

Faserholzentindung

Von Dr.-Ing. E. GIESE, Sebnitz/Sa.

Holzverhute bei der Entindung von Faserholz nach dem Trocken- und Naßentindungsverfahren, speziell nach dem System „Schongau“. Versuche zur Aufarbeitung der anfallenden Schälabgänge zu Packpapierhalbstoff

„Die Frage der Materialversorgung ist der entscheidende Teil bei der Durchführung des Fünfjahrplanes!“ Diese Feststellung des Vorsitzenden der staatlichen Plankommission bezieht sich nicht nur auf die Materialien des Maschinenbaus, sie gilt gleichermaßen für das „Holz“, das trotz unermüdlicher Suche nach anderen geeigneten Rohstoffen nach wie vor der wichtigste Faserrohstoff der Zellstoff- und Papierindustrie ist. Aufgabe dieser Industrie ist es daher, aus der ihr zur Verfügung stehenden Menge Holz eine maximale Menge Papier zu erzeugen, d. h. mit bestem Rohstoffwirkungsgrad zu arbeiten. Eine Voraussetzung hierfür ist die Wahl eines geeigneten Faserholzentindungsverfahrens, welches möglichst nur Rinde und Bast, nicht aber Holzteile entfernt, bzw. soweit die Schälabgänge stark faserholzhaltig sind, die Weiteranarbeitung dieser Abgänge zu einem in der Papier- und Pappenherstellung noch weiterverwendbaren Halbstoff. Welches Schälverfahren aber am holzsparendsten ist, können nur Versuche beantworten, die sich mit der Ermittlung des Faserholzanteils in den Schälabgängen befassen.

I. Allgemeines über die verschiedenen Schälverfahren

Das nach dem Handschälverfahren entindete Holz genügt bei den geringsten Schälabgängen von 3 bis 5% den höchsten Reinheitsansprüchen. Die Schälleistungen von 0,4 bis 0,7 m³ je Mannstunde waren jedoch so klein, daß sich dieses faserholzsparende Verfahren mit dem steigenden Bedarf an geschältem Holz nicht mehr halten konnte und den Messerschälmaschinen weichen mußte. Deren Leistungen betragen in Abhängigkeit von der jeweiligen Holzstärke 40 bis 80 m³ während einer 8-Stunden-Schicht bei 2,5 bis 3,5 Mann Bedienung einschließlich der Arbeitskräfte für das maschinelle Nachputzen. Damit war die Leistung je Mannstunde von 0,4 bis 0,7 m³ auf 1,6 bis 3,2 m³ gestiegen. Der Kraftaufwand ist dabei mit rund 0,75 kWh/m³ einschließlich der pneumatischen Späneförderung sehr niedrig. Das Prinzip der Reibungsentindung hat sich in Deutschland nur langsam durchgesetzt, da hierfür in den meisten Fällen die günstige Voraussetzung der Lockerung von Bast und Rinde durch vorheriges Flößen fehlt, die in den nordischen Ländern fast ausnahmslos gegeben ist.

Ich hatte früher Gelegenheit, Versuche an verschiedenen Schälmaschinen durchzuführen. Zuerst werde ich über die Messerschälung und die dabei festgestellten Schälabgänge und Holzverluste sowie die Versuche zur Verwertung der trockenen Späne berichten. Anschließend komme ich auf die Naßentindung nach dem Schongauverfahren und die damit verbundene Aufarbeitung der feuchten Schälabgänge zu sprechen.

II. Entindung durch Messerschälmaschinen

Die Schälung mit Messerschälmaschinen, die durch den vor etwa 15 Jahren eingeführten Schwenkkopfschäler von *Bezner* rein konstruktiv einen beachtlichen Entwicklungsstand erreichten, ist noch heute das in den Betrieben der Zellstoff- und Papierindustrie Deutschlands vorherrschende Entindungsverfahren. Den Betriebsmann haben die Messerschälmaschinen stets durch ihre guten Leistungen zufriedengestellt, der verantwortungsbewußte Wirtschaftler hingegen muß sich wegen der hohen Verluste an Holzsubstanz, die sie beim Schälen verursachen, ablehnen.

Die Versuche wurden mit einem älteren *Bezner*-Spar- und dem schon erwähnten Schwenkkopfschäler RPL ausgeführt. Auf eine Beschreibung dieser Maschinen wird verzichtet, da diese in der Fachwelt hinreichend bekannt sind. Hier sei lediglich an das Arbeitsprinzip erinnert: Zackenräder, am Umfang des Knüppels angreifend, verleihen diesem sowohl eine drehende als auch vorwärtstreibende, also eine schraubartige Bewegung, in welcher dieser, durch besondere Führungsorgane

gelenkt, unter einer etwa mit 1400 U/min rotierenden, federnd aufliegenden Messerscheibe hindurchgeführt und dabei weißgeschneidert wird. Die anfallenden Späne werden durch Ventilator abgeführt.

a) Schälverluste bei Messerschälmaschinen

Die Höhe der Schälverluste bei Messerschälmaschinen ist abhängig

1. von der Eingrifftiefe der Messer,
2. vom Prügeldurchmesser,
3. von der Prügelform.

Zu 1: Einfluß der Eingrifftiefe der Messer

Es ist klar, daß mit wachsendem Spanabbau der Schälverlust ansteigt, und zwar ist dieser Anstieg direkt proportional der eingestellten Eingrifftiefe der Messer. Die Gefahr zu hohen Spanabbruchs ist überall dort gegeben, wo im Leistungslohn geschält wird und dieser auf die Menge sauber geputzten Holzes abgestellt ist. Um den Anteil des nachzuputzenden Holzes so niedrig wie möglich zu halten, wird dann meist mit Messerstellungen von 1 bis 1,2 mm gearbeitet, selbst wenn nur 0,6 mm vorgeschrieben sind. Eine solche Arbeitsweise ist im Interesse einer sparsamen Faserholznutzung zu verwerfen. Nur regelmäßige Überprüfungen der Messereinstellungen verhindern hier auf die Dauer Übergriffe. Bei diesen Kontrollen wird man feststellen, daß bei abgearbeiteten Schälmaschinen an der Innenseite die Einstellung von 0,6 mm stimmt, daß aber an der Peripherie durch den Verschleiß des Schälmaschinenkörpers die Messer bis 1,2 mm herausragen werden. Solche Scheiben sind aus dem Betrieb zu ziehen.

