwasser-Sammeltasse; 6 Siebwasser-Sammelkasten; 7 Sammelkasten-Überlauf; 8 Rotorpumpensumpf; 9 Rotorpumpe; 10 Rotorpumpen-Druckleitung; 11 Spritzwasserrohr-Anschlußleitung; 12 Spritzwasserrohre; 13 Frischwasserleitung; 14 Frischwasser-Regulierventil; 15 Abwasser-Sammeltasse; 16 Leitung zur Abwasserpumpe; 17 Leitung zur Siebwasserpumpe; 18 Zulaufleitung von der Saugerpumpe

Abbildung Nr. 62

Dieses Verfahren hat sich in der Praxis bei feinen, mittelfeinen und h"altigen Papieren bestens bew"ahrt und auch keinerlei Schwierigkeiten durch Schaumbildungen ergeben.

Es ist aber sowohl aus wirtschaftlichen Gr"unden als auch aus jenen der Reinhaltung von Fl"ussen n"otig, das nicht im direkten Kreislauf verwendbare Abwasser von seinen Fasern und Chemikalien weitestgehend zu befreien. Dazu bedient man sich eigener Stofff"anger. Die manchmal "ubliche Anordnung, das gesamte Abwasser einer Papiermaschine einschlie"lich Randspritzenabfall und Gautschbruch einem Stofff"anger zuzuf"uhren, ist ungunstig, da sich dabei stark wechselnde Belastungen und gro"e Stoffansammlungen in diesen Apparaten ergeben und r"uckwirkende Schwankungen auf die der Papiermaschinb"utte zugef"uhrten Stofff"angeranteile eintreten. Obenangef"uhrte Trennung ist daher unbedingt vorzuziehen.

Der in Stofff"angern zur"uckgewonnene, der Papiermaschinb"utte zugef"uhrte „Filter- oder Trichterstoff“ hat schmierigen Charakter, f"ullt die Zwischenr"ume des Papiergef"uges aus und wirkt wesentlich zur Bildung eines dichten, geschlossenen Papierblattes mit. Die R"uckgewinnverh"altnisse schwanken sehr und k"onnen beispielsweise bei 5—10 % je nach der Papierart liegen.

Prinzipiell unterscheidet man au"er der Anwendung von Eindicktrommeln sog. Trichterstofff"anger, bei denen die mitgef"uhrten Bestandteile zum Absinken gebracht werden, und die nach dem Auftriebsverfahren (Flotation) arbeitenden Schwimmstofff"anger. Derartigen Bauarten ist gemeinsam, da" sie ohne Siebe und Filze arbeiten und keine oder nur wenig bewegliche Teile besitzen. Der eingedickte Fangstoff wird entweder mittels der herrschenden hydrostatischen Druckverh"altnisse oder mit einer Pumpe der Verbrauchsstelle (haupts"achlich Papiermaschinenb"utte oder Ganzzzeugholl"ander) zugef"uhrt.

Bei Trichterstoffängern erfolgen die Absitzvorgänge durch plötzliche Änderung der Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit des Wassers. Die spez. schweren Fangstoffe verlassen dabei den Wasserstrom und sinken infolge der Schwerkraft nach unten, wo sie sich ansammeln und kontinuierlich abgezogen werden, während das oben abfließende Klarwasser z. B. für das Füllen und Leeren der Ganzzeugholländer benutzt werden kann. Eine Entlüftung des Papiermaschinenabwassers bei seinem Eintritt in einem Stofffänger ist dabei wichtig, damit nicht durch Luftanlagerung an die Faserstoffe deren Auftrieb vergrößert wird.

