

Wilhelm Herzberg



*Papierprüfung:
Eine Anleitung
zum Untersuchen
von Papier*

Wilhelm Herzberg

Papierprüfung: Eine Anleitung zum Untersuchen von Papier



Veröffentlicht im Good Press Verlag, 2022

goodpress@okpublishing.info

EAN 4064066432607

INHALTSVERZEICHNIS

Bestimmung der Festigkeitseigenschaften.

Absolute Festigkeit und Dehnung.

Schoppers Festigkeitsprüfer.

Wendlers Festigkeitsprüfer.

Festigkeitsprüfer nach Hartig-Reusch.

Leuners Festigkeitsprüfer.

Berechnung der Reisslänge.

Rehses Papierprüfer.

Tabelle zur Bestimmung der Feinheitnummer.

Widerstand gegen Zerknittern.

Kirchners Kniffrolle.

Pfuhls Knitterer.

Schoppers Falzer.

Bestimmung des Quadratmetergewichtes und der Dicke.

Bestimmung des Aschengehaltes.

Die Postsche Aschenwage.

Reimanns Aschenwage.

Mikroskopische Untersuchung.

Vorbereitung des Papiers.

Herstellung der Präparate.

Untersuchung des durch Kochen erhaltenen Breies.

Unterscheidungsmerkmale der in der Tabelle Seite 66
aufgeführten Fasern. Gruppe I: Verholzte Fasern.

Gruppe II: Zellstoffe.

Beurteilung des Verholzungsgrades der Zellstoffe.

Gruppe III: Lumpenfasern.

Seltener vorkommende Fasern.
Verschiedene Mahlungszustände von Papierfasern.
Feststellung der Mengenverhältnisse der Fasern.
Nachweis von Holzschliff und anderen verholzten Fasern.
Die Reaktion mit schwefelsaurem Anilin (Anilinsulfat).
Die Phloroglucin-Reaktion.
Wursters Reaktion mit Dimethyl-paraphenylen-diamin.
Die Bestimmung der Menge des Holzschliffes.
Bestimmung der Art der Leimung.
Tierische Leimung.
Kaseinleim.
Harzleimung.
Stärke.
Leimfestigkeit.
Nachweis von freiem Chlor und freier Säure.
Vergilbung.
Bestimmung der Saugfähigkeit von Löschpapier.
Prüfung von Filtrierpapier.
Anhang.
Vorschriften für die Lieferung und Prüfung Von Papier zu amtlichen Zwecken.
Auszug aus den Vorschriften für die Benutzung der Versuchsanstalt zu Charlottenburg.
Auszug aus den Vorschriften für Frachtbriefpapiere.
Auszug aus den Vorschriften für Quittungskarten-Karton.
Auszug aus den Vorschriften über die Herstellung von Beitragsmarken zur Invaliditätsversicherung.
Vorschriften für das Papier zu Standesregistern und Registerauszügen.
Ausbildung im Papierprüfen.

Literatur.

Bestimmung der Festigkeitseigenschaften.

[Inhaltsverzeichnis](#)

Absolute Festigkeit und Dehnung.

[Inhaltsverzeichnis](#)

Die absolute Festigkeit eines Papiers wird bei seiner Benutzung als Schriftstück, Drucksache o.a. nur zum kleinen Teil in Anspruch genommen. Trotzdem wird man von einem Papier, das lange aufbewahrt und viel benutzt werden soll, aus zwei Gründen eine nicht zu geringe Festigkeit verlangen müssen. Einmal zeigt jeder organische Körper im Laufe der Zeit eine Abnahme seiner Festigkeit, und ferner gewährleisten gute Festigkeitseigenschaften sorgfältige Herstellung des Papiers und Verwendung guter Rohstoffe.

Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet wird man die Forderung hoher Festigkeitswerte für Papiere, die wichtigen Zwecken dienen sollen, als gerechtfertigt anerkennen müssen.

Die Festigkeit eines Papiers, d.h. der Widerstand, den es dem Zerreißen entgegensetzt, gibt an sich kein Mittel an die Hand, die Güte des Papiers ohne weiteres zu beurteilen, da sie beeinflusst wird von der Dicke und Breite des Probestreifens; wir werden jedoch später sehen, wie die mit Hilfe von Zerreißmaschinen gewonnenen Festigkeitswerte unabhängig von diesen beiden Einflüssen zur Beurteilung der Güte von Papier herangezogen werden können.

Die Festigkeit eines Papiers ist nicht nach allen Richtungen gleich groß. Maschinenpapier hat in der Richtung des Maschinenlaufes seine größte, in der Richtung senkrecht hierzu seine geringste Festigkeit. Dieser Unterschied findet seine Erklärung in der vorzugsweisen Lagerung der Fasern in der Richtung des Maschinenlaufes und in der Beeinflussung der Festigkeitswerte durch die Arbeit auf der Papiermaschine. Das Verhältnis der geringeren Festigkeit zur größeren schwankt zwar, hält sich aber meist zwischen den Grenzen 60:100 bis 75:100; jedoch kommen auch Fälle vor, in denen die Festigkeitswerte in der Längs- und Querrichtung wesentlich mehr, und andere, in denen sie wesentlich weniger voneinander abweichen, wie nachfolgende Zusammenstellung an einigen Beispielen zeigt.

