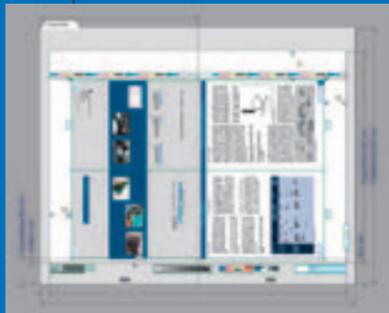


## Druckvorstufe

Für den Seitenaufbau standen Apple-Systeme zur Verfügung. Die Einzelseiten wurden digital zu Druckbogen montiert...



## Druck

Die Projektarbeit wurde auf einer 2-Farben-Offset Druckmaschine (HEIDELBERGER Speedmaster) gedruckt...



## Weiterverarbeitung

Für die Weiterverarbeitung wurden eine Falzmaschine und ein Sammelhefter verwendet...





Hintere Reihe Christian Hoge, Kirk Steinbach, Tim Radtke, Sebastian Ruhe, Kai Hille, Tim Doebel, Kurosch Javadinejad

Mittlere Reihe Oliver Koch, Matthias Schade, Julius Drerup, Daniel Niehues, Danny Malik, Manuela Fritzsche, Dana Trommelen, Maik Osterhaus, Yannick Wiethoff, Michael Lütke-Wissing, Daniel Pätzold

Vordere Reihe Johann Geptin, Kai Laukemper, Ricardo Lau, Vincenza Di Mauro, Alice Rzitki, Juliane Held

- ⊕ Rohstoffgewinnung - Fasergewinnung..... 4  
*(Tim Radtke und Daniel Niehues)*
  
- ⊕ Papiermaschine..... 6  
*(Maik Osterhaus und Kai Laukemper)*
  
- ⊕ Papierveredelung ..... 8  
*(Kurosch Javadinejad und Julius Drerup)*
  
- ⊕ Folienherstellung ..... 10  
*(Dana Trommelen und Riccardo Lau)*
  
- ⊕ Spezielle Bedruckstoffe im Flexodruck..... 12  
*(Alice Rzitki und Vincenza Di Mauro)*
  
- ⊕ Bestimmungsmöglichkeiten von Kunststoffen..... 14  
*(Manuela Fritzsche und Juliane Held)*

**Hinweis** Der vorliegende 16-Seiter wurde in Projektarbeit selbstständig und eigenverantwortlich durch die Schüler der Druckerklasse erstellt.  
Die Umschlaggestaltung erfolgte durch Schüler der Mittelstufe der Mediengestalterklassen.

**Fasergewinnung:**

Das Ausgangsmaterial für Papier ist zumeist Holz. Holz besteht zur Hälfte aus Zellulosefasern, die später das Papier bilden. Diese Zellulosefasern sind im Holz durch „Klebstoffe“ (Lignin und Harz) fest miteinander verbunden und müssen zunächst durch langes Kochen in schwefliger Kochflüssigkeit separiert und anschließend durch verschiedene Verfahren gebleicht werden (chemisches Verfahren).

Wird Holz nicht chemisch, sondern mechanisch aufgeschlossen, also nur zerkleinert, erhält man eine doppelt so hohe Materialausbeute, jedoch den weniger flexiblen Holzstoff, der z. B. zur Herstellung von Kartonagen verwendet wird.

Aus einem Kilogramm Holz kann man rund 400 bis 500 Gramm Zellstoff gewinnen. Für Papier, das frei von Holzstoffanteilen ist, hat sich die Bezeichnung „holzfrei“ eingebürgert. Dies ist eine eher missverständliche Bezeichnung, da viele Menschen annehmen, dass dieses Papier ohne den Rohstoff Holz hergestellt wurde und damit besonders umweltfreundlich ist. Tatsächlich ist es jedoch genau umgekehrt: Kein Papier beansprucht für seine Herstellung mehr Holz als „holzfreies“ Papier.

**Primär- Sekundärfaser**

Von Primärfaser- oder Frischfaserpapier spricht man, wenn der für die Papierherstellung verwendete Zellstoff direkt aus dem pflanzlichen Ausgangsmaterial gewonnen wurde. Sekundärfaser- oder Recyclingpapier besteht aus einem Fasermaterial, welches zuvor bereits mindestens einmal in anderen Papieren eingesetzt war.

Durch dieses Recycling wird nicht nur der aufwändige Kochprozess des Faseraufschlusses, sondern es wird vor allem auch viel Holzrohstoff eingespart. Aus diesen Gründen schneidet Recyclingpapier gegenüber Frischfaserpapier in Studien zur Ökobilanz stets besser ab.

**Sekundärfaser und Primärfaser sind keine Gegner**

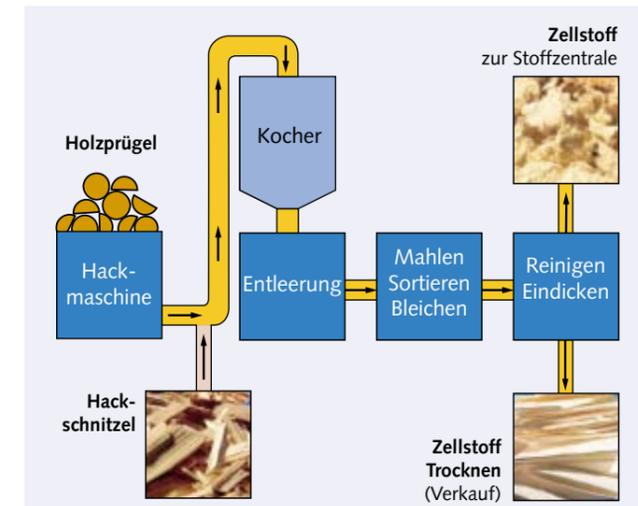
Im Idealfall müssten keine konkurrierenden Ökobilanzen für Primärfaser- und Recyclingpapiere aufgestellt werden, denn die Sekundärfaser war unweigerlich einmal eine Primärfaser. Sie muss allein schon aus Gründen der Rohstoffschonung mehr als einmal genutzt werden. Ziel ist demnach zum einen die technisch sinnvolle und umweltschonende Gewinnung von Primärfasern und zum anderen eine mehrfache Verwendung als Sekundärfaser.

**Zellstoffgewinnung**

Rohstoffbasis für die Zellstoff-Erzeugung sind hauptsächlich Nadelhölzer. Einen qualitativ hochwertigen Faserstoff gewinnt man durch den chemischen Aufschluss des Holzes. Das Holz wird zunächst mechanisch in Hackschnitzel zerkleinert. Die Hackschnitzel werden dann in sauren oder alkalischen Chemikalien gekocht.

Das Sulfatverfahren ist ein alkalisches Verfahren. Es kann harzreiche Holzarten aufbereiten, allerdings mit dem Einsatz von mehr Chemikalien.

Das Sulfitverfahren arbeitet mit einer Säure. Verfahrensbedingt ist die Festigkeit von Sulfitzellstoff geringer als die von Sulfatzellstoffen.



Quelle: Verband Deutscher Papierfabriken e.V.

