**Zeitschrift:** Mittex : die Fachzeitschrift für textile Garn- und Flächenherstellung im deutschsprachigen Europa

**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung von Textilfachleuten

**Band:** 82 (1975)

**Heft:** 2

**Artikel:** Bekleidungsphysiologie : neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Bekleidungshygiene

**Autor:** Kunsch, Eberhard

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-677085

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 02.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# Bekleidungsphysiologie

## Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Bekleidungshygiene*

Mit der Erfindung des Spinnvorganges ist auf dem Gebiet des Bekleidungswesens eine neue Aera angebrochen, die man mit Recht als Textilepoche bezeichnet. Aus den primitivsten Anfängen heraus, nämlich dem Körper Schutz gegen Witterungseinflüsse zu gewähren, begann die menschliche Bekleidung allmählich höheren Ansprüchen zu genügen. Bedingt durch ständig steigende materielle und kulturelle Bedürfnisse müssen die Textilien neben der reinen Schutzfunktion neuen spezifischen Forderungen Rechnung tragen. Schliesslich nahm sehr bald auch die Mode Einfluss auf die sich anbahnende Entwicklung der industriellen Erzeugung von Textilien. Schon in ältester Zeit hatten kulturelle, künstlerische und modische Motive den Vorrang gegenüber vernünftigen oder gar gesundheitlichen Gesichtspunkten. Um so erfreulicher ist die Tatsache zu werten, dass in letzter Zeit Fragen der Bekleidungsphysiologie mehr und mehr Bedeutung in der Oeffentlichkeit gewinnen. In der DDR wird den Problemen der Qualitätsverbesserung grosse Aufmerksamkeit gewidmet, und die auf dem Gebiet der Bekleidungshygiene in unseren Forschungseinrichtungen durchgeführten Arbeiten dienen letztlich der Qualitäts- bzw. Gebrauchswertverbesserung im komplexen Sinne. Die Auffassung, dass bei der Beurteilung der menschlichen Bekleidung neben Konstruktion, Warenbild, Schnitt und Preis auch die Eignung in hygienischer Hinsicht eine Rolle spielt, setzt sich unüberhörbar durch. Erst vor wenigen Jahren hat in dieser traditionsreichen Textilstadt vor der repräsentativen und die Entwicklungsrichtung beeinflussenden Kulisse der 9. Internationalen Chemiefasertagung ein hochinteressanter Disput namhafter Experten auf dem Gebiet der Bekleidungsphysiologie stattgefunden. Sicherlich sind mit der Durchdringung dieses neuen Wissenszweiges, quasi als Grenzgebiet zwischen Physik, Medizin und Textiltechnik zu betrachten, viele neue Impulse ausgelöst worden. Unser Vortrag basiert auf allgemeingültigen Erkenntnissen der modernen Bekleidungshygiene und versucht, einen Beitrag zu leisten zur Lösung der ausserordentlich differenzierten und dem Wesen nach komplizierten Problematik.

Wir sind uns dessen bewusst, dass über eine Reihe von Auffassungen durchaus unterschiedliche Standpunkte bezogen werden können. Das trifft übrigens auch für die zur zitierten Dornbirner Chemiefasertagung dargelegten Meinung vollinhaltlich zu.

Motivation für alle Arbeiten auf dem Gebiet der Bekleidungsphysiologie sollte sein:

1. Die mit dem ständig steigenden Lebensstandard einhergehenden Forderungen nach einer weiteren Vervollkommnung der Bekleidung müssen berücksichtigt werden und diese sind auch relativ erfüllbar.
2. Die dem Konstrukteur von Bekleidung angebotenen Elemente in Form der Faserstoffe — zunehmend synthetischer Herkunft — der Beschaffenheit der Flächengebilde, der Anwendung hochproduktiver Verfahren in allen Prozessstufen und letztlich auch der bereitstehenden Farben und Textilhilfsmittel sind Realität.
3. Jeder Hersteller von Bekleidung ist konfrontiert mit dem immer stärker in den Vordergrund tretenden Forderungen nach Erfüllung bekleidungshygienischer Aspekte und muss diese bei Strafe des Verlustes seiner Marktfähigkeit erfüllen.

Der Tag, da durch den Verbraucher die Auszeichnung von Textilien als beispielsweise «hygienisch einwandfrei» gefordert wird, ist nicht mehr fern. Aus diesen Gründen sind bei aller Kompliziertheit der zu lösenden Aufgaben oder gerade deshalb alle zur Mitarbeit aufgefordert. Bevor wir die wichtigsten Faktoren des Tragekomforts beschreibenden und wertenden Betrachtungen unterziehen, sei noch einmal darauf hingewiesen, dass man einer Vielzahl zwar abgrenzbarer und definierbarer Einflüsse gegenübersteht, die aber auf den Träger als Komplex wirken, sich also addieren oder aber gegeneinander kompensieren. Zur Wirkung dieser Kriterien an sich, also objektiv betrachtet, kommt eine Reihe individueller und damit subjektiver Momente, wie Veranlagung (Sensibilität, Alergien), Gewohnheiten, psychologische Einflüsse, spezieller Zustand des Trägers (gesund oder krank), klimatische Bedingungen, unterschiedliche Belastungen, Kombinierbarkeit der Bekleidung (die sogenannten Mehrschichtsysteme), Lage zu oder Kontakt mit der Haut u. a. Um diesen komplexen Charakter erfassbar und damit quantifizierbar zu machen, erfolgen jetzt einige Feststellungen bzw. Darlegungen von Erkenntnissen. Als Grundparameter der Bekleidungsphysiologie nennt Welfers folgende Definition:

«Die Bekleidung soll den menschlichen Körper vor zu grossen Wärmeverlusten schützen, die nachteiligen Witterungs- und Umwelteinflüsse fernhalten und das äussere Erscheinungsbild unter Berücksichtigung modischer Einflüsse verbessern. Durch die Bekleidung soll um den Körper eine hygienische und angenehme Raumzone gelegt werden. Auch bei raschem Wechsel der klimatischen Gegebenheiten soll bei Ruhe oder Bewegung sowie bei körperlicher Anstrengung auch bei Aenderung von Temperatur, Feuchtigkeit und Luftwechsel innerhalb der Kleidung dennoch das Behaglichkeitsgefühl gewährleistet sein.»

Die Bekleidung hat demnach vom hygienischen Standpunkt aus betrachtet erstrangig die Funktion, die rasche Einregulierung dieser Bedingungen durch optimalen Wärmedurchgang oder günstiges Wärmerückhaltevermögen sowie durch Feuchtetransport und Luftdurchlässigkeit in Abhängigkeit von Stoff und Konfektionsart zu erfüllen. Es ist sicherlich verständlich, dass eine bestimmte Kleidung bei stark veränderten Klimaverhältnissen oder auch höheren Leistungsanforderungen nicht ohne weiteres alle physiologischen Forderungen erfüllen kann. Bei der Betrachtung des Systems Körper—Klima—Kleidung soll im Idealfall bei geringer Verschiebung der Parameter Wärmedurchgang bzw. Wärmerückhaltevermögen, Feuchtetransport und Luftdurchlässigkeit stets Behaglichkeit garantiert werden. Die ein-

* Aus der Vortragsreihe des XIX. Kongresses der IFWS im September 1974 in Dornbirn.

zige beeinflussbare Grösse in diesem sogenannten 3-K-System ist die Kleidung. Der steigende Einsatz synthetischer Faserstoffe für den gesamten Bekleidungssektor, die sich dadurch eröffnenden, völlig neuartigen weitgespannten Möglichkeiten textilen Konstruierens erfordern deshalb systematische bekleidungs-wissenschaftliche Untersuchungen. Nachfolgend soll auf Zusammenhänge zwischen bekleidungshygienisch wichtigen Merkmalen in der Beschaffenheit von textilen Flächengebilden sowie die Eignung und Grenzen der verschiedenen Prüfverfahren und Prüfgeräten zur Ermittlung textil-physikalischer Kennwerte mit bekleidungs-hygienischer Bedeutung eingegangen werden. Für die Beurteilung der textilphysikalischen Eigenschaften zur Charakterisierung des Gebrauchswertes in bekleidungshygienischer Hinsicht ist es notwendig, Zusammenhänge zu den allgemeinen konstruktiv bedingten Merkmalen textiler Flächengebilde zu finden. Unter diesem Aspekt erscheinen besonders interessant Flächenmasse, Dicke, Rohdichte, Dichtefaktor, Porenanteil, äquivalente Luftschichtdicke und Transparenz.

Zum beseren Verständnis der Darlegungen des Vortrages sei es gestattet, die soeben genannten Begriffe kurz zu erläutern bzw. zu definieren.

1. *Dicke* ist der Abstand zwischen Ober- und Unterseite eines Flächengebildes.
2. *Rohdichte* ist der Quotient aus Masse und Volumen des Flächengebildes.
3. *Porenanteil* stellt den Anteil der in den Fasern sowie zwischen Fasern und Fäden befindlichen Lufträumen am Gesamtraum dar, den das textile Flächengebilde einnimmt.
4. *Aequivalente Luftschichtdicke* ist das Produkt aus Porenanteil und Normaldicke des textilen Flächengebildes. Sie stellt die Höhe der im Flächengebilde enthaltenen Luftschicht dar.

Wir werden im folgenden berichten über Arbeiten, die den Zweck verfolgen, für unser Metier, nämlich Trikotagen und Strümpfe, praktikable Lösungen für das Anliegen der Qualifizierung bekleidungsphysiologischer Phänomene vorzustellen.

Die bekanntesten Autoren wie Mecheels, Welfers und andere stimmen darin überein, dass die Bekleidungsphysiologie im wesentlichen durch folgende Kriterien charakterisiert wird:

Verhalten gegenüber Feuchte, Temperatur und Luft.

Das Fachschrifttum bietet eine Reihe von Forschungsergebnissen und Empfehlungen zur Prüfung dieser Kriterien an. Unter Nutzung dieser Grundsatzerkenntnisse haben wir versucht, Verfahren und Methoden anzuwenden, die dem speziellen Charakter der Maschenware einerseits und der Verwendung von beschaffbaren Messgeräten andererseits Rechnung tragen.