Laufende Nr.	Art des Papiers	Reißlänge ^[1]		Verhältnis von Querrichtung zu Längsrichtung	Bruchdehnung	
		Quer- richtung km	Längs- richtung km		Quer- richtung %	Läng- richtu %
1	Schreibpapier	1,57	4,73	33:100	1,7	1,5
2	„	2,21	5,46	39:100	2,4	1,9

3	Packpapier	3,76	9,76	39:100	4,6	2,1
4	„	4,25	9,06	47:100	6,7	2,8
5	Konzeptpapier	3,57	7,01	51:100	4,1	1,4
6	Schreibpapier	4,06	4,79	85:100	4,5	3,3
7	„	4,22	4,80	88:100	3,2	2,0
8	Urkundenpapier	6,05	6,76	90:100	6,4	4,9
9	Schreibpapier	4,22	4,69	90:100	3,0	2,0
10	Kanzleipapier	4,05	4,44	91:100	4,6	3,2
11	Schreibpapier	4,37	4,60	95:100	6,3	3,3
12	„	4,11	4,17	99:100	4,1	2,4

Reißlänge[1]

Laufende Nr.	Art des Papiers	Reißlänge[1]		Verhältnis von Querrichtung zu Längsrichtung
		Quer- richtung km	Längs- richtung km	
1	Schreibpapier	1,57	4,73	33:100
2	„	2,21	5,46	39:100
3	Packpapier	3,76	9,76	39:100

4	„	4,25	9,06	47:100
5	Konzeptpapier	3,57	7,01	51:100
6	Schreibpapier	4,16	4,79	85:100
7	„	4,22	4,80	88:100
8	Urkundenpapier	6,05	6,76	90:100
9	Schreibpapier	4,22	4,69	90:100
10	Kanzleipapier	4,05	4,44	91:100
11	Schreibpapier	4,37	4,60	95:100
12	„	4,11	4,17	99:100

Laufende Nr.	Art des Papiers	Bruchdehnung		Verhältnis von Querrichtung zu Längsrichtung
		Quer- richtung %	Längs- richtung %	
1	Schreibpapier	1,7	1,5	113:100
2	„	2,4	1,9	126:100
3	Packpapier	4,6	2,1	219:100
4	„	6,7	2,8	239:100

5	Konzeptpapier	4,1	1,4	293:100
6	Schreibpapier	4,5	3,3	136:100
7	„	3,2	2,0	160:100
8	Urkundenpapier	6,4	4,9	131:100
9	Schreibpapier	3,0	2,0	150:100
10	Kanzleipapier	4,6	3,2	156:100
11	Schreibpapier	6,3	3,3	191:100
12	„	4,1	2,4	171:100

Ebenso wie die Festigkeit ist auch die Dehnung des Papiers in den beiden Richtungen verschieden groß; das Verhältnis ist aber hier umgekehrt, indem die Maschinenrichtung die kleinste, die Querrichtung die größte Dehnung aufweist.

Auch bei geschöpftem Papier treten, wenn auch nicht in dem Maße wie beim Maschinenpapier, Verschiedenheiten in der Festigkeit und Dehnung in verschiedenen Richtungen auf.[2] Da die Ansicht, daß beim Handpapier die Festigkeit und Dehnbarkeit nach allen Richtungen gleich groß sei, ziemlich verbreitet ist, so mag nachfolgend (Seite 3) eine kleine Zusammenstellung einiger bei Prüfung von geschöpften Papieren gewonnenen Ergebnisse folgen.

Bei der Bestimmung der Festigkeitswerte einer Papiersorte wird Maschinenrichtung und Querrichtung gesondert geprüft und aus den erhaltenen Werten das Mittel gebildet. Dieses ist für die Einreihung in eine der sechs Festigkeitsklassen[3] maßgebend.

Laufende Nr.	Art des Papiers	Reißlänge		Verhältnis der schwachen Richtung zur starken	Bruchdehnung	
		Schwache Richtung km	Starke Richtung km		Schwache Richtung %	Starke Richtung %
1	Urkundenpapier	3,68	4,93	74:100	4,6	3,8

2	(hand- geschöpft)	3,81	4,97	77:100	4,2	3,5
3		4,20	5,30	79:100	4,4	3,9
4		4,28	5,45	79:100	5,9	4,7
5		3,89	4,64	84:100	4,4	4,2
6		3,26	3,63	(90:100) [4]	4,3	3,4
7		2,82	4,12	68:100	4,6	4,2
8		2,62	3,84	70:100	4,0	3,7
9	Akten- deckel (hand- geschöpft)	2,16	2,98	72:100	4,8	4,1
10		2,61	3,53	74:100	3,9	3,4
11		2,74	3,04	(90:100)	3,7	3,6
12		2,56	2,84	(90:100)	4,0	3,0

Laufende Nr.	Art des Papiers	Reißlänge		Verhältnis der schwachen Richtung zur starken
		Schwache Richtung km	Starke Richtung km	
1	Urkunden- papier (hand- geschöpft)	3,68	4,93	74:100
2		3,81	4,97	77:100

3	}	4,20	5,30	79:100	
4		4,28	5,45	79:100	
5		3,89	4,64	84:100	
6		3,26	3,63	(90:100)[4]	
7		2,82	4,12	68:100	
8		2,62	3,84	70:100	
9		Akten- deckel (hand- geschöpft)	2,16	2,98	72:100
10			2,61	3,53	74:100
11			2,74	3,04	(90:100)
12			2,56	2,84	(90:100)

Laufende Nr.	Art des Papiers	Bruchdehnung		Verhältnis der schwachen Richtung zur starken
		Schwache Richtung %	Starke Richtung %	
1	Urkunden- papier	4,6	3,8	121:100

2	}	(hand- geschöpft)	4,2	3,5	120:100
3			4,4	3,9	113:100
4			5,9	4,7	125:100
5			4,4	4,2	(105:100)
6			4,3	3,4	126:100
7			}	Akten- deckel (hand- geschöpft)	4,6
8	4,0	3,7			(108:100)
9	4,8	4,1			117:100
10	3,9	3,4			114:100
11	3,7	3,6			(101:100)
12	4,0	3,0			133:100

Da die Maschinenpapiere im allgemeinen parallel und senkrecht zur Maschinenrichtung geschnitten werden, so entnimmt man die Probestreifen in der später zu besprechenden Anzahl und Art zunächst parallel zu einer beliebigen Kante des Bogens und darauf parallel zu der hierauf senkrecht stehenden.