Zu 2: Einfluß des Prügeldurchmessers

Der Prügeldurchmesser oder die Zapfstärke ist nach der Beziehung

$$O = z \pi l$$

der zu schälenden Oberfläche direkt proportional, wobei z der Prügeldurchmesser und l die Prügellänge sind. Je höher demnach der Anteil an schwachen Knüppeln in einem Raummeter ist, um so mehr steigt die zu entindende Oberfläche und damit Schälarbeit und Schälzeit einer Messerschälmaschine, denn die Zackenräder, welche die Knüppel in drehender Vorwärtsbewegung unter der Schälmaschine durchführen, laufen mit konstanter Geschwindigkeit. Sie transportieren also einen dünnen Knüppel rasch, einen starken langsam. Wenn hiernach in gleichen Zeiten etwa die gleichen Oberflächen entindet werden, so scheint hier keinerlei Nachteil der Messerschälmaschinen bezüglich der Schälleistung zu liegen. Und doch ist einer vorhanden, der in dem Verhältnis der Holzmasse zu ihrer Oberfläche begründet ist. Das Volumen und damit die Holzmasse ist durch die Beziehung gegeben:

$$V = \frac{z^2}{2} \pi l$$

Während die Oberfläche proportional der Knüppelstärke steigt, wächst das Volumen im Quadrat des Radius $\frac{z}{2}$, was aus folgendem Beispiel deutlich hervorgeht:

Tafel I

Abhängigkeit der Holzmasse vom Prügeldurchmesser

Prügeldurchmesser cm	Prügellänge m	Oberfläche m ²	Volumen m ³
6	1,00	0,1885	0,0028
18	1,00	0,5650	0,0254

Die Oberfläche ist proportional der Knüppelstärke um das Dreifache gestiegen, das Volumen dagegen um das Neunfache. Im Endeffekt ist aber das Volumen maßgebend, denn verschliffen oder verkocht werden nicht die Oberflächen, sondern die Summe der Einzelvolumina, gemessen in Fest- oder Raummetern.

Der uns hier interessierende Schälverlust ist eine Funktion der zu entzündenden Oberfläche, also des Prügeldurchmessers. Bild 1 läßt den Zusammenhang zwischen verschiedenen Prügeldurchmessern und der Rindenoberfläche eines Raummeters erkennen. Da die Messerscheibe stets mit gleicher Eingrifftiefe arbeitet, muß der Schälverlust linear mit wachsender Rindenoberfläche ansteigen.

Zu 3: Einfluß der Prügelform

Einen geradezu entscheidenden Einfluß auf die Höhe der Schälabgänge hat bei den Messerschälmaschinen die Form des zu schälenden Knüppels. Jede Abweichung von der ideal zylindrischen Form ist nachteilig. Krümmungen, Astgabeln und knorrige Vorsprünge verlangen eine Nachbehandlung mit Schnitzmesser oder Axt. Hinter jedem Ast, jeder Wulst, in jeder Krümmung bleibt Rinde zurück, da die Größe der Schäl-scheibe ein Anschmiegen an diese unregelmäßigen Oberflächenformen nicht zuläßt.

b) Versuchsergebnisse mit Messerschälmaschinen

Diese sind in der Tafel 2 wiedergegeben. Jeder Einzelversuch wurde mit 1 bis 1,3 rm von Hölzern durchgeführt, die nach Prügeldurchmessern geordnet waren. Die Schälverluste wurden durch Wägung des Holzes vor und nach der Schäl- und Putzmaschine ermittelt. Schäl- plus Putzverlust ergeben den gesamten Schälabgang.

Tafel 2

Abhängigkeit des Schälverlustes vom Prügeldurchmesser bei Schwenkkopf- (A) und Sparschäler (B)

Kenndaten	Prügeldurchmesser (cm)			
	8—10	11—15	13—17	12—14
Messerstellung (mm)	0,6	0,6	0,6	0,6
Prügelbeschaffenheit	normal grünes Holz	normal grünes Holz	besser als norm. gr. Holz	normal dürres Holz
Maschinentype	A (B)	A (B)	A (B)	A (B)
Gewichtsverlust nach Schäl-m. %	8,1 (7,5)	7,2 (7,2)	4,4 (6,1)	7,7 (7,1)
Gewichtsverlust nach Putz-m. %	4,0 (3,8)	2,7 (2,6)	2,1 (1,8)	2,4 (2,1)
Gesamtschälabgang	12,1 (11,3)	9,9 (9,8)	6,5 (7,9)	10,1 (9,5)
Rinde des ungeschälten Holzes %	3,1 (3,4)	2,5 (2,5)	2,0 (2,0)	2,1 (2,1)
Reiner Holzverlust %	8,7 (7,9)	7,4 (7,3)	4,5 (5,9)	7,7 (7,1)

Der Gewichtsverlust betrug beim Schwenkkopf (vgl. 2 A) je nach Prügeldurchmesser 4,4 bis 8,1%. Die Verluste an der Putzmaschine können wie bei den 8-bis 10-cm-Knüppeln fast $\frac{1}{3}$ des gesamten Schälabganges ausmachen. Auch der gesamte Schälabgang mit 6,5 bis 12,1% erscheint für geschipptes Holz recht beträchtlich. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß das, was hier als Gesamtschälabgang bezeichnet wird, nicht gleichzusetzen ist mit Holzverlust. Um die wahren Holzverluste beim Schälen zu ermitteln, wurde von dem gleichen Holz jeweils für die verschiedenen Stärken von einem Raummeter die Rinde von Hand abgezogen, ohne dabei Holz wegzuschneiden. Der ermittelte Gewichtsverlust entsprach somit nur dem Anteil an Bast und Rinde. Diese Werte sind unter Rindenbetrag des ungeschälten Holzes aufgeführt. Sie machen 2,0 bis 3,4% aus. Der reine Holzverlust zeigt nach Abzug dieser Beträge immer noch die beträchtliche Höhe von 4,5 bis 8,7%. Bedenkt man nun, daß nach dem Durchgang durch die Schälmaschine etwa 90% der Rinde entfernt wurden und für die restlichen 10% an nachzuschälender Oberfläche bis zu 4% Schälabgang bzw. 3,6%

Holzverlust entstehen, so kann man nur von dieser maschinellen Methode des Nachschälens abraten, ja man sollte sie verbieten und die Rückkehr zur Nachschälung von Hand empfehlen bzw. auf das Nachputzen verzichten und das noch leicht fleckige Holz auf Zeitungsdruckpapier verarbeiten.