Schwefelsaure Tonerde-Zugabe wirkt fördernd auf die Flockung. Abwässer von Weiß- und Braunschleifereien werden meist nach einiger Zeit vollkommen klar, im Gegensatz zu den gemahlene Stoffasern und Zutaten enthaltenden Abwässern von Papier- oder Kartonmaschinen. Als besonders günstiges Mittel zur Wirkungsgraderhöhung von Trichteranlagen hat sich Svenleim (hochkolloidaler Knochenleim) erwiesen. Bei Anwendung von 0,1 kg trockenem Svenleim auf 100 kg lufttrockenes Papier gerechnet (in Schwankungen von 0,05—0,15 kg) konnten bei verschiedenartigen Trichtersystemen Verbesserungen im Schwebstoffgehalt des Klarwassers erzielt werden. In einem Fall betrug nach Untersuchungen von Haupt der Schwebstoffanteil im Klarwasser ohne Svenleim 80 mg/l, mit Svenleim 56 mg/l (Rückgewinnverbesserung 30%), in einem anderen Fall ohne Svenleim 55 mg/l, mit Svenleim 15 mg/l (Rückgewinnverbesserung 72%).

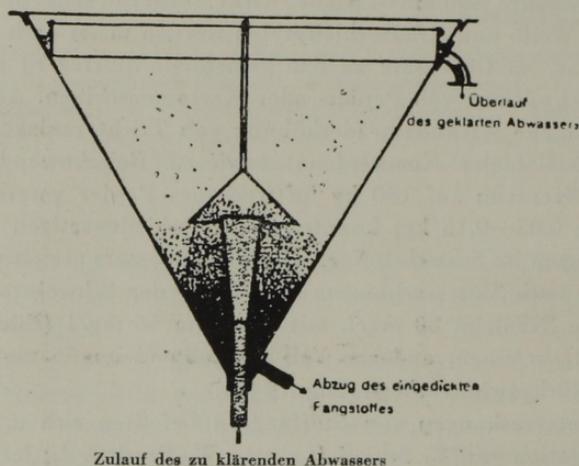
Mit Untersuchungen von Stoffängern befaßten sich u. a. Arledter und eine Dissertation von R. Schieß (Leitung W. Brecht). In letzterem Fall wurden sechs verschiedene Stofffängermodelle untersucht. Es hat sich dabei als schwierig erwiesen, bestimmte Beziehungen zwischen Klärwirkungsgrad, Menge und Stoffgehalt des Abwassers und den wesentlichen Abmessungen des Stoffängers, d. h. Eintauchtiefe und Querschnitt der Zuführungsvorrichtung herauszufinden. Die Trichtereintrittsstelle des Abwassers im Verhältnis zur Trichterbauhöhe ist bestimmend für das Verhältnis zwischen Anfangsgeschwindigkeit und Endgeschwindigkeit des austretenden Reinwassers und damit für die Arbeitsweise des Stoffängers. Weiters ist die Beschaffenheit des Abwassers für Flockungs- und Absitzvorgänge von besonderer Bedeutung. Der Stoffgehalt des Beschiebungswassers beeinflußt die Klärung gleichfalls stark. Bei h<sup>h</sup>freiem Abwasser nimmt die Ausbeute mit steigendem Stoffgehalt zu, die Leistung mit steigender Belastung ab. Eine Verdünnung derartiger Wässer vor Eintritt in die Trichter wäre also schlecht. Bei h<sup>h</sup>haltigem Abwasser liegen die Verhältnisse unübersichtlicher. Es wurden bestimmte optimale Stoffgehalte je Liter Wasser festgestellt, bei dessen Abweichungen die Stofffänger sehr empfindlich reagierten.

Der optimale Stoffgehalt wurde bei h<sup>h</sup>freiem Abwasser mit 3,0—3,5 g Stoff je 1 Liter, bei h<sup>h</sup>haltigem mit 0,5—1,5 g ermittelt.

Von den zahlreichen Trichterstofffängern seien hier als Beispiel zwei Typen, und zwar der Füllner- und der Arledter-Trichter näher beschrieben. Als Baumaterial findet Eisenblech oder geschliffener oder gekachelter Eisenbeton Anwendung.

Beim Trichterstofffänger System Füllnerwerk wird das Abwasser von unten durch ein besonders gestaltetes Trichterrohr zugeführt, wie Abbildung Nr. 63 erkennen läßt.

