

Probleme der Materialprüfung der papierverarbeitenden Betriebe

Von Dr. P. FINK

Leiter der Abteilung IV, Papierindustrie
und graphisches Gewerbe, EMPA-C, St. Gallen

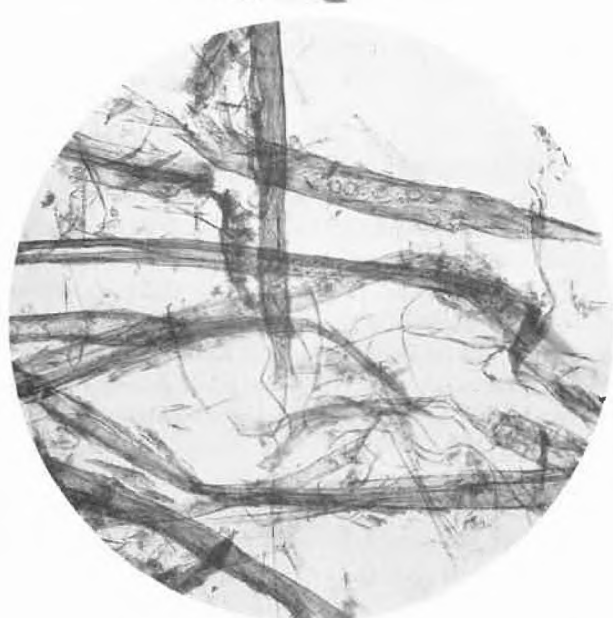
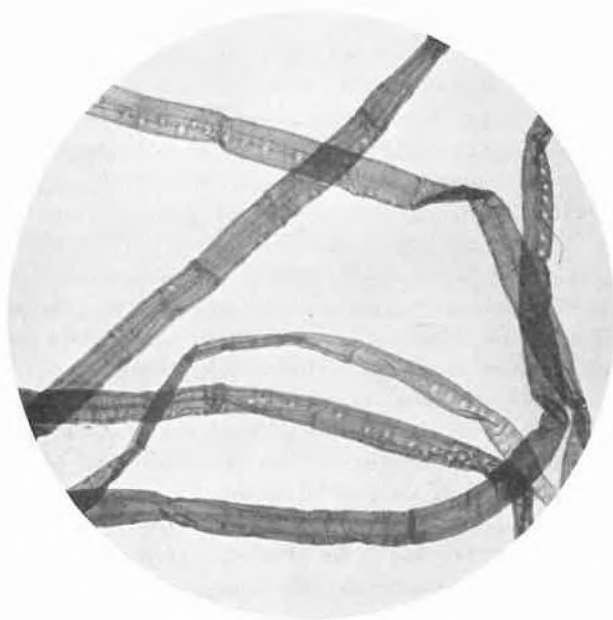
Papier und Pappe dienen einer ganzen Reihe von Gewerbebezügen als hauptsächlichster Werkstoff. So wird Papier nach den verschiedensten Druckverfahren bedruckt. Auf dem Verpackungssektor findet man alle Varianten vom einfachsten Einwickelpapier bis zur werbkekräftigen Luxuspackung. Auch der Buchbinder und die Kartonnageindustrie hantieren tagtäglich mit Papier und Pappen. Und schließlich stellt das Papier auch für all die Leute in Verwaltung und Bureau ein unentbehrliches Hilfsmittel dar. Um all diesen Verwendungszwecken gerecht werden zu können, muß der Papiermacher eine ganze Anzahl verschiedenster Papiersorten herstellen, die sich in ihren Eigenschaften zum Teil recht wesentlich unterscheiden.