## Zum Problem Feuchteverhalten

Ausgehend von der Tatsache, dass die meisten der in immer stärkerem Umfang zum Einsatz kommenden Synthesefaserstoffe hydrophob sind, werden oft Schlüsse auf das Trageverhalten der Textilien gezogen, die auf einer falschen Vereinfachung beruhen und damit anfechtbar sind.

Die Fachwelt bietet auch hier eine Fülle von Interpretationen und wissenschaftlichen Untersuchungsergebnissen an, mit denen bewiesen wird, dass der Komfort der Bekleidung nicht einfach proportional zur Hygroskopizität der Faser angegeben werden kann, sondern dass vielfältige Mechanismen wirken, die den Feuchtedurchgang durch Textilien ermöglichen.

Für das Feuchteverhalten der textilen Flächengebilde sind folgende Faktoren als Einflussgrössen relevant:

1. die Wasseraufnahme — d. h. das Vermögen eines textilen Gewebes, Wasser zu binden;
2. der Wassertransport — d. h. das Vermögen, Feuchtigkeit weiterzuleiten;
3. die Wasserdampfdurchlässigkeit — d. h. das Vermögen, die Diffusion von Wasserdampf durch das Textil zu hemmen oder zu begünstigen.

Mit Hilfe der sog. Tropfflächenmethode ist es möglich, die beim praktischen Gebrauch auftretenden Bedingungen annähernd zu simulieren und zu produzierbaren Parametern für die Wasseraufnahme und den Wassertransport darzustellen.

Gestatten Sie mir, zum besseren Verständnis eine prinzipielle Erläuterung dieser Methode und der resultierenden Werte.

Das entwickelte Tropfflächengerät ermöglicht es, eine Prüfflüssigkeit mit Hilfe einer Dosiereinrichtung auf einen waagrecht liegenden Prüfling unter definierten Bedingungen aufzutropfen. Die Grösse der flüssigkeitsgetränkten Fläche wird unmittelbar nach dem Auftropfen und nach einer bestimmten Dauer der kapillaren Ausbreitung elektronisch gemessen.

Mit dem Versuchsaufbau wird ein Simulation der natürlichen Verhältnisse am menschlichen Körper angestrebt. So wie der Schweiss vom Körper in Tropfen dosiert abgegeben wird, erfolgt bei der Tropfflächenmethode das Auftropfen der Prüfflüssigkeit mit einer bestimmten Dosierleistung in einer bestimmten Zeitdauer. Die während des Tropfvorganges vom Textil aufgenommene Flüssigkeitsmenge verteilt sich oberflächenparallel über eine bestimmte Fläche, die sog. Tropffläche. Diese Fläche wird gemessen und gilt als Mass der Wasseraufnahme.

Die sich nach dem Tropfvorgang anschliessende weitere Ausbreitung der Flüssigkeit im textilen Flächengebilde ist ein Kennzeichen für den Wassertransport.

Eine zweite Messung erfasst die nach der Ausbreitung gebildete flüssigkeitshaltige Fläche, die sog. Ausbreitungsfläche, als Mass des Wassertransportes.

Formal betrachtet sind grössere Ausbreitungsflächen positiv zu beurteilen, da anzunehmen ist, dass dann gute Wasser- bzw. Schweissaufnahme, guter kapillarer Transport sowie eine grosse Verdunstungsfläche vorhanden sind.

Infolge der Dickenabhängigkeit der Ausbreitungsfläche gilt diese Beziehung jedoch nur bei Vergleich von Flächengebilden mit annähernd gleicher Dicke.

Um aber verschiedenste Flächengebilde vergleichbar zu machen, ist in die Betrachtung des Feuchteverhaltens eine dritte Grösse, der sogenannte *Sättigungswert,* der weder dicken- noch rohdichteabhängig ist, einzubeziehen. Zur Ermittlung dieses Wertes tritt eine weitere Bezugsgrösse, die *Sättigungsfläche,* in Erscheinung, die wie folgt zu definieren ist:

«Die Sättigungsfläche ist die kleinste Fläche eines textilen Flächengebildes, die in der Lage ist, 1 g Wasser aufzunehmen.»

Durch Beziehung der Ausbreitungsfläche auf die Sättigungsfläche, d. h. Bildung des Quotienten aus Sättigungsfläche und Ausbreitungsfläche und Multiplikation mit 100 ergibt sich eine, das kapillare Saugvermögen kennzeichnende Grösse, die als Sättigung bezeichnet wird.