Die Schälergebnisse mit dem alten sogenannten Sparschäler (Tafel 2 B) fielen nicht wesentlich anders aus. Ein sparsameres Entrinden mit dem moderneren Schwenkkopfschäler konnte nicht festgestellt werden.

III. Versuche zur Verwertung von Messerschälspänen

Gegen die Messerschälung ist nichts einzuwenden, sobald der gesamte Schälabgang zu einem hochwertigen Erzeugnis weiterverarbeitet wird. Daran hat es bis jetzt fast überall gefehlt. Die meisten Fabriken haben die Späne in eigens dafür vorgesehenen Spänekessele vernichtet. Eine sächsische Papierfabrik hat auf diese Art vor dem Kriege bei einem nüttleren Schälabgang von 10% und einem Schälercidurchgang von täglich 300 bis 400 rm geschipptes Holzes 2,5 t Dampf von 3 atü gewonnen. Rechnet man mit dem sehr niedrigen Dampfpreis von 2,— DM pro Tonne, so brachte diese Vernichtung ungefähr 120,— DM täglich an Heizdampf, trockene Späne vorausgesetzt. Waren diese naß, so ging die Dampferzeugung stark zurück. Bei vereister Rinde genügten oft die den Spänen innewohnenden Wärmeeinheiten kaum, um das von ihnen mitgeführte Wasser, das nach meinen Untersuchungen bis 72% betragen kann, zu verdampfen. Dieser fragwürdigen Dampferzeugung stand ein täglicher Holzverlust von rund 500,— DM gegenüber.

Diese Spänevernichtung konnte auf die Dauer nicht befriedigen. Deshalb versuchte ich, die Späne, deren Holzanteil immerhin 70% betrug, zu einem Packpapierhalbstoff aufzuarbeiten, und zwar

- durch Zermahlen im Raffineur und
- durch Verschleifen der Späne.

Zu a): Mahlung der Späne im Raffineur

Bevor die Späne dem Raffineur zugeführt wurden, erfuhren sie eine Vorzerkleinerung auf etwa Streichholzgröße beim Durchgang durch eine Hammermühle, wie sie zur Kohlenzerkleinerung verwendet wird. Diese zerkleinerten Späne wurden in der Raffineurbütte eine Stunde lang vorgeweicht und anschließend im Raffineur so weit gemahlen, bis sie das Blech eines 1,5-mm-Sortierers passieren konnten. Der Stoff wurde auf einer Entwässerungsmaschine eingedickt. Zur Verfeinerung wurden nach diesem Verfahren 75 kWh/100 kg Stoff benötigt.

Die Stoffeigenschaften sind durch folgende Kennzahlen angedeutet:

Tafel 3

Herstellung von Spänestoff durch Raffinieren

Mahlgrad °SR	29	30
Festigkeit m	1050	1220
Faseranteil nach eigenem Verf. %	60	57,8
nach Normal-Verf. %	(40)	(38,5)

Seinerzeit existierte das Normalverfahren zur Gütebewertung von Holzschliffen nach Brecht noch nicht. Nach einem eigenen Verfahren gefundene Werte lassen sich nach Verminderung um 30% mit denen des Normalverfahrens vergleichen. Diese Werte entsprechen dann dem Rückstand auf dem Sieb Nr. 16, der bei der Faseranalyse im HS-Gerät zurückbleibt. Die berechneten Werte sind in den Tafeln in Klammer aufgeführt.

Nach den Kennzahlen ist der Stoff auf Grund seines hohen Faseranteils bei zu niedriger Festigkeit viel zu wenig verfeinert. Auf der Entwässerungsmaschine bildete er Blätter, die infolge hoher Entwässerungsgeschwindigkeit und schlechten Verfilzungsvermögens keine zusammenhängenden feuchten Rollen ergaben, trotzdem gegen Ende des Versuchs durch Verfeinerung der Sortierelochung eine stärkere Mahlung im Raffineur angestrebt wurde. Immerhin eignete sich dieser Stoff bei Zusätzen bis zu 20% zur Packpapierherstellung.

Zu b): *Verschleifen von Spänen*

Voraussetzung hierzu war eine entsprechende Späneverdichtung. In Ermangelung einer geeigneten Anlage wurden 400 kg Späne in einem quaderförmigen Kasten mit einem Stempel gepreßt, der gerade diesen Kasten ausfüllte, unter einem spez. Preßdruck von 100 kg/cm². Die gepreßten Päckchen wurden mit Papierbindfaden gebunden und in einem Pressenschleifer verschliffen. Dabei zeigte sich die enorm *hohe spez. Kraftaufnahme von 232 kWh je 100 kg* ohne Nebenmaschinen, die bedeutend höher liegt als die bei diesen Schleifern sonst übliche von 120 bis 130 kWh/100 kg. Der Sauerkrautanfall (Späne nach dem Schleifen) war mit 1/4% sehr niedrig. Gegenüber dem raffinierten Stoff zeigen die Kennzahlen des Späneschleifs ein völlig verändertes Bild:

Tafel 4
Späneschleifversuch

	vor dem Schärfen	nach dem Schärfen
Mahlgrad °SR	86	81
Reißlänge m	2320	1620
Faseranteil eigenes Verfahren %	15,4	16,6
Faseranteil Normalverfahren %	(10,1)	(11,1)
Spez. Kraftaufnahme kWh/100 kg	232	232

Der Stoff war *außergewöhnlich schmierig*. Eine während des Versuches durchgeführte Schärfung brachte keinerlei Steigerung des Entwässerungsvermögens. Die Festigkeit lag günstiger als bei dem durch Raffinieren erzeugten Stoff, dagegen war der Faseranteil mit 15,4 und 16,6% (10,1 und 11,1%) zu niedrig. Der anfallende Stoff hielt auf der Entwässerungsmaschine gut zusammen.

