[Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.]

Vergleichende Untersuchungen über verschiedene, zu Unterkleidern verwendete Stoffe.

Von

Dr. Nocht,
Marinestabsarzt.

Unterkleider sollen dem Körper eine weiche, gleichmässige, bequeme Hülle bieten, welche unabhängig von dem wechselnden Schnitt der Oberkleidung bleibt und die Haut vor der unmittelbaren Berührung mit den rauhen, steifen und ungleichmässig anliegenden Stoffen der Oberkleider schützt. Hautabfälle, Schweiss u. s. w. sollen von der Unterkleidung zurückgehalten werden, damit dieselben nicht die schwer zu wechselnde und schwer zu reinigende Oberkleidung beschmutzen. Unterkleider müssen deshalb auch billig sein und leicht und oft gewaschen werden können, ohne Schaden zu leiden.

Für's erste waren es wohl hauptsächlich diese Gesichtspunkte, welche den Culturmenschen bei der Wahl seiner Unterkleidung leiteten. Seitdem die Leute aber mehr in bewusster Weise auf die Erhaltung ihrer Gesundheit bedacht sind, hat die Unterkleidung eine ganz andere Bedeutung erlangt. Der Hauptzweck der Kleidung im ganzen, eine derartige Regulierung der Wärmeverhältnisse auf der Oberfläche des Körpers, welche es dem Menschen ermöglicht, in allen Klimaten und allen äusseren Einflüssen zum Trotz eine gleichmässige, warme, behagliche Temperatur in seiner unmittelbarsten Umgebung zu erhalten, wird jetzt mehr und mehr durch Verbesserung in Stoff und Schnitt der Unterkleider zu erfüllen gesucht, ja man verlangt sogar von einer zweckmässigen Unterkleidung, dass dieselbe vor einer Reihe von Schädigungen der Gesundheit, welche durch klimatische Einflüsse hervorgerufen werden, vorzugsweise Schutz gewähre.

Ohne auf diese Forderungen, welche mit den noch so wenig aufgeklärten Erkältungskrankheiten eng zusammenhängen, näher einzugehen, kann man doch einige Bedingungen, welche eine zweckmässig gewählte Unterkleidung erfüllen muss, in bestimmter Weise aufstellen:

Die Unterkleidung muss gleichmässig warm halten. Im Sommer bei uns und in heisseren Gegenden darf die Wärmeabgabe des Körpers nicht beeinträchtigt werden, dabei soll aber auch die Wirkung plötzlicher Erniedrigung der Aussentemperatur von der Haut abgehalten werden. Vor der Kälte muss die Unterkleidung sicheren Schutz gewähren.

Die Unterkleidung muss ferner unter allen Umständen trocken bleiben. Feucht gewordene Unterkleider verursachen in der Hitze ein Gefühl von Schwüle und Beklemmung, weil sie die Abdunstung der Hautfeuchtigkeit, des Schweisses verhindern, also den Hauptfactor, dessen wir uns in der Hitze zur Abgabe überflüssiger Eigenwärme bedienen, in seiner Wirksamkeit lähmen. Dabei verursachen schon leichte Erniedrigungen der Aussentemperatur starke Abkühlung der Haut, weil nasse Unterkleider gute Wärmeleiter sind. Grade die Unterkleidung soll aber solche geringe Temperaturschwankungen für den Körper nicht zur Geltung kommen lassen.

Die Unterkleidung soll drittens luftig sein. Seit den Untersuchungen von Pettenkofer's¹ ist bekannt, dass die Durchlässigkeit von Kleidern für Luft nichts mit dem Warmhalten zu thun hat. Grade solche Stoffe, welche die Luft gut durchlassen, wie Flanell, halten wärmer als undurchlässige Stoffe z. B. Leder. Unsere Unterkleider sollen die Luft nicht vom Körper abschliessen, sondern die Ventilation, den Austausch besonders des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft in den Kleidern mit der Aussenluft vermitteln. Jedermann empfindet in undurchlässigen Kleidern ein Gefühl von Schwere und Beklemmung.

Will man von diesen drei Gesichtspunkten aus — Regulirung der Wärmeabgabe, Trockenbleiben, Luftigkeit — unabhängig von den so complicirten Verhältnissen, wie sie am menschlichen Körper bestehen, die vorzugsweise als Unterkleider zur Verwendung gelangenden Stoffe mit einander vergleichen, so ist Folgendes zu prüfen:

1. Die Abkühlung warmer Körper bei Umkleidung mit den verschiedenen Stoffen und zwar sowohl in trockenem wie in nassem Zustande, weil, wie gezeigt werden soll, grade die Prüfung der nassen Stoffe nach dieser Richtung charakteristische Ergebnisse liefert.

2. Das Verhalten gegen das in der Luft dampfförmig enthaltene und gegen tropfbarflüssiges Wasser, also die Hygroskopicität und die Benetz-

¹ von Pettenkofer, *Zeitschrift für Biologie*. Bd. I. S. 187.

barkeit der Stoffe, die Mengen aufgenommenen Wassers und den Verlauf des Trockenprocesses.

3. Die Durchlässigkeit für Luft unter Druckdifferenzen, welche sich den am menschlichen, bekleideten Körper obwaltenden möglichst nähern, wiederum an trockenen und nassen Stoffen.

Zu den nach diesen Gesichtspunkten ausgeführten, in Folgendem näher beschriebenen Untersuchungen wurden nun folgende Stoffe benutzt:

Von wollenen Stoffen:

1. dünner, rein wollener Flanell, wie ihn die Matrosen der deutschen Kriegsmarine als Unterzeug tragen;
2. dünner, halbwollener Flanell;
3. Jäger'scher „Normalwollstoff“ von derselben Dicke wie der geprüfte Flanell.

Von baumwollenen Stoffen:

4. dünner Barchend;
 5. „Reform-Baumwollstoff“ von Dr. Lahmann.
- Endlich wurde noch:
6. Leinwand geprüft.

Von Flanell (1) und Barchend (4) standen dieselben Stoffe auch in abgetragenen Zustand zur Verfügung und konnten in die Untersuchung mit hineingezogen werden.

Die Abkühlung warmer Körper bei Umkleidung mit den verschiedenen Stoffen.

Die Methode besteht nach dem Vorgange von Krieger¹ darin, dass man Metalcyylinder mit warmem Wasser füllt und mit den zu prüfenden Stoffen umkleidet. Die Cylinder sind mit empfindlichen Thermometern versehen, welche in das im Innern befindliche Wasser mit ihrer Quecksilberkugel eintauchen und die Temperatur des Wassers anzeigen. Die Scala an dem Thermometer ist so eingerichtet, dass auch Zehntelgrade aus 2^m Entfernung gut abgelesen werden können. Die Durchtrittsstelle des Thermometers aus dem Cylinder ist ausserdem so gedichtet, dass ein Wärmeverlust durch Wasserverdunstung in erheblichem Maasse nicht stattfinden kann. Oben und unten ist ferner der Cylinder durch schlechte Wärmeleiter isolirt. Die Wärmeabgabe geht also nur durch den Cylindermantel und den umhüllenden Stoff vor sich. Neuerdings hat Schuster²

¹ Krieger, *Zeitschrift für Biologie*. 1869. Bd. V.

² Schuster, *Archiv für Hygiene*. 1888. Bd. VIII. Hft. 1.

zur Vermeidung weiterer Fehlerquellen eine Modification der Krieger'schen Cylinder angegeben, welche hauptsächlich darin besteht, dass durch Rotation des Cylinders das im Innern befindliche Wasser fortwährend durch einander gemischt und demselben so eine ganz gleichmässige Temperatur ertheilt wird. Ferner hat er zur Abhaltung äusserer Luftströmungen den Cylinder mit einem weiten, kaltes Wasser enthaltenden Blechmantel umgeben.

Da es aber für den vorliegenden Zweck nicht auf absolute, genaue Werthe, sondern nur darauf ankommt, ob sich erhebliche Differenzen in der Abkühlung zwischen den einzelnen, wollenen und baumwollenen Stoffen herausstellen, und da sich ferner auch mit den einfachen Cylindern übereinstimmende Beobachtungsreihen ergaben, wenn man nur die einzelnen Stoffhüllen gleichweit machte, so dass dieselben dem Cylinder gleichmässig bequem sich anlegten, so konnte von der Schuster'schen Modification abgesehen werden.

Die Versuchsanordnung war folgende: Die Cylinder wurden mit Wasser von 42° bis 43° fast bis zum Rande gefüllt, es blieb nur eben soviel Raum leer, als nöthig war, um das bei dem Einsetzen des Thermometers verdrängte Wasser aufzunehmen. Nach erfolgtem Einsetzen des Thermometers wurde die Durchtrittsöffnung gedichtet, der Cylinder mit dem zu prüfenden Stoff umkleidet und oben und unten durch schlechte Wärmeleiter isolirt. Sobald das Thermometer, welches zu Anfang über 40° gestiegen war, wiederum 40° anzeigte, wurde dieser Zeitpunkt notirt und von dann an von fünf zu fünf Minuten der Stand der Temperatur aus 2^m Entfernung abgelesen. Die Dauer der Beobachtung betrug immer 40 Minuten. Bis zu dem Zeitpunkt, in welchem das Thermometer 40° anzeigte, verstrichen immer ca. 10 bis 15 Minuten, es war also anzunehmen, dass während dieser Zeit die Hülle des Cylinders sich gleichmässig durchwärmt hatte.