Die Sättigungswerte sind wie folgt zu interpretieren: Je geringer die Sättigung, umso besser ist das kapillare Saugvermögen und umso aufnahmefähiger ist das Flächengebilde für weiteren Schweiss. Dabei geben die Sättigungswerte allerdings keinerlei Auskunft über die absolute Menge des durch das Flächengebilde aufnehmbaren und transportierten Schweisses. Hierzu ist es erforderlich, solche Messverfahren einzusetzen, die es gestatten, dass neben der Ausbreitungsfläche auch die vom Flächengebilde aufgenommene und transportierte Wassermenge gemessen werden kann, damit Aussagen über die absolute Schweissaufnahme und den Schweisstransport gemacht werden können. Geeignet scheint hierzu das sogenannte Steighöhenverfahren, das wir im folgenden näher erläutern möchten:

Die Steighöhenmethode ist als Ergänzung zum Tropfflächenverfahren zu betrachten. Während man mittels des bei der Tropfflächenmethode erhaltenen Sättigungswertes eine relative Aussage über das kapillare Saugvermögen erhält, wird durch dieses Prüfverfahren, bei dem die in der Zeiteinheit vom Prüfling aufgenommene Wassermenge bestimmt wird und vor allem durch die Ermittlung des Transportleistungswertes eine absolute Aussage über Wasseraufnahme und Wassertransport gewonnen. Die Transportleistung ist das Produkt aus aufgenommener Wassermenge und dem vom Wasser im Textil zurückgelegten Weg bezogen auf die Zeiteinheit. Bei der Diskussion des ermittelten Transportleistungswertes ist also zu beachten, dass dieser ein Produkt zweier Faktoren bezogen auf die konstante Zeit ist. Bekleidungshygienisch wirkt es sich günstig aus, wenn beide Faktoren im richtigen Verhältnis zueinander stehen. Es nützt wenig, wenn eine gute Ausbreitungsfläche neben einer geringen Wasseraufnahmefähigkeit besteht oder umgekehrt eine geringe Ausbreitungsfläche bei genügender Wasseraufnahme vorhanden ist. Gleiche Transportleistungswerte verschiedener Qualitäten garantieren daher nicht unbedingt gleich gutes Verhalten gegenüber Schweissaufnahme und Schweisstransport.

Abschliessend zu diesem Kapitel einige Ausführungen zur Relation zwischen Transportleistung und allgemeinen Beschaffenheitsmerkmalen textiler Flächengebilde. Da es sich bei der Transportleistung um einen Komplexwert aus Wasseraufnahme und Wassertransport handelt, ist kein klarer funktioneller Zusammenhang zu einem bestimmten konstruktiven Merkmal zu finden. Der hierbei eingesetzte Faserstoff, die Oberflächenbenetzbarkeit sowie die Konstruktion des Flächengebildes wirken komplex zusammen. Um trotzdem für den Textiltechnologen gewisse Anhaltspunkte zu schaffen, ist es erforderlich, die den Komplexwert bildenden zwei Faktoren, nämlich aufgenommene Wassermenge und Steighöhe, zu analysieren. Zur Abhängigkeit dieser Faktoren kann folgendes festgestellt werden: Bei unbegrenztem Wasserangebot ist die Steighöhe vorrangig ein Ausdruck für den sogenannten Dochteffekt, der durch die eingesetzte Fadenart bestimmt wird und damit weitestgehend dicken- und rohdichteunabhängig ist. Dagegen ist die aufgenommene Wassermenge eine Funktion von Dicke, Rohdichte und faserstoffbedingter Kapillarität. Allgemein gilt, je dicker das Flächengebilde, umso grösser die aufgenommene Wassermenge, je grösser die Rohdichte, desto geringer die Wasseraufnahme.

Je besser die faserstoffbedingte Kapillarität, umso grösser die Wasseraufnahme. Bei Zusammenfassung der Ergebnisse kann festgestellt werden, dass zur Beurteilung der Wasseraufnahme und des Wassertransportes von textilen Flächengebilden der Sättigungswert und der Transportleistungswert als Einheit zu betrachten sind. Hohe Transportleistungswerte verbunden mit niedrigen Sättigungswerten garantieren günstige Eigenschaften in bezug auf das Verhalten gegenüber Schweiss. Eine Angabe von Richtwerten ist allerdings nicht möglich, da diese stets von den gegebenen äusseren klimatischen Bedingungen der Arbeitsschwere sowie von den idividuellen Tragegewohnheiten abhängig sind.

Eine Einflussnahme auf Sättigung sowie Transportleistung ist hauptsächlich durch folgende Beschaffenheitsmerkmale des textilen Flächengebildes möglich: Dicke, Rohdichte, Kapillarität und den Faserstoff selbst, gekennzeichnet durch seine Hygroskopizität. Durch diese Aufzählung wird erkennbar, dass alle ein textiles Flächengebilde charakterisierenden Beschaffenheitsmerkmale starken Einfluss auf Wasseraufnahme und Wassertransport besitzen. Die dritte Kenngrösse für die Bewertung und Quantifizierung des Feuchteverhaltens ist die Wasserdampfdurchlässigkeit. Es wird dabei die Masse an Wasserdampf bestimmt, die durch ein textiles Flächengebilde in einer bestimmten Zeit und unter konstanten Klimabedingungen difundiert. Das Verhältnis von Diffusion von Wasserdampf durch das textile Flächengebilde und Diffusion von Wasserdampf ohne textiles Flächengebilde ergibt die Wasserdampfdurchlässigkeit in Prozent.

Der Transport von Wasserdampf erfolgt vorwiegend durch die mit Luft gefüllten Poren in der Maschenstruktur des textilen Flächengebildes.

Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass mit Zunahme des Anteiles von Luft im Gestrick die Wasserdampfdurchlässigkeit steigt.