*Trichterstofffänger, System Füllnerwerk*



*Abbildung Nr. 63*

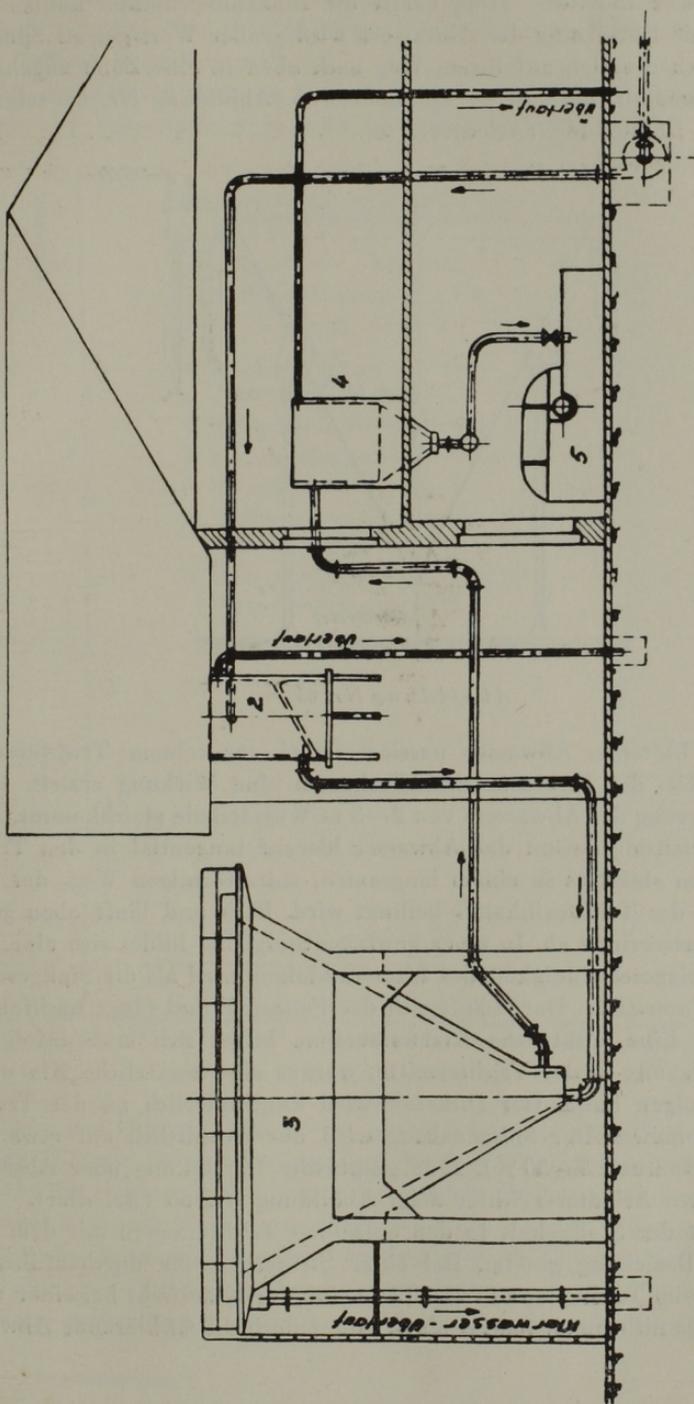
Es stößt dabei gegen eine dachförmige Haube, wodurch die Hauptmenge des Fangstoffes nach unten abgelenkt wird. In der Trichterspitze bildet sich so eine Stoffansammlung höherer Konzentration, die zur Verbrauchsstelle abgezogen wird. Oberhalb der Haube sind keinerlei Einbauten mehr, die Wassergeschwindigkeit nimmt bedeutend ab und auch kleinere Teile sinken zu Boden.

Die Anordnung einer Faserrückgewinnung, wie sie auch für andere Trichtersysteme getroffen werden kann, zeigt im Falle eines Füllnerfilters Abbildung Nr. 64 (P. Wiesenthal).

Zwischen der Abwasserpumpe und dem Stofffänger ist zum Entlüften des Abwassers ein Entschäumungskasten eingebaut. Das eingedickte Stoffwasser wird nach einem Fangstoffkasten geführt, welcher in Abbildung Nr. 64 über dem Ganzzeugholländer angedeutet ist.