Beim Handpapier verfährt man in derselben Weise.

Hat man Veranlassung, die Maschinenrichtung vorher zu bestimmen, entweder weil man nur diese prüfen will, oder weil die beiden Richtungen nicht mit Sicherheit zu erkennen sind, so verfährt man in folgender Weise:

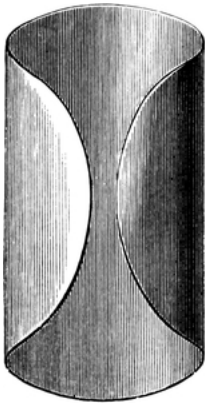
Man schneidet aus dem in Frage kommenden Material ein kreisförmiges Stück von ungefähr 10 cm Durchmesser heraus und läßt dies wenige Sekunden auf Wasser

schwimmen; nimmt man es dann heraus und legt es vorsichtig auf die flache Hand, wobei man zu verhindern hat, daß es sich fest an die Handfläche schmiegt, so krümmen sich die Ränder nach oben (Fig. 1a) und zwar schließlich so stark, daß sie übereinandergreifen, wie es Fig. 1b darstellt.

Der nicht gekrümmte Durchmesser ab liegt in der Maschinenrichtung.

Hat man denselben Versuch mit ungeleimtem oder schwach geleimtem Papier vorzunehmen, so ist dies zunächst gegen das Durchdringen von Wasser zu schützen; man löst zu diesem Zweck entweder Harz in Alkohol oder tierischen Leim in Wasser, zieht das zu prüfende Papier durch eine dieser Lösungen und läßt es trocknen. Das Papier hat nunmehr seine Saugfähigkeit verloren und kann ohne Schwierigkeit dem angeführten Versuch unterworfen werden. Zur Erklärung des Krümmens diene folgendes.

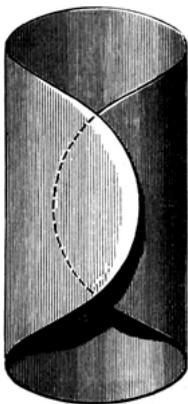
a



b

Fig. 1a.

a



b

Fig. 1b.

Bestimmung der Maschinenrichtung im Papier.

Die untere Seite des Papiers saugt, während sie mit dem Wasser in Berührung ist, Feuchtigkeit auf und die Fasern quellen; nun legen sich die Fasern, wie schon erwähnt, auf dem Siebe vorzugsweise parallel zur Richtung des Maschinenlaufes, und da die einzelne Faser quer zu ihrer Längsachse die größte Quellungsfähigkeit besitzt, so wird das Bestreben der unteren Faserschicht sich auszudehnen, quer zur Maschinenrichtung größer sein als in der Längsrichtung, und dies dürfte die Ursache des Aufrollens der Ränder sein.

Die vorzugsweise Lagerung der Fasern in der Richtung des Maschinenlaufes ist übrigens bei vielen Papieren mit bloßem Auge zu erkennen, wenn man den Bogen schräg gegen das Licht hält, und ein geübter Beobachter kann oft schon auf diese Weise erkennen, wie das Papier auf der Maschine gelaufen ist.

Eine noch einfachere Methode zur Bestimmung der Maschinenrichtung ist von *Nickel* vorgeschlagen worden und besteht darin, daß man zwei Streifen von gleichen Abmessungen aus den beiden in Frage kommenden Richtungen so aufeinanderlegt, daß sie sich decken. Faßt man sie nun an dem einen Ende mit Daumen und Zeigefinger und läßt das andere Ende frei herunterhängen, so werden sie entweder aufeinanderliegen ([Fig. 2a](#)), oder auseinanderklaffen ([Fig. 2b](#)). Im ersten Fall ist der untere, im zweiten der obere Streifen der aus der Maschinenrichtung.

Die Erklärung dieser Erscheinung dürfte auch hier durch die Lagerung der Fasern gegeben sein; bei dem aus der Maschinenrichtung herrührenden Streifen liegen mehr Fasern mit ihrer Längsachse parallel zum Streifen als bei dem Streifen aus der Querrichtung; die Folge davon wird sein, daß sich ersterer beim Überhängen weniger durchbiegt als der letztere.

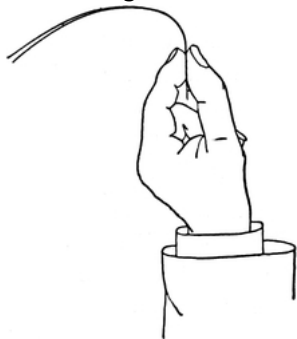


Fig. 2a.



Fig. 2b.

Bestimmung der Maschinenrichtung im Papier.

Die Frage der bequemen Bestimmung der Maschinenrichtung kann außer in den oben erwähnten Fällen noch verschiedentlich von praktischer Bedeutung sein. Beim Kniffen von

Aktendeckeln, Kartons u.s.w. wird es nicht gleichgiltig sein, ob der Kniff in der Maschinenrichtung oder Querrichtung liegt; bei der Herstellung von Büchern, besonders von großen und dicken Geschäftsbüchern, ist es von Wert zu wissen, ob alle Lagen in gleicher Weise gefalzt sind, weil sich sonst infolge verschiedener Dehnung unscharfe Ränder zeigen. Diesen Umständen hat man, wie es scheint, bisher nicht die nötige Beachtung geschenkt.

Nachdem man so auf die eine oder andere Weise die beiden Hauptrichtungen im Papier, nach welchen die Entnahme der Probestreifen zu erfolgen hat, bestimmt hat, fragt es sich, wie lang und wie breit diese zu wählen sind.

