

Grundlagen der Bekleidungsphysiologie und der menschlichen Arbeits- und Schutzkleidung ¹

Von Prof. Dr. ing. *Otto Mecheels* ²

Die Bekleidungsphysiologie befaßt sich mit den Zusammenhängen zwischen dem menschlichen Körper und seiner Kleidung. Im Verlaufe der einschlägigen Arbeiten hat es sich herausgestellt, daß man die physiologischen Eigenschaften einer Kleidung durch die drei meßbaren Werte,

Wärmerückhaltevermögen,
Schweißtransport und
Lüftung

beurteilen kann. Diese an sich nicht vergleichbaren Größen lassen sich nur dann in ein System bringen, wenn die gemessenen Werte in Prozenten ausgedrückt werden. Mit hundert Prozent oder mit null Prozent werden diejenigen apparateigenen Werte belegt, welche ohne Prüfling gewonnen wurden. Darauf werden die in Anwesenheit des Prüflings erzielten Werte bezogen [1].

Teilt man nun die Fläche eines Kreises vom Mittelpunkt aus in drei gleiche Sektoren, so erhält man in der Peripherie des Kreises drei Punkte, welche mit Wärmerückhaltevermögen, Schweißtransport und Lüftung bezeichnet werden (Abbildung 1).

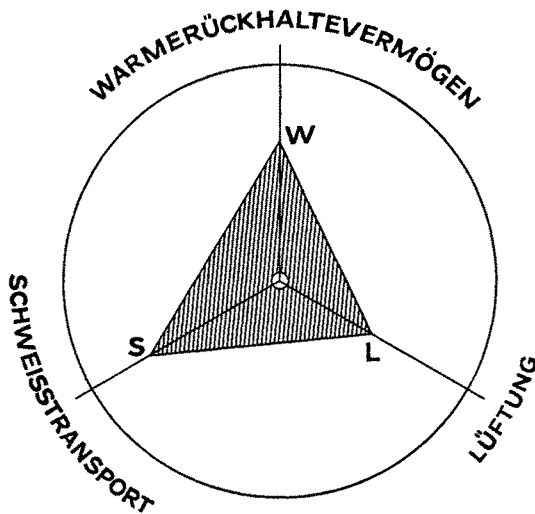


Abbildung 1.

¹ Nach einem Vortrag, gehalten an der 1. Ärztetagung über Bekleidungsphysiologie und Bekleidungshygiene, 14. Oktober 1960, in Hohenstein. Wurde bereits publiziert in «Deutscher Med. Informationsdienst», Mitteilungsblatt Nr. 2, Januar 1961.

² Adresse des Autors: Forschungsinstitut Hohenstein, Kirchheim a. Neckar.

Trägt man die für eine bestimmte Kleidung gefundenen Meßwerte auf den entsprechenden Verbindungslinien zum Mittelpunkt ab und verbindet die gewonnenen Punkte WSL miteinander, so erhält man ein Dreieck, dessen Flächeninhalt eine zahlenmäßige Erfassung des physiologischen Gesamtwertes der Kleidung ermöglicht. Je größer die Fläche des «Wesel»-Dreiecks ist, um so günstiger liegen die hygienischen Eigenschaften.

Die drei genannten Werte stellen recht komplexe Größen dar. Sie summieren eine Reihe gleichzeitig ablaufender Vorgänge und dürfen somit nur mit Vorbehalt ausgewertet werden. Immer wenn ähnliche, aber nicht gleiche Abläufe gemessen werden, besteht die Gefahr von Überlagerungen, die bei der graphischen Aufzeichnung oft als Sättel oder Knicke auftreten. Es ist deshalb notwendig, für die drei komplexen Wertbezeichnungen Wärmerückhaltevermögen, Schweißtransport und Lüftung Unterteilungen vorzunehmen.

Das Wärmerückhaltevermögen

Die Wärmeisolation von Textilien hängt von zwei Faktoren ab, und zwar vom Isolationsvermögen des Systems Fasermaterial plus eingeschlossene Luft und vom Wärmeleitungsvermögen des Materials an sich.