Der weitaus geringere Anteil von Wasserdampf difundiert in das Faserinnere und wird durch den Faserstoff nach

aussen transportiert. Anhand der durchgeführten Prüfungen kann man Beziehungen zwischen der Wasserdampfdurchlässigkeit und den textil-physikalischen Prüfwerten an textilen Flächengebilden erkennen. Dicke und Rohdichte sind dabei in ihrer Bedeutung annähern gleichrangig.

Zur Beeinflussung der Wasserdampfdurchlässigkeit hat die Textiltechnologie vielfältige Möglichkeiten. Ausser der gezielten Beeinflussung der bereits genannten Prüfwerte, Dicke und Rohdichte kann durch die Variierung der Bindungsarten z. B. durch filetartige Strukturen und andere Durchbrechungseffekte auf die Wasserdampfdurchlässigkeit eingewirkt werden.

## Zum Wärmeverhalten von Textilien

Die Unterstützung der Temperaturregelvorgänge des Körpers durch eine sinnvolle, den unterschiedlichen Belastungen angepasste Bekleidung ist eine ihrer wichtigsten Aufgaben. Bevor wir die bei uns angewandte Methode zur Bestimmung und Bewertung des Wärmeverhaltens erläutern, sei auf die Fülle von Grundsatzerkenntnissen, die gerade auf diesem Gebiet vorliegen, noch einmal verwiesen.

Einstimmigkeit aller an die Oeffentlichkeit getretenen Forscher besteht darin, dass die spezifische Wärmeleitfähigkeit der meisten Fasern fast gleich ist. Es sind also keine substanzbedingten Einflüsse auf das Wärmeverhalten von Textilien ableitbar.

Die Fähigkeit der Wärmeisolierung ist vielmehr eine Funktion der Dicke des Flächengebildes, seiner Struktur, d. h. der Faser- und Flächen-Geometrie. Es bestehen also annähernd lineare Beziehungen zwischen Wärmeverhalten und Dicke.

Als Bewertungskriterien haben wir uns für unsere Untersuchungen den Wärmeleitwiderstand als charakteristisches Merkmal gewählt. Bei uns ist dafür ein Prüfgerät entwickelt worden, dessen Wirkungsweise folgende ist:

An eine beiderseitig mit Prüflingen bedeckte Heizfolie werden zwei Kühlplatten mit definiertem Druck angepresst. Bei der Messung wird diejenige Heizleistung bestimmt, die notwendig ist, um eine vorgegebene stationäre Temperaturdifferenz zwischen Heizfolie und den Kühlplatten aufrecht zu erhalten. Damit wird der beim Tragen einer Textilie auftretende Wärmeaustausch zwischen Körper/Kleidung und Aussenklima nachgeahmt.

Die Auswertung der Messergebnisse bestätigt die Richtigkeit der eingangs zu diesem Kapitel aufgestellten Hypothese von der Proportionalität zwischen Dicke des Flächengebildes und Wärmeleitwiderstand. Analoge Verhältnisse ergeben sich, wenn der Wärmeleitwiderstand als Funktion der äquivalenten Luftschichtdicke erreicht wird. Die so durchgeführten Prüfungen an verschiedenen Flächengebildes haben folgende Erkenntnisse gebracht:

1. Gute Reproduzierbarkeit der Prüfwerte und relativ geringe Streuung.
2. Grundsätzliche Proportionalität zwischen äquivalenter Luftschichtdicke und Wärmeleitwiderstand.
3. Erkennbarkeit der Tendenz, dass mit Zunahme der Rohdichte bei gleicher Dicke der Wärmeleitwiderstand abnimmt.

Damit ist nachgewiesen, dass die äquivalente Luftschichtdicke bzw. die Dicke erstrangig das Wärmeverhalten von Textilien bestimmt. Ebenfalls hat Einfluss auf dieses Kriterium die Struktur der Flächengebilde. Zum Beispiel nimmt bei durchbrochenen Bindungen der Wärmeleitwiderstand ab, obwohl man auf Grund der geringeren Rohdichte das Gegenteil annehmen müsste.

Durch eine Vielzahl von Versuchen wurde hinsichtlich der Höhe des Wärmeleitwiderstandes folgende Sortimentsabstufung gefunden:

1. kettengewirkte UT
2. rundgestrickte UT
3. OT
4. Trainingskleidung

In bezug auf die Struktur der eingesetzten Garne bringen texturierte Seiden aller Provenienzen im Vergleich zu glatter Seide gleicher Stärke eindeutig höhere Wärmeleitwiderstände. Diese können durchaus mit konventionell gesponnenen Fäden konkurrieren.

Trotz dieser eindeutig belegten Messergebnisse kann über einige im praktischen Gebrauch auftretenden Störfaktoren nicht hinweggegangen werden.

Die Charakterisierung des Wärmeverhaltens einer Textilie durch die Kenngrösse Wärmeleitwiderstand des Flächengebildes ist begrenzt, da dieser nicht absolut identisch ist mit den effektiv im Gebrauch auftretenden komplexen Bedingungen. Zum Beispiel bilden sich, beeinflusst durch die Schnittform zwischen Körper und Bekleidungsgegenstand zusätzliche Luftschichten aus, die den Wärmeleitwiderstand stark erhöhen. Weiterhin treten neben der Wärmeleitung auch Wärmekonvektionen und Wärmestrahlung auf.