Martens hat sich mit dieser Frage eingehend beschäftigt und nachgewiesen, daß die Breite des Probestreifens auf das Ergebnis für Reißlänge und Bruchdehnung keinen Einfluß ausübt; die Bequemlichkeit und Sicherheit des Arbeitens indessen, sowie der mit zunehmender Breite wachsende Widerstand beim Zerreißen legt bei der Wahl der Streifen einige Beschränkung auf. Die Breite von 15 mm hat sich als sehr praktisch erwiesen, und sie wird in der Versuchsanstalt ausschließlich angewendet, wenn nicht etwa das zu prüfende Material, wie es beispielsweise bei den in der Telegraphie benutzten Papierstreifen der Fall ist, schon an und für sich schmaler ist als 15 mm.

In der Praxis wird man auch in den Fällen schmalere Streifen verwenden müssen, in denen die gewöhnlichen Festigkeitsprüfer zum Zerreißen eines 15 mm breiten Streifens nicht ausreichen, wie es z.B. beim Prüfen von Quittungskarten-Kartons, Preßspänen, Aktendeckeln, Pappen u.s.w. vorkommen kann.

Bei der Länge der Probestreifen liegen die Verhältnisse, soweit es sich um die Dehnung ausgedrückt in Prozenten der ursprünglichen Länge handelt, anders; die Dehnungsprozente sind nahezu dieselben bei Streifenlängen von 180 mm an aufwärts; mit abnehmender Länge aber wächst die Dehnung. Deshalb ist aus praktischen Gründen die Länge von 180 mm als *Normallänge* angenommen worden; dies geschah namentlich auch deshalb, weil diese Länge in beiden Richtungen aus dem einmal gekniffen Bogen des Reichsformates (33×42 cm) bequem entnommen werden kann, und in diesem Zustand dürften wohl die meisten Papiere zur Untersuchung gelangen. Es kann im Interesse der Einheitlichkeit und der Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse nur geraten werden, diese Länge allgemein zu Grunde zu legen. Soweit bekannt geworden ist, ist dies auch an allen Stellen, welche sich in größerem Maßstabe mit Papieruntersuchungen befassen, geschehen.

Stehen nun von dem zu prüfenden Material nur kleine Bogen zur Verfügung, aus denen diese Normalstreifen nicht entnommen werden können, so darf man nicht außer acht lassen, daß die Dehnungsprozente etwas höher ausfallen als bei Verwendung eines Streifens von 180 mm Länge; auf die Festigkeit ist die Länge der Probestreifen ohne Einfluß, wenn nicht gar zu kurze Streifen angewendet werden, die schwer gerade einzuspannen sind.

Das Ergebnis der Prüfung wird nun im allgemeinen um so wertvoller sein, je mehr Streifen beim Versuch Verwendung gefunden haben; nimmt man fünf Streifen aus jeder Richtung, so kann man sicher sein, gute Durchschnittswerte zu erhalten, wenn man bei der Probenentnahme zweckmäßig zu Werke geht.

Bei Prüfung eines größeren Postens Papier tut man gut, aus fünf verschiedenen Paketen je einen Bogen zu entnehmen und dann aus jedem Bogen je einen Längs- und Querstreifen.

Steht auch nur wenig Material zur Verfügung, so verfolge man doch immer den Grundsatz, die Streifen an verschiedenen Stellen zu entnehmen und unmittelbar nebeneinander nur dann, wenn es anders nicht möglich ist.

Die Entnahme der Streifen geschieht bei den Prüfungen in der Versuchsanstalt in folgender Weise. Von den zehn meist in einmal gekniffem Zustand eingeschickten Prohebogen werden zunächst fünf für die Festigkeitsprüfung ausgewählt, welche äußerlich keine fehlerhaften Stellen zeigen. Aus jedem dieser fünf Bogen wird je ein Streifen aus der Längs- und Querrichtung entnommen, wie es Fig. 3 veranschaulicht.



Fig. 3.
Entnahme der Probestreifen.

Zerrißt nun beim Versuch ein Streifen an der Einspannstelle, oder ist er von vornherein infolge eines erkennbaren Fehlers zu verwerfen, oder liefert ein Streifen Werte, die von denen der anderen in auffälliger Weise abweichen, so daß ein Irrtum vermutet werden kann, so kann man unmittelbar neben dem ersten Streifen immer noch einige Ersatzstreifen zur weiteren Prüfung herausnehmen.

Auf das Schneiden der Streifen ist große Sorgfalt zu verwenden, da die geringste Beschädigung, namentlich an den Rändern, den Versuch ungünstig beeinflussen kann. Hat man nur hin und wieder Festigkeitsversuche vorzunehmen, so wird man davon absehen können, sich eine besondere Schneidevorrichtung zu beschaffen, wenn nicht dem Festigkeitsapparat, wie es jetzt vielfach geschieht, schon eine solche beigegeben ist. In Ermangelung einer besonderen Vorrichtung schneidet man mit Hilfe eines eisernen Lineals und eines scharfen Messers, wobei man auf eine möglichst parallele Führung des letzteren bedacht sein muß. Als Unterlage bedient man sich beim Schneiden zweckmäßig eines Zinkbleches oder einer Glasplatte, weil weichere Materialien, wie Holz, Pappe etc., Eindrücken des Papiers beim Schneiden zulassen und auf diese Weise die Ränder des Streifens nach unten umgebogen werden. Hat man indessen täglich Festigkeitsprüfungen vorzunehmen, so ist diese Art der Probeentnahme zu umständlich und zeitraubend und man wird sich dann zweckmäßig eine Vorrichtung beschaffen, die schneller arbeitet.[5] — Fig. 4 zeigt die in der Versuchsanstalt in Gebrauch befindliche Scheere zum Schneiden der Streifen.