Diese Art der Ablesung hat zuerst Schuster¹ angewandt, während Krieger die Zeit beobachtete, welche bei den verschiedenen Stoffen zu einer gleich grossen Abkühlung nöthig war. Bei der von Schuster angewandten Art der Beobachtung aber bedarf es keiner besonderen Berechnung der Wärmeabgabe, sondern die Vergleichung des Temperaturganges in gleichen Zeiten ergibt bei gleicher Anfangs- und derselben Aussentemperatur ein directes Maass für die Behinderung in der Wärmeabgabe durch die verschiedenen Hüllen. Die Anfangstemperatur von 40° wurde gewählt, weil sie der des menschlichen Körpers nahe steht, und die Versuchsdauer wurde nicht über 40 Minuten ausgedehnt, weil im weiteren Verlauf der Cylinderinhalt Temperaturen annahm, welche sich

¹ A. a. O.

von der des menschlichen Körpers zu weit entfernten. Die Abkühlungsgrösse ist nicht einfach der Temperaturdifferenz zwischen Cylinder und Zimmer proportional, sondern ist für jede Temperaturhöhe verschieden, so dass es nothwendig ist, bei gleicher Temperatur des Untersuchungsraumes auch immer dieselbe Anfangstemperatur für die Cylinder zu wählen und die Beobachtung nicht über eine gewisse Zeitdauer fortzusetzen. Die Temperatur des Raumes, in welchem die Untersuchungen stattfanden — Keller — betrug 15° . Zu den Versuchen wurden zwei Cylinder benutzt, deren Abkühlung in unbekleidetem Zustande unter gleichen Bedingungen vor jeder Versuchsreihe beobachtet wurde. Die Abkühlung der unbekleideten Cylinder war, übereinstimmend mit den Angaben der früheren Untersucher, etwas geringer, als wenn die Cylinder mit Stoff umhüllt wurden. Die Differenzen in der Abkühlung der unbekleideten Cylinder betrugen nie mehr als 0.1° .

Die Cylinderumhüllungen wurden von vornherein nach gleichem Maasse zugeschnitten und von jedem Stoffe mindestens zwei Hüllen angefertigt und geprüft. Die folgende Tabelle giebt die Ergebnisse der Beobachtung der trockenen Stoffe. Die Anzahl der Einzelbeobachtungen ist noch grösser, indes nur diese wurden zur Vergleichung benutzt, weil im weiteren Verlauf mit dem Fortschreiten der Jahreszeit die Temperatur des Untersuchungsraumes über 15° stieg und deshalb auch für die einzelnen Stoffe ein etwas anderer Abkühlungsgang sich einstellte. In den aufgeführten Untersuchungen, welche bei constanter Temperatur des Untersuchungsraumes stattgefunden haben, ist aber eine gute Uebereinstimmung zu finden. Die Abweichung bei demselben Stoff steigt nicht über 0.1° , wie bei den nackten Cylindern; nur bei dem sehr elastischen, im Spannungsgrade sehr schwer gleich zu haltenden, gestrickten Lahmann'schen Stoff beträgt die Abweichung 0.2° .

Abkühlung der Krieger'schen Cylinder bei Bekleidung mit den trockenen Stoffen, von 40° .

Temperatur des Untersuchungsraumes 15° , Feuchtigkeitsgehalt 75—85Proc.

a) Wollene Stoffe.

Nach:	Flanell		halbwoll. Flanell		alter Flanell		Jäger's Normalst.	
5 Minuten	39.2	39.1	39.2	39.0	39.1	39.1	39.0	39.0
10 „	38.4	38.4	38.4	38.2	38.4	38.3	38.0	38.1
15 „	37.6	37.5	37.5	37.4	37.6	37.5	37.2	37.2
20 „	36.8	36.8	36.8	36.7	36.8	36.7	36.4	36.4
25 „	36.1	36.0	36.0	36.0	36.1	36.0	35.7	35.7
30 „	35.3	35.3	35.3	35.3	35.5	35.4	34.9	34.9
35 „	34.6	34.7	34.6	34.8	34.8	34.7	34.2	34.2
40 „	34.0	34.1	34.0	33.9	34.1	34.0	33.6	33.6

b) baumwollene Stoffe und Leinewand.

Nach:	Barchend		alter Barchend		Lahmann'scher Stoff		Leinewand	
5 Minuten	39.1	39.2	39.0	39.0	39.0	39.1	39.0	39.0
10 „	38.3	38.4	38.0	38.1	38.3	38.3	38.0	38.1
15 „	37.5	37.6	37.1	37.2	37.5	37.5	37.0	37.2
20 „	36.8	36.8	36.4	36.4	36.8	36.8	36.2	36.4
25 „	36.0	36.1	35.6	35.6	36.1	36.1	35.4	35.5
30 „	35.4	35.4	34.8	34.9	35.3	35.4	34.5	34.6
35 „	34.7	34.7	34.1	34.0	34.7	34.8	33.9	34.0
40 „	34.1	34.1	33.4	33.4	34.0	34.2	33.2	33.3

Die Abkühlung ist am grössten bei Leinewand (6.8°), dann kommt alter Barchend (6.6°), dann der Jäger'sche Stoff (6.4°). Für die übrigen Stoffe beträgt die Abkühlung 5.8° bis 6.0° , zeigt also keine nennenswerthen Unterschiede.

Setzt man die Abkühlung der Cylinder durch Leinewand (6.8°) gleich 100, dann beträgt die durch alten Barchend bewirkte Abkühlung 97 Procent, bei Jäger'schem Stoffe 94 Procent, bei den übrigen Stoffen 86.7 Procent. Berechnet man die von Schuster¹ gefundenen Zahlen — Leinewand kühlte um 9.8° , Flanell um 8.3° ab — nach demselben Princip — Leinewand gleich 100 —, so ergibt sich für Flanell 85 Procent, was gut mit den hier berechneten 86.7 Procent übereinstimmt.

Die Abkühlung warmer Körper ist also unter sonst gleichen Bedingungen innerhalb von Temperaturgraden, welche sich nicht weit von der Temperatur des menschlichen Körpers entfernen, gleich gross bei Umkleidung der Körper mit wollenen oder mit baumwollenen Stoffen, wenn die Stoffe von gleicher Dicke und Dichtigkeit sind, da eine deutlich grössere Abkühlung nur durch Leinewand, dünnen, abgetragenen Barchend und durch Jäger'schen Stoff bedingt wird.

Anders stellt sich das Ergebniss aber, wenn man die durchnässten Stoffe prüft. Die folgende Tabelle giebt die Untersuchungsergebnisse.

Abkühlung der Krieger'schen Cylinder bei Umkleidung mit den durchnässten Stoffen, von 40° an.

Temper. d. Untersuchungsraum. 15° , Feuchtigkeitsgehalt d. Luft 75—85 Proc.

a) Wollene Stoffe.

Nach:	Flanell		halbwoll. Flanell		alter Flanell		Jäger'scher Stoff	
5 Minuten	38.3	38.3	38.4	38.4	38.5	38.3	38.4	38.4
10 „	36.8	36.7	37.0	37.0	36.9	36.8	36.8	37.0
15 „	35.5	35.4	35.6	35.7	35.5	35.4	35.5	35.6
20 „	34.3	34.1	34.4	34.5	34.2	34.1	34.3	34.3

¹ A. a. O.

Fortsetzung.

Nach:	Flanell		halbwoll. Flanell		alter Flanell		Jäger'scher Stoff	
25 Minuten	33.2	33.0	33.2	33.2	33.1	32.9	33.2	33.2
30 „	32.2	31.9	32.3	32.1	32.1	31.8	32.1	32.1
35 „	31.2	31.0	31.2	31.2	31.1	30.8	31.1	31.1
40 „	30.2	30.0	30.3	30.2	30.2	29.8	30.2	30.2

b) Baumwollene Stoffe und Leinewand.

