

13 Entwässerung, Vliesbildung

13.1 Freies und gebundenes Wasser im Papierstoff

Eine Papierstoff - Suspension enthält mehr Wasser als Meerwasser. Damit besteht die Kunst des Papiermachens zu einem großen Teil aus der Technik, dieses Wasser zu entfernen und ein trockenes festes Blatt zu bilden.

Die maschinelle Technik kann dabei durch besondere Hilfsmittel unterstützt werden. Während chemische Hilfsmittel auf Basis kationischer Polymerer schon seit langem eingesetzt werden, werden in jüngster Zeit auch enzymatische Hilfsmittel für diesen Zweck angeboten und z.T. auch schon verwendet.

Ein wesentlicher Faktor für die Wirkung von Polymeren ist die durch sie ausgelöste Flockenbildung und Bindung von Feinstoff an die Faser. Dagegen nimmt man bei Enzymen an, dass durch diese Feinstoff und Schleimstoff abgebaut werden.

In Abbildung 1 werden schematisch alle Bestandteile einer Faserstoffsuspension dargestellt, die maßgeblich für das Entwässerungsverhalten verantwortlich sind.

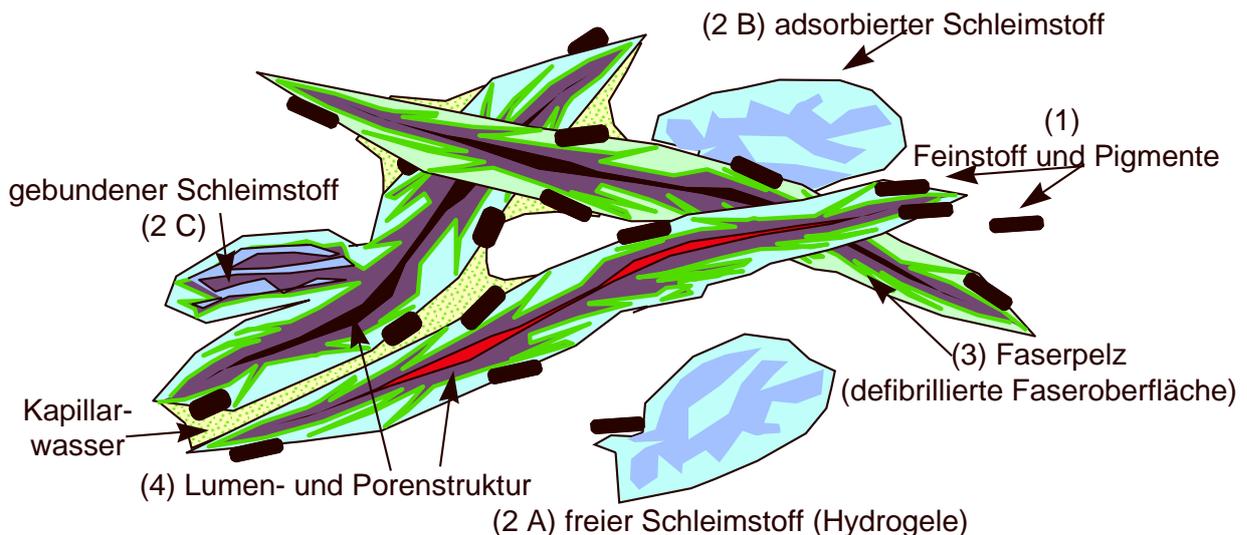


Abbildung 1: Entwässerungsrelevante Komponenten der Faserstoffsuspension

In der Stoff-Suspension vorliegendes Wasser ist nicht so einfach und klar, wie man es von Wasser normalerweise erwartet. Das Prozesswasser, d.h. die wässrige Phase im Papierstoff, enthält gelöste Bestandteile und ist daher im strengen Sinn eine Lösung, zusätzlich findet sich feste Partikel (Feinstoff). Im Hinblick auf den Papierbildungsprozess unterscheiden wir

- Freies Wasser: hydraulisch entfernbare Prozesswasser (durch Schwerkraft und hydrodynamisch erzeugte Saugwirkung)
- Mechanisch entfernbare Prozesswasser (abpressbar durch Filzpressen)
- Immobilisiertes, nicht gebundenes Wasser (in Lumen und Poren gespeichertes Wasser). Dieses kann durch Hochtemperatur-Trocknung entfernt werden.