An der Holzplatte P ist ein Messer S_2 fest angeschraubt, während ein zweites S_1 , welches in Verbindung mit S_2 den Schnitt des Papiers bewirkt, mit Hilfe des Handgriffes H auf- und niedergeführt werden kann. Eine Holzleiste Lst ist so angebracht, daß sie parallel der Schneide S_2 liegt und von dieser in einem Abstand von 15 mm festgestellt werden

kann. Unter der Leiste Lst befindet sich ein Kasten K , in welchen die abgeschnittenen Streifen fallen. Auf dem Brett P ist noch eine scharf gezeichnete Linie L angebracht, die senkrecht zu S_2 verläuft. Sie dient als Anlegezeichen, um zunächst den ersten Schnitt genau senkrecht zu einer Bogenkante zu führen; die Streifen werden dann beim Anlegen der ersten Schnittkante gegen die Leiste Lst ohne weiteres parallel und von 15 mm Breite geschnitten. Die in den Handel gebrachten Schneidevorrichtungen mit doppeltem Messer haben sich nicht bewährt, weil beim Schneiden in den meisten Fällen eins der Messer versagt.

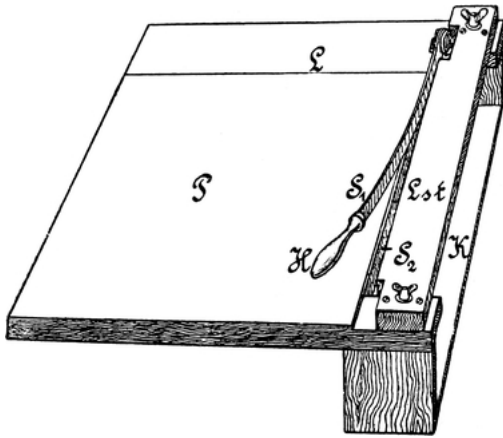


Fig. 4.
Vorrichtung zum Schneiden der Streifen.

Bevor man die Streifen in Gebrauch nimmt, überzeugt man sich, ob ihre Ränder glatt sind und genau parallel verlaufen. Das letztere sieht man am besten, wenn man die beiden Enden eines jeden Streifens aufeinanderlegt; die zwei Hälften der Streifen müssen sich dann decken.

Beim Zerreißen der Streifen ist auf die Feuchtigkeit der Luft im Versuchsraum besonders zu achten, da sie auf die Festigkeits- und Dehnungswerte von großem Einfluß ist.

Der Einfluß der Feuchtigkeit äußert sich in zweierlei Weise. Einmal nimmt das Papier, je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, verschiedene Mengen Wasser in sich auf und ändert hierdurch sein Gewicht; zweitens ändert das aufgenommene Wasser die Festigkeit und Dehnbarkeit der im Papier vorhandenen Fasern.

Zur Erläuterung mögen nachfolgend die Versuchsergebnisse, welche bei Prüfung eines aus Lumpen hergestellten, mit Harzleim geleimten, guten Schreibpapiers bei verschiedener Luftfeuchtigkeit gewonnen wurden, wiedergegeben werden.

Relative Feuchtigkeit %	Feuchtigkeitsgehalt der zerrissenen Streifen %	Bruchbelastung			Bruchdehnung	
		Maschinen-Richtung kg	Quer-Richtung kg	Mittel kg	Maschinen-Richtung %	Quer-Richtung %
100	15,2	2,34	1,75	2,05	3,2	6,3
90	11,3	3,41	2,30	2,86	2,8	5,8
80	6,5	5,57	4,03	4,30	2,5	4,7
70	6,2	5,74	4,14	4,94	2,1	4,3

60	5,5	6,15	4,49	5,32	1,9	3,9
50	4,6	6,59	4,71	5,65	1,7	3,4
40	3,8	6,74	4,93	5,84	1,6	3,3
30	2,3	7,21	5,05	6,13	1,5	2,6

Relative Feuchtig- keit %	Feuchtigkeits- gehalt der zerrissenen Streifen %	Bruchbelastung		
		Maschinen- Richtung kg	Quer- Richtung kg	Mittel kg
100	15,2	2,34	1,75	2,05
90	11,3	3,41	2,30	2,86
80	6,5	5,57	4,03	4,30
70	6,2	5,74	4,14	4,94
60	5,5	6,15	4,49	5,32
50	4,6	6,59	4,71	5,65
40	3,8	6,74	4,93	5,84
30	2,3	7,21	5,05	6,13

Relative Feuchtigkeits- Bruchdehnung

Feuchtigkeit %	gehalt der zerrissenen Streifen %	Maschinen- Richtung %	Quer- Richtung %	Mittel %
100	15,2	3,2	6,3	4,8
90	11,3	2,8	5,8	4,3
80	6,5	2,5	4,7	3,6
70	6,2	2,1	4,3	3,2
60	5,5	1,9	3,9	2,9
50	4,6	1,7	3,4	2,6
40	3,8	1,6	3,3	2,5
30	2,3	1,5	2,6	2,1

Relative Feuchtig- keit %	Feuchtigkeits- gehalt der zerrissenen Streifen %	Reißlänge		
		Maschinen- Richtung km	Quer- Richtung km	Mittel km
100	15,2	1,68	1,23	1,46
90	11,3	2,40	1,64	2,02
80	6,5	4,06	3,00	3,53

70	6,2	4,25	3,09	3,67
60	5,5	4,50	3,33	3,92
50	4,6	4,76	3,43	4,20
40	3,8	4,91	3,61	4,26
30	2,3	5,39	3,80	4,60

Wie die Zusammenstellung zeigt, nimmt die Dehnung mit abnehmender Feuchtigkeit ab, während die Festigkeit wächst. Es leuchtet somit ohne weiteres ein, daß Ergebnisse von Festigkeitsprüfungen mit Papier nur dann unmittelbar vergleichbar sind, wenn sie bei derselben relativen Luftfeuchtigkeit ermittelt wurden.