Auch das Untersuchungsergebnis eines sich über mehrere Wochen ausdehnenden Großversuchs, bei dem die Späneballen in einem Beznerschen Preßwerk hergestellt wurden, unterscheidet sich von dem des Vorversuchs nur wenig. In Tafel 5 sind die Mittelwerte dieses Dauerversuchs enthalten.

Tafel 5
Verschleifen von Schälpänen (Dauerversuch)

Mahlgrad °SR	86
Reißlänge m	2600
Faseranteil eigenes Verfahren %	18,7
Faseranteil Normalverfahren %	(12,3)
kWh/100 kg	231

Trotz Verwendung größerer Schleifsteine, größter Schärrollen und häufigster Steinbehandlung gelang es nicht, durch Schleifen einen Spänestoff mit hohem Faseranteil und gutem Entwässerungsvermögen herzustellen. Das schnelle Stumpfwerden während des Späneschleifens führte infolge der *häufig notwendigen Steinschärfungen zu einem Steinverschleiß, der rund 40 mal so hoch als beim normalen Querschleiff lag*. Die Steinkosten für 1 Tonne Späneschleiff betragen 11,80 DM. Sie konnten durch Verwendung eines größeren A II-Steines auf 8,- DM/t gesenkt werden.

c) *Ursachen des hohen Kraftbedarfs und Steinverschleißes beim Späneschleifen.*

- Diese sind 1. der hohe Sandgehalt der Rinden und
2. die unregelmäßige Lagerung der Faserachsen zur Steinangriffsrichtung.

Zu 1.) Die glättende Wirkung von Sand ist jedem erfahrenen Schleifer von der Verarbeitung unsauberen Holzes bekannt. Es soll sogar Holzschleifer geben, die zum Zwecke der Steinabstumpfung eine Handvoll Sand in die Schleifzone werfen.

Zu 2.) Auch beim Verschleifen von Sauerkraut wird höherer Kraftbedarf und stärkere Steinglättung beobachtet, ein Vorgang, welcher mit dem Späneschleifen verglichen werden kann.

Während beim normalen Schleifen nur Querschleiff hergestellt wird, liegen beim Späne- und Sauerkrautschleifen die Faserachsen in den mannigfachsten Lagen zur Laufrichtung der Steinoberfläche. Es wird also außer Querschleiff auch Lang-, Diagonal- und Hirnholzsleiff hergestellt. Der Widerstand, den das Holz seiner Zerfaserung entgegensetzt, wird am geringsten sein, wenn die Faserachsen in der Steindrehrichtung tangential zum Umfang verlaufen, er wird am größten sein, wenn sie senkrecht oder schräg gegen die Steinoberfläche stehen. Bei den Späneballen ist, hervorgerufen durch die Eigenart des Preßprozesses, der größte Teil der Faserachsen zwar in der Steindrehrichtung orientiert, jedoch in beliebiger Richtung zur Steinoberfläche. Man könnte die Faserachsen der Späne im Ballen mit den Borsten einer Rohrbürste vergleichen. Nur wenige Borsten haben die Richtung der Tangente des Steinumfangs, sie lassen sich mit geringstem Kraftaufwand zerfasern. Die größte Zahl steht senkrecht oder schräg zur Schleiffläche. Je feiner nun die Steinkörnung ist, um so rascher wird seine Oberfläche durch diesen Bürstvorgang eingeebnet werden. Ein größerer Stein wird dieser wechselnden Beanspruchung länger widerstehen als der A II-Stein im Gegensatz zum A₀₀-Stein.

d) *Verwendung von Späneschleiff als Packpapierhalbstoff*

Ein geringer Faser- bzw. hoher Mehlstoffanteil, aus dem sich der Feinstoff größtenteils zusammensetzt, und die damit verbundene schlechte Entwässerbarkeit kennzeichnen den Späneschleiff. Bei seiner Verarbeitung auf der Papiermaschine wurde das gewünschte Flächengewicht des Packpapiers von 200 g/m² bei hohen Späneschleiffbeimengungen nicht erreicht. Darüber gibt die nächste Tafel Aufschluß.

Tafel 6

Erreichte Flächengewichte bei der Verarbeitung von Späneschleiff

Zellstoff %	Späneschleiff %	Schrenz %	Flächengewicht g/m ²
25	75	—	117
35	65	—	127
25	35	40	153
10	90	Normalgrobschleiff	200—220

Je mehr Späneschleiff eingetragen wurde, um so spröder und härter fiel das Papier aus, für Packpapier recht ungünstige Eigenschaften. Diese *Abhängigkeit der Geschmeidigkeit des Papiers von der Stoffzusammensetzung* lassen die *Dauerbiegezahlen* erkennen, die bei der Prüfung von im Faserlaboratorium hergestellten Blättern ermittelt wurden:

Tafel 7

Abhängigkeit der Dauerbiegezahl von der Stoffzusammensetzung bei Packpapieren (200 g/m²)

Zellstoff %	Späneschleiff %	Reißlänge m	Dehnung %	Dauerbiegungen bei 500 g Lastanhang
—	100	3150	2,68	0
10	90	3700	2,68	10
20	80	3700	2,70	227
30	70	4160	2,72	583
40	60	4300	2,72	680
50	50	4220	2,96	2090
100	—	3860	2,90	über 3000

Während Festigkeit und Dehnung sich in normalen Grenzen halten, zeigt die Dauerbiegezahl, die für ein Packpapier möglichst hoch sein soll, recht krasse Wertunterschiede. Ein nur aus Späneschleiff hergestelltes Blatt brach schon bei der ersten Biegung. Bei 10% Zellstoffzusatz hielt der Streifen bereits 10 Biegungen aus, bei 20% 227 usw. Mein Streben war, mindestens 250 Dauerbiegungen mit einem Zusatz von 10% Zellstoff zu erreichen! Auch das ist gelungen, jedoch bei einer anderen Methode der Späneaufarbeitung.