- Gebundenes Wasser, das durch H-Brücken an Feststoff gebunden fixiert ist. Es kann durch Wärmetrocknung entfernt werden, es sollte aber teilweise im Papier verbleiben. Diese Restfeuchte ist notwendig, denn bei Übertrocknung kommt es zu einer irreversiblen Versprödung (Verhornung) des Fasermaterials

Für die Entwässerung spielt auch noch der Feinstoff eine entscheidende Rolle:

Kleine Feinstoffteilchen (Mehlstoffe) und Pigmente (1) verstopfen die sich bildende Porenstruktur des Faservlieses und verlangsamen somit die Entwässerung. Daneben üben Schleimstoffe einen großen Einfluss auf die Entwässerung aus. Schleimstoffe sind unter anderem kolloidal gelöste Cellulose- und Hemicellulosekomponenten sowie organische und anorganische Verbindungen, die als freie Hydrogele (2 A), in adsorbierter Form (2 B) oder als fest an die Faser gebundene Schleimstoffe (2 C) vorliegen können. Besonders die freien Schleimstoffe erhöhen die Viskosität des Wassers, die gebundenen Bestandteile hingegen können die Gänge des Faserlabrynth verengen. Die durch die Zerfaserung während der Mahlung erhaltene defibrillierte Faseroberfläche (3) beeinflusst ebenfalls die Entwässerung. Für die Entfernung des Wassers aus dem Inneren der Fasern ist zudem die Lumen- und Porenstruktur (4) der Fasern wesentlich, die erheblich durch die Vorbehandlung der Faserstoffe beeinflusst wird.

Einfluss der primären und sekundären Faktoren auf die Entwässerungskinetik

Bei den Einflussgrößen, die die Entwässerungsgeschwindigkeit beeinflussen, kann man zwischen primären und sekundären Faktoren unterscheiden.

Die primären Faktoren wirken sich schon am Anfang der Vliesbildung stark aus. Sie sind im Wesentlichen durch die Stoffdichte und Form und Größe der Fasern bestimmt.

Die sekundären Faktoren kommen dagegen vorzugsweise erst dann zum Tragen, wenn die Fasern nur mehr einen geringen Abstand haben (verstärkte Assoziation und Bündelung) und die Zwischenräume so eng geworden sind, dass Fein- und Schleimstoffe die freien Querschnitte erheblich verringern können.

In einer Entwässerungskurve, die den zeitlichen Verlauf der Entwässerung beschreibt (Abbildung 2), ist die Wirkung der verschiedenen Faktoren daher an verschiedenen Stellen zu beobachten.

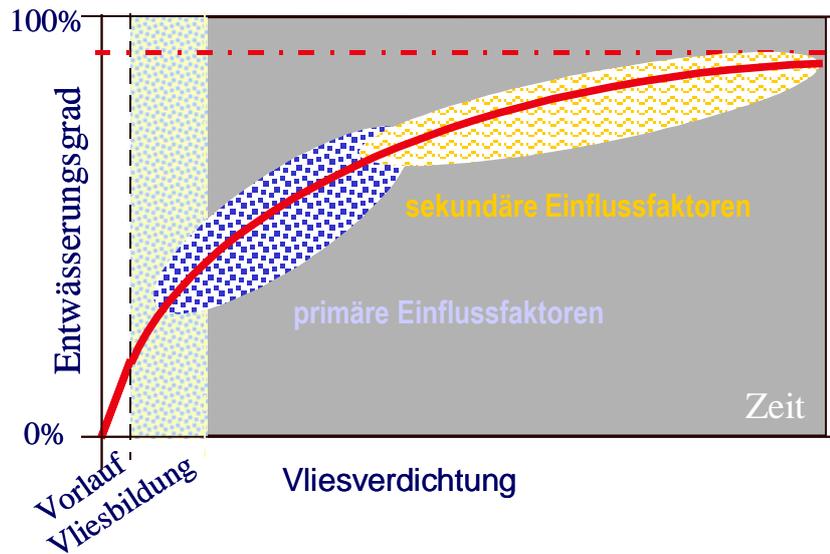


Abbildung 2: Die primären Faktoren verändern die Entwässerungskurve im mittleren Bereich, die sekundären Faktoren in der Emphase der Entwässerung