Die Versuchsanstalt hat denn auch bereits seit Jahren Vorkehrungen getroffen, um die Festigkeitsprüfungen bei stets gleichem Feuchtigkeitsgehalt ausführen zu können, und zwar ist hierfür eine relative Luftfeuchtigkeit von 65% gewählt worden.[6] Da die Luftfeuchtigkeit nun während des größten Teils des Jahres namentlich im Winter geringer ist als 65%, so sind in dem Versuchsraum Wasserzerstäuber aufgestellt, welche es ermöglichen, bei trockener Luft den Feuchtigkeitsgehalt in kurzer Zeit auf die gewünschte Höhe zu bringen.

Den mit geringeren Hilfsmitteln ausgestatteten Versuchsräumen der Praxis kann die fehlende Feuchtigkeit am einfachsten durch Sprengen des Fußbodens, Aufhängen nasser Tücher, Kochen von Wasser u.s.w. zugeführt werden.

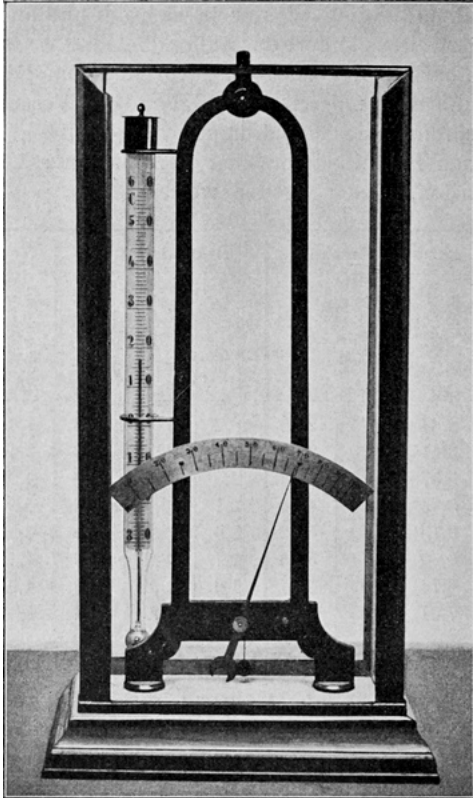


Fig. 5.
Haarhygrometer.

Zur Messung der Feuchtigkeit der Luft werden *Koppe-Saussuresche* Prozenthaarhygrometer mit Einstellvorrichtung benutzt, welche wöchentlich zweimal mit einem *Aßmannschen* Psychrometer kontrolliert werden.

Dieses Hygrometer besteht aus einem gut entfetteten Haar, welches am oberen Ende befestigt und am unteren um eine kleine Rolle geschlungen ist, deren Achse einen Zeiger trägt (Fig. 5). Es wird durch ein angehängtes Gewichtchen von 0,5 g gespannt. Bei trockener Luft verkürzt sich das Haar und dreht den Zeiger nach links, beim Feuchtwerden verlängert es sich, und das Gewicht bewirkt eine Bewegung des Zeigers nach rechts. Bei vollkommener Sättigung der Luft mit Wasserdampf muß der Zeiger auf den Punkt 100 rücken und dort stehen bleiben.

Ein besonderer Vorzug dieses Feuchtigkeitsmessers gegenüber anderen Haarhygrometern ist der, daß er zu jeder Zeit leicht auf die Richtigkeit seiner Angaben geprüft werden kann; zu diesem Zweck wird das dem Apparat beigegebene, mit Mousselin überzogene Rähmchen in Wasser getaucht und auf der Rückseite des Instrumentes in eine hierfür angebrachte Nute geschoben. Hierauf wird der Apparat vorn durch eine Glasscheibe, hinten durch den Schieber geschlossen. Der abgeschlossene Raum füllt sich nun in verhältnismäßig kurzer Zeit mit Feuchtigkeit, das Haar sättigt sich, und der Zeiger rückt auf 100 vor.

Sollte infolge von Veränderungen des Instrumentes durch äußere Einflüsse dies nicht der Fall sein, so hat man nur den Schlüssel durch das oben in der Glasscheibe befindliche Loch auf den Vierkant aufzusetzen und durch Drehen den Zeiger genau auf 100

einzustellen. Dabei ist es zweckmäßig, etwas auf das Kästchen zu klopfen, um die Reibung des Zeigers zu überwinden.

Nun ist das Instrument eingestellt und wird, nachdem Schieber, Rähmchen und Glas entfernt sind, etwa 24 Stunden später die relative Feuchtigkeit des Versuchsraumes richtig angeben. Unmittelbar nach der Prüfung darf es nicht benutzt werden, da dann die Feuchtigkeit der Luft zu gering angegeben wird.

Man begegnet vielfach der irrigen Auffassung, daß das Haarhygrometer zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit für wissenschaftliche Versuche nicht geeignet sei. Prof. Dr. *Galle*, welcher über diesen Gegenstand eine große Reihe eingehender Versuche angestellt hat, bemerkt hierzu (Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im Jahre 1882. Veröffentlicht vom königlichen meteorologischen Institut Berlin 1883): „Unterzieht man sich bei den Haarhygrometern alle 8–14 Tage der geringen Mühe einer Bestimmung des Sättigungspunktes und sorgfältiger Reinigung des Instrumentes, soweit dies nötig erscheint, so wird man mit diesem Instrument die relative Feuchtigkeit mit mindestens ebenso großer Genauigkeit und meist (namentlich im Winter) wohl *noch genauer* ablesen können, und zwar ohne alle Rechnung, als mit dem Psychrometer.“

Es sei noch besonders bemerkt, daß das Hygrometer am besten neben dem Zerreißapparat aufzustellen ist und daß die Versuchstreifen neben dem Hygrometer zur Aufnahme der nötigen Feuchtigkeit auszulegen sind, da die Feuchtigkeit an verschiedenen Stellen des Versuchsraumes, namentlich in verschiedenen Höhenlagen, verschieden ist.