Bei beiden Verfahren werden Inkrusten (unerwünschte Holzbestandteile), insbesondere Lignin und Harz, weitgehend aus dem Rohstoff herausgelöst. Diese für das Endprodukt unerwünschten Stoffe müssen entfernt werden. Danach durchläuft der Zellstoff weitere Verfahrensstufen, in denen er gewaschen, sortiert und in mehreren Schritten gebleicht wird. Ungebleichter Zellstoff ist bräunlich und muss erst durch eine spezielle Bleiche auf die gewünschte Weiße gebracht werden. Gebleicht werden kann mit Chlor bzw. Chlorverbindungen oder mit Wasserstoffperoxid. Durch die Umweltbelastung durch Chlor werden Zellstoffe heute ausschließlich mit Wasserstoffperoxid gebleicht.

Ein ausschließlich aus Zellstoff hergestelltes Papier kann sehr reißfest sein, da der größte Anteil der Fasern in natürlicher Länge vorhanden ist.

Zur Herstellung von Zellstoff wird überwiegend Fichtenholz eingesetzt. Es ist auch möglich, Laubhölzer oder Einjahrespflanzen als Zellstofflieferanten zu verarbeiten.

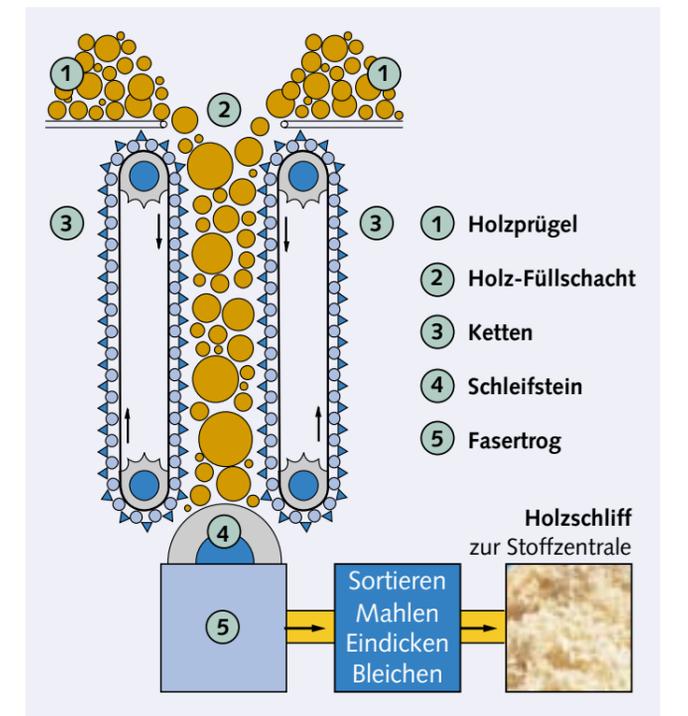
**Holzstoffgewinnung**

Die einfache Gegenüberstellung eines Holzstückes und eines Papierblattes macht deutlich, dass wir es mit zwei unterschiedlichen Stoffen zu tun haben: Hier das harte, braune Holz, da das flexible, weiße Papier. Holz besteht zu 40 - 45 % aus Zellulosefasern als Gerüstsubstanz, aus 25 % Lignin, das um die Fasern gelagert ist, und aus 25 - 30% Hemicellulose als Verbindungssubstanz zwischen Lignin und Fasern. Bildlich ist der Aufbau des Holzes mit einem Stahlbetonbau zu vergleichen, wobei die Fasern das Eisenskelett bilden und die harzigen Substanzen Lignin und Hemicellulose mit dem Beton vergleichbar sind. Es stellt sich die Frage, ob der verwertbare Anteil des eingesetzten Rohstoffes, hier Holz, gesteigert werden kann. Wird Holz rein mechanisch verarbeitet, also zerkleinert, spricht man von Holzstoff. Dieses geschieht in Stetigschleifern.

**Funktionsweise:**

Die entrindeten Stämme (Holzprügel) werden dabei in einen Füllschacht geleitet (2) und durch Ketten (3) gegen einen Schleifstein (4) gepresst. Dieses geschieht durch Zugabe von Wasser. Der so gewonnene Holzstoff wird über einen Fasertrög (5) abgeführt und kann weiterverarbeitet werden.

Der so gewonnene Holzstoff enthält, im Gegensatz zum Zellstoff, Inkrusten. Dieses führt dazu, dass Papiere, die ausschließlich aus Holzstoff hergestellt wurden, bei Sonneneinstrahlung relativ schnell vergilben.



Quelle: Verband Deutscher Papierfabriken e.V.

Rohstoffe	Holz		Einjahrespflanzen (Getreidestroh, Schilf, Baumwolle usw.)	Hadern (Lumpen, leinen Hanf usw.)	Altpapier	Füllstoffe (Kaolin, Calcium- carbonat, Titandioxid usw.)
Verarbeitung	mechanisch Stamm	chemisch Schnitzel	chemisch	chemisch/ mechanisch	Recycling- Verfahren	
Faserprodukt	Holzschliff (Holzstoff)	Refiner- Schliff	Zellstoff	reine Zellulosefaser	Recycling-Faser	
	Primärfaser				Sekundärfaser	
Endprodukte mit dominierendem Faseranteil	Zeitungspapier, Zeitschriftenpapier, Faltschachtelkarton, Schreib-/ Druckpapier  (holzhaltige und mit- telfeine Papiere)		Schreibpapier, Druckpapiere (gestrichen, ungestrichen), Sackpapier  (holzfreie Papiere)	Banknotenpapier, Dokumentenpapier, Bildruckpapier, Hartpost	Zeitungspapier, einfache Pappen, Faltschachtelkar- ton	(Füllstoffanteil bis zu 30%)

Quelle: Handbuch der Printmedien, Helmut Kipphan

## Die Papiermaschine

Die Herstellung von Papier beruht auf einem Rezept, welches seit ca. 2000 Jahren nach seiner Entdeckung, immer noch Gültigkeit besitzt :

In Wasser aufgelöste pflanzliche Faserstoffe verbinden sich bei der Entwässerung auf einem Sieb zu einem zusammenhängenden Faservlies - dem Papier.

Die mittlerweile eingesetzten Papiermaschinen in den Papierfabriken sind technisch höchst anspruchsvoll in der Produktion. Ihre Konstruktion und die Kombination der Aggregate werden von der Art der zu erzeugenden Papier-, Karton- und Pappesorten sowie der eingesetzten Rohstoffe bestimmt. Die größten Papiermaschinen die heute im Einsatz sind, können eine Breite von über zehn Metern und eine Länge bis zu 120 Metern haben. Pro Minute können bis zu 1.400 Meter Papier hergestellt werden. Es dauert nur wenige Sekunden vom ersten Auftreffen der Faserstoff- Wasser- Suspension auf dem Sieb bis zum fertigen Papier. Im Verhältnis 1:100 mit Wasser verdünnt, werden die Faserstoffe zusammen mit verschiedenen Hilfsstoffen auf die Papiermaschine aufgebracht.

Innerhalb der Papiermaschine wird das Wasser abgesaugt. Nachfolgend ergibt sich ein Faserverbund, der durch mechanischen Druck und mit Hilfe von Dampfwärme weiter entwässert wird. Am Ende wird die Papierbahn auf einen Stahlkern, dem sogenannten „Tambour“ aufgerollt. Der gesamte Ablauf lässt sich dabei in die Bereiche Stoffaufbereitung, Papiermaschine, Veredelung und Ausrüstung einteilen.