13.2 Messung der Entwässerungskinetik

Die Geschwindigkeit (Kinetik) der Entwässerung kann man im Labor bestimmen, indem man die Faserstoffsuspension durch den Bodenauslass eines Schopper-Riegler-Geräts auslaufen lässt und die Zunahme an Wasser in einem Auffanggefäß mit einer registrierenden Waage misst (Abbildung 3).

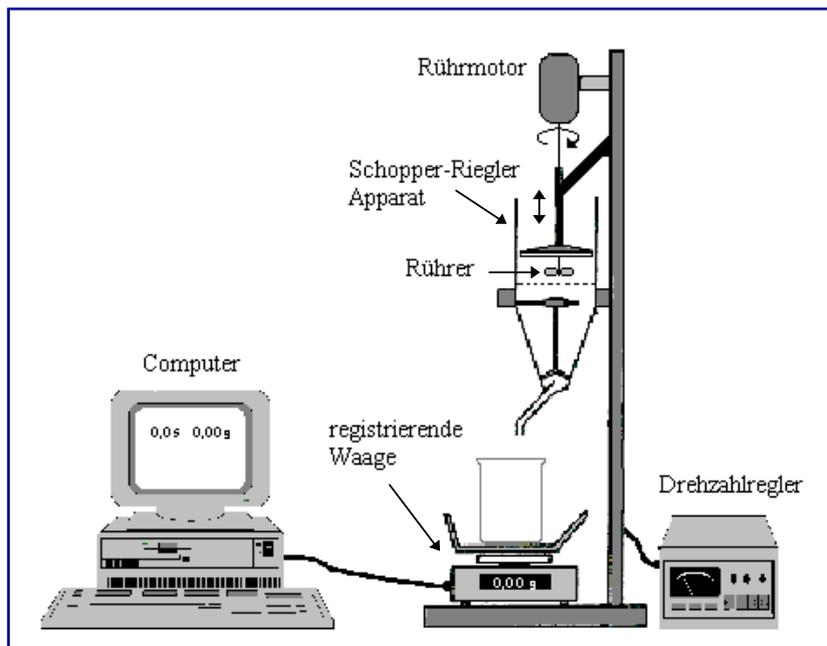


Abbildung 3: Labormessanordnung zur Bestimmung der Entwässerungskinetik

Ein kommerzielles Gerät ist in Abbildung 4 gezeigt.



Abbildung 4: Kommerzielles Gerät zur Bestimmung der Entwässerungskinetik (BTG Dynamic Filtration System)

13.3 Wirkungen der Faser-Mahlung auf die Filtrierbarkeit

13.3.1 Mahlgrad

Die Mahlung ist eine stark scherende Behandlung von Faserstoff in wässriger Suspension. Sie bewirkt

- Quetschen der Fasern (→ Plastifizierung der Faserwand) und übt
- starke Scherung aus (→ Fibrillierung der Faser-Oberfläche; Bildung von „Faserpelz“)
- Herausreißen von Fibrillen und Schneiden (→ Kürzung der Fasern; Bildung von Feinstoff)

Das hat Folgen für die Wasseraufnahme und die Fähigkeit Wasser fest zu halten

- Faserwand wird gelockert und kann stärker quellen
- Im Faserpelz wird Wasser durch Kapillarwirkung festgehalten
- isolierte Cellulosefibrillen bilden ein Hydrogel („Schleimstoff“)