In der Praxis ist es nun nicht immer möglich, die Prüfungen bei 65% relativer Luftfeuchtigkeit vorzunehmen; man ist zuweilen gezwungen, die Versuche bei einer anderen Feuchtigkeit auszuführen, wodurch die Ergebnisse mehr oder weniger von den maßgebenden (bei 65% gewonnenen) abweichen.

Durch eingehende Versuche hat *Dalén*[7] für Reißlänge und Dehnung Faktoren ermittelt, mit Hilfe deren man in der Lage ist, die bei zu hoher oder zu niedriger Feuchtigkeit ermittelten Werte umzurechnen. Die Fehler, die man hierbei zu befürchten hat, sind um so größer, je mehr die Luftfeuchtigkeit von 65% abweicht. Aus diesem Grunde dürfte es, damit die berechneten Werte einigermaßen zuverlässig werden, angebracht sein, die Umrechnungen auf den zwischen 40% und 80% relativer Luftfeuchtigkeit liegenden Spielraum zu beschränken.

In nachstehender Tabelle sind innerhalb dieser Grenzen die Faktoren zusammengestellt, mit denen man die gefundenen Werte für Reißlänge und Dehnung multiplizieren muß, um annähernd Werte zu erhalten, die einer Luftfeuchtigkeit von 65% entsprechen.

Relative Luftfeuchtigkeit beim Zerreißen in %	Faktor für	
	Reißlänge	Dehnung
80	1,18	0,80
75	1,11	0,87

70	1,04	0,93
60	0,97	1,08
55	0,94	1,16
50	0,92	1,25
45	0,90	1,36
40	0,88	1,47

Mit Recht bemerkt aber *Dalén* am Schluß seiner Abhandlung, daß man diese Umrechnung nur als *Notbehelf* ansehen soll, wenn es ganz unmöglich ist, die Versuche bei 65% auszuführen.

Die Versuchsstreifen brauchen, um sich dem Feuchtigkeitszustand von 65% anzupassen, mindestens eine halbe Stunde. Damit sie der Luft möglichst viel Oberfläche darbieten, bedient man sich zweckmäßig eines Rahmens, wie ihn Fig. 6 darstellt. In diesem Rahmen stehen die Streifen schwach gekrümmt auf der hohen Kante, gestatten somit der Luft ungehinderten Zutritt und sind außerdem durch ihre geringe Anspannung gegen das Fortwehen durch Zugluft geschützt.

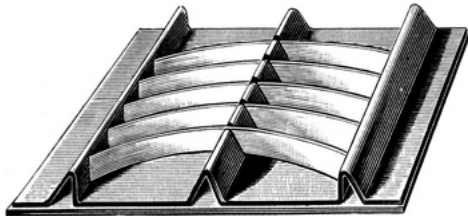


Fig. 6.
Vorrichtung zum Auslegen der Streifen.

Zum Zerreißen der Streifen bedient man sich verschiedener Zerreißmaschinen, von denen hier die vier wichtigsten, die von *Schopper*, *Wendler*, *Hartig-Reusch* und *Leuner* beschrieben werden sollen.[8]

[1] Vergl. S. 28.

[2] *Hoyer* hat schon in seinem 1882 erschienenen Werk „Das Papier“ hierauf hingewiesen.

[3] Siehe Anhang.

[4] Da die Ungleichmäßigkeiten des Papierblattes an sich Abweichungen in den Werten für Reißlänge und Bruchdehnung bedingen, so sind die Fälle, in denen der Unterschied zwischen den beiden Richtungen 10% und weniger beträgt, in Klammer gesetzt, weil Unterschiede, die kleiner als 10% sind, sehr wohl Zufall sein können.

[5] Solche Schneidevorrichtungen, sowie alle übrigen Apparate, Instrumente, Fasern, Lösungen u.s.w. für die Zwecke der Papierprüfung können von der Firma *Louis Schopper* in Leipzig, Arndtstr. 27, bezogen werden.

[6] Dr. *R. von Lenz* prüft bei beliebiger Luftfeuchtigkeit, bestimmt den Feuchtigkeitsgehalt des Papiers und berechnet nach einer von ihm ermittelten Formel die Festigkeitswerte auf trockenes Papier. (Papier-Zeitung 1891, No. 35.)

[7] Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Festigkeitseigenschaften des Papiers. (Mitteilungen aus den technischen Versuchsanstalten 1900, S. 133.)

[8] Auf das *Horacksche* Dasymeter, das früher vielfach benutzt wurde und stellenweise auch heute noch zu Festigkeitsversuchen verwendet wird, soll nicht näher eingegangen werden, wegen der völlig unzuverlässigen Ergebnisse, welche es liefert. Eine Beschreibung und Abbildung dieses Apparates findet man in: „*Hoyer*. Das Papier, seine Beschaffenheit und deren Prüfung,“ München 1882.

Schoppers Festigkeitsprüfer.

Inhaltsverzeichnis

Die Kraftmessung erfolgt bei dem *Schopperschen* Festigkeitsprüfer durch eine Neigungswage. Die Wirkungsweise des Apparates ist aus [Fig. 7](#) ersichtlich.

Der Belastungshebel *A* bewegt sich zwischen zwei Kressegmenten, von denen das vordere *B* mit einer Teilung versehen ist, deren Bezifferung die Kraftleistung in kg angibt. Das hintere Segment ist gezahnt und dient zur Aufnahme der Sperrklinken, die nach dem Bruch des Streifens das Zurückfallen des Hebels *A* verhindern.

Statt des zweiten Armes des Krafthebels ist ein Bogensegment *C* angebracht, über welches eine Kette *D* läuft, die am unteren Ende die eine Einspannklemme E_1 trägt. Um die Einspannung des Streifens zu erleichtern, kann diese Klemme während des Einspannens durch einen Haken *F* (oder einen Stift) an dem Segment *C* festgelegt werden.