Ein Trichterstofffänger System Arledter vermeidet jede extreme Richtungsänderung des Wasserstromes, um schädliche Wirbel hintanzuhalten. Bei stetig abnehmender Wassergeschwindigkeit ist der von den Faserstoffen zu-

Gesamtansicht einer Faserrückgewinnungsanlage mit Trichterstofffänger System Füllner (schematisch)



- 1 Abwasserpumpe
- 2 Entschäumungskasten
- 3 Stofffänger
- 4 Fangstoffkasten
- 5 Holländer

Abbildung Nr. 64

rückgelegte Weg möglichst groß, damit die Sinkstoffe flokken können. Auf weitestgehende Entlüftung des Abwassers wird großer Wert gelegt. Spezifisch leichte Fäserchen sollen auf ihrem Weg nach oben in eine Zone angehäufter Sinkstoffe kommen, um sich zu agglomerieren. Abbildung Nr. 65 zeigt eine schematische Darstellung (Arledter).

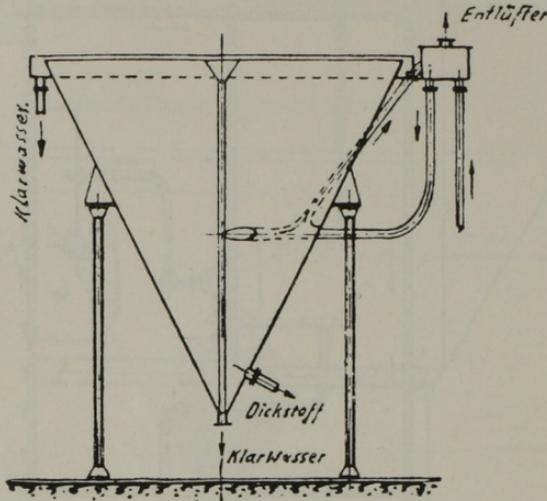


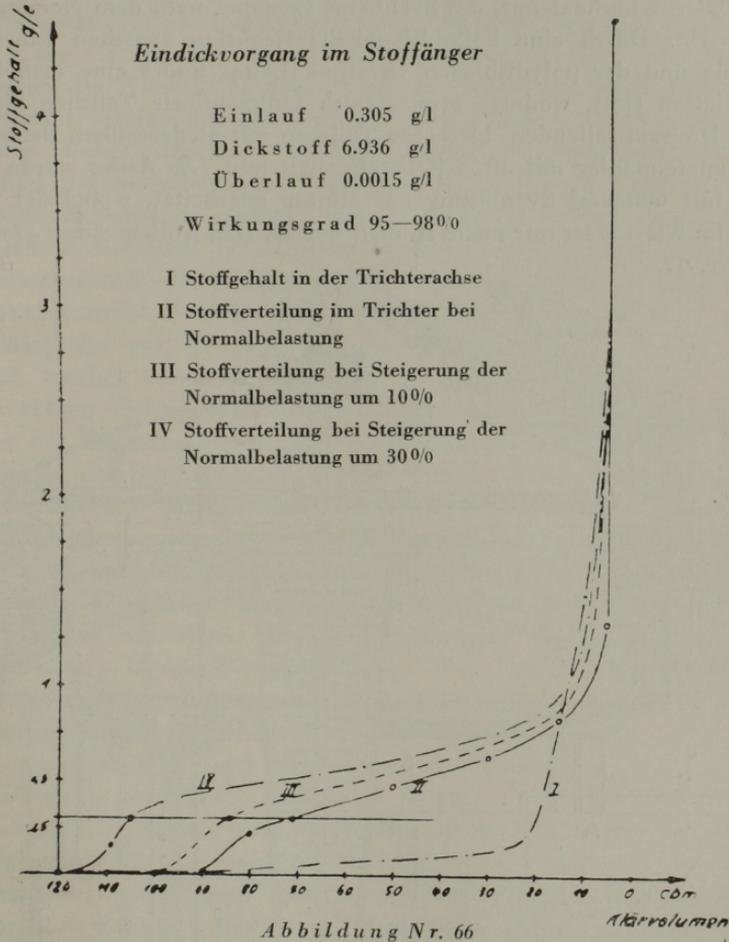
Abbildung Nr. 65

Das zu klärende Abwasser passiert dabei vor seinem Trichtereintritt einen Entlüfter, der in einem Entlüfterkasten eine Wirkung erzielt, welche einer Evakuierung des Abwassers von 2—3 m Wassersäule gleichkommt. Durch eine Fallrohrleitung strömt das Abwasser hierauf tangential in den Trichter ein. In diesem steigt es in einem langsamen, spiralförmigen Weg, der durch die Rotation des Trichterinhaltes bedingt wird, hoch und läuft oben geklärt in die Klarwasserrinne ab. In einer gewissen Steighöhe bildet sich eine Zone, in der die Steiggeschwindigkeit des Wassers kleiner wird als die Sinkgeschwindigkeit der Faserstoffe. Dort häuft sich der Fangstoff und fängt nachfolgende Teilchen ab. Eine zusätzliche Klarwasserzone bildet sich auch infolge der Rotationsbewegung in der Trichtermitte, woraus eine zusätzliche Klarwasserabnahme erfolgen kann. Der Dickstoff wird kontinuierlich an der Trichterspitze abgenommen. Der Spitzenabzug wird durchschnittlich auf etwa 20 % eingestellt (eventuell 5—30 %). Eine graphische Darstellung über Absetzvorgänge in einem Arledter-Trichter zeigt Abbildung Nr. 66 (Arledter).

Dabei ist der Stoffgehalt in den einzelnen Trichterzonen mit dem Klär-  