Zum Verständnis der Probleme der Materialprüfung der papierverarbeitenden Betriebe ist es sicherlich nützlich, sich zunächst einmal zu überlegen, was Papier überhaupt ist. Papier darf als ein blattartiges Gebilde aus vorwiegend pflanzlichen Fasern angesehen werden, wobei die Fasern stark miteinander verfilzt sind. In verschiedenen Veredlungsverfahren läßt sich dann noch speziell die Papieroberfläche weiter verändern, so etwa durch eine Satinage, das Aufbringen einer Strichmasse aus anorganischen Füllstoffen und Bindemitteln (Kunstdruck-, Chromopapiere), ein Beschichten mit Kunststoffen oder ein Kaschieren mit Metall- oder Kunststofffolien.

Als *Rohstoffe* benötigt der Papiermacher

- a) Faserstoffe verschiedenster Herkunft, nämlich:
Altpapiere,
Spinnfaserabfälle, Lumpen, Hadern vor allem pflanzlichen Ursprungs,
Strohstoffe, wie Strohzellstoff, Esparto-Zellstoff, Holzzellstoffe, wie etwa Natron-, Sulfat-, Sulfitzellstoffe,
Holzstoffe, wie Weiß- und Braunschliif;
- b) Leime, besonders auf Naturharzbasis, sowie bestimmte Kunstharze für die naßfesten Papiere;
- c) Füllstoffe, wie Kaolin, Talkum, Calciumcarbonat und -sulfat, Titandioxyd, Blanc fixe;
- d) eventuell noch Farbstoffe, Strichmassen u. dgl.

Die verwendeten Faserstoffe sowie deren Mahlung sind weitgehend bestimmend für den Ausfall des Papiers und seine Eigenschaften. Die Fasern können bei der Mahlung lang belassen werden oder stark gekürzt werden. Ferner unterscheidet man auch zwischen röscher und schmieriger Mahlung. Bei der röschen Mahlung, wie sie etwa für die Herstellung gut saugender Papiere verwendet wird, läßt man die Faserstruktur ziemlich unverändert und sorgt mehr für eine schneidende Wirkung bei der Mahlung. Bei der schmierigen Mahlung wird eher eine quetschende Wirkung hervorgerufen, das Fasermaterial wird teilweise in Fibrillen aufgelöst, und es bildet sich ein schleimiger Stoff, der sich nicht so gut entwässern läßt, so daß das Papier mehr glasartigen Charakter erhält (siehe Abb. 1, 2 und 3).



Die Leimzugabe reguliert vor allem das Saugvermögen des Papiers. Stark geleimte Papiere, wie etwa Schreibpapiere, saugen schlecht, so daß z. B. Tinte beim Schreiben nicht ausläuft.

Die Füllstoffe können mehrere Funktionen übernehmen, so stehen etwa die Verbesserung der Glätte, des Saugvermögens oder der Opazität mit der Füllstoffzugabe in Zusammenhang.

Bei der Papierfabrikation wird eine wässrige Suspension des mit den Zusatzstoffen versehenen Faserstoffs auf ein Sieb gebracht, entwässert und getrocknet. Auf der Maschine fließt die Suspension kontinuierlich auf das Sieb, und es tritt eine Orientierung der Fasern in der Maschinenrichtung ein. Ferner zeigt das Papier auch eine gewisse Zweiseitigkeit, indem die Siebseite und die Filzseite, d. h. die dem Papiersieb abgewandte Seite, sich infolge der Art der Blattbildung in ihrer Struktur unterscheiden. So hat also die Papierprüfung immer zwischen Längs- und Querrichtung sowie Sieb- und Filzseite zu differenzieren.

Die einfachste Art der Papierbildung stellt das Handschöpfen dar, welches das echte Büttenpapier liefert. Hier wird mit einem feinen Sieb von Hand aus einer Fasersuspension ein Blatt geschöpft, abgegauscht, gepreßt und getrocknet.