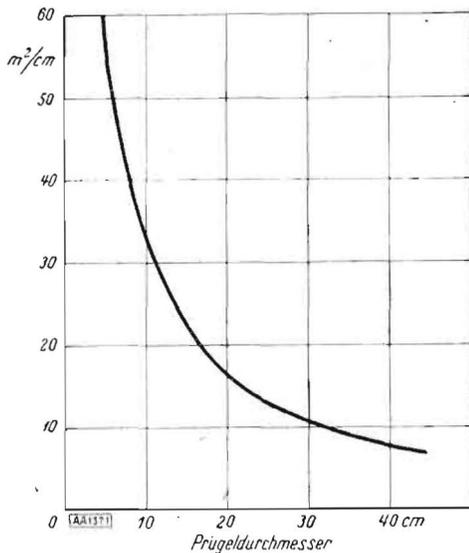


Bild 1 Der Schälverlust ist eine Funktion der zu entrindenden Oberfläche, also des Prügeldurchmessers

IV. Die Wasserstrahlentrindung System „Schongau“

Zuerst eine Beschreibung von Aufbau und Wirkungsprinzip dieser

Reibungsentrindungsmaschine:

Sie besteht im wesentlichen aus einem kräftigen *Trommelkäfig* mit zwei Schiebetüren und einer *Füllrinne*. Der *Trommelkäfig* mit 1100 mm \varnothing ist entsprechend der Holzlänge aus breiten Längsbalken und zwei Tragringen zusammengeschweißt. Zwischen ihnen sitzen im unteren Teil geschützt Reihen von Spritzdüsen, aus denen das Wasser unter 15 bis 16 atü Druck austritt. Die Wasserstrahlen heben die achsenparallel eingeschobenen Hölzer an, treffen sie in der Hauptsache tangential und versetzen sie in Drehung, wie aus Bild 2 ersichtlich. Hierbei reiben sich die Hölzer aneinander und an den Balken des Käfigs. Zusätzlich wirken die kräftigen Wasserstrahlen eindringlich auf den Umfang des Holzes, so daß die Ablösung von Rinde und Bast ohne wesentliche Beschädigung des Holzes in 30 bis 60 sec erfolgen kann. Die abgelöste Rinde wird durch die breite Spalte aus der Trommel abgeschwemmt.

Füllung und Entleerung erfolgt mit Hilfe von Füllrinne und Beschickungskolben in einem einzigen, kurzen Arbeitsgang. Es können bei lebhafter Bedienung durch 4 bis 5 Mann etwa 250 m³ täglich bei 20 Std. reiner Arbeitszeit durchgeschleust werden. Während die *Leistung einer Messerschälmaschine vom Prügeldurchmesser abhängig* ist, entrindet diese *Reibungsentrindungsmaschine in gleichen Zeiten gleiche Raumeinheiten unabhängig vom Prügeldurchmesser*¹⁾.

a) Versuchsergebnisse:

Ein Maß für die Wirksamkeit der Schälung bei Reibungsentrindungsmaschinen ist der nachzuschälende Anteil. Er kann nur dann eindeutig bestimmt werden, wenn die nach dem Entrindungsvorgang gebliebene, noch nachzuschälende Oberfläche des Holzes bestimmt wird im Verhältnis zur ursprünglichen Rindenbedeckung. Der bei dem Vorgang entstehende *reine Holzverlust* läßt sich nur durch Aussortieren der Holzteile aus den feuchten Schälabgängen und anschließende Trocknung und Wägung finden. Dieses Verfahren ist außerordentlich mühsam. In Ermangelung ausreichender eigener experimenteller Unterlagen greife ich hier auf einige Kurven der Darmstädter Studie von *Brecht und Süttingers*¹⁾ zurück, deren Ergebnisse sich mit meinen Betriebserfahrungen vollauf decken.

Der Reinheitsgrad des die Schälmaschine verlassenden Holzes ist eine Funktion der Entrindungsdauer (Bild 3a). Mit wachsender Entrindungsdauer nähert sich die Kurve asymptotisch dem Werte 0 des nachzuschälenden Anteils. Bei 30 sec Entrindungs-

dauer beträgt dieser nur noch rund 2%. Mit längerer Druckeinwirkung wird kaum noch etwas erreicht. Zur Vermeidung unnötig langer Schälzeiten hatten wir eine Einrichtung geschaffen, welche nach Öffnung des Druckwasserschlebers eine Lampe für 30 sec aufleuchten ließ. Nach Verlöschen dieses Lichts wurde das Druckwasser abgestellt, die Trommel entleert und frisch beschickt.

Mit steigender Entrindungsdauer wird sich die Anzahl der Knüppel, die an den Enden *Verletzungen durch Aufsplintern* erleiden, vergrößern, und zwar steigt die Zahl der besenartig ausgefranzten Knüppel linear mit wachsender Entrindungsdauer (Bild 3b).

Mit dieser *Erhöhung der Knüppelverletzungen* ergibt sich zwangsläufig eine *Steigerung des Holzverlustes*. Dieser bewegt sich trotzdem in sehr niedrigen Grenzen und betrug bei 60 sec. Einwirkungsdauer nicht mehr als 0,10% bei normalem gesunden Holz (Bild 3c). *Verstocktes und verrotteltes Holz* zeigt einen *unverhältnismäßig höheren Abrieb von 1% und mehr*. Manche Knüppel eines so erkrankten Holzes halten die etwas derbe Behandlung in der Trommel nicht aus und zerbrechen dabei.

Im Gegensatz zur Messerschälmaschine eignet sich die *Schongaummaschine* auch für die *Verarbeitung astreicher, krummwüchsiger Hölzer*. Der erreichte Sauberkeitsgrad ist trotz kleinerer gegenseitiger Berührungsfächen erstaunlich gut. Ich versuchte sogar, *geschlippte Scheite* zu entrinden. Das Experiment verlief wider Erwarten günstig. Allerdings war der Splitteranfall höher als üblich. Von einer zahlenmäßigen Erfassung wurde wegen der Umständlichkeit derartiger Ermittlungen Abstand genommen.