volumen in Beziehung gesetzt. Bei einer Steigerung der durchzuführenden Wassermenge im Trichter um etwa 20 % nahm der Kläreffekt bei einer untersuchten Anlage nicht nennenswert ab. Wurde jedoch die zu klärende Abwasser-

menge für längere Zeit um über 30 % gesteigert, so sank der Kläreffekt praktisch auf Null. Die richtige Dimensionierung von Trichterstofffängern ist daher äußerst bedeutungsvoll.

Bei der zweiten Art von Faserrückgewinnern, den Schwimmstofffängern, kommen die Faserstoffe nicht zum Absetzen, sondern sammeln sich auf der



Oberfläche des Wassers, von wo sie abgenommen werden. Eine Bauart stellt der Adka-Fänger dar, welcher von dem Schweden Karlström entwickelt wurde. Das Abwasser wird hierbei einer geeigneten Präparation und Entlüftung unterworfen sowie außerdem unter Vakuum gesetzt. Zum einwandfreien Arbeiten des Adka muß eine gute Ausflockung der rückzugewinnenden Faserstoffe eintreten. Zu diesem Zweck setzt man je nach der Beschaffenheit des Abwassers wechselnde Mengen einer 10 %igen Lösung von schwefelsaurer Ton-

erde zu. (Kann bei stärker geleimten Papieren mitunter entfallen.) Zu Flockungsunterstützung wird manchmal auch die Zugabe eines negativen Kolloids wie z. B. Türkischrotöl in einer Menge von etwa  $6 \text{ g/m}^3$  angewandt. Dies bewirkt, daß Schaumblasen an den Flockenoberflächen haften. Besonders günstig auf die Ausflockungsvorgänge hat sich beim Adka der Zusatz hochkolloidalen Knochenleims, des Svenleims (genannt nach dem Norweger Sven), ausgewirkt. Durch eine kolloidchemische Reaktion zwischen schwefelsaurer Tonerde und der polydispersen Gelatine (Leim) findet eine orthokinetiche Koagulation statt, wodurch große, rasch sedimentierte Teilchen die vorhandenen langsam fallenden kleineren Teilchen mit niederreißen. Beim Arbeiten von Tapetenpapier mit 30 % Zellstoffgehalt und 7 % Asche wurde beispielsweise mit  $600 \text{ cm}^3$  Svenlösung per Minute gearbeitet, wobei der Sinkstoffgehalt im Klarwasser nur mehr  $16 \text{ mg/l}$  betrug. Den Aufbau eines „Adka“ zeigt Abb. Nr. 67.