Abb. 1 bis 3: Mikroaufnahmen ($100\times$) von Faserstoffen für die Papierherstellung. *Abb. 1.* Gebleichter Natronzellstoff, rösch gemahlen. *Abb. 2.* Ungebleichter Natronzellstoff, schmierig gemahlen. *Abb. 3.* Holzschliff, schmierig gemahlen

Ein derart hergestellter Faserfilz, wie ihn Papier darstellt, kann nun natürlich auf eine ganze Anzahl physikalischer Eigenschaften hin untersucht werden. Wenn solche Untersuchungen heute auch noch ihre volle Berechtigung haben, so zeigt sich doch immer mehr die Notwendigkeit, das Hauptgewicht auf praxisnahe Eignungsprüfungen zu legen. Es erfordert dies, daß Prüfmethoden gefunden werden, die mit den Ergebnissen der Praxis in engem Zusammenhange stehen. Daneben bringt es diese Entwicklung auch mit sich, daß neben Papier noch zahlreiche andere Materialien der papierverarbeitenden Industrien in die Prüfungen einbezogen werden müssen. So läßt sich dies etwa an den folgenden zwei Beispielen deutlich zeigen.

Tabelle 1 zeigt, daß bei der Beurteilung einer Verpackung neben der Charakterisierung des Werkstoffes Papier oder Pappe auch die Eignungsprüfung des verwendeten Klebstoffes hinzukommt. Auf dem Verpackungssektor spielt die Ermittlung der verschiedenen Dichtigkeiten des Papiers eine ganz besondere Rolle, wobei die Papiere nicht nur in ihrem angelieferten Zustande, sondern auch gefaltet und Kartons auch gerillt getestet werden müssen, da ja besonders die Falze und

Tabelle 1: Untersuchungen auf dem Verpackungssektor

Papier und Karton	Klebstoffe	Konfektionierte Verpackung
Festigkeiten Steifigkeit Durchlässigkeit für Fette und Öle Wasserdampf Aromastoffe Licht Dimensionsstabilität	Klebkraft Anfaßvermögen Verhalten auf der Maschine Kälte- und Wärmebeständigkeit pH-Stabilität Fließverhalten Netzvermögen Analyse	Schutz des Verpackungsguts gegen mechanische Beanspruchung Feuchtigkeit Licht Fremdgeruch biologische Einflüsse

Rillen die kritischen Punkte einer dichten Verpackung darstellen. Bei der Fett- und Öldichtigkeit sowie der Aromadichtigkeit stellt sich auch noch das Problem des zu verwendenden Prüfmittels. So werden zur Ermittlung der Öldichtigkeit Chemikalien wie Diäthylphthalat, verseifbare Fette und Öle wie Schweineschmalz, Palmkernfett, Ricinusöl usw., ferner Mineralöle wie Paraffinöl oder auch Terpentinöl als Prüfmittel herangezogen. Bei der Aromadichte liegen die Verhältnisse fast noch komplizierter, so daß dort üblicherweise bei der Wahl des Aromastoffes auf den vorgesehenen Verwendungszweck abgestellt wird.

Die Dimensionsstabilität bei Feuchtigkeitsänderungen sowie Temperaturschwankungen stellt besonders dann einen wichtigen Faktor dar, wenn unterschiedliche Materialien miteinander zu einer Verpackung verklebt werden oder zwei Materialien aufeinander kaschiert werden. Mit einem Präzisionsgerät wird zu diesem Zweck auf 0,01 mm genau die Länge eines 30 cm langen Streifens unter den verschiedenen Klimabedingungen gemessen und die Dimensionsänderungen in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit bzw. Temperatur aufgezeichnet (siehe Abb. 4 und 5).

Die Klebstoffprüfung ist heute in steter Entwicklung begriffen, und es sei besonders auf die Bedeutung einer Untersuchung des Verhaltens eines Klebstoffs auf einer rasch laufenden Papierverarbeitungsmaschine hingewiesen. Es ist hier wichtig, zu wissen, wie sich der Klebstoff im Leimgefäß und im Auftragsystem benimmt. So kann ein Fadenziehen, ein Spritzen oder ein ungleichmäßiges Auftragen zu Schwierigkeiten führen. Aber auch ein rasches Anfassen wird verlangt. Um all diese Probleme praxisnah erfassen zu können, ist die Konstruktion einer speziellen Klebstoffprüfmaschine heute vorgesehen. Es zeichnet sich hier also ganz deutlich die Entwicklung der Materialprüfung in Richtung der praxisnahen Eignungsprüfung auf größeren Maschinen ab.