### Stoffaufbereitung

Altpapier und meist auch Zellstoff erreichen die Papierfabrik in trockener Form, während Holzstoff normalerweise im gleichen Werk erzeugt und als Faser- bzw. Wassermischung in die Stoffaufbereitung gepumpt wird. Altpapier und Zellstoff werden ebenso unter Zugabe von Wasser gelöst. Der Einsatz von Altpapier als Rohstoff ist jedoch nur begrenzt möglich, da die Papierfasern nicht unbegrenzt wieder eingesetzt werden können. Man geht von einer ca. fünffachen Verwendung aus. Papierfremde Bestandteile werden über verschiedene Sortieraggregate ausgeschleust. In der Stoffzentrale erfolgt je nach gewünschter Papiersorte die Mischung der verschiedenen Rohstoffe. Hier werden auch Füll- und Hilfsstoffe hinzugegeben, die der Verbesserung der Papierqualität und der Erhöhung der Produktivität dienen.



Foto: Papiermaschine

### Stoffauflauf und Siebpartie ( 1 - 2 )

Der Stoffauflauf der Papiermaschine verteilt die Faserstoff - Wasser - Suspension gleichmäßig über die gesamte Siebbreite. Auf diese Weise wird die bestmögliche Faserorientierung erreicht. Die Fasern lagern sich auf dem Sieb neben- und aufeinander ab, zur selben Zeit läuft das Wasser ab oder wird abgesaugt, dadurch bildet sich das Blatt. Bei einer Entwässerung von einer Seite besteht die Gefahr, dass das produzierte Papier eine Zweiseitigkeit aufweist (die Fasern lagern sich an der Siebseite anders ab). Um diesen Effekt zu vermeiden, werden sogenannte Doppelsiebformer eingesetzt. Darunter versteht man Papiermaschinen, die in der Siebpartie eine Entwässerung von zwei Seiten erlauben. Alle heute hergestellten Papiermaschinen werden nach diesem System gebaut. In der Siebpartie befinden sich in jedem Liter der Faserstoff - Wasser - Suspension etwa fünf Gramm Faser- und Feststoff. Am Ende der Siebpartie enthält die Papierbahn noch immer rund 80 Prozent Wasser.

### Pressenpartie ( 3 )

Der weitere Entwässerungsprozess erfolgt durch mechanischen Druck in der Pressenpartie. Dabei wird die Papierbahn mit Hilfe eines saugfähigen endlosen Filztuches zwischen Walzen aus Stahl, Granit oder Hartgummi hindurch geführt und dadurch entwässert. Der Pressvorgang verdichtet das Papiergefüge, die Festigkeit wird erhöht und die Oberflächengüte wird entscheidend beeinflusst. Dies führt zu einer verbesserten Papierqualität. Das Papier wird stärker bzw. widerstandsfähiger.

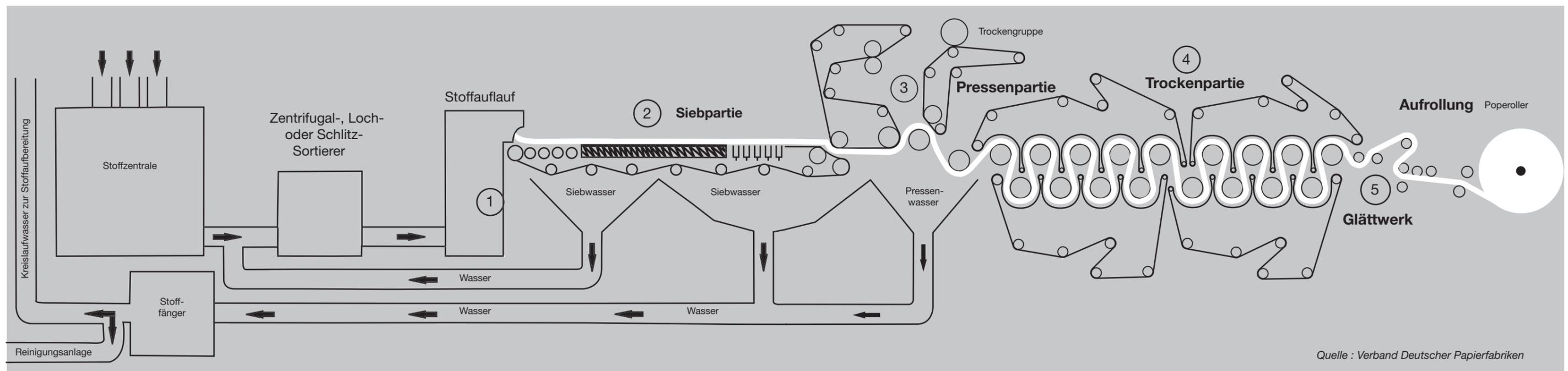
### Trockenpartie ( 4 - 5 )

Jetzt wird das verbliebene Restwasser in der Trockenpartie aus dem Papier verdampft. Slalomartig durchläuft die Papierbahn nun mehrere dampfbeheizte Trockenzylinder, so kann das Rohpapier gleichmäßig trocknen. Am Ende hat das Papier noch eine Restfeuchte von wenigen Prozenten. Der entstandene Wasserdampf wird dann aus der geschlossenen Trockenhaube abgesaugt und zu einer Wärmerückgewinnungsanlage geführt.

Ein Teil der Papiermaschinen hat im Anschluss an die Trockenpartie ein Glättwerk, welches aus mehreren übereinander angeordneten Walzen besteht, die der Papierbahn eine glatte Oberfläche und gleichmäßige Blattdicke geben. Hier werden außerdem mit sehr sensiblen Messdetektoren die wichtigsten Papierqualitätswerte online erfasst und per Computer der automatischen Regelung der Maschinenstellwerke zugeführt.

### Schlussgruppe und Aufwicklung

Die fertige Papierbahn wird auf dem Tambour aufgewickelt. Sie enthält mittlerweile nur noch fünf bis acht Prozent Restfeuchtigkeit. Je nach Art der Papiersorte kann ein Tambour eine Bahn von etwa 60 Kilometern Länge mit bis zu 25 Tonnen Gewicht aufnehmen.



Quelle : Verband Deutscher Papierfabriken

**Kalandrieren**

Die unterschiedlichen Ansprüche, die von der weiterverarbeitenden Industrie und vom Endverbraucher an Papier, Karton und Pappe gestellt werden, erfordern oft eine Veredelung des Rohpapiers. Ein wichtiges Verfahren zur Veredelung ist das Streichen. Hierbei wird eine Streichfarbe, bestehend aus Pigmenten und Bindemitteln, auf das Rohpapier aufgetragen, das durch den Strich eine geschlossene und gut bedruckbare Oberfläche erhält.