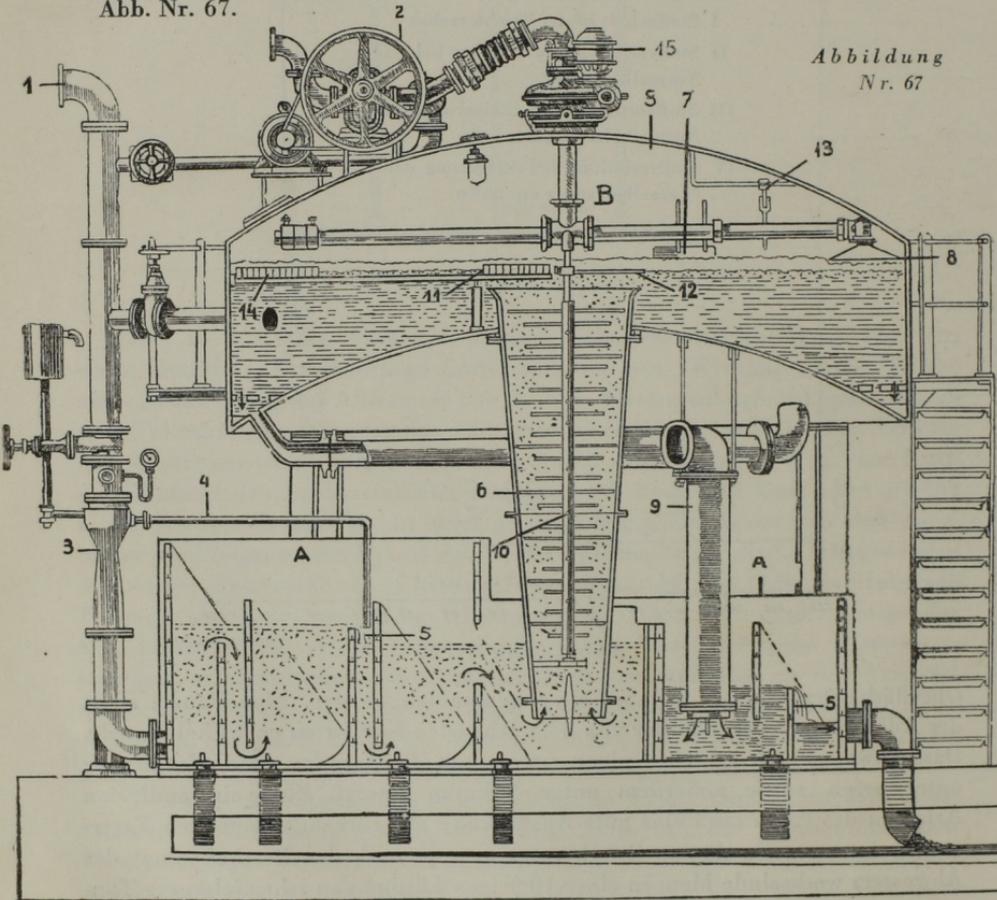


Abbildung  
Nr. 67

Das Abwasser gelangt von der Maschine mittels Pumpe durch die Rohrleitung 1 zu einem Injektor 3. Die Pumpe muß mit Gegendruck arbeiten, da über dem Injektor ein Druck von 6—8 m Wassersäule nötig ist, um durch das Rohr 4 Luft ansaugen zu können. Dieses Rohr mündet oberhalb der stärksten Schaumzone des Abwassers so, daß mit der Belüftung gleichzeitig Schaum abgesaugt wird. Das gut belüftete Abwasser kommt in den Lüftungskasten A, wo die überschüssige Luft entweicht, so daß nur noch kleine Luftbläschen an den Flocken haften. Durch das nachfolgende Steigrohr 6 tritt das Abwasser infolge des im oberen Behälter B herrschenden Unterdrucks nach oben. Dabei steigen die Flocken an die Wasseroberfläche und werden auf Grund der herrschenden Strömung und durch den Schaber 7 an die Peripherie des Behälters geschafft, von wo sie als Stoffwassergemisch von dem in langsamem Kreislauf befindlichen Saugmundstück 8 abgesogen und dem Fabrikationsprozeß der Papiermaschine wieder zugeführt werden. Ein Elektromotor treibt über das Schneckengetriebe 15 Schaber und Saugmundstück sowie das zur Erleichterung des Arbeitsprozesses eingebaute Rührwerk 10, welches einen gleichmäßigen Flockungsverlauf begünstigt. Damit sich am oberen Teil des Rührwerkes kein Stoff oder Schaum absetzen kann, ist unter der Wasseroberfläche ein Gummischlauch 11 angebracht, über dem beim Drehen des Rührarmes ein kleiner Arm 12 läuft. Zum Reinhalten des Saugmundstückes 8 bedient man sich eines Gummischabers 14. Zur Verhütung von Stoffansammlungen am Schaber 7 wird dieser beim Kreislauf einmal durch eine entsprechende Einrichtung 13 ausgehoben. Das Klarwasser tritt durch vier seitliche Ablaufkrümmer 9 und durch das unter Wasserverschluß stehende Ablaufrohr aus. Den Unterdruck stellt eine auf dem Behälter befindliche Drehkolbenpumpe 2 her. Der Unterdruck in Meter Wassersäule ist gleich der bestehenden Differenz zwischen Wasseroberfläche im Lüftungskasten und oberen Behälter und beträgt 2,2—2,5 m Wassersäule. Er kann gegebenenfalls durch Veränderung der Stauwand S reguliert werden. Der Kraftbedarf eines Adka liegt bei 2—3 PS.