Bei *Holz mit Vollrinde* muß die Entrindungsdauer auf 1 bis 2 Min. zwecks Erreichung eines genügenden Entrindungseffektes erhöht werden. Mit dieser längeren Einwirkungsdauer steigt der Holzverlust von 0,1 auf 0,4 bis 0,5%. Er bleibt damit ganz wesentlich unter dem der Messerschälmaschinen. Vollrindiges Kiefernholz ließ sich besser als Fichtenholz mit Vollrinde entrinden.

b) Einfluß des Basthaftvermögens

Nicht jedes Holz eignet sich für die Entrindung in der Schongau-Trommel. Während Hölzer, deren Rinde sich durch Schrumpfung beim Trocknen infolge längerer Lagerung schon teilweise gelöst hatte, gute Entrindungseigenschaften zeigen, bereiten frische, grüne Hölzer durch ihr *starkes Basthaftvermögen Schwierigkeiten*. Hier muß der eigentlichen Schälung eine Lockerung von Rinde und Bast durch *Voreinweichung* vorausgehen. Der Erfolg dieser Wässerung ist eine Funktion von *Vorweichdauer und -temperatur*. Bei einer Vorweichtemperatur von 45 bis 50° C konnte der nachzuschälende Anteil von etwa 45% der ursprünglichen Rindenbedeckung bei 8 Stunden Vorweichzeit auf etwa 20%, bei 12 Stunden auf etwa 15% herabgesetzt werden. Läßt man die Wässerungsdauer konstant und steigert die Temperatur um weitere 30° C, so wird der nachzuschälende Anteil jeweils um weitere 5 bis 8% herabgedrückt. *Für die Erzielung eines gleichmäßigen Entrindungseffektes ist eine Holzvorweichung unbedingt erforderlich*.

Der *Kraftbedarf der Entrindungstrommel* ist durch die großen erforderlichen Pumpenleistungen verhältnismäßig hoch, nämlich 3,7 bis 4,0 kWh/m. Bei Voreinweichung kommen dazu noch die entsprechenden Anteile an Kraft und Wärme für diesen Vorgang.

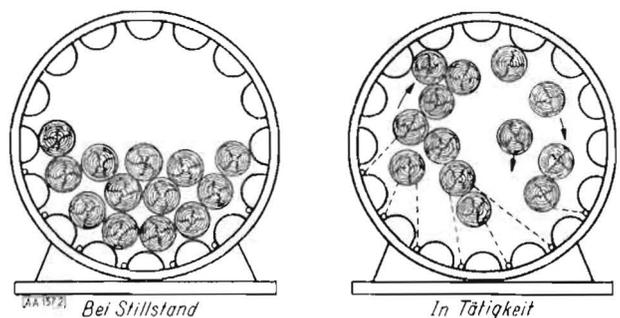


Bild 2 Wirkungsprinzip der Reibungsentrindungsmaschine

¹⁾ Weiteres über die Schongau-Maschine in „Mitteilungen des Instituts für Zellstoff- und Papiertechnik, Darmstadt“, 1. Mitt. Sept. 1940.

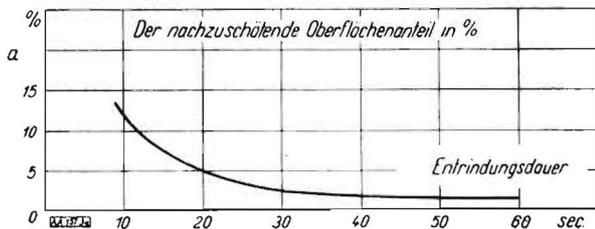


Bild 3a Der Reinheitsgrad des die Schälmaschine verlassenden Holzes ist eine Funktion der Entrindungsdauer

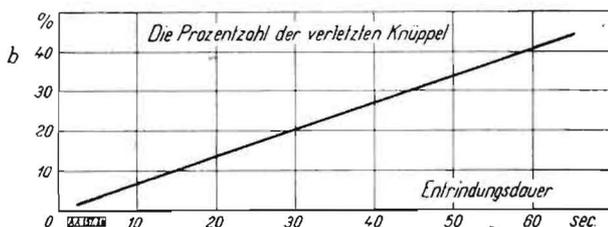


Bild 3b Die Anzahl der Knüppel, die an den Enden Verletzungen durch Aufsplintern erleiden, steigt linear mit wachsender Entrindungsdauer

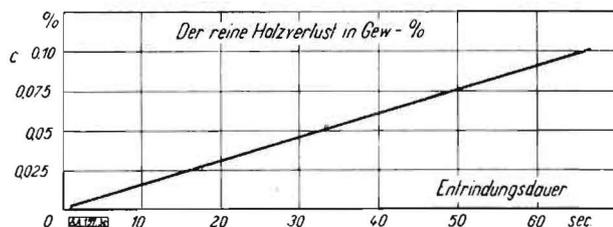


Bild 3c Mit der Erhöhung der Knüppelverletzungen ergibt sich zwangsläufig eine Steigerung des Holzverlustes

V. Aufarbeitung der anfallenden nassen Rinden zu Packpapierhalbstoff

Diese wurde nach dem Schema in Bild 4 durch Mahlung mit Condux-Mühle und Raffineur durchgeführt. Die abgelösten Rinden-, Bast- und Holzteile werden durch die im Trommelkäfig befindlichen breiten Spalte weggeschwemmt und gelangen durch einen unter der Maschine entlangführenden Kanal in eine Entwässerungstrommel, wo sie von überflüssigem Wasser befreit werden. Die nasse Rinde wird nun aus einem mit Wasser gefüllten Trog durch die Greifer eines Becherwerks erfaßt und über eine Zulauftrinne einer Condux-Mühle zugeführt. Die die Mühle verlassende Stoffaufschwemmung wird in einer Sortieranlage mit 1,5 bis 1,8 mm Lochung sortiert. Der dabei anfallende Spuckstoff wird durch einen Raffineur so lange verfeinert, bis er diese Lochung passieren kann. Der sortierte Rindenstoff wird auf einer Rundsiebmaschine entwässert.

Die Zerkleinerungselemente der Condux-Mühle sind Zähne mit doppelt scherenartiger Wirkung, die auf den Innenflächen der Mahlscheiben in konzentrischen Ringen angeordnet sind. Die Größe der Zähne nimmt nach der Peripherie hin ab, ihre Anzahl dagegen zu. Die Zähne der umlaufenden Mahlscheibe arbeiten während des Betriebs an den Zähnen der feststehenden ineinandergreifend vorbei. Diese quetschende Mahlung bot gegenüber dem Verschleifen den Vorteil der Erhaltung der Faser. Nach der Mühle zeigt der Stoff bei geringem Mahlgrad und niedriger Festigkeit ein verhältnismäßig schlechtes Verfilzungsvermögen. Er wird deshalb nachträglich durch einen Raffineur weiter verfeinert.