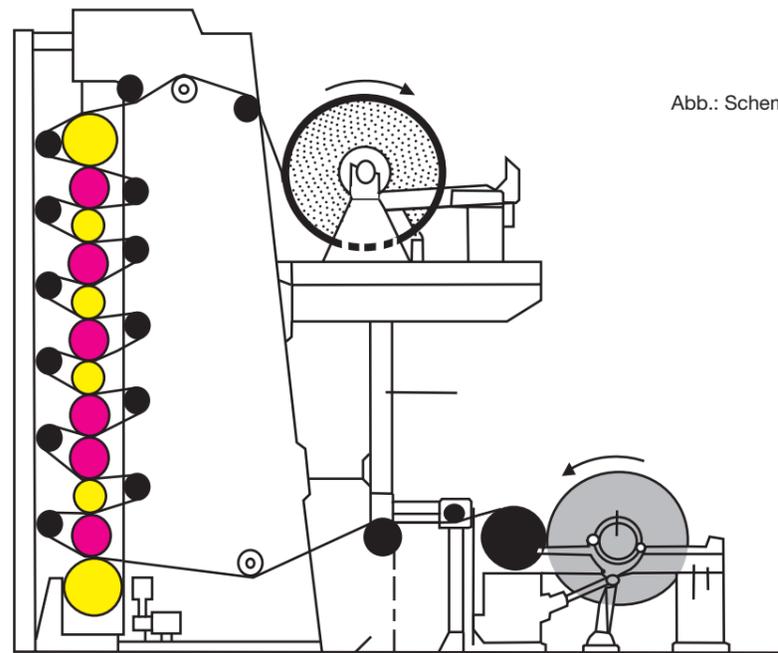
Eine nachträgliche Glättung der Papieroberfläche lässt sich durch die Bearbeitung der Papierbahn in einem Kalandrieren erreichen. Dabei läuft das Papier unter Druck zwischen mehreren beheizten Walzen hindurch. Dies verleiht dem Papier Glätte und Glanz und verbessert auch die Bedruckbarkeit (printability). Der Kalandrierer ist ein etwa zwölf Meter hohes Walzenwerk, in dem abwechselnd Papier- und Stahlwalzen übereinander liegen. Die Papierbahn durchläuft die mit sehr hohem Druck (etwa 1000-5000 kN/cm) aufeinander gepressten Walzen und wird durch den Druck sowie durch die entstehende Wärme und Reibung geglättet und verdichtet. Die Glättung erfolgt vorwiegend auf der Seite, die an den Gusswalzen liegt. Deshalb sind im unteren Drittel zwei Papierwalzen nacheinander angeordnet, um beide Papierseiten gleichmäßig zu glätten. Papiere, die durch einen Kalandrierer bearbeitet wurden, haben einen leichten Glanz. Sie werden auch als satinierte Papiere bezeichnet (Abkürzung: sat).

Für besondere Zwecke gibt es auch Matt- und Prägekalandrierer, die die Papieroberfläche leicht strukturieren. Bei der Konstruktion von Kalandrierern sehen sich Ingenieure mehreren Schwierigkeiten gegenüber. In der Regel erfordern die



Anwendungen einen extrem fein regelbaren Abstand zwischen den Walzen. Eine Anforderung ist, dass die Breite der Papierbahn möglichst groß sein soll, während die Walzen aber möglichst wenig Masse aufweisen sollen. Dennoch müssen sie dem hohem Druck standhalten. Durch die drei letzten Anforderungen ist es oft unvermeidbar, dass neben geringen Biegeeffekten entlang einer Walze (Durchbiegung) thermische Verformungen hinzukommen. Dem wird durch meist winzige Abweichungen vom zylindrischen Walzenprofil Rechnung getragen.

Abb.: Schema eines Kalandriers



- Leitwalze
- Zugmeßwalze
- Hartgußwalze
- Papierwalze

Abb.: Schema eines Kalandriers

**Strich und Veredelung**

Neben dem Kalandrieren werden Papiere oft gestrichen. Durch das Streichen erhält das Papier eine höhere Oberflächenglätte, in einigen Fällen auch einen höheren Glanz. Dies ermöglicht die Reproduktion von hochwertigen Bildern. Dabei wird auf das Rohpapier ein Strich aufgetragen, der als „Farbaufnahmeschicht“ fungiert. Die Pigmente werden durch die Harze in der Farbe auf der Papieroberfläche, also dem Strich, gebunden. Je nach Einsatzzweck und Kundenwunsch erhält das Papier einen hochglänzenden oder matten Strich. Strichrezeptur und Auftragsstärke variieren je nach Papiersorte. Grundsätzlich unterscheidet man vier verschiedene Kategorien beim Auftraggewicht: pigmentiert, mittelstark gestrichen, vollständig gestrichen und gussgestrichen. In Abhängigkeit des verwendeten Strichs variieren Eigenschaften wie Glätte, Glanz, Bedruckbarkeit und Opazität. Generell kann man sagen, dass sich die Papiereigenschaften mit zunehmenden Auftragsgewicht verbessern.

Einige Striche werden zum Ende der Papiermaschine hin aufgetragen, meist jedoch erfolgt das Streichen in einer separaten Streichmaschine.

- Eine typische Streichmischung besteht etwa aus:
- 85-90% Pigment (Kaolin, Kalziumkarbonat)
  - 10-15% Bindemittel
  - 1-2% Additive

Die Strichrezeptur wird in einer Streichküche zubereitet. Der jeweilige Anteil der Inhaltsstoffe richtet sich nach dem späteren Verwendungszweck. Die Strichaufbereitung wird mit Hilfe von Sensoren computergesteuert, um eine gleichbleibende Qualität zu gewährleisten. Wenn die Streichmischung fertig ist, wird sie an die Streichmaschine gepumpt. Es gibt verschiedene Methoden, die Papieroberfläche zu streichen. In der Regel wird der Strich jedoch mit Hilfe einer Auftragswalze oder -düse aufgebracht. Dabei wird die erforderliche Aufstrichmenge durch einstellbare Rakel gemessen und geglättet. Es wird erst die eine Seite gestrichen und getrocknet, anschließend die Gegenseite. Normalerweise entsteht durch das Streichen eine matte Oberfläche, die eine gute Lesbarkeit gewährleistet. Für

eine glänzende Oberfläche wird das Papier in einem Kalandrierer nachträglich geglättet. Den höchsten Glanz haben gussgestrichene Papiere. Dieser entsteht, indem das Papier in einer separaten Anlage gestrichen und anschließend die teilweise getrocknete, gestrichene Oberfläche gegen einen polierten Chromzylinder gepresst wird. Die gestrichene Oberfläche übernimmt unter der Druckeinwirkung die Oberflächenstruktur des Chromzylinders und erhält so einen außerordentlich hohen Glanz.

**Streichverfahren** - Das Auftragen des Striches auf das Streich-Rohpapier erfolgt auf verschiedene Weisen. Die gebräuchlichsten: Rakelstrich, Walzenstrich, Bürstenstrich, Luftbürsten-/Luftdüsenstrich, Gussstrich.