Wie jeder Stofffänger muß natürlich auch der Adka den Erfordernissen einer Papiermaschine in seiner Größe angeglichen werden, d. h. er ist nach Liter Abwasser per Minute und dessen Feststoffgehalt zu bemessen. Die Leistung eines normalen Adka von Durchmesser und Höhe je etwa 5 m und einem Gesamtwasserinhalt von etwa 20 m<sup>3</sup> beträgt 1,5—3 m<sup>3</sup> per Minute. Ein Absetztrichter gleicher Leistung müßte ein Fassungsvermögen von etwa 180 m<sup>3</sup> haben. Beim Papiersortenwechsel gehen nur etwa 2—3 m<sup>3</sup> Wasser verloren (Haupt). Ein Adka muß möglichst in die Nähe der Papiermaschine gesetzt werden, um lange Rohrleitungen zu vermeiden, die ebenso schlecht sind als große Sammelgruben.

Füllstoffe verhalten sich beim Flotationsprozeß ungefähr gleich wie Faserstoffe. Der Adka klärt auch beschwerte Papiere von 30 % Asche und

darüber sowie Schrenzpapierabwässer bestens. Nur bei Zugabe von über 3 % Titanweiß behält das geklärte Wasser eine leichte Trübung. Der Adka bringt mit den Füllstoffen auch fein gemahlene Fasern zurück. Der Dickstoff hat daher einen besonders schmierigen Charakter, was durch Zurücknehmen der Ganzeugholländer bzw. eventuell Kegelstoffmühlen — Mahlarbeit — zu berücksichtigen ist. Manche Papiersorten geben bei Svenleimverwendung eine Stoffrückgewinnung von 98—99 % (Haupt). Beim Farbwechsel ist es zweckmäßig, die Sammelgrube kurz vorher möglichst leer zu arbeiten, so daß die neue Farbe schnell am Adka kommt. Nur bei krassen Übergängen empfiehlt sich ein Ausspritzen des Apparates. Eine Stoffumstellung kann bei einem Adka binnen 15—20 Minuten vollzogen sein.

Ein Adka bedarf besonders sorgfältiger Einstellung, da sich günstigste Flockungsvorgänge nur bei bestimmten ph-Werten, die durch bestimmte Zusätze einzustellen sind, vollziehen. Für jede Stoffart ist eine eigene Einstellung vonnöten. Die Überwachung eines Adka erfordert daher eine gewisse Sorgfalt.

Eine andere Schwimmstoffängerausführung stellt z. B. das System Buckau dar, wobei mit offenem Behälter gearbeitet wird.