Nach:	Barchend		alter Barchend		Lahmann'scher Stoff		Leinewand	
5 Minuten	37.7	37.7	37.6	37.6	37.8	37.8	37.6	37.6
10 „	35.9	35.7	35.5	35.5	35.9	35.8	35.6	35.5
15 „	34.1	34.0	33.6	33.7	34.2	34.1	33.7	33.7
20 „	32.6	32.5	32.0	32.2	32.7	32.6	32.1	32.1
25 „	31.3	31.1	30.6	30.8	—	31.3	30.7	30.7
30 „	30.1	29.9	29.4	29.5	30.1	30.0	29.4	29.4
35 „	29.0	28.8	28.3	28.4	29.1	29.0	28.3	28.4
40 „	28.0	27.8	27.3	27.5	28.1	28.0	27.5	27.5

Die einzelnen Untersuchungsreihen zeigen bei den nassen Stoffen zwar etwas grössere Abweichungen unter sich bei einem und demselben Stoff, was wohl auf ungleichmässige Verdunstung zurückzuführen ist, indess beträgt die grösste Differenz — bei altem Flanell — nur 0.4° , bei den übrigen Stoffen nur 0.2° bis 0.3° . Die Unterschiede in der Abkühlungsgrösse der Stoffe unter einander sind im Vergleich damit aber so gross, dass dieselben nicht zufällige sein können. Alle nassen, aus Pflanzenfaser gewebten Stoffe kühlen die Cylinder von 40° ab bis auf 28.1° (Lahmann) und 27.5° (Leinewand), im Durchschnitt also auf 27.8° , d. h. um 12.2° . Die wollenen Stoffe kühlen ab bis auf 30.3° bis 29.8° , im Durchschnitt auf 30.05° , d. h. um 9.95° . Nach procentarischer Schätzung (trockene Leinewand = 100) kühlen nasse Baumwollen- und Leinenstoffe um 179.4 Procent ab, also um 33 Procent mehr als nasse wollene Stoffe, bei denen die Abkühlung 146.3 Procent beträgt. Diese Differenz ist mehr als doppelt so gross als diejenige, welche zwischen der Abkühlung der Cylinder bei Umkleidung mit trockener Leinewand bzw. trockenem Wollstoff besteht. Selbstverständlich wurden bei dieser Prüfung dieselben Umhüllungen benutzt, welche schon in trockenem Zustande zur Prüfung der Cylinderabkühlung gedient hatten.

Die Erklärung dieses auffälligen Befundes ist wahrscheinlich darin zu suchen, dass bei den aus reiner Pflanzenfaser gewebten Stoffen das aufgenommene Wasser nicht nur in die Poren und Maschen des Gewebes, sondern auch in die Faser selbst eindringt (besonders bei Barchend, bei

der appretirten Leinwand wahrscheinlich weniger, hier bedingt die grössere Dünnhheit des Stoffes an sich schon eine grössere Abkühlung), sodass die gleichmässige Durchfeuchtung des ganzen Gewebes die Leitungsfähigkeit in höherem Grade vermehrt als bei der Durchnässung der wollenen Stoffe. Die Fasern der Wollstoffe nehmen die Feuchtigkeit wenig oder gar nicht in sich auf, das Wasser sitzt nur lose in den Maschen des Gewebes, welches nicht so gleichmässig von Feuchtigkeit durchdrungen ist als baumwollener Stoff. Interessant und nicht unwichtig ist dabei, dass sich halbwollener Flanell nach dieser Richtung hin von rein wollenem nicht unterscheidet.

Baumwollenstoffe bedingen also, wenn sie durchnässt sind, eine viel grössere Abkühlung des Körpers als dünne, nasse Wollstoffe, mögen die baumwollenen Stoffe noch so dick und dicht sein.

Auf die Verhältnisse am menschlichen Körper übertragen, lässt sich aus diesen Ergebnissen Folgendes schliessen:

Wird bei heissem, trockenem Wetter und in den Tropen Wollenunterkleidung eine zu geringe Abkühlung der menschlichen Haut bewirken, so wird ein Tausch mit baumwollenem Unterzeug darin keine Besserung herbeiführen, da im trockenen Zustand die Abkühlung durch diesen Stoff diejenige bei Flanellkleidung nicht übertrifft. Wird die Unterkleidung aber, sei es durch anhaltendes Schwitzen, sei es durch atmosphärische Niederschläge durchnässt, dann kühlen baumwollene Stoffe viel intensiver als wollene Stoffe; eine zu schnelle Abkühlung ist aber grade für den nassen Körper nicht erwünscht. Die grössere Abkühlung ist dabei allein durch die Eigenart der — Pflanzen- oder Thier- — Faser bedingt und ist unabhängig von der Dicke und Dichtigkeit des Gewebes.

Im Verfolg dieser Verhältnisse ist daher als zweite Untersuchungsaufgabe zu ermitteln.

Die Benetzbarkeit, Wasser und Feuchtigkeit haltende Kraft der verschiedenen Stoffe.

Lässt man gleich grosse Stücke der verschiedenen Stoffe auf Wasser schwimmen, so verhalten sich dieselben ganz verschieden, dabei aber zeigt der einzelne Stoff immer dasselbe Verhalten in verschiedenen Versuchen.

1. Flanell bleibt tagelang schwimmen, ohne sich zu durchtränken, beim Aufnehmen des Stoffes fliesst das Wasser glatt ab und es zeigen sich keine Durchfeuchtungsflecken von dunklerer Farbe in dem Stück.

2. Halbwollener Flanell verhält sich ebenso.

3. Alter, abgetragener Flanell saugt sich sofort gänzlich voll Wasser.

4. Jäger's Normalstoff zeigt auf der oberen Seite nach 1½ bis 2 Stunden zahlreiche dunkle, feuchte Stellen.

5. Barchend saugt sich nach mehreren Stunden von den Rändern her voll, an der oberen Seite zeigen sich dunkle, durchfeuchtete Stellen. Beim Aufnehmen ist die untere Seite vollkommen durchtränkt.

6. Getragener Barchend saugt sich sofort voll.

7. Lahmann'scher Stoff zeigt nach 5 bis 12 Stunden dunkle, feuchte Flecken auf der oberen Seite.¹

8. Leinwand saugt sich sofort gänzlich voll.

Aehnliche Ergebnisse hatten Beregnungsversuche. Gleichgrosse, kreisrunde Stücke der verschiedenen Stoffe wurden lose über eine mit Fliesspapier bedeckte, umgekehrte Porzellanschale gelegt. Die Stücke schmiegt sich der convexen Rundung der Schale ungefähr wie das Hemd der Schulter an. Das Fliesspapier wurde untergelegt, um das Durchdringen von Feuchtigkeit besser beobachten zu können, überragte aber nirgends den Rand der Zeugstücke. Wurde nun mittelst eines Sprays Regen über die Stücke ergossen, ungefähr in der Stärke eines dauerhaften Landregens, so fand sich in mehreren Versuchen übereinstimmend:

1. Neuer Flanell hielt den Regen über eine halbe Stunde und, oft länger aus, alsdann erst zeigten sich auf dem darunter liegenden Fliesspapier feuchte Stellen.

2. Halbwollener Flanell verhielt sich wie reinwollener Flanell.

3. Alter, getragener Flanell hielt den Regen nur 10 Minuten aus, dann wurden auf der Unterseite feuchte Stellen sichtbar.

4. Jäger'scher Stoff zeigte dasselbe Verhalten wie neuer Flanell.

5. Barchend zeigte schon nach 5 Minuten feuchte Stellen auf der Unterseite.

6. und 7. Alter Barchend und Leinwand waren in der ersten Minute vollkommen durchregnet.

8. Lahmann'scher Stoff dagegen hielt den Regen ebenso gut aus, ohne Wasser durchzulassen und sich zu durchfeuchten, wie Flanell und Jäger'scher Stoff.

Flanell und halbwollener Flanell sind also in hohem Grade wasserfeindlich. Diese Unbenetzbarkeit geht aber bei länger getragenen Flanell verloren. Jäger's Wollstoff steht gegen neuen Flanell ebenfalls in der Unbenetzbarkeit zurück (hält Regen ab, saugt aber Wasser beim Schwimmen auf).

¹ Einmal trat bei Lahmann'schem Stoffe ein feuchter Fleck schon nach fünf Minuten auf, bei näherer Besichtigung zeigte sich, dass an der Stelle des Fleckes der Stoff unregelmässig gewebt war, die Fäden bildeten eine Art Knoten.

Lahmann'scher Stoff zeigt dasselbe Verhalten. Barchend und Leinwand saugen Wasser an und benetzen sich mit Begierde.

Betrachtet man Wollfasern von neuem Flanell und solche, welche altem Flanell entnommen sind, unter dem Mikroskop, so ergeben sich nur wenig charakteristische Unterschiede; häufig findet man die Fasern bei altem Flanell kürzer, an den Enden ausgezackt, wie abgebrochen. Vielfach sieht man auch zerklüftete, knotig aufgelockerte, von Epithelschüppchen entblösste Stellen, während Fasern, aus neuem Flanell entnommen, gleichmässig dick und überall mit Epithel bedeckt sind. Der Verlust der Unbenetzbarkeit bei getragenen Flanell steht wahrscheinlich mit dieser Auflockerung des Oberhäutchens, theilweisem Verlust der Hornschüppchen auf den Fasern in ursächlichem Zusammenhang. Der absolute Fettgehalt der Gewebe ist jedenfalls ohne weiteres nicht als Grund für die grössere oder geringere Benetzbarkeit zu betrachten. In einer Untersuchung stellte sich der Fettgehalt neuen Flanells als geringer heraus als der von getragenen Flanell. Der Gewichtsverlust durch tagelang andauernde Extraction mit Aether im Soxhlet'schen Apparat betrug für 4.021 ^{grm} neuen Flanells 0.017 ^{grm}, d. h. 0.4 Procent, für alten Flanell ergab sich die Menge der durch Aether extrahirbaren Stoffe bei derselben Methode auf 0.058 ^{grm} für 4.476 ^{grm} Stoff, mithin auf 1.3 Procent. Alter Flanell enthält neben dem natürlichen Wollfett noch gewisse Mengen vom Waschen zurückgebliebener Seifenfette, welche den absoluten Fettgehalt des Stoffes vermehren, die Unbenetzbarkeit dem Stoff aber nicht zurückgeben. Aus demselben Grunde wahrscheinlich wurde in mehreren Fällen das Gewicht alten Flanells höher gefunden als das gleich grosser Stücke neuen Flanells von derselben Art, in anderen Fällen allerdings erwies sich neuer Flanell schwerer als alter.