Ein Gebiet, welchem sich in den letzten Jahren die Wissenschaft und die Materialprüfung immer mehr zugewandt hat, stellt das Druckereigewerbe dar. Hier hat die Entwicklung eines alten Gewerbes zu einer eigentlichen Industrie ganz wesentlich mitgeholfen, daß sich die Lösung zahlreicher technischer Probleme immer stärker aufdrängte. Tabelle 2 gibt einen kurzen Über-

blick über die wichtigsten Aufgaben der Materialprüfung auf diesem Gebiete. Auch hier reihen sich neben dem Papier als Druckträger eine ganze Anzahl weiterer Elemente an, und schließlich ist auch noch die Beurteilung des fertigen Druckerzeugnisses in dieses Tätigkeitsgebiet einzuordnen.

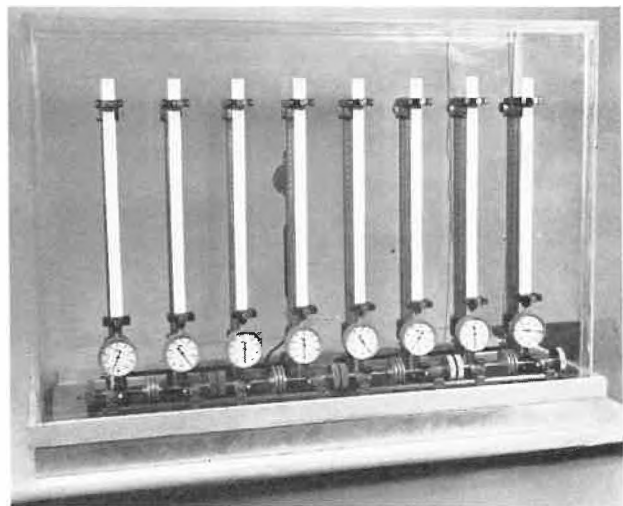


Abb. 4. Gerät zur Bestimmung der Dimensionsstabilität von Papier, Folien usw. Eigenkonstruktion der EMPA-C, St. Gallen

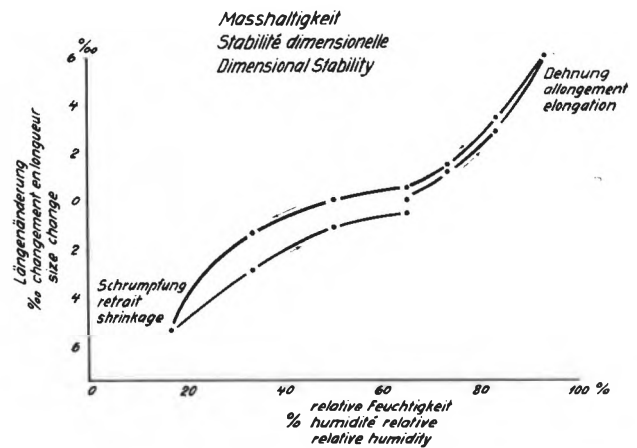


Abb. 5. Messung der Dimensionsstabilität von Papier. Aufnahme der Kurve, die die Längenveränderungen eines Papierstreifens in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit zeigt. Bezugspunkt ist die Normalfeuchtigkeit von 65% relativer Feuchtigkeit