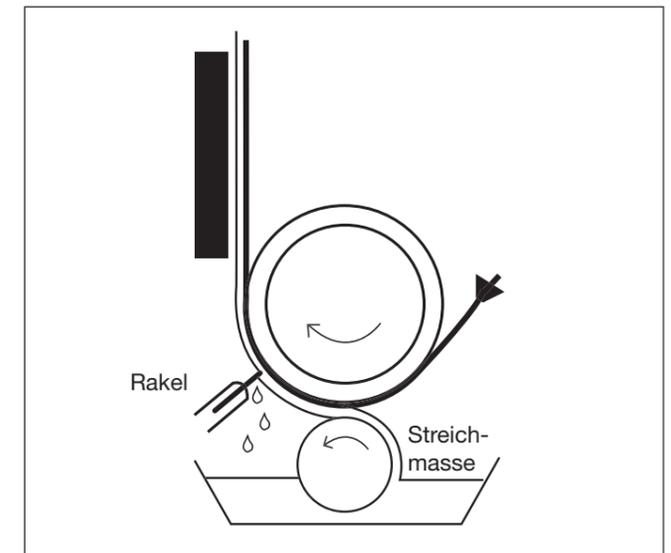


Abb.: Rakelstreichverfahren

Das abgebildete Rakelstreichverfahren ist das zur Zeit am meisten angewandte Streichverfahren. Dabei wird die Streichmasse von einer Walze im Überschuss auf die Papierbahn aufgetragen und dann mit einer dünnen Stahlrakel auf die gewünschte Dicke (5 - 15g/m<sup>2</sup>) reduziert und geglättet. In der Regel erfolgt dieser Verarbeitungsschritt in einer gesonderten Streichmaschine bei Geschwindigkeiten mit bis zu 80 km/h. Eine Verarbeitung direkt in der Papiermaschine ist aber ebenfalls möglich.

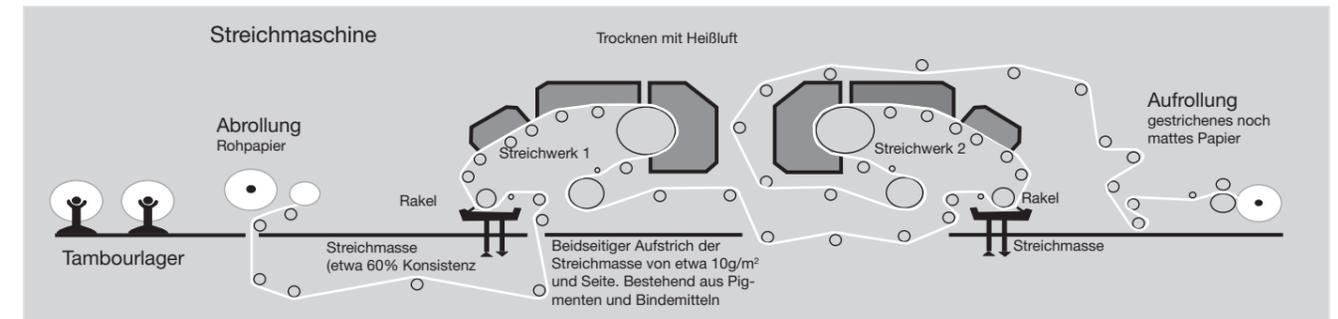


Abb.: Schema einer Papierstreichmaschine

Folienherstellung

Kunststofffolien werden aus Granulat (Kunststoffkugeln) hergestellt. In einem sogenannten Extruder werden die benötigten Granulate zugeführt und geschmolzen. Diese Schmelze werden je nach Verfahren zu einem Folien-schlauch oder zu einer flachen Folienbahn geformt. Im Extruder kann die Dicke der Folie bereits festgelegt werden, indem die Granulate unterschiedlich gemischt und erhitzt werden.

Beim Blasfolienverfahren (siehe Abbildung unten) wird aus dem vom Extruder (1) geschmolzenen Granulat (Kunststoffkugeln) ein ringförmiger Folien-schlauch geformt. Bevor die Schmelze durch den Blaskopf (4) unter hohem Druck gespeist wird, muss es die Siebwechseleinrichtung (2) zwischen Extruder (1) und Blaskopf (4) durchlaufen, um Verunreinigungen und Verstopfungen im Düsen-spalt zu vermeiden. Der Blaskopf (4) ist das Ausformwerkzeug und bläst aus der Schmelze mit Hilfe einer Ringspaltströmung den Folien-schlauch. Dieser durchläuft die Kalibrier-einrichtung (7), die sich oberhalb der Kühleinrichtung (5) des Blaskopfes (4) befindet und zur Stütze des Folien-schlauchs dient. Durch die stufenlose Durchmesser- und Höhenverstellbarkeit wird eine einfache Voreinstellung des gewünschten Schlauchdurchmessers ermöglicht. Am Blaskopf (4) befindet sich ein Kühtring (5), der außen am Schlauch Luft zum Kühlen einbläst und so den Folien-schlauch verfestigt. Durch diesen Kühtring (5) lässt sich die Kühllufttemperatur nach Austritt der Folienblase aus dem Düsen-spalt regulieren, um die Foliendicke leicht verän-