In der folgenden Versuchsreihe wurde das Verhalten der Stoffe gegenüber der in der Luft enthaltenen Feuchtigkeit festzustellen gesucht. Gleichgrosse, runde Zeugstücke von $14\frac{1}{2}$ ^{cm} Durchmesser wurden 48 Stunden lang in einem grossen Blechkasten über Glasstäbe frei aufgehängt. Der Kasten war luftdicht geschlossen und durch Befeuchten der Wände und des Bodens mit nassem Fliesspapier in eine feuchte Kammer verwandelt, deren Luft mit Feuchtigkeit gesättigt war. Eine der Wände des Kastens bestand aus einer Glasscheibe. Hinter dieselbe wurde im Kasten ein Koppe'sches Hygrometer gestellt, welches die Ablesung von aussen in jedem Augenblick gestattete. Dasselbe gab den Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Innern des Kastens auf 95 bis 100 Procent an während sämtlicher Versuche. Die Temperatur schwankte zwischen 15° und 20°. Nach 48 Stunden wurden die Zeugstücke herausgenommen und in geschlossenen Wägegläschen gewogen.

	Gewichte gleichgrosser Zeugstücke nach 48stündigem Aufenthalt in mit Feuchtigkeit gesättigter Luft.				Gewichte derselb. Stücke nach stundenlangem Trocknen bei 90°
	1. Versuch grm	2. Versuch grm	3. Versuch grm	Im Durch- schnitt grm	
Flanell	5·07	5·04	5·03	5·047	3·94
Halbwoll. Flanell . .	5·09	4·95	5·09	5·043	4·11
Alter Flanell . . .	4·45	4·42	—	4·435	3·71
Jäger'scher Stoff . .	5·82	5·91	5·99	5·90	4·70
Barchend	5·14	4·73	4·97	4·947	4·25
Alter Barchend . . .	3·91	3·87	3·84	3·87	3·3
Lahmann'scher Stoff	5·56	5·55	5·42	5·51	4·81
Leinwand	4·72	4·64	4·50	4·62	3·83

Berechnet man, wie es von Pettenkofer gethan,¹ das Gewicht des aufgenommenen Wassers auf je 1000 grm Stoff, so ergibt dies, nach den Durchschnittszahlen berechnet, folgende Werthe:

1000 grm Stoff nehmen aus mit Feuchtigkeit gesättigter Luft in
48 Stunden auf Gramm Wasser.

Flanell	halbwooll. Flanell	alter Flanell	Jäger's Stoff	Barchend	alter Barchend	Lahmann's Stoff	Leinwand
281	227	195	255	164	174	166	206

Die Menge hygroskopisch aufgenommenen Wassers ist also bei sämtlichen wollenen Stoffen viel grösser als bei den baumwollenen. Leinwand und alter Flanell stehen in der Mitte.

Nach vollkommener Durchnässung mit tropfbar flüssigem Wasser wogen Zeugstücke von derselben Grösse ($14\frac{1}{2}$ cm Durchmesser):

	1. Versuch grm	2. Versuch grm	3. Versuch grm	Im Durch- schnitt grm	Trocken- gewichte grm
Flanell	11·88	11·97	11·16	11·67	4·12
Halbwoll. Flanell . . .	11·31	11·28	11·70	11·43	4·26
Alter Flanell	10·88	11·83	10·36	11·23	4·35
Jäger's Stoff	16·43	17·21	16·69	16·78	4·69
Barchend	11·41	11·29	11·79	11·50	4·38
Alter Barchend	9·60	9·56	9·73	9·63	3·26
Lahmann's Stoff	14·72	15·81	15·37	15·3	4·81
Leinwand	8·64	8·55	8·14	8·44	3·73

¹ A. a. O. v. Pettenkofer fand bei nur 12stündiger Exposition für 1000 grm Flanell 175 grm, für Leinwand 111 grm.

Wiederum auf je 1000 ^{grm} Stoff berechnet, ergibt sich durchschnittlich als aufgenommene Wassermenge:

Flanell	halbwoll. Flanell	alter Flanell	Jäger's Stoff	Barchend	alter Barchend	Lahmann's Stoff	Leinewand
1833 ^{grm}	1684 ^{grm}	1582 ^{grm}	2580 ^{grm}	1626 ^{grm}	1954 ^{grm}	2180 ^{grm}	1263 ^{grm}

von Pettenkofer fand für Flanell 913 ^{grm}, für Leinewand 740 ^{grm}, also nur etwa die Hälfte. Es kommt dabei viel auf die Art und Weise der Durchnässung an. von Pettenkofer presste die Stoffe so lange aus, bis kein Tropfen mehr abfloss. In der vorliegenden Untersuchung wurden die Stoffe nicht ausgepresst, sondern nur abtropfen gelassen; dies führte, wie die angeführten Zahlen zeigen, zu einer annähernden Uebereinstimmung zwischen den einzelnen Versuchsreihen, sodass zufällige Fehler wohl vermieden sind. Der Unterschied in der Wasseraufnahmefähigkeit zwischen Flanell und Leinewand stellt sich dabei noch bedeutender, als bei von Pettenkofer. Bei den Untersuchungen dieses Forschers betrug die Wasseraufnahmefähigkeit der Wolle das 1.2 fache von derjenigen der Leinewand, hier das 1.4 fache.

Hiller¹ bezieht bei seinen Untersuchungen die aufgenommenen Wassermengen nicht auf gleiche Gewichte, sondern auf gleiche Flächen. Dies erscheint deshalb empfehlenswerth, weil auch bei der menschlichen Kleidung nicht gleiche Gewichte, sondern gleiche Flächen für verschiedene Bekleidung in Frage kommen. Danach berechnet sich aus den obigen Zahlen die aufgenommene Wassermenge für je 1 ^{qm}:

Flanell	halbwoll. Flanell	alter Flanell	Jäger's Stoff	Barchend	alter Barchend	Lahmann's Stoff	Leinewand
458 ^{grm}	435 ^{grm}	417 ^{grm}	733 ^{grm}	432 ^{grm}	399 ^{grm}	636 ^{grm}	285 ^{grm}

Hiller fand für Flanell 1083 ^{grm}, also noch einmal so viel als hier, welcher Befund noch viel mehr von den von Pettenkofer'schen Zahlen abweicht. Indessen waren Hiller's Zeuge dicker, als die in dieser Untersuchung geprüften. Flanell enthielt bei Hiller auf 1 ^{qm} 331 ^{grm} Wolle, hier nur 250 ^{grm}. Hiller's Baumwollenkörper zu Unterhosen enthält Baumwolle pro Quadratmeter: 246 ^{grm}, unser Barchend 265 ^{grm}. Diese beiden Stoffe lassen sich also besser vergleichen. Hiller's Baumwollenkörper nahm 447 ^{grm} Wasser auf, unser Barchend 432 ^{grm}.

Aus den ermittelten Zahlen geht hervor, dass die in gleichen Flächen aufgenommenen Wassermengen bei vollkommener Durchtränkung für

¹ Hiller, *Deutsche milit.-ärztl. Zeitschrift*. 1888. Hft. 1.

wollene und baumwollene Stoffe von gleicher Art nicht wesentlich differiren. Die grossmaschigen, gewirkten Stoffe (Jäger's und Lahmann's Stoff) vermögen bedeutend mehr Wasser zurückzuhalten, als die dichter gewebten Flanelle und Barchendstoffe, deren wasserhaltende Kraft sich ungefähr gleichkommt. Während also die gewirkten Stoffe sich in ihrer Wasser condensirenden Kraft (Hygroskopicität) vollkommen einrangiren unter andere Stoffe aus demselben Rohstoff (Woll- bzw. Pflanzenfaser) und es dabei also nicht auf die Gewebsanordnung (ob gewirkt oder gewebt) ankommt, richtet sich das Vermögen, tropfbarflüssiges Wasser zurückzuhalten, mehr nach der Art der Gewebsanordnung. Grossmaschige, gewirkte Stoffe halten mehr zurück, als dichter gewebte Stoffe, gleichgültig ob aus Thier- oder Pflanzenfaser gefertigt. Bei den abgetragenen Stoffen ist die wasserhaltende Kraft verringert. Die geringsten Wassermengen nimmt Leinewand auf.