Tabelle 2: Untersuchungen auf dem Druckereigebiet

Druckträger	Druckform	Druckfarbe	Druckerzeugnis
<i>Bedruckbarkeit von Papier:</i> Glätte Opazität pH-Wert Weißgehalt Abrasivwirkung Ruppfestigkeit Stäuben Statische Aufladung Maßhaltigkeit	<i>Hochdruck:</i> Klischee und Schrift Ätztiefe Höhe <i>Flachdruck:</i> Punktabbildung <i>Tiefdruck:</i> Ätzung Oberflächenhärte	Fließverhalten Farbspaltung Ruppfeignung Trocknen Deckkraft Glanz Einschlagen Echtheiten	Dichtemessung Visuelle Qualitätsbeurteilung: Farbtreue Passer Beständigkeit und Echtheiten

Die Tatsache, daß es verschiedene Druckverfahren gibt, zwingt oft dazu, für einzelne Druckverfahren spezielle Methoden zu entwickeln. Es ergibt sich daraus eine große Vielfalt von Prüfmethode, und Eignungsprüfungen sind oft auf entsprechenden Arbeitsmaschinen durchzuführen.

Am Beispiel der Druckfarbenprüfung sei kurz dargestellt, wie auf Grund von Laboratoriumsprüfungen Rückschlüsse auf das Verhalten einer Farbe in der Praxis, d. h. auf der Druckmaschine und auf dem Druckbogen, gezogen werden können.

Druckfarben stellen Suspensionen von Pigmenten in einem Bindemittel dar. Zudem können auch noch Lösungsmittel vorhanden sein, wie dies etwa bei den Tiefdruck- und Anilindruckfarben der Fall ist. Als Bindemittel kommen neben den altherkömmlichen Leinölfirnissen und Mineralölen heute auch verschiedene halbsynthetische und synthetische Bindemittel in Frage. Die Trocknung der Farbe erfolgt einerseits durch Einschlagen in das Papier und andererseits auf chemischem Wege. Die chemische Trocknung wird dabei wie auch in der Lack- und Farbenindustrie durch Sikkativzugabe gesteuert.

Druckfarben stellen im allgemeinen, rheologisch gesehen, plastische Substanzen dar. Sie lassen sich also in

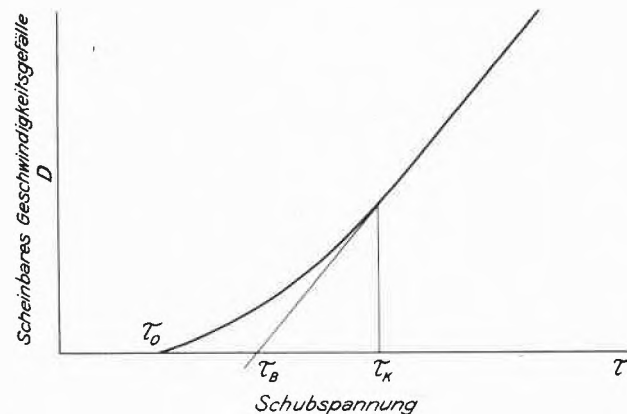


Abb. 6. Rheogramm einer Druckfarbe (plastischer Körper). D Geschwindigkeitsgefälle in sec^{-1} im Meßspalt, τ Schubspannung in dyn/cm^2 am rotierenden Zylinder, τ_0 Fließgrenze des Systems, τ_K Schubspannungswert, bei welchem der geradlinige Teil der Kurve beginnt

ihrem Fließverhalten durch ein Rheogramm charakterisieren. Ferner zeigen die meisten Druckfarben ein thixotropes Verhalten, d. h. durch mechanische Beanspruchung (wie Rühren oder Verreiben auf den Einfärbewalzen einer Druckmaschine) werden die Farben dünnflüssiger und verfestigen sich dann nach Wegfall dieser äußeren Einwirkungen wieder.