H. Hensel [2] gibt die Wärmeabgabe des Menschen bei einer Raumtemperatur von 20°C wie folgt an:

Wärmeabgabe durch die Haut			Wärmeabgabe durch die Atmung
Abstrahlung 50%	Konvektion 20%	Verdunstung 20%	Trockene Wärmeabgabe und Verdunstung 10%

Bei der genauen Durchkonstruktion einer Schutzkleidung muß das gemessene Wärmerückhaltevermögen in diese Werte aufgeteilt werden.

Wenn man die Abstrahlung der Wärme von dem Wärmespender gegen den Prüfling und den Wärmedurchgang durch diesen messen will, so muß das Stephan-Boltzmannsche-Gesetz [3] berücksichtigt werden. Danach ist das Strahlungsvermögen abhängig von der 4. Potenz der absoluten Temperatur und von einer Zahl C.

$$E = C \left(\frac{T}{100} \right)^4 \text{ W}\epsilon / \text{m}^2\text{h}$$

Hierbei setzt sich die Zahl C aus der Strahlungskonstanten 4,96 und dem Absorptionsverhältnis zusammen. Nach Angaben der «Hütte» (1925, I/463) wurden für dieses Absorptionsverhältnis gefunden:

Baumwollgewebe: $e = 0,77$
Wollgewebe : $e = 0,78$
Seidengewebe : $e = 0,78$

Man sieht daraus, daß die Wärmeschutzwirkung weniger von der Wärmeleitfähigkeit der Faserstoffe an sich, als in erster Linie von der eingeschlossenen Luft abhängig ist. Es muß also das «Luftrückhaltevermögen» der Textilien berücksichtigt werden.

Man mißt das Wärmerückhaltevermögen zweckmäßig mit der sogenannten Kompensationsmethode. Sie beruht auf der Äquivalenz zwischen Wärme und elektrischer Arbeit:

$$1 \text{ Ws} = 0,24 \text{ cal.}$$

Hier wird die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Seiten des Prüflings konstant gehalten und die dazu nötige Zufuhr von elektrischer Energie zur wärmeren Seite gemessen. Apparaturen dieser Art wurden u.a. konstruiert und beschrieben von Winston und Baker, von Tallant und Woerner und von Heyl und Kramer. Im allgemeinen werden Flüssigkeitsbehälter verwendet, deren Füllung konstant auf der menschlichen Kerntemperatur von 37°C gehalten wird. Die mit dem Prüfling belegte Seite des Behälters ragt in eine scharf regulierbare Kältekammer hinein, in welcher bei ruhender Luft oder im definierten Luftstrom gemessen wird. Gemessen wird der Wärmeverlust im Flüssigkeitsbehälter. Daraus kann die elektrische Energie, welche in der Zeiteinheit aufgewendet wird, um den Verlust an Wärmemenge zu kompensieren, berechnet werden. Für den Wärmestrom

W (kcal/h) gilt dann

$$W = c \cdot U \cdot I,$$

wobei c das elektrok calorische Äquivalent, I die Stromstärke und U die am Heizdraht liegende Spannung bedeutet. Diese direkte Kompensation wurde auf Vorschlag von H. Breuning, Stuttgart, gewählt. Die andere Möglichkeit besteht darin, daß man an die Heizung eine konstante Spannung anlegt, sie über ein Kontaktthermometer schaltet und über einen Wattstundenzähler die in einer bestimmten Zeit verbrauchte Energie mißt. Je größer die elektrische Energie ist, welche zur Erhaltung der Wärmekonstanz von 37°C in dem mit dem Prüfling belegten Flüssigkeitszylinder benötigt wird, um so geringer ist das Wärmerückhaltevermögen des gemessenen Textilgutes.

«Kälteschutz» bedeutet also, daß unsere Kleidung imstande ist, um den menschlichen Körper herum eine Luftschicht zu legen, welche mehr oder weniger langsam ausgewechselt werden kann.