Durch die Kette *D* wird erreicht, daß sich die obere Klemme immer senkrecht über der unteren E_2 befindet und so eine zwanglose Beweglichkeit während des Versuches behält.

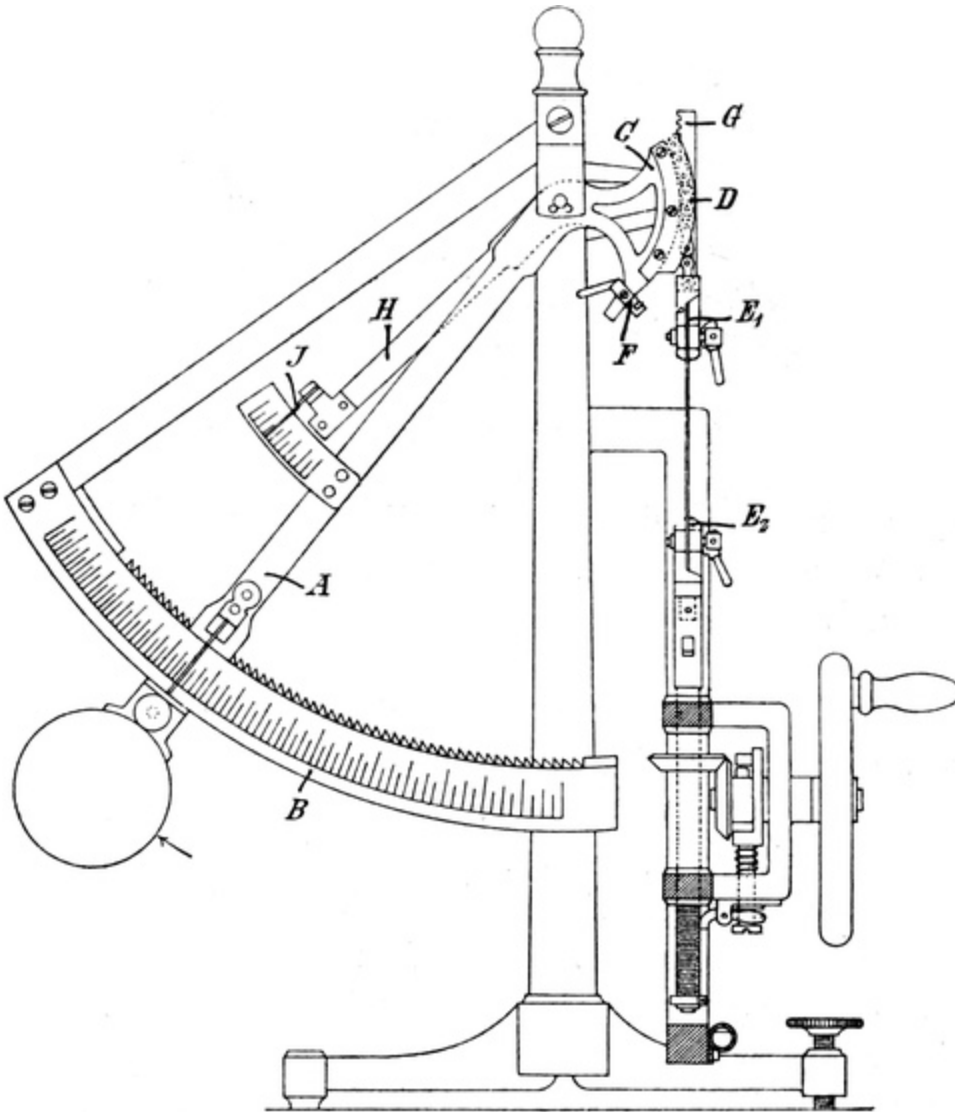


Fig. 7.

Schoppers Festigkeitsprüfer für Papier.

Die Messung der Dehnung erfolgt durch die Feststellung der gegenseitigen Verschiebung der beiden Einspannklemmen E_1 und E_2 . Um diese Verschiebung zu bestimmen, wird die Bewegung der unteren Klemme mittels der Zahnstange G auf den Dehnungshebel H übertragen, der statt des oberen Armes ein Zahnsegment trägt. An diesem Hebel H , welcher sich um den Zapfen des Gewichtshebels A drehen kann, ist ein Zeiger J angebracht,

welcher sich über zwei am Krafthebel befindliche Bogenteilungen bewegt. Die eine dieser Teilungen gibt die Verlängerung des Streifens, welche mit der Verschiebung der Klemmen gegeneinander gleichbedeutend ist, in mm, die andere, bei einer Streifenlänge von 180 mm, direkt in Prozenten an.

Das untere Ende der Zahnstange G ist an einer Hülse befestigt, welche sich auf einer mit der Antriebspindel parallelen Gleitstange bewegen kann und während des Versuches von einem an der Antriebspindel befestigten Mitnehmer bewegt wird.

Diese Zahnstange, welche sich in einer festen Führung bewegt, wird durch eine Bremsfeder fest gegen das gezahnte Segment des Dehnungshebels gedrückt, so daß toter Gang ausgeschlossen ist. Die hierdurch entstehende Zahnreibung wird vom Antrieb aufgenommen, ist daher auf die Kraftmessung ohne Einfluß.

An den Einspannklemmen sind Exzenterhebel zum Zusammendrücken der Backen angebracht, wodurch eine einfache, bequeme und sichere Einspannung des Streifens ermöglicht wird.

An der Antriebsvorrichtung befindet sich eine Sperrvorrichtung, welche für eine bestimmte Streifenlänge das richtige Einstellen der unteren Klemme in der Nulllage sichert.

Die Versuchsausführung geht nun in folgender Weise vor sich.

Nachdem man den Belastungshebel mit Hilfe des hierfür bestimmten Stiftes in der Nulllage festgestellt hat, legt man die obere Einspannklemme mit Hilfe des hierzu