Der Kraftaufwand ist bedeutend geringer als beim Späneschleifen. An Gesamtenergie wurden für 100 kg Rindenstoff 165 kWh verbraucht, wovon auf reine Mahlarbeit durch die Condux-Mühle 62 und den Raffineur 46 kWh, mithin insgesamt 108 kWh entfallen. Der Rest wird von Nebenmaschinen verbraucht. Nach diesem Mahlverfahren werden demnach nur 46,6% der für das Späneschleifen erforderlichen Energie benötigt.

Bei Verarbeitung trockener Messerschälspäne nach diesem Verfahren betrug der gesamte Kraftaufwand 107 kWh/100 kg, wovon auf die reine Zerkleinerung 75 kWh entfielen. Dieser Wert entspricht dem gleichen Energieaufwand, den ich bei früheren Versuchen zur Spänezerkleinerung im Raffineur festgestellt hatte. Eine süddeutsche Papierfabrik, welche die Stoffverfeinerung in zwei hintereinandergeschalteten Mühlen vornimmt, benötigt für 100 kg je nach Art und Feinheit der aufzuarbeitenden Späne 106 bis 140 kWh. Diese Werte befinden sich mit meinen in guter Übereinstimmung. Aus Tafel 8 sind die Eigenschaften des gemahlten Rindenstoffs ersichtlich.

Tafel 8
Eigenschaften gemahlener Schälabgänge im Vergleich zu Späneschliff

	Mahlung von		
	NaBrinden	Messerschälspänen	Späneschliff
Mahlgrad °SR	32	20—42	86
ReiBlänge m	1400—1700	800—1000	2600
kWh/100 kg ohne Nebenmaschinen	108	75	231

Der gemahlene Stoff aus nassen und trockenen Schälabgängen wurde mit gutem Erfolg bis zu 55% dem Packpapierstoff beigemischt. Entwässerungsschwierigkeiten wie bei der Verwendung von Späneschliff traten nicht ein. Das gefertigte Papier genügte vollauf den gestellten Ansprüchen.

VI. Schlußfolgerungen aus den Versuchen

1. a) Das Maschinenmesserschälverfahren ist wegen der hohen Holzverluste abzulehnen, auf keinen Fall darf maschinell nachgeputzt werden.
- b) Der Bau von Messerschälmaschinen sollte durch den Gesetzgeber auf wenige Fälle beschränkt werden, bei denen das Endzeugnis höchsten Reinheitsansprüchen genügen muß.
- c) Ist man mangels anderer Entrindungsmöglichkeiten gezwungen, noch mit Messerschälmaschinen zu arbeiten, dann dürfen nur einwandfreie Schäl scheiben verwendet werden, die das Arbeiten mit geringster Messereingrifftiefe gestatten. Die Messereinstellung ist in den Betrieben von besonders dazu Beauftragten vorzunehmen und laufend zu überprüfen.
- d) Das Nachputzen darf nur von Hand durchgeführt werden.
2. a) Die Reibungsentrindungsverfahren arbeiten mit geringsten Holzverlusten, helfen mithin wertvollstes Faserholz sparen. Für kleine Leistungen baut die Pama, Freiberg, geeignete Trommeln, für mittlere Leistungen kommt die Wasserstrahlentrindung System Schongau in Frage, für Leistungen über 250 rm/Tag dürften die bekannten Anlagen von Thorne bzw. Waplan- oder Kamyrtrommeln das Gegebene sein.
- b) Bei allen Reibungsentrindungsanlagen ist mit einer befriedigenden Arbeitsweise nur dann zu rechnen, wenn eine entsprechende Vorweichung stattfindet. Temperatursteigerung bei

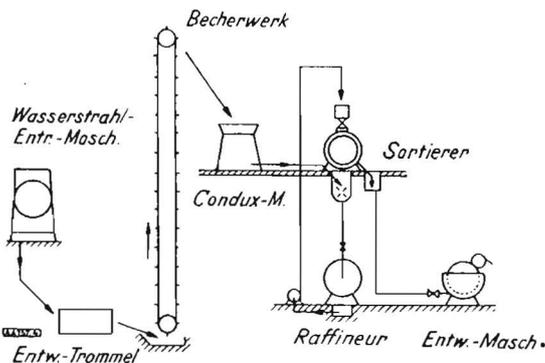


Bild 4 Aufarbeitung der anfallenden nassen Rinden zu Packpapierhalbstoff durch Mahlung mit Condux-Mühle und Raffineur

der Vorweichung fördert die Lockerung von Rinde und Bast. Auch *Vordämpfung* hat sich bewährt.

3. Es ist möglich, *holzhaltige Schättabgänge* zu einem brauchbaren *Packpapier- bzw. Pappenhaltstoff* aufzuarbeiten. Dabei ist das Mahlen dem Schleifen vorzuziehen.

4. Da *Zeitungsdruckpapier* nicht höchsten Sauberkeitsansprüchen genügen muß, sollte man dafür *nicht nachgeputztes, fleckiges Holz* verschleifen.

5. Das Ziel unserer Bemühungen darf nicht die Verwertung, sondern muß die *Vermeidung von Holzabfällen bei der Faserholzaufbereitung* sein, da aufbereitetes Abfallholz gegenüber dem reinen Faserholz stets im Werte gemindert ist. In diesem Zusammenhang erhebt sich die Frage, *ob unsere gesamte Faserholzaufbereitung die Voraussetzungen für die Erreichung eines maximalen Wirkungsgrades nach Menge und Güte bietet*. Nach meinem Dafürhalten nicht. Erfahrungsgemäß und auf Grund der Arbeiten von Aro²⁾ entstehen die niedrigsten Holzverluste, wenn von vornherein vollständig von Hand entrindet wird, die höchsten, wenn zuerst teilweise und später ganz entrindet wird. In Deutschland wird zur Zeit nach dem zweiten Verfahren gearbeitet, d. h. mit mehreren Arbeitsgängen und somit höheren Holzverlusten. Der vollständigen Weißentrindung im Walze stehen Schwierigkeiten entgegen, wie Arbeitskräftemangel, er-

²⁾ P. Aro: Communications ex Inst. Forest., Ed. 14. Helsinki 1939.

höhte Kosten usw. Demgegenüber ist festzustellen, daß Arbeitskosten und Holzverluste auf ein Mindestmaß gesenkt werden können, wenn in der Saftzeit (Mai, Juni) geschlagenes Holz entrindet wird, ferner, daß bei der Beförderung nur weißgeschälter Hölzer an Transportarbeit und -raum gespart, *in erster Linie aber das Aufkommen an verwertbarem Faserholz gesteigert wird, eine Voraussetzung für die Erfüllung des Fünfjahresplanes*.