Insgesamt verschlechtert stärkere Mahlung die Entwässerung. Der Mahlgrad eines Stoffs wird mit Hilfe eines Schopper-Riegler-Geräts bestimmt und in Grad Schopper Riegler (SR) oder in Canadian Freeness (CSF) angegeben. Die Mahlempfindlichkeit eines Faserstoffs kann durch Aufnahme einer Mahlkurve durch Labormahlung bestimmt werden. (siehe Vorlesung „Zellstofftechnik“). Übliche Mahlgrade verschiedener Faserstoffe sind:

♦ **Zellstoff**

- Ungemahlen 13 - 17 SR
- Niedrig gemahlen 20 - 25 SR
- Mittel gemahlen 30 - 40 SR
- Hoch gemahlen 50 - 60 SR
- Extrem hoch gemahlen 80 - 90 SR

Chemischer Aufschluss liefert intakte Fasern mit relativ unbeschädigter Oberfläche

♦ **Holzstoff**

- Grobschliff 40 – 60 SR
- Normalschliff 60 – 75 SR
- Feinschliff 70 – 80 SR

Wird schon bei der Herstellung Automatisch gemahlen

♦ **Altpapier**

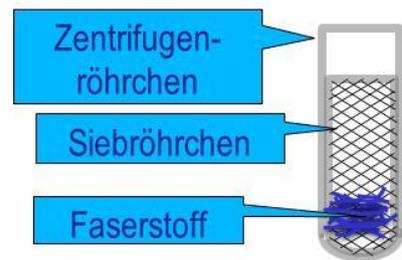
- Deinkingstoff (DIP) 60 -65 SR
- Gemischtes Altpapier 35 -40 SR

Enthält gemahlene Faserstoff zusätzliche Mahlwirkung bei der Aufbereitung Teilweise Entfernung von Feinstoff

13.3.2 Wasserrückhaltevermögen

Das Wasserrückhaltevermögen eines Faserstoffs wird durch den WRV-Wert charakterisiert.

Zur Bestimmung dieses Werts wird die Faserstoffsuspension in Siebröhrchen gefüllt und das freie Wasser unter definierten Bedingungen abzentrifugiert. Der WRV-Wert gibt an, wie viel Wasser im Faserkuchen festgehalten wird (Angabe %-Wasser bezogen auch Trockengewicht der Fasern).



Definitionsgemäß wird der WRV-Wert an einem reinen Faserstoff ohne Zusätze bestimmt. Für den Papiertechnologen ist aber auch ein analog an einer realen Stoffsuspension (mit Additiven) bestimmter Wert interessant

Dieser Wert ist ein gutes Maß für den Wassergehalt des Stoffs nach dem Abpressen.

Der WRV-Wert ist in erster Linie abhängig von

- Faserart
- Mahlgrad

In zweiter Linie von

- pH-Wert
- Salzgehalt
- Chemische Additiven (normale Bestimmung ohne Additive)

13.4 Chemische Unterstützung der Filtrierbarkeit und der Blattbildung

Die Ziele entsprechender Maßnahmen zur Verbesserung der Entwässerung sind:

- Möglichst schnelle Entwässerung (aus maschinentechnischen Gründen, denn die Länge der Formersiebe muss umso größer sein, je höher die Maschinengeschwindigkeit und je geringer die Entwässerungsgeschwindigkeit ist).

- Möglichst hohe direkt sichtbare Gleichmäßigkeit
- Keine Wolkigkeit (gute „Formation“)
- Keine stärkeren Dicke- und Dichteschwankungen
- Hohe Nass-Vlies-Festigkeit (damit die Bahn bei der Übergabe von der Nasspartie zur Pressenpartie nicht so leicht reißt)

Die Wege, die sich zur Verbesserung der Entwässerung anbieten können sein:

- Wenig Fein- und Schleimstoff
- Nicht zu starke Mahlung
- Porigkeit des Blatts im mikroskopischen Bereich; Entwässerungskanäle zwischen Mikrofloccen

Die verschiedenen Prozesschemikalien entfalten unterschiedliche Wirkungen:

- Die Eigenviskosität des Prozesswassers (das ja auch gelöste Substanzen enthält) verschlechtert die Entwässerung (z.B. beim Einsatz von Stärke)
- Mikrofloccung verbessert die Entwässerung
- Verbrückung über Polymerketten verbessert die Floccenbildung und Feinstoff- und Schleimstoff-Retention
- bestimmte Enzyme (Carbohydrolasen) können gebundenen und freien Schleimstoff abbauen und verbessern dadurch die Entwässerung

13.4.3 Wirkung von polymeren Additiven auf Floccen- und Vliesbildung

Abbildung 5 illustriert die Floccungsvorgänge bei der Vliesbildung schematisch. Es können Faser-Faser-Floccen, Faser-Füllstoff-Floccen und Füllstoff-Füllstoff-Floccen entstehen. Letztere sehen allerdings gar nicht wie Floccen aus, so dass man diese besser als Cluster bezeichnet.

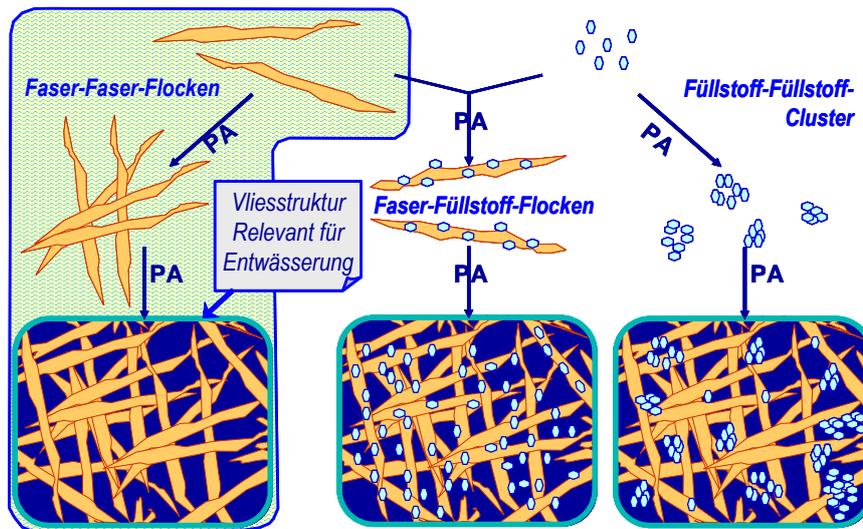


Abbildung 5: Arten von Flockenbildung in Papiersuspensionen, in der Regel unterstützt durch flockende Additive (PA)

Dichteschwankung

Die Dichte und Gleichmäßigkeit der Flockung wirkt sich in unterschiedlicher Weise auf Prozess- und Papiereigenschaften aus. Einige wesentliche Wirkungen werden in *Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.*⁴ beschrieben.

Eine besondere Form der Flockung ist die Bildung von Faserbündeln durch Aneinanderlagerung (Assoziation) von einzelnen Fasern. Die Wirkung dieses Vorgangs kann man leicht anhand eines einfachen Modells von Faserstapeln (Abbildung 6) anschaulich machen:

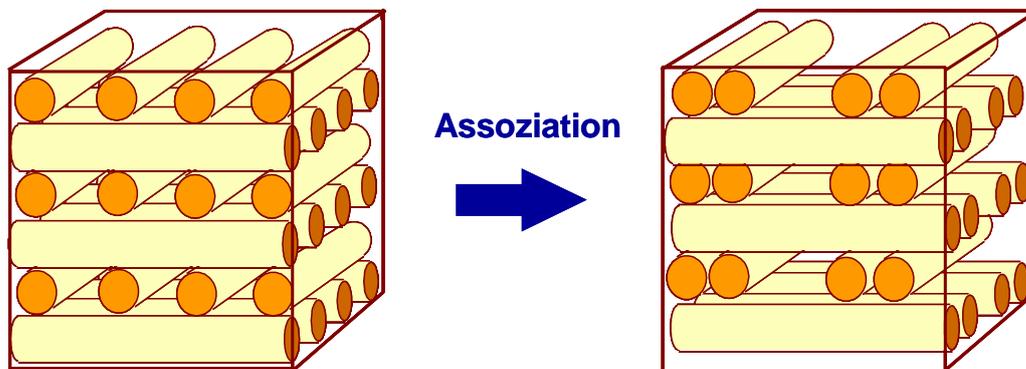


Abbildung 6: Modell zur Bewertung der Wirkung der Faserassoziation

Berechnet man mit diesem Modell die Durchströmbarkeit, erhält man den in Abbildung 7 gezeigten Zusammenhang:

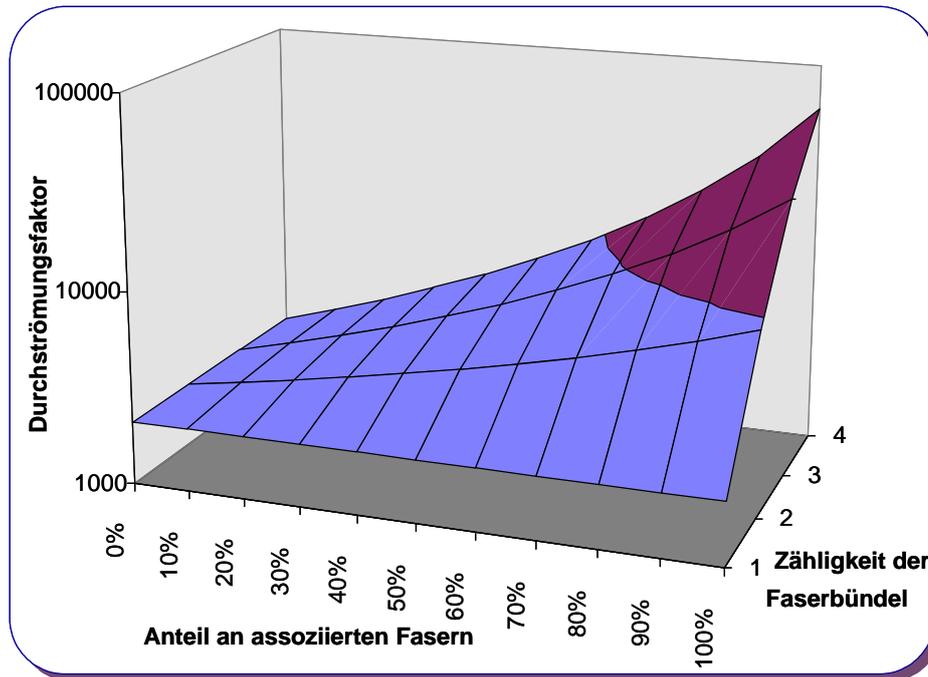


Abbildung 7 Abhängigkeit der Vliesdurchströmbarkeit von der Assoziation der Fasern

Allgemein kann festgestellt werden, dass das Papiervlies bei gleichem Flächengewicht umso besser durchströmt werden kann, je ungleichmäßiger die Fasern verteilt sind.

13.4.4 Additive zur Verbesserung der Entwässerung

Flockungsmittel

Dabei handelt es sich um kationische, langkettige Polymere, die in der Lage sind Brücken zwischen den Fasern zu bilden und zur Faser-Assoziation und Faser-Flockung führen. Sie haben eine relativ niedrige Ladungsdichte und sind daher anfällig gegen (anionische) Störstoffe. Ist die Wirkung zu stark leidet die ganze Papierformation und das Produkt wird wolkig.

Fixiermittel

Sie dienen zur Fein- und Schleimstofffixierung an die Fasern. Es sind überwiegend kationische, kurzkettige Polymere und weisen eine hohe Ladungsdichte auf. Bei Überdosierung kann es dazu kommen, dass sowohl Fasern als auch Füllstoffe durch Anlagerung des Fixiermittels eine positive Ladung erhalten und dann die Retention leidet.

Enzyme

Eingesetzt werden Hydrolasen, die Polysaccharid-Hydrogele zu Zuckern abbauen. Sie verringern den fibrillären Schleimstoff und den Fibrillenpelz der Fasern. Da diese Fibrillen aber im Papier maßgeblich für die Ausbildung von Faser-Faser-Bindungen verantwortlich sind, besteht die Gefahr einer Einbuße an Festigkeit.