Der Schweißtransport

Es wäre nun nicht schwer, den Menschen durch Kleidung vor Kälte zu schützen, wenn nicht die Notwendigkeit bestünde, den von der Haut abgegebenen Schweiß durch die Kleidung hindurch nach außen zu transportieren. Diese Forderung durchschlägt häufig den Kälteschutz, denn eine Anreicherung

des menschlichen Schweißes zwischen Haut und Außenwelt ist hygienisch zu beanstanden. Es kann sich dabei um recht hohe Feuchtmengen handeln, welche je nach den gegebenen Umständen zwischen 1 und 14 Litern pro Tag liegen.

Es sind also Kompromisse zwischen Wärmehaltigkeit und Feuchtetransport zu schließen. Eine wirksame Kälteschutzkleidung darf die von der Haut abgegebene Feuchte nicht zurückhalten. Es würde sonst eine Anreicherung von Nässe auf der Haut und in der Kleidung stattfinden. «Nässe ist das Tor zur Kälte.» Der Schweißtransport kann in verschiedener Weise stattfinden:

a) Quellung und Entquellung der Faserstoffe

Faserstoffe, insbesondere native, nehmen Wasser auf und geben dieses auch wieder ab. Die Vorgänge werden von der hydrophilen Natur der Faserstoffe gesteuert. Es findet beim Tragen der Kleidung eine dauernde Benetzung und Trocknung statt.

Dabei spielt die Quellung der Einzelfasern eine Rolle. Die Wasseraufnahme hat keine Nässung zur Folge. Die Fasern und die aus ihnen bestehenden Textilien fühlen sich auch bei hoher Feuchteaufnahme aus der Luft trocken an.

Nach *H. Rath* [4] werden zum Beispiel bei der Cellulose die Wasserdipole durch Nebenvalenzkräfte, welche auf die Hydroxylgruppen zurückzuführen sind, gebunden. Es kann dabei eine erhebliche Querschnittszunahme erfolgen.

Bei der Wolle ist die Wasserquellung des Keratins im Unterschied zu anderen Eiweißkörpern verhältnismäßig gering, da die Micellen und die Einzelmoleküle durch verschiedene Brückenbindungen zusammengehalten werden. Infolge des hydrophilen Charakters der Wolle ist die Quellung jedoch teilweise höher als bei der aus Cellulose bestehenden Baumwolle.

b) Kapillarstruktur der Kleidung

Die Vereinigung von textilen Einzelfasern zu Garnen, Geweben und Gestricken hat die Bildung einer großen Zahl feinsten Hohlräume zur Folge. Es entsteht ein kapillares System mit einer erheblichen Saugwirkung, dessen Grenzflächen gegenüber dem menschlichen Körper und der Außenwelt offen sind. Werden solche Textilien miteinander kombiniert, entweder in Form eines Aufbaues in Wäsche, Oberkleidung und Überkleidung oder mit Hilfe bekleidungstechnischer Konstruktion etwa mit Abfütterung, Wattierung oder Steppung, so entstehen weitere kapillare Zonen. Das ganze System hat für den Schweißtransport eine große Bedeutung, wird jedoch zunächst in einer einzigen Zahl erfaßt.

Der Schweiß kann sich in der Kleidung entweder in Dampfform oder, was bedeutend häufiger ist, in flüssigem Aggregatzustand bewegen. Steigt Wasser in einer Haarröhre (Kapillare) auf, so sind dabei große Kräfte wirksam. Die Zerreißfestigkeit eines solchen Wasserfadens in einer geschlossenen Kapillare ist erheblich. Sie ist nicht wesentlich kleiner als die mancher Festkörper.