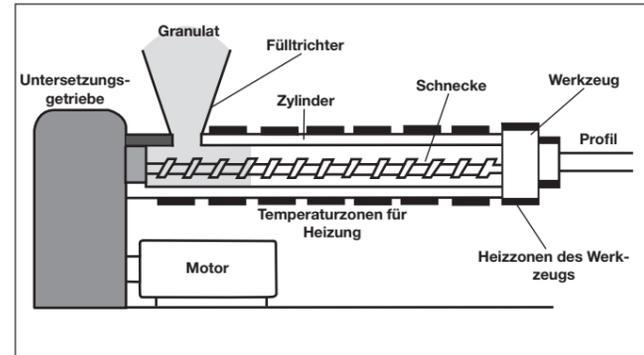


Abb.: Extruder

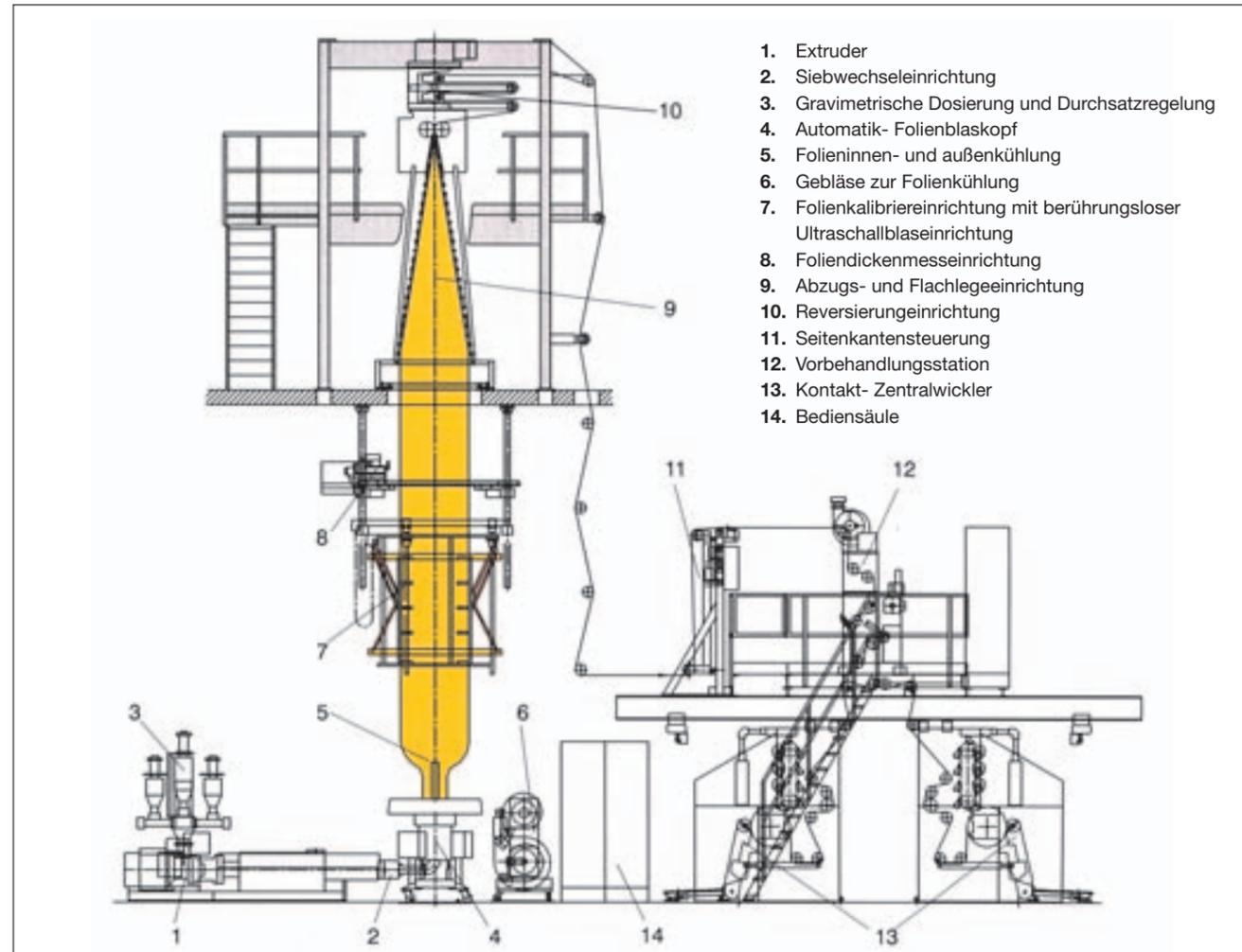


Abb.: Blasfolienmaschine

dern zu können. Weiterhin wird der Folienschlauch durch die Schlauchzentraführungen, bestehend aus bogenförmigen, mit Röllchen versehenen Führungselementen, in die Flachlegeeinrichtung (9) geführt. Die Folie läuft durch zwei spitzwinklig zueinander geneigte Flachlegeroste. Zwischen denen wird der Folienschlauch faltenfrei von der Abzugseinrichtung übernommen und abgequetscht, so dass keine Luft mehr im Schlauch ist. Eine konstante Abzugsgeschwindigkeit sorgt für eine gleichbleibende Foliendicke. Die Walzen der Flachlegeeinrichtung (9) sind gekühlt, um Verblockungen der beiden Folienbahnen zu vermeiden. Über die Reversiereinrichtung (10) wird die Folie je nach Weiterverarbeitung zur Besäumung und zur Vorbehandlung weiter zum Aufwickler geführt. Die Reserviereinrichtung besteht aus Luftwendestangen und Leitwalzen und ist zur Wendung der Folienbahn nötig. Um Profilunterschiede auszugleichen, wird die Folie je nach Weiterverarbeitung zur Besäumung und zur Vorbehandlung (12) und dann zum Aufwickler geführt. Die Vorbehandlung wird je nach Weiterverarbeitung eingesetzt zum Beispiel für das Bedrucken oder Kaschieren. Im Wickler (13) wird der Folienschlauch geschnitten und auf zwei Rollen gewickelt.

**Verwendung / Vor- und Nachteile**  
Blasfolien werden hauptsächlich für Tragetaschen, Müllbeutel, Lebensmittelfolien, Hygienefolien und Schrumpfolien verwendet. Materialschwerpunkte sind PE (Polyethylen), PP (Polypropylen), PS (Polystyrol), PA (Polyamid) und PET (Polyethylenterephthalat).

Ein weiteres Verfahren ist das Castfolienverfahren. Das Prinzip des Castfolienverfahrens ist, aus dem vom Extruder (3) geschmolzenen Granulat eine flache Folienbahn zu formen. Bevor die Schmelze durch die Automatikdüse (8) gegossen wird, muss sie wie bei der Blasfolie die Siebwechseleinrichtung (6) zwischen Extruder und Automatikdüse durchlaufen, um Verunreinigungen und Verstopfungen im Düsen-spalt zu vermeiden. Die Automatikdüse (8), auch Breitschlitzdüse genannt, ist das Ausformwerkzeug und gießt aus der Schmelze auf eine Gießwalze (9) (Chill-Roll) eine flache Folienbahn. Diese Chill-Roll (9) ist eine gekühlte Walze, die die Folienbahn schockartig abkühlt und festigt. Nachdem die Folie die Dickenmessung (10) durchlaufen hat, wird die Bahn beschnitten (11) und danach vorbehandelt (13). Die Randstreifen durchlaufen eine Mühle (12), dann die Zerreißmühle (14) und schließlich werden sie abgesaugt, um sie zu recyceln (4). Bevor die Folie aufgewickelt wird, verteilt die Changiereinrichtung (15) die Dünn- und Dickstellen, die durch Profilunterschiede entstehen.

**Verwendung / Vor- und Nachteile**  
Flachfolien werden da eingesetzt, wo brillante optische Folieneigenschaften benötigt werden.

Außerdem kommen Flachfolien zum Einsatz bei Rohstoffanwendungen, die keine Schmelzfestigkeit aufweisen können und daher nicht geblasen werden können.

Die Castfolienherstellung ist schneller, aber auch teurer als die Blasfolienherstellung. Die Materialschwerpunkte sind die gleichen wie bei der Blasfolienherstellung.