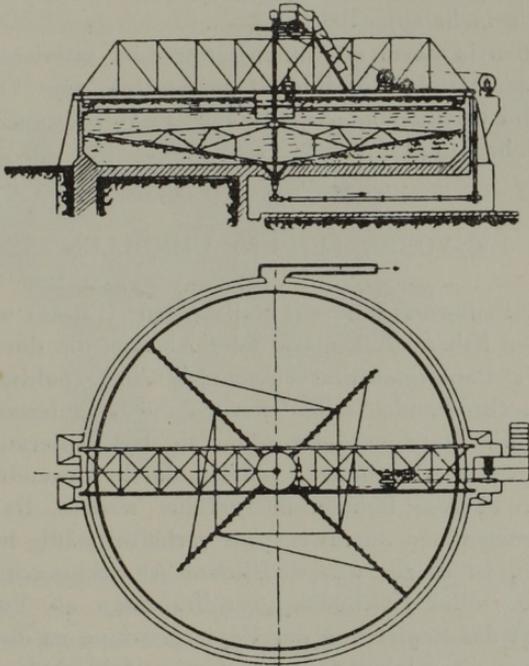
Das Klarwasser der verschiedensten Stofffänger enthält bei normalen Trichterfängern noch etwa 30—50 mg/l Sinkstoff, bei einem Adka mit Svenleimzusatz etwa 15—20 mg/l (Haupt). Man sammelt diese Wässer zweckmäßig in beispielsweise hochgelegenen Eisenbetonbehältern, von wo sie für Fabrikationszwecke z. B. für das Füllen und Leeren der Ganzeugholländer benützt werden können. Die Behälter müssen leicht und rasch zu reinigen sein, was auch für die Leitungen, welche aus Kupfer oder Kunststoff gewählt sein sollen, zutreffen muß.

Zur Erfassung der eingangs dieses Abschnittes erwähnten Reinigungs- bzw. Abspritzwässer ist deren Sammlung in eigenen Bassins zweckmäßig, von wo sie auf Zellenfilter oder auf einer mit besonders leistungsfähiger Entwässerungspartie ausgestatteten kleinen Entwässerungsmaschine zur Rückgewinnung der Faserstoffe nebst eventuellen Chemikalien gefördert werden. Sehr geeignet für solche Zwecke sind auch sog. „Eindicker“, die nach dem Absatzverfahren arbeiten und bei welchen die Sinkstoffe durch mechanisch bewegte Einrichtungen ausgetragen werden. Eine Darstellung eines der verschiedensten Apparate zeigt Abbildung Nr. 68 nach System Humboldt.

Ein aus Beton oder Stahlblech errichteter zylindrischer Behälter wird mit einem schwach nach der Mitte geneigten Boden ausgeführt. Über letzteren bewegen sich mit Kratzern besetzte Arme, die an einer senkrechten, von einem Motor in langsamen Umlauf gebrachten Welle befestigt sind. Das Abwasser gelangt von oben über einen in der Mitte des Behälters befindlichen Einlauftrichter in den Apparat und verbreitet sich langsam und gleichmäßig nach allen Seiten. Bei der dadurch entstehenden Verlangsamung der Strömungs-

geschwindigkeit sondern sich die Fangstoffe ab und sammeln sich auf dem Behälterboden. Die entsprechend gestellten Kratzer der Krählwerke fördern diese in engen Spiralen nach einer in der Mitte angeordneten Austragsvorrichtung und werden von dort mittels einer Membranpumpe zur Verbrauchsstelle, z. B. einer der früher genannten Maschinen, gefördert. Am

*Schnitt und Aufsicht eines Eindickers. System Humboldt*



*Abbildung Nr. 68*

oberen äußeren Rand fließt das Klarwasser durch eine Überlaufrinne ab. Der Kraftbedarf derartiger Eindicker, die bis zu 60 m Durchmesser gebaut werden können, beträgt etwa 1—4 PS (Wiesenthal).

Um einer guten Arbeit von Faserstoffängern sicher zu sein, ist es, wie schon eingangs betont, sehr wichtig, daß diese Apparate in ihrer Größe und Konstruktion den Papiererzeugungsverhältnissen angepaßt sind. Eigenschaften des Abwassers, die Art seiner Sinkstoffe sowie die in der Zeiteinheit zu bewältigenden Wassermengen sind ausschlaggebend für die Wahl eines Stoffängersystems. Rechnet man überschlägig für 100 kg Papier eine Menge von 50 m<sup>3</sup> Abwasser, so ergeben sich durch eine weitgehende Rückgewinnung an Faser- und Chemikalienstoffen dementsprechende Rohstoffeinsparungen.