6. Außer durch geeignete Holzentrindung läßt sich Faserholzeinsparen:

a) *durch weitgehenden Ersatz von Zellstoff durch Holzschliff* in Papieren. Voraussetzung dafür ist die *Herstellung zellstoffähnlicher Schliffe*, welche dem Papier trotzdem die erforderliche Gefügestärke verleihen.

b) *durch Kochung von Papierzellstoffen mit mindestens 50% Ausbeute* und mehr, wobei man dem Streben nach Zellstoffen mit optimaler Festigkeitsentwicklung bei der Mahlung insofern entgegenkommt, als diese nach Jayme³⁾ einen gewissen Gehalt an Hemizellulosen besitzen müssen.

c) *durch eine noch intensivere Abwasserwirtschaft in den Papier- und Pappfabriken*⁴⁾. AA 157

³⁾ Jayme: Papierfabrikant-Wochenblatt für Papierfabriken. Heft 9 (1944), S. 298.

⁴⁾ E. Giese: „Stoffrückgewinnung aus Papierindustrieabwässern“, in „Vorträge der Landestagung der KdF-Sachsen“, Landestagung 1949, Heft 3, S. 36 bis 51.

Wie steht es um die Bindertücher?

Seit mehr als 75 Jahren werden Bindemäher, ausgerüstet mit einem oder mehreren Fördertüchern, gebaut. Während dieser Zeit arbeitete man ununterbrochen an ihrer Verbesserung.

Während die übrigen Teile des Bindemähers fast ausschließlich aus Stahl, Temper- und Grauguß hergestellt werden und hier genügend Auswahl in der Festigkeit besteht, ist man beim Bindertuch selbst auf den pflanzlichen Rohstoff angewiesen. Es ist Aufgabe der Fachleute, unter Verwendung des zur Verfügung stehenden Materials ein Gewebe zu entwickeln, welches einerseits die durch die Zugbeanspruchung bedingte Reißfestigkeit und andererseits eine hohe Abriebfestigkeit besitzt, wobei aus Gründen der notwendigen Elastizität und der Leichtzügigkeit der Gespannbindemäher das Gewicht pro qm 800 g nicht überschreiten darf. Hinzu kommt noch, daß die Dehnung unter 10% liegen muß. Steht als Ausgangsprodukt ostindische Baumwolle, die genügend gezwirnt werden kann, zur Verfügung, sind die nach DIN-Vorschrift angegebenen Werte ohne weiteres zu erzielen.

Durch die Teilung Deutschlands sind die Wirtschaftsbeziehungen, die wir für selbstverständlich hielten, unterbrochen, und die frühere Rohstoffbasis fehlt. Es ist daher erklärlich, daß wir gerade beim Werkstoff mancherlei Übergangsschwierigkeiten zu überwinden hatten und auch Bindertücher herstellten, deren Qualität uns nicht befriedigte. Aber die Fertigung der Bindertücher in den vorangegangenen Jahren war notwendig, um die Ernten möglichst verlustfrei einzubringen. Nunmehr steht uns einheimisches Flachswergarn für die Fertigung der Bindertücher zur Verfügung und durch laufend durchgeführte Versuche auf dem Probiestand und in der Praxis haben wir Bindertücher geschaffen, die in bezug auf Haltbarkeit den aus früheren ausländischen Stoffen gefertigten gleichzustellen sind. Die noch vorhandene größere Dehnung konnte durch ein neues Webverfahren aufgehoben werden, indem man den Schußfaden im Gegensatz zum Kettfaden ohne Bremse laufen ließ. Allerdings unterlag die hierdurch entstehende hohe Rippe des Kettfadens einer erhöhten Abnutzung, die nicht erwünscht war. Auch dieser erhöhte Kettfaden wurde durch eine Neuregulierung

des Webstuhles beseitigt, allerdings mußte eine geringe Zunahme der Dehnung in Kauf genommen werden – sie liegt unter den DIN-Vorschriften –, die indessen durch zusätzliche Anbringung von Spanngurten, die in direkter Verbindung mit den nachstellbaren Lederschnallen stehen und den gesamten Zug aufnehmen, für das Bindertuchgewebe bedeutungslos geworden ist. Die starke Abnutzung der Bindertücher an den Kanten, die auch bei Verwendung von Baumwolle früher gegeben war, ist durch aufgenähte, die Kanten verstärkende Gurte aufgehoben.

Die Haltbarkeit des Bindertuches ist indessen nicht nur eine Frage der zur Herstellung verwandten Rohstoffe und einer bis in alle Einzelheiten durchgeführten soliden Konfektionierung unter Verwendung bester Materialien, sondern sie ist auch abhängig von der Behandlung. Trotz der Imprägnierung – hierüber wird in einer späteren Abhandlung noch ausführlich berichtet werden – ist die hygroskopische Beschaffenheit des Rohstoffes nicht vollständig aufgehoben, und das Bindertuch wird sich durch längere Lagerung in seiner Länge geringfügig ändern. Diese Differenz darf nicht bei erstmaliger Inbetriebnahme gewaltmäßig ausgeglichen werden, sondern das Bindertuch ist an einem sonnigen Tage im Freien aufzuhängen und gering zu belasten, um die ursprünglichen Maße wiederherzustellen. Beim ersten Aufmontieren ist es nur leicht zu spannen, so daß es noch transportiert und nach einigen Stunden, wenn notwendig, nachzuspannen. Übermäßiges Spannen führt zu frühzeitigem Verschleiß und bedingt erhöhte Zugkraft.

Bindertücher werden heute serienmäßig unter genauer Beachtung der von dem Bindemäherfabrikanten gegebenen Maße gefertigt. Sie tragen die Ersatzteilnummer und dürfen nur für die vorgesehenen Bindertypen Verwendung finden. Bei Nichtbeachtung können geringfügige, für den Laien oft nicht erkennbare Differenzen in den Abmessungen, die durch die unterschiedliche Lagerung der Walzen und die verschieden ausgeführten Spannvorrichtungen bedingt sind, den Verschleiß der Bindertücher innerhalb weniger Stunden herbeiführen.