Wie verläuft nun der Trocknungsprocess bei den verschiedenen Zeugen? Die nassen Stücke wurden, nachdem sie, in Wägegläschen eingeschlossen, gewogen waren, herausgenommen und frei über Glasstäbe in einem Brutschrank aufgehängt, in dessen Innern eine constante Temperatur von 37° herrschte. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Innern stieg im Anfang bis auf 75 Procent, fiel aber dann gleichmässig mit dem Trocknen der Zeuge bis auf 30 Procent, somit stellten sich schliesslich Verhältnisse ein, wie sie am menschlichen Körper bestehen. Nach eigenen Messungen mit dem Wurster'schen Kleiderhygrometer betrug im Durchschnitt unter gewöhnlichen Verhältnissen die Temperatur zwischen Haut und Unterkleidung 33°, der Feuchtigkeitsgehalt schwankte zwischen 30 Procent und 40 Procent.

Gewichte der durchnässten Stoffe beim Trocknen in Luft von 37° Temp. und einem Feuchtigkeitsgehalt zwischen 75 und 30 Procent.

Die Wägungen fanden von Stunde zu Stunde in geschlossenen Wägegläschen statt.

	Nass	Dauer der Trockenzeit nach Stunden:												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Flanell . . .	11.16	10.09	7.83	7.66	6.62	5.67	5.01	4.60	4.52	4.40	4.40	Gewicht constant		4.02
Halbw. Flanell	11.70	11.12	9.65	8.86	7.99	7.25	6.44	5.14	4.62	4.48	4.48			4.26
Alter Flanell .	11.83	—	10.87	9.99	8.70	7.78	6.73	5.31	4.77	4.66	4.65	Gewicht constant		4.35
Jäger's Stoff .	16.69	14.77	13.48	12.29	10.87	9.61	8.26	7.07	5.69	5.24	5.12	5.02	4.96	4.94
Barchend . . .	11.79	11.26	10.26	9.35	8.25	7.45	6.55	5.41	4.65	4.56	4.56	Gewicht constant		4.38
Alter Barchend	9.73	8.96	8.21	7.25	6.13	5.46	4.30	3.58	3.44	3.39	3.39			3.26
Lahmann's Stoff	14.72	13.85	12.76	11.69	10.55	9.54	8.81	7.44	6.32	5.39	5.08	5.00	4.98	4.81
Leinewand . .	8.64	6.85	5.41	4.23	4.14	4.11	4.07	3.97	3.96	Gewicht constant				3.73

Trockengewichte nach
Trocknen bei 70–100°.

Die Gewichtsabnahme hörte bei Leinewand schon nach 8 stündigem Trocknen auf, bei den übrigen Stoffen erst nach 10 Stunden, bei Lahmann'schem und Jäger'schem Stoffe erst nach 12 bis 13 Stunden.

Wiederum auf gleich grosse Flächen (1 m^2) berechnet, ergeben sich folgende Verhältnisse in der Abnahme des aufgenommenen Wassers:

1 m^2 Stoff enthält Gramm Wasser.

	durch- nässt	Dauer der Trockenzeit nach Stunden:												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Flanell	427	361	225	215	151	94	53	29	24	17	17			
Halbwoll. Flanell .	451	416	326	278	226	181	132	53	22	13	13			
Alter Flanell . . .	453	—	395	341	264	208	144	58	25	19	18			
Jäger's Stoff . . .	727	611	533	461	374	298	216	205	61	33	28	20	16	15
Barchend	449	417	356	301	235	186	131	62	16	11	11			
Alter Barchend . .	392	345	300	242	174	133	63	12	11	8	8			
Lahmann's Stoff .	601	548	482	417	348	287	242	159	92	35	16	12	10	
Leinewand	297	187	102	30	25	21	15	14	14					

Leinewand verliert das in geringerer Menge aufgenommene Wasser — in Uebereinstimmung mit den Befunden von Pettenkofer's — viel schneller als die anderen Stoffe. Zwischen den übrigen Stoffen zeigen sich keine charakteristischen Unterschiede. Wolle giebt ihr Wasser anfänglich etwas schneller ab, dagegen ist das schliesslich zurückgehaltene Wasser bei den wollenen Stoffen in Uebereinstimmung mit dem hygroscopischen Verhalten derselben etwas beträchtlicher als bei den baumwollenen Stoffen. Die gewirkten Stoffe geben das in grösserer Menge aufgenommene Wasser in ungefähr denselben Mengen wie die übrigen Stoffe ab. Bis zum völligen Trocknen verfliesst daher mehr Zeit als bei den anderen Stoffen.

Das Ergebniss dieser Untersuchungsreihen lässt sich somit dahin zusammenfassen, dass in der Benetzbarkeit zwischen wollenen und baumwollenen Stoffen wesentliche Unterschiede bestehen. Alle wollenen Stoffe sind wasserfeindlich, halbwollener Flanell mit einbegriffen, die baumwollenen Stoffe nehmen Wasser sehr leicht auf. Eine auffällige und unaufgeklärte Ausnahme hiervon bildet der Lahmann'sche Baumwollstoff, welcher sich in Bezug auf seine Benetzbarkeit wie die wollenen Stoffe verhält.

Ist erst einmal vollkommene Durchnässung eingetreten, so verhalten sich die Stoffe im Wesentlichen gleichartig sowohl in der Menge des aufgenommenen Wassers, wie in dem Verlaufe des Trockenprocesses, nur ist die von den wollenen Stoffen schliesslich zurückgehaltene Wassermenge etwas grösser als bei den baumwollenen Stoffen. Die nach vollkommener Durchnässung aufgenommene Wassermenge und auch die Geschwindigkeit

in der Abgabe dieses Wassers ist mehr von der Dicke und Gewebsanordnung der Stoffe, als von der Art der Faser abhängig, da nur die dünne Leinwand weniger Wasser aufnimmt und schneller trocknet.

Durchlässigkeit der Stoffe für Luft.

Bei der Aichung von Anemometern kann man bekanntlich so verfahren, dass man mit dem Instrument Wegstrecken von bestimmter Länge innerhalb bestimmter Zeit zurücklegt, die Anzahl der Umdrehungen ist dabei proportional der Geschwindigkeit. Will man dies einfache Verfahren zur Messung der durch Zeugstoffe gehenden Luftströme benutzen und hängt zu diesem Zweck ein Stück Stoff vor das Anemometer, so kann man mit dem Instrument noch so schnell vorwärts eilen, das Anemometer rührt sich nicht, auch bei den dünnsten, vorgelegten Zeugen; so gross ist die Hemmung, welche selbst starke Luftströmungen durch unsere Kleider erfahren. Um nun ein ungefähres Maass für die Luftbewegung in unseren Kleidern am Menschen zu haben, wurde der Communicationsschlauch eines Recknagel'schen Differentialmanometers, nachdem der Schlauch an seinem Ende mit einer ca. 4 mm weiten, 25 cm langen Glasröhre versehen war, um Compressionen des Gummischlauches durch die Kleidung zu vermeiden und dadurch verursachte Druckschwankungen auszuschliessen, zwischen den Körper und die Unterkleidung in die Achselhöhle bei leicht erhobenem Arm eingeführt, so dass die Oeffnung des Glasröhrchens vollkommen frei mit der Luft in der Achselhöhle communicirte. Dem äusseren Manometerschenkel war eine Steigung von 2 Procent gegeben worden. Bei vollkommener Ruhe und Sistirung der Athmung blieb die Petroleumsäule im äusseren Schenkel im Gleichgewicht mit der äusseren Luft. Sobald aber mit der Athmung begonnen wurde, zeigten sich, ohne dass das Glasrohr in den Kleidern mit seiner Oeffnung mit dem Körper oder den Kleidern in Berührung kam, regelmässige Schwankungen der Petroleumsäule um je 1 mm Höhe über und unter die Gleichgewichtsstellung. Diese Schwankungen erfolgten genau gleichzeitig mit den Athembewegungen. Bei stärkerer Athmung vergrösserte sich die Druckdifferenz bis zu 4 mm Höhe. Ebenso bei Bewegungen des Körpers. In Folge der Bekleidung des Körpers findet also beim Athmen durch die Inspiration eine Compression, bei der Expiration eine Ausdehnung der in den Kleidern befindlichen Luftsäule statt. Diese Druckdifferenz entsteht, weil die Kleider so wenig durchlässig sind, dass trotz der grossen Oeffnungen in denselben — Aermellöcher, Halskragen u. s. w. — die Luft den Excursionen des Thorax nicht unmittelbar folgen kann. Erst nach einigen Augenblicken gleicht sich die Druckdifferenz aus, dann kommt aber auch schon wieder eine neue

Athembewegung, und so wirkt der Thorax auf die Luftsäule in den Kleidern als Blasebalg, die Luft rythmisch comprimirend und ausdehnend. Sind nun die Kleider überhaupt durchlässig, so muss bei dem Bestreben der Luft, den Thoraxbewegungen zu folgen und die Druckdifferenzen in den Kleidern auszugleichen, ein gewisser Theil des Luftwechsels durch die Kleider hindurch, ein anderer durch die Oeffnungen in denselben, wie Halskragen u. s. w. stattfinden. Der Luftstrom durch die Kleider hindurch wird um so grösser sein, gleichen Schnitt vorausgesetzt, je durchlässiger die Stoffe sind. Möglicherweise beruht das Gefühl der Schwüle und Beklemmung, welches wir beim Tragen eng am Halse schliessender Regenröcke aus Kautschuk empfinden, zum Theil mit darauf, dass bei den Athembewegungen die Druckdifferenzen, welche sich ja bei dem undurchlässigen Kautschuk nur durch die Halsöffnung, Aermel u. s. w. ausgleichen können, zu grosse werden und dadurch die Mühelosigkeit der Athmung direct beeinträchtigen.