Die Aufnahme des Rheogramms, d. h. der Schubspannungswerte in Funktion des Geschwindigkeitsgefälles, erfolgt üblicherweise mit einem Rotationsviskosimeter. Aus solchen Rheogrammen (siehe Abb. 6) erhält man dann die charakteristischen Größen der Fließgrenze und der plastischen Viskosität. In zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen ist versucht worden, die Zusam-

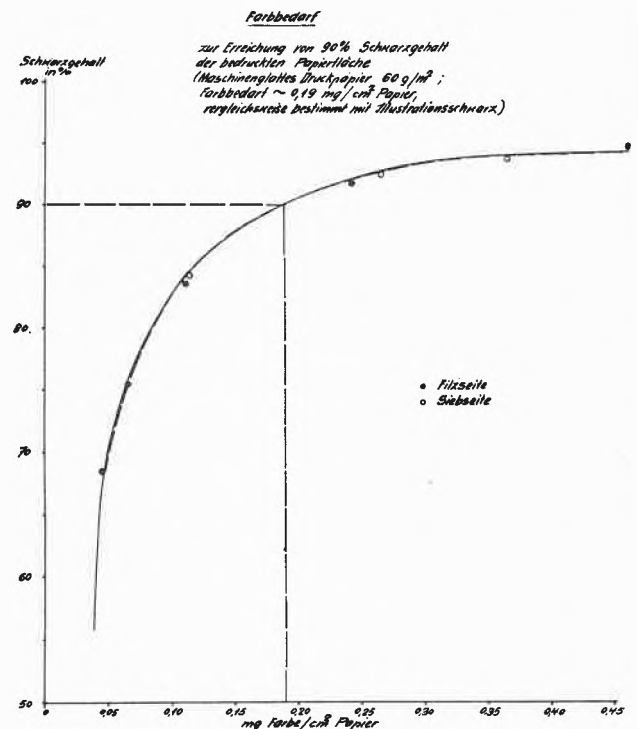


Abb. 7. Farbübertragungs- und Farbbedarfsmessung bei Druckpapieren. Die beim Druck erzielte Schwärzung wird in Abhängigkeit von der auf das Papier gebrachten Farbmenge angegeben. Als Bezugswert für den Farbbedarf dient jene Farbmenge, die zur Erzielung von 90% Schwärzung benötigt wird

menhänge zwischen diesen rheologischen Kennzahlen und den Verhältnissen bei der Farbfilmspaltung aufzufinden. Die Farbfilmspaltung darf als einer der grundlegenden Vorgänge beim Druckprozeß betrachtet werden. Sie bestimmt weitgehend die Art der Einfärbung der einzelnen Rasterpunkte auf der Druckform und dem Druckträger. Bringt man eine Druckfarbe auf das Einfärbewerk einer Druckmaschine, so wird zunächst auf den Verreiberwalzen die Struktur der Farbe abgebaut, und zwischen den Auftragwalzen und der Druckform findet eine erste Spaltung des Farbfilmes statt. Eine zweite Farbfilmspaltung erfolgt dann beim eigentlichen Druck, indem der zwischen der Druckform und dem Papier liegende Farbfilm gespalten werden muß. Es soll dabei natürlich stets möglichst viel Farbe übertragen werden, damit mit geringer Farbführung bereits der maximale Effekt erzielt werden kann.

Farbübertragungen lassen sich heute mit verschiedenen Probedruckgeräten messen. Da solche Geräte kleine Druckformen besitzen, kann mit einigen Messungen der erzielbaren Farbtintensitäten sowie gravimetrischer Bestimmungen der übertragenen Farbmengen das Verhalten einer Farbe bei der Farbfilmspaltung erfaßt werden (siehe Abb. 7).

Es kann besonders bei hohen Druckgeschwindigkeiten und sehr strengen Farben aber auch vorkommen, daß beim Druckprozeß sich der Farbfilm nicht spalten läßt, sondern die Papieroberfläche aufgerissen wird. In der Fachsprache wird diese Erscheinung als Rupfen bezeichnet. Ob ein Rupfen beim Druck eintritt oder nicht, hängt sowohl von der Rupffestigkeit des Papiers als auch von der Rupfneigung der Druckfarbe ab. Die Rupfneigung einer Farbe geht im allgemeinen mit deren Viskosität parallel. Eine zähflüssige Farbe wird rascher zum Rupfen neigen als eine dünnflüssigere.