Ein zusätzlicher Faktor ist die Grösse der Kontaktfläche, die bei der Messung des Wärmeleitwiderstandes keine Berücksichtigung findet. Wir messen dieser Grösse nicht nur im Hinblick auf das Wärmeverhalten, sondern weitere wichtige den Gesamttragekomfort entscheidend beeinflussende Faktoren, grosse Bedeutung bei. Dennoch wird die vorgestellte Methode bei uns zum Vorteil des Verbrauchers und des Produzenten angewandt und versetzt uns in die Lage, quantifizierte Ware für gezielte Konstruktionen zu schaffen.

Es gibt vielleicht präzisere Verfahren, die aber leider meist den Nachteil haben, kompliziert zu sein und nicht in der notwendigen Breite angewandt werden können.

Bei der Beurteilung von Bekleidung für bestimmte Verwendungszwecke ist das Verhalten in bezug auf Luftdurchlässigkeit von grosser Bedeutung. Allgemein gilt, dass mit zunehmender Windgeschwindigkeit der Wärmeverlust steigt. Die Luftströmung durch ein textiles Flächengebilde gehorcht den allgemeinen Regeln der Flüssigkeitsströmung durch eine Oeffnung.

Die Bestimmung der Luftdurchlässigkeit erfolgt mit einem ungarischen Luftdurchlässigkeitsprüfgerät Typ FF 12 mit

extra vorgeschaltetem Einstellmanometer. Hierdurch werden Druckdifferenzen bis etwa 1 mm Wassersäule einstellbar. Die Schaffung dieser Voraussetzung ist erforderlich, da bei den üblichen Druckdifferenzen von 10 bis 20 mm Wassersäule eine Messung an den meisten Trikotagen- und Strumpferzeugnissen nicht mehr möglich ist. Auf Grund der relativ offenen Struktur von Trikotagen stellen sich bereits ab einer Druckdifferenz von $\geqq$ 5 mm teilweise Durchlässigkeitswerte ein, die mit dem genannten Messgerät nicht mehr erfassbar sind. Die Interpretation der Messergebnisse ist im Hinblick auf die stark unterschiedlichen technologischen Parameter des Prüfgutes, wie Fasermaterial, Bindung, Maschineneinsatz usw. recht undurchsichtig. Unter Beachtung der Tatsache, dass Durchlässigkeit von Luft eine Funktion der Fasersubstanz und des Porenvolumens ist, wurde als Bezugsgrösse die Rohdichte gewählt. Die Rohdichte stellt mit hinreichender Genauigkeit einen Ausdruck für das Porenvolumen dar.

Es zeigt sich, dass der erwartete funktionelle Zusammenhang, je grösser die Rohdichte, umso geringer die Luftdurchlässigkeit, nur in sehr begrenztem Umfang auftritt. Dieser Tatbestand ist allerdings nicht mehr verwunderlich, wenn man bedenkt, dass die Rohdichte nur eine annähernde quantitative Aussage über die Raumerfüllung mit Fasersubstanz im jeweiligen textilen Flächengebilde gibt. Ueber Art und Weise, also die qualitative Seite der Raumerfüllung wird nichts ausgesagt. Es bleibt unbekannt, ob die Fadenmasse lokal konzentriert oder gleichmässig über die Raumeinheit verteilt ist. Weiterhin ist unbekannt, wie die Oberflächenbeschaffenheit und Struktur des Fadenmaterials sind. Diese Gesichtspunkte sind aber von ganz entscheidender Bedeutung für die Luftdurchlässigkeit, da die Abschirmung des Luftdurchganges durch ein textiles Flächengebilde nicht durch eine Art Mauerwirkung, sondern durch aerodynamische Reibung an der Oberfläche des Faserstoffes erfolgt, analog der Windschutzwirkung einer Gartenhecke etwa. Daraus folgt, je grösser die Oberfläche des Fasermaterials je Raumeinheit ist, umso höher ist der Widerstand gegenüber dem Durchgang von Luft. Es besteht also ein funktioneller Zusammenhang zwischen der Luftdurchlässigkeit und der Faserstoffoberfläche je Raumeinheit. Die Verwendung der leicht zugänglichen Rohdichte scheidet für praktische Serienmessungen aus, da die Konstanthaltung der Randbedingungen, wie Bindungsart und dergleichen meist nicht erfüllt ist. Trotzdem kann festgestellt werden, dass unter der Voraussetzung geschlossener Flächenstrukturen durch Einsatz nativer Faserstoffe und von Texturseiden niedrige Luftdurchlässigkeitswerte erzielt werden können.

Durch Einsatz glatter Seiden sind auch bei hohen Rohdichten im Flächengebilde diese Luftdurchlässigkeitswerte nicht zu erreichen. Dadurch ist eine Möglichkeit gegeben, durch Kombination von nativen Faserstoffen bzw. Texturseiden mit Glattseiden die Luftdurchlässigkeitswerte zu regulieren.