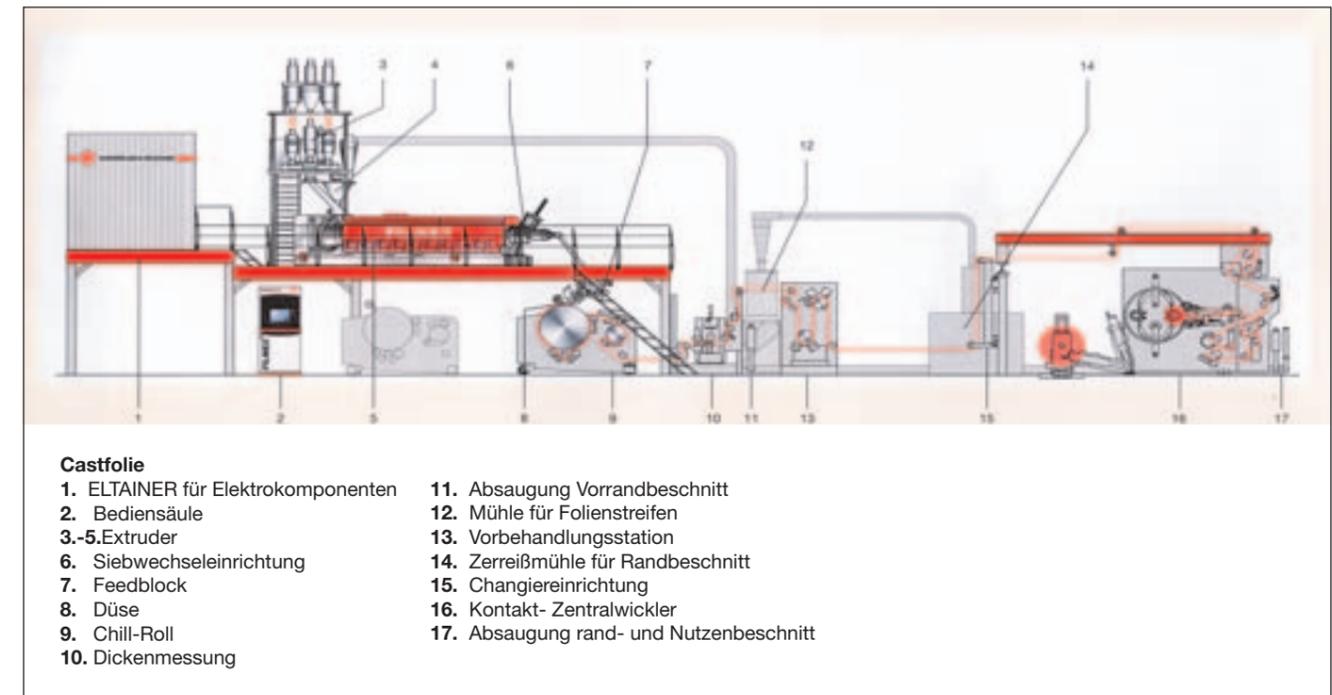


Abb.: Castfolienherstellung

Exemplarische Bedruckstoffe



Das **Papierband** besteht aus einem glatten Papierträger mit silikonfrei imprägnierter Oberfläche und einem Masse-system ohne organische Lösungsmittel. Dieses Klebeband ist überdurchschnittlich stark dehnbar und für ein breites Spektrum unterschiedlicher Kartonagen verwendbar.



**PP- Standard:** doppelweiß  
Das Polypropylenband (PP) weist eine hohe Klebekraft auf und ist geeignet zum Verschluss von leichten bis mittel-schweren Verpackungen.



**Gewebeband** ist nicht leicht abziehbar. Dieses Klebeband wird z.B. für Tennisschläger benutzt.



**PVC 240:** transparent, weiß, braun  
Das Polyvinylchloridband (PVC) hat eine glatte Folienoberfläche, weist eine hohe Klebekraft auf und ist flexibel verwendbar (z. B. Verschließen von Kartons). Die PVC Kleberolle ist leise abrollend.



**PVC - 241:** geriffelt  
Das PVC- Klebeband hat eine strukturierte Folienoberfläche und hat eine hohe Klebekraft. Durch die strukturierte Oberfläche erhält dieses Klebeband ein sehr sanftes Abrollverhalten.



**PVC-244:** fluororange, doppelweiß  
Dies ist eine eingefärbte, fluororangene PVC- Folie. Sie weist eine hohe Klebekraft auf.



**PVC- 118:** Schutzfolie  
Eignet sich hervorragend für das Abkleben von Fenster-rahmen, so bleibt danach kein Kleber am Rahmen und die Schutzfolie lässt sich locker abrollen.

PVC-Klebeband Maschine

Ein Zylinder wird erst mit Montageband und doppelseitigem Klebeband versehen, worauf dann die fertig belichteten Klischees aufgezogen werden. Der fertige Druckzylinder wird in die Maschine eingebaut und die zum Druckprozess benötigte Farbe wird in das Farbwerk eingebracht. Die Rakel wird am Farbwerk befestigt und an die Rasterwalze justiert. Dann wird der Druck an den Gegendruckzylinder aufgebaut und das Farbwerk angepasst, so dass die für den Flexodruck typische Quetschrandausprägung minimiert wird.



Abb.: PVC Klebeband Maschine

PVC-Klebeband Maschine im Detail

Die Rasterwalze befindet sich in einem Farbwerk, an dem man die Rakel befestigen kann. Die Rakel ist ein messerähnliches Stahlband, wobei das Stahlband beim Laufen der Maschine, die überschüssige Farbe abrakelt. Die kleinen Näpfchen in der Rasterwalze nehmen Farbe auf und übertragen sie an den Druckzylinder. Nun befindet



Abb.: PVC-Klebeband Maschine/Detailsicht

sich auch Farbe auf dem Klischee. Der Bedruckstoff läuft zwischen Druckzylinder und Gegendruckzylinder entlang. In dem Gegendruckzylinder ist eine Heizung integriert, die das Trocknen der Farbe auf der Folie erleichtert. Da das Klischee schon Farbe aufgenommen hat, wird der Bedruckstoff bedruckt und läuft oben am Gegendruckzylinder wieder heraus. Nach dem Bedrucken werden die fertigen Rollen auf passende Schnittbreite in der Druckmaschine geschnitten.

PP- Acrylat Maschine

Bei einer Maschine, die für das Bedrucken von Polypropylen - Acrylat (PP) verwendet wird, setzt man neben dem anderen Bedruckstoff auch eine andere Farbe ein. Das PP- Klebeband muss unbedingt durch eine Corona laufen. Unter einer Coronabehandlung versteht man ein elektrochemisches Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Kunststoffen. Dadurch wird gewährleistet, dass die spezielle PP- Farbe auf dem Bedruckstoff haften bleibt. Zu der PP-Farbe werden weitere Additive gegeben, um das Farbhafungsverhalten der Druckfarbe weiter positiv zu beeinflussen.



Abb.: PP-Acrylat-Maschine



Abb.: PP-Acrylat-Maschine - Detailsicht

**Erkennen von Kunststoffen**

Man kann einen unbekanntes Kunststoff durch einfache Mittel bestimmen. Das Einzige, was man dafür benötigt, ist etwas Übung, einen guten Geruchssinn und gute Augen. Die verschiedenen Möglichkeiten sind:

1. Die visuelle Prüfung
2. Die Nagel- und Bruchprobe
3. Die physikalische Prüfung
4. Die Brenn- und Geruchsprobe
5. Die chemische Prüfung

**1. Die visuelle Prüfung**

Die Struktur der verschiedenen Kunststoffe beeinflusst ihre Lichtdurchlässigkeit. Bei den Kunststoffen PPE (Polyphenylenether) und PPSU (Polyphenylsulfon) entsteht ein durchsichtiger Eindruck. Sie haben eine feste (amorphe) Struktur.

Bei den Kunststoffen POM (Polyoxymethylen), PET (Polyethylenterephthalat), PA 6 E (Polyamid 6 extrudiert), PA 6 Guss (Polyamid 6 Guss), PA 6.6 (Polyamidfaser oder -filament), PA 12 (Polyamid 12) und PVDF (Polyvinylidenfluorid) ist der visuelle Eindruck milchig, tübe und opak. Die Struktur ist eine Zusammensetzung aus Kristallinen und aus Amorphen. Diese Unterscheidungsmerkmale gelten allerdings nur für ungefärbte Kunststoffe.