Zur Ermittlung der Rupfneigung einer Farbe bzw. der Rupffestigkeit eines Papiers wird auf einem Labor-druckgerät mit zunehmender Geschwindigkeit gedruckt und festgestellt, bei welcher Geschwindigkeit bei gegebenem Papier bzw. gegebener Farbe die Papieroberfläche aufgerissen wird, d. h. also nicht mehr der Farbfilm gespalten, sondern die oberen Papierschichten abgetrennt werden. Das Eintreten des Rupfens ist bei einem Papier durch die Druckgeschwindigkeit und die Viskosität der Druckfarbe gegeben. In erster Annäherung gilt dabei in den meisten Fällen, daß für ein bestimmtes Papier das Produkt aus Viskosität und Druckgeschwindigkeit eine Konstante darstellt.

Neben dem Verhalten der Farbe beim eigentlichen Druckprozeß, das die Farbfilmspaltung, die Farbübertragung, die Neigung zum Rupfen, die Trocknungsgeschwindigkeit und das Einschlagen in das Papier zur Hauptsache umfaßt, ist es für den Verbraucher natürlich auch wichtig, über die Beständigkeit der mit einer Farbe erstellten Drucke Auskunft zu erhalten. Es sind daher wie auf andern Gebieten auch für Druckfarben und Druckerzeugnisse Farbechtheitsuntersuchungen

durchzuführen. In den meisten Fällen ist es aber auch wichtig, die Eigenschaften des Papiers zu kennen, da stets ein Zusammenwirken von Papier und Druckfarbe für die Beständigkeit eines Druckerzeugnisses verantwortlich ist.

Es bestehen eine ganze Reihe von Echtheitsprüfverfahren für Druckfarben, und zurzeit sind auch Bestrebungen im Gange, die wichtigsten Prüfverfahren international zu vereinheitlichen und zu normen. Als wichtige Echtheiten für Druckerzeugnisse kommen in erster Linie in Frage:

Lichtechtheit,
Alkali-, Seifen- und Waschmittelechtheit,
Wasserechtheit,
Lackierechtheit,
Beständigkeit gegen Lebensmittel wie Fett, Käse,
Gewürze usw.

Die Materialprüfung darf sich nicht nur auf die Kontrolle und Analyse der Rohstoffe und Werkstoffe beschränken, sondern hat auch die Aufgabe, das Fertigerzeugnis auf seine Qualität hin zu untersuchen. Somit stellt sich im graphischen Gewerbe auch immer wieder die Aufgabe, einen Druck bezüglich seiner Qualität zu beurteilen.

Der Druck bezweckt, ein Original, wie etwa eine Photographie, möglichst getreu zu reproduzieren. Es ist dabei notwendig, daß das kontinuierliche Original in Rasterpunkte aufgelöst wird, wodurch natürlich eine gewisse Abweichung vom Original nicht zu umgehen ist. Ferner verlangt die Drucktechnik, daß die einzelnen Rasterpunkte möglichst sauber und gleichmäßig eingefärbt auf dem Papier stehen. Das Problem der Druckbeurteilung besteht nun darin, daß einerseits die Sauberkeit des Ausdruckens und andererseits die möglichst gute Übereinstimmung mit der Vorlage als Wertmaßstäbe anzuwenden sind. Neben vereinzelt messenden Methoden wie etwa Mikrodichtemessungen an Rasterpunkten bedient sich heute die Druckqualitätsbeurteilung meist einer visuellen Beurteilung des Druckbildes. Solche Beurteilungen besitzen naturgemäß stets einen gewissen individuellen Charakter, und es sind einerseits durch geschickte Versuchsanordnung und andererseits mit Hilfe der mathematischen Statistik die Fehlermöglichkeiten weitgehend herabzusetzen und die Aussagegenauigkeiten festzulegen.