Der Einfluss der Bindungen ist ebenfalls erheblich. Obwohl auf Grund des vorliegenden Erkenntnisstandes kein abschliessendes Urteil gefällt werden kann, bleibt festzustellen, dass vor allen Dingen mit gravierenden Unterschieden in der Luftdurchlässigkeit beim Vorliegen filetartiger Bindungen gegenüber geschlossenen Flächenstrukturen zu rechnen ist.

Unbeachtet bleiben hier natürlich der Einfluss der Konfektion, der Schnittgestaltung sowie die individuellen Tragegewohnheiten.

Alle bisher beschriebenen Verfahren und Methoden beziehen sich auf das Verhalten der Flächengebilde in spezifischen Kleidungsgegenständen, die aber im Regelfall in Kombination mit anderen Textilien getragen werden und somit bekleidungshygienisch betrachtet, mehrschichtig wirken. Aus diesem Grunde ist der Ermittlung von Kennwerten für Mehrschichtkombinationen vorrangige Bedeutung beizumessen. Es reicht keineswegs aus, nur die verschiedenen Qualitäten aus den einzelnen Sortimenten einschichtig zu prüfen. Beide Prüfungsarten müssen eine Einheit bilden.

Die durchgeführten Versuche in dieser Richtung zeigen, dass eine annähernde Addition der Einzelwerte der Kombinationspartner vorhanden ist. Die fast genaue Summierung der Einzelwerte ist auch bei Betrachtung der Gesamtdicke der Kombination verständlich, auch hier liegt annähernde Addidivität vor.

In diesem Zusammenhang steht die Frage nach der Bewertung der Mehrschichtkombination im Hinblick auf ihr Verhalten im praktischen Gebrauch im Vordergrund. Es wird dabei davon ausgegangen, dass eine rangmässige Einstufung nicht nach den Einzelprüfwerten vorgenommen werden kann, sondern diese in ihrer komplexen Wirkungsweise zu sehen sind und dementsprechend ein Komplexwert zu bilden ist. Ausgehend von den prüftechnischen Voraussetzungen und der Wichtigkeit im täglichen Gebrauch sollten dabei der Wärmeleitwiderstand, die Wasserdampfdurchlässigkeit, die Luftdurchlässigkeit sowie die für das Verhalten gegenüber Schweiss repräsentativen Sättigungs- und Transportleistungswerte eingehen. Zur Ermittlung eines Komplexwertes bietet sich z. B. folgendes Vorgehen an:

1. Die genannten bekleidungshygienischen Kennwerte sind entsprechend dem Verwendungszweck zu wichten.
2. Die Umwelt- und Arbeitsbedingungen, unter denen die Mehrschichtkombinationen getragen werden, sind festzulegen. Dazu gehören Klima und Arbeitsschwere.
3. Innerhalb der einzelnen bekleidungshygienischen Kennwerte sind Rangzahlen zu ermitteln.

Testreihen zeigten eine Rangfolge, die recht gut mit den beim praktischen Gebrauch ermittelten subjektiven Einschätzungen korreliert. Treten grössere Abweichungen zwischen der Einschätzung auf der Basis der bekleidungshygienischen Prüfung gegenüber dem Tragegefühl im Gebrauch auf, dann bleibt festzustellen, dass der Einfluss der Schnittgestaltung die individuellen Tragegewohnheiten und die Kontaktfläche der Kleidung auf der Haut nicht im Komplexwert enthalten sind.

Wir kommen zu einer abschliessenden Betrachtung. Uns scheint, dass das wichtigste Ergebnis der vorliegenden Arbeit die Herstellung funktioneller Zusammenhänge zwi-

schen den Beschaffenheitsmerkmalen der Flächengebilde und den bekleidungshygienisch wichtigen textil-physikalischen Merkmalen, wie Wärmeleitwiderstand, Wasserdampfdurchlässigkeit, Sättigung, Transportleistungswert, Luftdurchlässigkeitswert, ist. Gegliedert nach den Schwerpunkten Verhalten gegenüber Wärme, Feuchte und Luft, ergeben sich zusammengefasst folgende Beziehungen:

Verhalten gegenüber Wärme

Es konnte nachgewiesen werden, dass der Wärmeleitwiderstand in erster Linie von der Dicke des textilen Flächengebildes abhängig ist. Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen beiden Grössen. Rohdichte und Porengrösse beeinflussen den Wärmeleitwiderstand erst in zweiter Linie.

Weiterhin erbrachten die Prüfungen die Addierbarkeit der Einzelwerte bei Einsatz von Mehrschichtkombinationen.

Verhalten gegenüber Feuchte

Die Wirkung des Flächengebildes auf den gasförmigen Feuchtedurchgang ist ähnlich der gegenüber dem Wärmedurchgang. Es gilt, je dicker das textile Flächengebilde, umso niedriger die Wasserdampfdurchlässigkeit. Im Gegensatz zum Wärmeleitwiderstand ist die Wasserdampfdurchlässigkeit auch stark von der Rohdichte abhängig. Unterstützt wird die Wasserdampfdurchlässigkeit durch gute Benetzbarkeit der Faserstoffoberfläche, ihre Hydrophilie. Neben dem Verhalten gegenüber dem gasförmigen Feuchtedurchgang interessiert auch die Erfassung der Wasseraufnahme und des Wassertransportes bei Abgabe von flüssigem Wasser in Form von Schweiss. Hierzu dient die Erfassung des Sättigungs- und Transportleistungswertes.