Die bei der gewöhnlichen Kleidung — Oberkleider, Hemd, gewirkte Unterjacke — und ruhigem Athmen beobachtete Druckdifferenz betrug im Durchschnitt 1^{mm} Petroleumsäule, was dem Druck einer verticalen Wassersäule von 0.04^{mm} Höhe entspricht.

Es galt nun, bei dieser Druckhöhe durch gleich grosse Stücke der zu prüfenden Stoffe Luft hindurchzutreiben und die hindurch gegangenen Luftmengen zu messen, diese bildeten dann ein directes Maass für die Durchlässigkeit der Kleiderstoffe unter den am menschlichen Körper in der That bestehenden Verhältnissen. Zwar wäre hierbei noch die Temperaturdifferenz in Betracht zu ziehen, welche ja auch Luftströmungen hervorrufen muss. Indess ergibt eine Berechnung der durch die Temperatur in den Kleidern bedingten Druckdifferenz zwischen der Luft in den Kleidern und der ausserhalb befindlichen eine derartig geringe Höhe, dass dieselbe auch mit dem Recknagel'schen Differentialmanometer nicht mehr zu messen ist. Nehmen wir den in den Kleidern uns umgebenden Luftmantel zu 1^{cm} Breite an, so wiegt der auf den zur Prüfung benutzten Querschnitt der Stoffe von 56.7^{qcm} fallende Theil desselben bei 33° Temperatur: 65.7153^{mgr} (1^{ccm} Luft von $33^{\circ} = 1.159^{\text{mgr}}$) bei 15° Temperatur (Aussentemperatur) aber:

$$69.8204^{\text{mgr}}.$$

Dies ergibt eine Gewichts-differenz von:

$$4.1051^{\text{mgr}}.$$

Bei der Aichung des Manometers aber wurde durch Zufügen von 7^{grm} Petroleum eine Steigung im äusseren Manometerschenkel von 22^{mm}

erzielt, dies giebt also für eine Gewichtszunahme um $1 \text{ gm } \frac{22}{7} \text{ mm}$ (oder rund 3 mm). 4 mgrm Gewichts-differenz — entsprechend der durch die Temperaturverhältnisse bedingten Gewichts-differenz — würden also nur eine Steigung von 0.012 mm bedingen; unter $\frac{1}{2} \text{ mm}$ ist aber eine sichere Beobachtung der Steigung der Petroleumsäule nicht mehr möglich.

Die Durchlässigkeit der Kleidungsstoffe für Luft ist untersucht worden durch von Pettenkofer¹ und Hiller.² Beide Autoren aber wandten Druckhöhen an, welche viel erheblicher sind, als die oben angegebene von 1 mm Petroleumsäule bei 2 Procent Steigung ($= 0.04 \text{ mm}$ Wasserdruck) des Manometerschenkels, wie sie thatsächlich am menschlichen Körper innerhalb der Kleidung beobachtet wird.

von Pettenkofer trieb die Luft unter einem Druck von 4 cm Wasser durch ein 1 cm weites Rohr, über welches die Stoffe gespannt waren. Hiller wandte einen Druck von 2.8 cm Wassersäule an. Demgemäss weichen auch die hier gefundenen Zahlen erheblich ab von den Angaben der genannten Autoren.

Was nun die Grösse der von der Luft zu durchströmenden Zeugstücke anlangt, so wandte von Pettenkofer Zeugstücke von 1 cm Durchmesser, Hiller solche von 34.4 qcm Fläche an. In der That dürfte es sich empfehlen, den Durchmesser nicht zu klein zu wählen. Wie durch Versuche festgestellt wurde, gehen durch grössere Querschnitte der Stoffe ganz unverhältnissmässig viel grössere Luftmengen hindurch als durch kleinere. Und die am Thorax z. B. in Betracht kommenden Flächengrössen der Kleidungsstücke sind nicht geringe. Nimmt man aber wiederum für das Experiment die Querschnitte zu gross, so hält es schwer, die Stoffe gleichmässig in geringer Spannung zu erhalten, dieselben blähen sich vor und lassen ganz verschiedene Luftmengen hindurch. In der vorliegenden Versuchsreihe wurden runde Zeugstücke von $8\frac{1}{2} \text{ cm}$ Durchmesser, also von 56.7 qcm Flächengrösse benutzt.

Die Ermittlungen wurden an einem folgendermassen zusammengesetzten Apparat angestellt:

Aus einem gläsernen Gasometer, dessen die Luft herausdrückende Wassersäule ich jeden Augenblick controliren und durch Zufluss von der Wasserleitung bei constanter Höhe erhalten konnte, strömte die Luft zunächst in eine Gasuhr; aus dieser dann durch einen Gummischlauch in einen Glascylinder von ca. 30 cm Länge. Derselbe lief an einem Ende in einen engen Hals aus, welcher durch einen durchbohrten Kork verschlossen wurde. Durch den Kork führte ein Glasröhrchen, welches kurz hinter dem Kork im Inneren des Cylinders endete, nach aussen stand

¹ A. a. O.

² A. a. O.

dasselbe mit dem Leitungsschlauch der Gasuhr in Verbindung. Die in den Cylinder aus der Gasuhr geleitete Luft hatte somit, nachdem sie kurz

hinter dem Cylinderhals frei eingetreten war, eine Strecke bis zur anderen Oeffnung von 30 cm zu durchlaufen, dadurch regelte sich die Druckverminderung, welche bei der plötzlichen Erweiterung des Cylinderhalses für die eintretende Luft stattfinden musste, und es bildete sich so kurz vor dem freien Ende des Cylinders ein ganz gleichmässiger, schwacher Luftstrom. Ueber die freie Oeffnung des Glaszylinders wurden die zu prüfenden Zeugstücke befestigt. Nun hatte der Cylinder noch eine enge, seitliche Oeffnung, durch welche sich eine rechtwinklig gebogene Glasröhre einführen liess, deren einer Schenkel im Innern den Cylinderwänden parallel lief und ca. 3 cm vor der weiten Cylinderöffnung mit der Luft im Cylinder communicirte. Der andere Schenkel der Glasröhre führte aus dem Cylinder mittelst durchbohrten Korkes durch die seitliche Oeffnung heraus und leitete zu dem Recknagel'schen Differentialmanometer, welches dadurch also den im Innern des Cylinders vor den Zeugstücken herrschenden Druck angab.

Sämmtliche Oeffnungen, Durchbohrungen u. s. w. wurden mit Paraffin gedichtet. Die Zeugstücke wurden bei gleichmässiger, ganz geringer Spannung über die freie Oeffnung des Cylinders, dessen Rand leicht umbogen war, durch Bindfaden

festgebunden und die überragenden Stofftheile bis an den Rand des Cylinders mit Paraffin bestrichen und an den Cylinder geklebt, sodass

der ganze Apparat bis auf die überspannte Luftöffnung nach aussen luftdicht abgeschlossen war und die Luft immer durch denselben Querschnitt der vorgebundenen Zeuge durchpassiren musste. Vor die Zeugstücke wurde aussen noch ein weitmaschiges Drahtnetz gebunden, um etwaige Aufbauschungen der Stoffe zu verhindern. Drehte ich nun den Wasserzuleitungshahn im Gasometer auf, so strömte Luft durch die Gasuhr in den Cylinder und die Petroleumsäule im Manometer stieg. Ich konnte nun leicht durch verschieden weites Oeffnen des Hahnes den Wasserzufluss und damit die Luftströmung so reguliren, dass vor den Zeugstücken der Druck constant gegen den Aussendruck um 1^{mm} Petroleumsäule (= 0.04^{mm} Wassersäule) erhöht war. Je durchlässiger der Stoff war, desto weiter musste der Wasserzuleitungshahn geöffnet werden, um diese Druckhöhe zu erhalten. Die entsprechend vergrösserte Luftmenge, welche aus dem Gasometer durch die Gasuhr in den Cylinder und durch den Stoff strömte, konnte ich an der Gasuhr ablesen. Jeder Versuch dauerte fünf Minuten lang. Am Ende jeder Minute wurde an der Gasuhr die hindurch getriebene Luftmenge abgelesen. Die Ablesungen begannen erst, nachdem die anfänglichen Druckschwankungen im Manometer aufgehört hatten und der Druck constant um 1^{mm} erhöht blieb. Bei den trockenen Zeugen trat dies regelmässig nach wenigen Augenblicken ein.