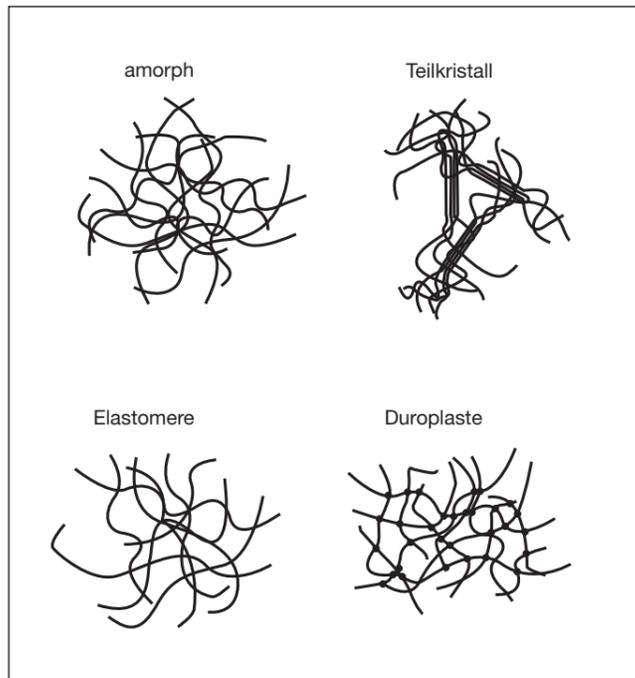
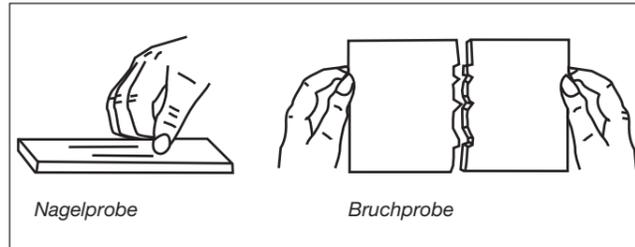


Abb.: Struktur der Kunststoffe

**2. Die Nagel- und Bruchprobe**

Wenn sich der Kunststoff mit dem Fingernagel einritzen lässt, dann handelt es sich um den Kunststoff PP, PE oder PTFE.

Die Bruchprobe eignet sich hervorragend zur Bestimmung von Thermoplasten. Wenn kein Bruch entsteht, dann ist der Kunststoff POM, PA, PE und PP. Entsteht ein *Weißbruch*, so handelt es sich um PPE. Wenn jedoch ein *Sprödbbruch* entsteht, dann handelt es sich um PET.



Bei einem *Weißbruch* entstehen helle Streifen auf der Geweboberfläche. Bei einem *Sprödbbruch* entsteht ein Risursprung mit tiefen Furchen und Graten.

**3. Die physikalische Prüfung**

Kunststoffe, die eine Dichte von weniger als 1g/cm<sup>3</sup> haben, schwimmen auf dem Wasser, wie z. B. PE und PP. Alle anderen, nicht reinen Kunststoffe haben eine größere Dichte als 1 g/cm<sup>3</sup>.

**Ermittlung der spezifischen Dichte:**

Zusammensetzung in Vol. %	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )
52% Ethanol + 48% dest. Wasser	0,91
37% Ethanol + 63% dest. Wasser	0,94
100% destilliertes Wasser	1,00
44% Glycerin + 56% dest. Wasser	1,10
93% Glycerin + 7% dest. Wasser	1,20
27% Ätznatron + 73% Wasser	1,30
37% Ätznatron + 63% Wasser	1,40

Anhand dieser ermittelten Dichte kann das Material einer der nachfolgenden fünf Gruppen zugeordnet werden.

Ermittelte Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Kunststoffe
0,9 - 1,0	PE, PP
1,0 - 1,2	ABS, PA, PC, PPE
1,2 - 1,5	POM, PET, PPS, PEEK
1,5 - 1,8	PVDF
> 1,8	PTFE

**4. Die Brenn- und Geruchsprobe**

Diese Proben werden am häufigsten durchgeführt. Der Grund dafür ist, dass sich mit ihr ein großer Teil der Kunststoffe bestimmen lässt. Die Brennprobe erfolgt durch ein direktes Anzünden der Probe mit einer Flamme. Das Aussehen der Flamme, das Verhalten des Kunststoffes und der Geruch der Schwaden geben Auskunft über den Probekörper. Unter Aussehen der Flamme ist die Färbung des brennenden Kunststoffes zu verstehen. Die überwiegende Färbung ist gelblich mit Nuancierungen des Flammbrands, zum Beispiel bläulich wie bei PE und PP. Aber auch eine bläuliche Flamme, wie z.B. bei PA oder eine gelbrote Färbung sind zu erkennen.



Abb.: Brennprobe mit PE

Beim Verhalten der Kunststoffe während der Brennprobe kann man folgende Unterschiede feststellen:

Einige Kunststoffe brennen und tropfen, die Tropfen brennen weiter (PE,PP). Andere Kunststoffe brennen und tropfen, jedoch brennen diese nicht weiter. PA bildet Blasen und knistert; einige Kunststoffe verlöschen außerhalb der Flamme.

Am Geruch der Schwaden bzw. des Rauches lassen sich Bestandteile des Kunststoffes und damit der Kunststoff selbst erkennen.

**Folgende Fragestellungen ergeben wichtige Hinweise:**

- >Brennt die Flamme weiter?
- >Bilden sich Blasen?
- >Tropft die Probe?
- >Knistert oder sprüht die Probe beim Brennen?
- >Welche Farbe hat die Flamme?
- >Rußt die Flamme?

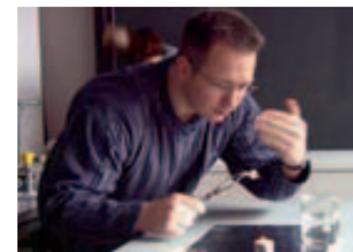


Abb.: Geruchsprobe

Kunststoff	Brennverhalten	Geruchsentwicklung
POM (Polyoxymethylen)	bräunliche Flamme, tropft brennend	Geruch nach Formaldehyd
PET (Polyethylen-terephthalat)	leuchtende Flamme, knisternd, rußt, tropfend	süßlicher, kratzender Geruch
PA (Polyamid)	blaue Flamme mit gelblichem Rand, bildet Blasen, knistert tropft fadenziehend	Geruch nach verbranntem Horn
PVDF (Polyvinylidenfluorid)	leuchtende Flamme, rußt stark	stechender Geruch
PE (Polyethen)	helle Flamme mit blauem Kern, Tropfen brennen, Dämpfe kaum sichtbar	paraffinartiger Geruch
PP (Polypropen)	helle Flamme mit blauem Kern, Tropfen brennen, Dämpfe kaum sichtbar	paraffinartiger Geruch

**5. Die chemische Prüfung**

Kunststoffe unterscheiden sich in ihrer Reaktion auf chemische Lösungsmittel. Polyamide zeigen z.B. eine differenzierende Reaktion auf Ameisensäure.

Polyamid- Typ	Reaktion
PA 6	löslich in 70%iger Ameisensäure
PA 6.6	löslich 80-90%iger Ameisensäure
PA 12	nicht löslich in Ameisensäure. Unterscheidung nur durch Schmelzpunktbestimmung

**Unterscheidung von Kunststoffen mit verschiedenen Lösungsmitteln**

Die Lösungsgeschwindigkeit wird durch Oberflächenstruktur, Temperatur und Diffusion beeinflusst.

Polymer	Lösungsmittel	Nichtlöser
POM (Polyoxymethylen)	Benzylalkohol* Dimethylformamid* Butyrolacton*	Methanol, Diethylether
PA (Polyamid)	Ameisensäure, m-Kresol, konzentrierte Schwefelsäure	Methanol, Kohlenwasserstoff
PE/PP (Polyethen/-propen)	p-Xylol*, Trichlorbenzol*	Aceton, niedrige Alkohole

\* oft nur bei höheren Temperaturen löslich