Liegt trotz optimaler Wärmeleitwiderstands-, Wasserdampfdurchlässigkeits-, Sättigungs- und Transportleistungswerten im praktischen Gebrauch ein schlechtes Tragegefühl vor, so müssen noch als überaus wichtige Einflussfaktoren mit bekleidungs-hygienischer Bedeutung die Kontaktfläche des Erzeugnisses mit der Haut sowie die Schnittgestaltung beachtet werden. Der erwartete funktionelle Zusammenhang zwischen Rohdichte und Luftdurchlässigkeit wird durch die Praxis nicht voll bestätigt, da die Windbrechwirkung auf dem Prinzip der aerodynamischen Reibung beruht. Eine Dickenabhängigkeit der Luftdurchlässigkeit konnte ebenfalls nicht nachgewiesen werden.

Mit den vorgestellten Ergebnissen wurden grundlegende Zusammenhänge zwischen den bekleidungshygienisch wichtigsten textilphysikalischen Eigenschaften und den konstruktiv bedingten Beschaffenheitsmerkmalen der textilen Flächengebilde untersucht und aufgedeckt. Es erhebt sich nun resümierend die Frage über den damit verbundenen Informationsgewinn. Unbestritten bleibt die Tatsache, dass durch die Testung der neuentwickelten Prüfverfahren und der auf ihrer Basis bestimmten textilphysikalischen Kennwerte erstmalig eine Bestimmung der textilen Flächengebilde der Maschenwarenindustrie im Hinblick auf Verhalten gegenüber Wärme, Feuchte und Luft vorgenommen werden konnte.

Innerhalb und zwischen den Flächengebilden aus den verschiedenen Erzeugnisgruppen konnte auf objektiver Basis eine quantitative Einstufung vorgenommen werden. Als Ergebnis der Arbeiten liegt nunmehr fest, welche Flächengebilde hohe, mittlere und geringe Wärmeleitwiderstände, Wasserdampfdurchlässigkeiten, Luftdurchlässigkeiten und Sättigungswerte besitzen. Diese Erkenntnisse sollten bei künftigen Entwicklungen von Flächengebilden Berücksichtigung finden. Offen und ungelöst musste der quantitative Zusammenhang zwischen den bekleidungshygienisch wichtigen textilphysikalischen Eigenschaften des Flächengebildes und den bekleidungsphysikalischen Eigenschaften des fertigen Erzeugnisses bleiben, die letztlich unmittelbar mit dem Wohlbefinden des Trägers in Zusammenhang stehen. Dieser Zusammenhang ist nur dann eindeutig, wenn Zuschnitt, Passform und individuelles Tragegefühl konstant gesetzt werden. Die Fortführung des Komplexes Bekleidungshygiene wird in folgende drei Richtungen als notwendig erachtet:

1. Auf der Basis einer weiter zu vervollkommnenden Prüftechnik und entsprechender Prüfverfahren sind die den Erzeugnissen der Maschenwarenindustrie zugrundeliegenden Flächengebilde durch ihre bekleidungshygienisch wichtigsten textilphysikalischen Eigenschaften zu charakterisieren. Der funktionelle Zusammenhang zwischen diesen Kennwerten und den konstruktiv bedingten Merkmalen ist noch präziser darzustellen und auf der Basis von breiteren Untersuchungen auch statistisch zu sichern.
2. Bei der Neuentwicklung textiler Flächengebilde sollte die Optimierung der technologischen Varianten auch unter bekleidungshygienischem Aspekt vorgenommen werden.
3. Herstellung und Aufdeckung funktioneller Zusammenhänge zwischen textilphysikalischen und bekleidungsphysikalischen Prüfergebnissen unter Einbeziehung der variablen Konstruktionen der Erzeugnisse. Durch Klärung dieser Problematik wird schliesslich eine weitaus gesichertere Voraussage für das Verhalten im Gebrauch möglich.

Ing. Eberhard Kunsch
VMB Wissenschaftlich-Technisches Zentrum
Trikotagen und Strümpfe
Limbach-Oberfrohna/DDR

**Literatur**

J. Mecheels: Kleidung aus Chemiefasern für heisse Klimabedingungen (Referat zur 9. Internationalen Chemiefasertagung).

E. Welfers: Bekleidungsphysiologische Untersuchungen zur Beurteilung von Textilien aus Stapelfasern (Referat zur 9. Internationalen Chemiefasertagung).

E. Kaswell: Eine Uebersicht über die Beziehungen zwischen Faser-, Garn- und Gewebeeigenschaften und dem Bekleidungskomfort (Referat zur 9. Internationalen Chemiefasertagung).

K. Sperschneider und S. Ehrhardt: Einsatzmöglichkeiten bekleidungshygienisch wichtiger textilphysikalischer Prüfverfahren im Industriezweig Trikotagen und Strümpfe (Bekleidung und Maschenware 12/1973, Heft 5 und 6, S. 199).