Es gingen in zwei Versuchsreihen durch die trockenen Stoffe (von 56.7^{cm} Flächengrösse) bei einem Drucke von 1^{mm} Petroleum und bei 2 Procent Steigung des äusseren Manometerschenkels, d. h. bei 0.04^{mm} Wasserdruck in einer Minute hindurch:

	1. Minute		2. Minute		3. Minute		4. Minute		5. Minute		Im Durchschnitt	
	Vers. a ccm	Vers. b ccm	Vers. a ccm	Vers. b ccm	Vers. a ccm	Vers. b ccm	Vers. a ccm	Vers. b ccm	Vers. a ccm	Vers. b ccm	Vers. a ccm	Vers. b ccm
Flanell	550	610	430	550	560	470	450	450	440	390	486	498
Halbwooll. Flanell	620	840	700	750	670	660	770	530	720	—	690	695
Alter Flanell . .	730	730	730	650	680	590	600	560	480	550	644	616
Jäger's Stoff . .	680	1050	660	950	640	800	580	750	530	770	618	861
Barchend	115	145	130	120	120	100	130	100	120	115	123	116
Alter Barchend .	570	490	480	480	420	460	450	490	450	490	474	482
Lahmann's Stoff.	1250	1000	1080	1140	1450	1030	1300	1250	1290	1550	1274	1174
Leinwand . . .	80	80	90	90	90	75	70	75	75	70	81	78

Die durchgegangenen Luftmengen sind auch bei derselben Druckhöhe für die einzelnen Stoffe wegen der fortwährend wechselnden Elasticität und Spannung derselben grossen Schwankungen unterworfen. Doch bleiben trotz dieser Schwankungen wesentliche Unterschiede bei den einzelnen

Stoffen untereinander unverkennbar. Obenan in der Durchlässigkeit steht der Lahmann'sche Baumwollstoff, dann kommt der Jäger'sche Wollstoff; diesem reihen sich, nur wenig in ihrer Durchlässigkeit unterlegen, die übrigen Wollstoffe an. In bedeutendem Maasse undurchlässig zeigt sich im Vergleich dazu Barchend, noch weniger durchlässig ist Leinewand. Alter, fadenscheiniger Barchend ist wieder durchlässiger.

Eine procentarische Berechnung zum zahlenmässigen Vergleich kann natürlich bei den Schwankungen, die der einzelne Stoff in seiner Durchlässigkeit zeigt, kein genaues Maass der Durchlässigkeit abgeben, erlaubt aber jedenfalls eine ungefähre Schätzung des Grades der Durchlässigkeit der Stoffe. Setzt man wiederum die Durchlässigkeit von Flanell gleich 100, so finden wir für den angewandten Druck die Unterschiede in gleichem Sinne bestehend, wie sie schon früher durch von Pettenkofer und Hiller festgestellt sind, nur sind bei uns die Unterschiede der Zahlen noch viel bedeutender. von Pettenkofer fand für Leinewand 58 (Flanell = 100), hier ergibt sich für Leinewand nur 16. Es schien auch von vornherein wahrscheinlich, dass die weniger durchlässigen Stoffe bei verringertem Druck in einem beschleunigten Tempo an Durchgängigkeit abnehmen würden als die luftigeren, elastischen Gewebe. Auch die Hiller'schen Zahlen geben, soweit ähnliche Stoffe in Frage kommen, viel höhere Werthe für die schlecht durchlässigen Stoffe. Der Hiller'sche Baumwollkörper, an Baumwollengehalt und Wasseraufnahmefähigkeit unserem Barchend nahe kommend, erhält bei Hiller die Zahl 77 (Flanell = 100), der hier geprüfte Barchend nur 25.

Durchlässigkeit der Stoffe für Luft unter einem Druck von
0.04^{mm} Wassersäule. Flanell = 100.

Flanell	halbwoll. Flanell	alter Flanell	Jäger's Stoff	Barchend	alter Barchend	Leinewand	Lahmann's Stoff
100	141	128 (bei Hiller alter wollener Strumpf 111)	150	25 (Hiller 77)	98	16	249

Berechnet man die hindurchgegangenen Luftmengen auf 1^{qm} Stoff, so ergibt sich als Durchschnittsmenge für die Minute:

Flanell	halbwoll. Flanell	alter Flanell	Jäger's Stoff	Barchend	alter Barchend	Lahmann's Stoff	Leinewand
87 Liter	122 Liter	111 Liter	129 Liter	21 Liter	84.5 Liter	216 Liter	14 Liter

Bei Hiller unter höherem Druck in einer Secunde:

Flanell: 69.7 Liter

alter Wollstrumpf: 77.2 „

Baumwollenkörper: 53.8 „

Die Prüfung der nassen Stoffe brachte bei Anwendung derselben Methode zum Theil erhebliche Schwierigkeiten. Für den Jäger'schen und Lahmann'schen Stoff zwar konnte ohne weiteres dasselbe Untersuchungsverfahren angewandt werden, die übrigen Stoffe hingegen büssen nach vollkommener Durchnässung so bedeutend an Durchlässigkeit ein, dass ein sicherer, zahlenmässiger Vergleich für die Stoffe untereinander schwer zu erhalten war. Die Luftsäule stagnirte vor dem nassen Stoff, die Gasuhr stand still, die Petroleumsäule im Manometer stieg bedeutend. Unter dem erhöhten Druck bauschte sich das Gewebe vor, endlich öffneten sich einige Poren, das Gewebe fiel zusammen und die Petroleumsäule im Manometer fiel plötzlich zur Gleichgewichtslage herab. Dann stieg der Druck wieder bis zu einer gewissen Höhe, die Gewebe liessen dann die Luft hindurch und so wiederholte sich das Spiel bis ins unendliche, und man konnte höchstens aus der Höhe der einzelnen Druckschwankungen bei gleich grosser Luftzufuhr Rückschlüsse auf die grössere oder geringere Durchlässigkeit der Stoffe machen. Nach vielem Probiren wurde folgende Versuchsanordnung noch am zweckmässigsten befunden: Wasserzufluss und damit die Menge der aus dem Gasometer ausströmenden Luft wurden ein für alle Mal durch eine bestimmte Stellung des Hahnes fixirt. Bei offenem Cylinder gingen dabei in einer Minute ca. 15^{cem} Luft durch die Gasuhr. Brachte man nun den nassen Stoff vor den Cylinder, so stagnirte für's erste der Luftstrom, die Petroleumsäule im Manometer stieg und hielt sich eine Zeitlang unter Schwankungen auf einer gewissen Höhe, fiel dann ganz langsam, erreichte aber nie die Gleichgewichtslage, weil der ganz geringe Luftstrom constant blieb. Auf diese Weise gelang es, grössere Druckschwankungen während des eigentlichen Versuches auszu-schliessen. Für's erste waren die nassen Stoffe (mit Ausnahme von Jäger'schem und Lahmann'schem Stoff) sämmtlich undurchlässig, erst all-mählich stellte sich die Durchlässigkeit her. Sobald eine derartige Durch-lässigkeit sich eingestellt hatte, dass die constante Druckerhöhung nur noch 1 bis 2^{mm} betrug, so wurde mit den Ablesungen begonnen. Wenn man nur lange genug wartete, gelang es mit Ausnahme von Barchend bei allen übrigen Stoffen eine Periode von 10 bis 20 Minuten Dauer zu beobachten, während welcher die Petroleumsäule im Manometer constant nur 1 bis 2^{mm} Erhöhung zeigte und über diese Grenzen nicht schwankte. Bis zum Eintritt dieser Periode verging allerdings sehr verschiedene Zeit, am schnellsten erfolgte die Wiederherstellung der Durchlässigkeit bei den

wollenen Stoffen, dann folgte Leinewand. Bei neuem Barchend hingegen trat diese Periode überhaupt nicht ein. Der Druck stieg sofort ganz unverhältnissmässig, sodass dem äusseren Manometer bis zu 20 Procent (statt der sonst ausschliesslich angewandten 2 Procent Steigung) gegeben werden musste, um ein Herausfliessen des Petroleums zu hindern. Der Druck fiel schliesslich um ein geringes, hielt sich aber definitiv auf einer 20^{mm} Wasserdruck entsprechenden Höhe constant, dabei erst bewegte sich die Gasuhr und es gingen in der Minute ca. 8^{ccm} Luft durch den Stoff hindurch. Dies Ergebniss hatten drei Beobachtungen mit drei verschiedenen Zeugstücken während einer Beobachtungsdauer von über 20 Minuten in jedem Falle. Baumwollenbarchend ist also im durchnässten Zustande für Luftströmungen von so geringem Druck, wie sie am menschlichen Körper vorkommen, total undurchlässig.