Auf diesem Gebiete sind verschiedene Techniken entwickelt worden, und in der Materialprüfung und -beurteilung treten immer wieder Fälle auf, die eine Rangierung verschiedener Muster auf visueller Grundlage erfordern.

Die einfachste Methode ist wohl die, wenn eine Anzahl Personen die Druckproben nach abnehmender Qualität rangieren und daraus dann mittlere Rangzahlen errechnet werden. Diese Methode trägt aber der Tatsache zu wenig Rechnung, daß die Abstände in der Qualität von Rangziffer zu Rangziffer recht unterschiedlich sein können.

Eine sehr einfache Methode ist auch, wenn eine große Anzahl von Beurteilern einfach zu entscheiden hat, ob ihnen ein Druck gefällt oder nicht.

Ferner kann eine Beurteilung gelenkt werden, indem dem Beurteiler eine ganze Reihe von Fragen gestellt werden, die er zu beantworten hat. So kann z. B. eine Notengebung für die hellen, die mittleren und die tiefen Töne verlangt werden. Es wird die Farbablagerung und getreue Rasterpunktabbildung bewertet, usw.

Für eine weitere Auswertung und zur Gewinnung einer Bewertungsskala, die geringe und größere Unterschiede zwischen Mustern teilweise quantitativ erfassen läßt, hat sich vor allem die Methode des paarweisen Vergleichs eingeführt. Es wird dabei jeder Druck mit jedem verglichen. Bei praktischer Gleichheit erhält jeder der beiden Drucke 1 Gutpunkt. Sind die Drucke qualitativ verschieden, so erhält der bessere Druck 2 Gutpunkte, der schlechtere jedoch keinen. Durch Summierung der Gutpunkte erhält man dann eine erste Rohklassierung, die oft schon genügt. Da ein Beurteiler während der ganzen Beurteilung nicht immer gleichmäßig arbeitet, erfolgt noch eine Berücksichtigung dieser Inkonsequenz nach KENDALL dadurch, daß die Werte in jeder Kolonne noch mit den entsprechenden Reihensummen multipliziert werden. Werden dann erneut die Summen gebildet und erneut rangiert, so sollten die beiden Rangierungen bei genügender Gleichmäßigkeit der Beurteilung miteinander übereinstimmen. Ansonst ist das gleiche Vorgehen zu wiederholen, bis eine Übereinstimmung erhalten wird. Ein Beispiel einer solchen paarweisen Vergleichsmethode ist in Tabelle 3 wiedergegeben.

Tabelle 3: Paarweiser Vergleich von sechs Druckproben

Muster	A	F	W	K	M	D	Summe
A	1	2	2	2	1	1	9
F	0	1	0	0	0	0	1
W	0	2	1	1	0	0	4
K	0	2	1	1	0	0	4
M	1	2	2	2	1	1	9
D	1	2	2	2	1	1	9

Erste (rohe) Rangierung							
Muster	A	F	W	K	M	D	Summe
A	9	2	8	8	9	9	45
F	0	1	0	0	0	0	1
W	0	2	4	4	0	0	10
K	0	2	4	4	0	0	10
M	9	2	8	8	9	9	45
D	9	2	8	8	9	9	45

Zweite (erweiterte) Rangierung							
Rang	1	2	3	4	5	6	
1. Rangierung	A = D = M	W = K	F				
2. Rangierung	A = D = M	W = K	F				

Dieser kurze Überblick sowie die Erwähnung einiger Beispiele aus der Prüfung der Materialien der papierverarbeitenden Industrien zeigt, daß die Materialprüfung heute neben den herkömmlichen und neuen und verfeinerten physikalischen und chemischen Prüfverfahren immer mehr auch auf Prüfungen an Maschinen aus der Praxis und auf Methoden der Statistik angewiesen ist, wenn es gilt, die Eignung und die Qualität eines Materials festzulegen.