Für die übrigen Stoffe ergaben sich als Durchschnittszahlen einer je 10 Minuten langen Beobachtungsdauer für jeden Stoff in zwei Versuchsreihen:

A. 1^{mm} constante Druckhöhe.

Jäger's Stoff		Lahmann's Stoff		Die übrigen Stoffe undurchlässig.
a	b	a	b	
14 ^{ccm}	22 ^{ccm}	132 ^{ccm}	145 ^{ccm}	

B. 1—2^{mm} Druckhöhe.

Flanell		halbwooll. Flanell		alter Flanell	alter Barchend		Leinewand	
a	b	a	b		a	b	a	b
13 ^{ccm}	8 ^{ccm}	9 ^{ccm}	8 ^{ccm}	8 ^{ccm}	11 ^{ccm}	14 ^{ccm}	11 ^{ccm}	7.5 ^{ccm}

Dies ergibt procentarisch berechnet (trockener Flanell = 100) für Lahmann'schen Stoff 28 Procent, für Jäger'schen Stoff dagegen nur 3.6 Procent. Die übrigen Stoffe zeigen bei etwas erhöhtem Druck nur noch ca. 2 Procent Durchlässigkeit.

Lahmann'scher Baumwollenstoff ist also nach vollkommener Durchnässung immer noch durchlässiger als trockener Barchend und trockene Leinewand (28 Procent gegen 25 Procent und 16 Procent), Jäger'scher Stoff büsst viel erheblicher bei Durchnässung an Durchlässigkeit ein (von 150 Procent auf 3.6 Procent), bleibt aber doch überhaupt durchlässig, während alle übrigen Stoffe erst bei etwas erhöhtem Druck (1 bis 2^{mm}) ganz geringe (2 Procent) Durchlässigkeit zeigen.

Um eventuell die Differenzen zwischen den einzelnen Stoffen zu vergrössern, wurden die nassen Stoffe in doppelter Lage geprüft, indess auch so wurden keine besseren Resultate erhalten. Es musste noch höherer Druck

angewandt werden und Druckschwankungen liessen sich noch schwerer vermeiden. Auch war es schwer, den Stoffen in doppelter Lage eine gleichmässige und doch die natürlichen Verhältnisse nicht überschreitende Spannung zu ertheilen. Nur eine auffallende Aenderung trat ein: auch getragener, alter Barchend zeigte sich nunmehr — in doppelter Lage — für geringe Druckhöhen in drei verschiedenen Proben gänzlich undurchlässig und verhielt sich also wie neuer Barchend in einfacher Lage.

Barchend saugt sich bei der Durchnässung mit Begierde voll Wasser, die Luft wird dabei aus dem Gewebe vollständig ausgetrieben. Die Gewebefäden quellen auf und legen sich eng aneinander. Anders die wollenen Stoffe. Wenn das Wasser auch durch und durch gedrunken ist und alle Luft verdrängt hat, wie es bei der intensiven Durchnässung unter dem Strahl der Wasserleitung der Fall war, so wird doch die eigentliche Faser nicht angegriffen, sie bleibt elastisch und sucht das Wasser wieder bei Seite zu drängen. Das Wasser wird von der Wollfaser, wie Hiller dargethan hat, nicht durch Capillarattraction festgehalten, sondern schon geringe Luftströmungen lösen das Wasser aus den Poren und die Durchgängigkeit für Luft stellt sich wieder her.

Ueberraschend war aber für's erste, dass Leinewand sich nicht der Baumwolle analog verhält. Leinewand bleibt auch in doppelter Lage durchlässig. Der Grund ist wohl darin zu suchen, dass das sehr dünne Gewebe das Wasser nur mit sehr geringer Kraft festzuhalten vermag — Leinewand trocknet ja auch viel schneller als Barchend —, schon geringe Luftströmungen verdrängen das Wasser; ferner kommt noch hinzu, dass die Leinewandfaser beim Verweben in eigenthümlicher Weise imprägnirt wird, wodurch die einzelnen Fäden gleichsam geleimt und an Formveränderungen, wie Aufquellen, Auffasern gehindert werden. Das gesponnene Garn wird bekanntlich vor dem Verweben mit der sogenannten Schlichte, einer Mischung von geschmolzenem Talg, Stärke u. s. w. heiss imprägnirt, das macht die Faser fest, straff und dicht. Nach dem Verweben erhält Leinewand noch eine Stärkeappretur. Baumwollenbarchend wird weder geschlichtet noch appretirt, im Gegentheil werden die Gewebefäden durch besondere Vorrichtungen noch künstlich auf der einen Seite des fertigen Gewebes aufgerissen, „gerauht“, so dass das Gewebe wie mit feinen Härchen besetzt erscheint. Grade diese Härchen quellen bei der Durchnässung auf, legen sich aneinander und bilden einen dichten Filz.

Gesammtergebniss der angestellten Untersuchungen.

1. Die Abkühlung warmer Körper von 40° an ist innerhalb der für den menschlichen Körper in Betracht kommenden Temperaturgrenzen

von derselben Grösse bei Bekleidung mit verschiedenartigen, aber gleich dicken Stoffen, mögen dieselben aus Thier- oder Pflanzenfaser (Wolle oder Baumwolle) hergestellt sein.

Werden die Stoffe aber durchnässt, so bedingen die baumwollenen Stoffe eine ganz erheblich grössere Abkühlung als die wollenen Stoffe und zwar unabhängig von der grösseren Dicke oder Dichtigkeit der Stoffe.

2. Während Baumwollstoff Wasser mit Begierde ansaugt, ist Wollstoff wasserfeindlich; dies verliert sich aber bei länger getragenen Flanell. Bei den baumwollenen Stoffen bildet jedoch die „Lahmann'sche Reformbaumwolle“ eine Ausnahme, dieser Stoff nimmt das Wasser ebenso schwer an wie Jäger'scher Normalwollstoff.

3. Sind die verschiedenen Stoffe erst gleichmässig durchnässt, so ist die aufgenommene Wassermenge für Stoffe von gleicher Dicke und Gewebsanordnung ungefähr gleich gross. Die Hygroskopicität indess ist bei den wollenen Stoffen grösser als bei den baumwollenen. Der Trocknungsprocess verläuft ungefähr gleichmässig. Nur Leinwand trocknet viel schneller und nimmt von vornherein weniger Wasser auf.

4. Für Luftströmungen von dem geringen Druck, wie sie den am menschlichen Körper herrschenden entsprechen, zeigt sich im Zustande der Trockenheit die gewirkte „Reformbaumwolle“ am durchlässigsten, dann folgt Jäger'scher Wollstoff, diesem schliessen sich die Flanelle an, Barchend ist sehr wenig durchlässig, ebenso Leinwand.

Durchnässt bleiben nur „Reformbaumwolle“ und „Normalwollstoff“ für den gleichen Druck durchlässig und zwar der Baumwollstoff in bedeutenderem Maasse als der wollene Stoff (28 Procent gegen 3 Procent). Die übrigen Stoffe sind erst für etwas höheren Druck durchlässig, aber in sehr geringem Maasse (2 Procent). Ganz undurchlässig aber ist Barchendstoff.

5. Halbwollener Flanell verhält sich nach allen Richtungen hin wie rein wollener Flanell.

Für die menschliche Bekleidung kann man aus diesen Ergebnissen folgende Schlüsse ziehen:

1. Wird bei heissem, trockenem Wetter und auch in den Tropen wollene Unterkleidung als zu heiss empfunden, so erzielt auch das Tragen von Baumwollstoffen von gleicher Dicke und Gewebsanordnung keine grössere Abkühlung. Die Verdunstung von der Haut wird dabei durch gewöhnlichen Barchendstoff erheblich behindert, Barchend saugt sich schnell voll Schweiss und wird je feuchter, desto undurchlässiger für die von der Haut abdunstende Feuchtigkeit, während Wollstoff vom Schweiss

schwer durchtränkt wird und deshalb für die Hautausdünstung immer durchlässiger bleibt. Der „Reformbaumwollenstoff“ durchfeuchtet sich ebenso schwer wie Wolle und bleibt auch in durchfeuchtetem Zustand gut durchlässig.

2. Treten im Sommer und in den Tropen plötzlich kalte Luftströmungen auf, so schützt durchgeschwitzte Baumwollenkleidung weniger vor erheblicherer plötzlicher Abkühlung des Körpers als wollene Unterkleidung, welche, auch ganz durchfeuchtet, die Wärmeabgabe nie so bedeutend werden lässt als nasse baumwollene Unterkleidung.

In der vorliegenden Untersuchung bin ich von Herrn Geheimen Rath Koch durch Rath und Anregung wesentlich unterstützt worden, wofür ich ihm zu grossem Dank verpflichtet bin, ebenso habe ich Herrn Dr. Proskauer für vielfache technische Winke und Rathschläge zu danken.