Die obere Grenzfläche zwischen der Flüssigkeit und der Luft in einer teil-

weise gefüllten Kapillare ist als Meniskus geformt, und seine Form zeigt die gerade vorliegende Kapillarspannung an. Diese Kapillarspannung oder Grenzflächen­spannung sorgt dafür, daß schließlich eine Gleichgewichtshöhe eintritt, das heißt eine maximale Steighöhe, welche wie folgt ausgedrückt wird:

Bezieht man die in der Oberfläche des Meniskus (Abbildung 2) wirkende Kapillarkraft auf die Randlinie des Meniskus, so erhält man eine Spannung dyn/cm oder σ [5]. In einer Kapillare von kreisrundem Querschnitt ist der Radius r . Der auf die Flüssigkeit wirkende Zug oder Unterdruck sei p . Die Flüssigkeit selbst besitze das spezifische Gewicht ρ . Die maximale Steighöhe wird also bestimmt

$$hm = \frac{2 \sigma}{\rho \cdot 981}$$

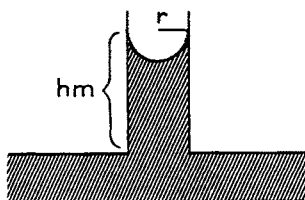


Abbildung 2.

Der Ausdruck $hm \rho \cdot 981$ bedeutet die Dimension eines Druckes, also p , so daß schließlich für die «kapillare Kraft» in der Kleidung gilt:

$$p = \frac{2 \sigma}{r \text{ dyn/qcm}}$$

Nun hat es sich aber gezeigt, daß die maximale Steighöhe oder, wie man es auch ausdrücken könnte, der Unterdruck p nicht nur von der Natur der Flüssigkeit und der Feinheit der Kapillare abhängig ist, sondern auch in hohem Maße durch die unterschiedliche Rauigkeit, Krümmung und Benetzbarkeit der Kapillarwand selbst.

Wenn wir nun ein System von Kapillaren in der Kleidung vorliegen haben, so wird in diesem eine regelrechte Kapillarströmung stattfinden, und diese wird abhängig sein von der homogenen oder heterogenen Natur des Systems, außerdem von der unterschiedlichen Größe der Hohlräume und Haarröhren selbst und schließlich auch von der sich in der Bewegung stetig verändernden Lage des Menschen. Kapillaren, in welchen die Steighöhe der Flüssigkeit infolge ihrer senkrechten Stellung durch die Gravitation gebremst wurde, werden, wenn sie in die waagerechte Lage kommen, eine weitere Strömung der Flüssigkeit ermöglichen, während in anderen, welche sich nun in die senkrechte Stellung begeben haben, die Steighöhe absinkt. Es liegt also beim sich dauernd bewegendem Menschen in seiner Kleidung niemals ein ruhendes System vor.

Die Kapillarströmung erhält dauernd neue Impulse. Diese können natürlich auch noch in manch anderer Form erfolgen.

Der Schweißtransport kann also zum Beispiel durch hohe Quellwerte einer Faser gefördert, durch die geringe kapillare Kraft eines Gewebes aber abgebremst werden. Man muß also im Rahmen des Schweißtransports die Kapillarströmung messen. Dabei ergeben sich überraschende Ausblicke, zum Beispiel für Fragen der Spinn Drehung, der Gewebefindung und vor allem der Ausrüstung. Es hat sich zum Beispiel bei der Walke von Wolltuchen gezeigt, daß der gleiche Walkeffekt, welcher einerseits durch hohen Walkdruck und starke Stauchung und andererseits durch gelinden Druck und schwache Stauchung erzeugt wird, im Tuch ein völlig verschiedenes kapillares System erbringt. Ähnliche Ergebnisse lassen sich auch bei der Ausrüstung von Geweben aus anderen Faserstoffen erwarten. Es hat sich weiter gezeigt, daß bestimmte Chemiefasern in Mischung mit Wolle eine höhere Kapillarströmung ermöglichen als andere Chemiefasern. Darin liegt wohl auch mit der Grund ihres geheimnisvollen «körperadäquaten» Verhaltens.

Der Schweißtransport ist weiter abhängig von der Luftmenge, welche die großen Hohlräume, die sich zwischen Kleidung und menschlichem Körper befinden, durchströmt. Diese Strömung, welche als «Kaminwirkung» bezeichnet werden kann, ist für den Feuchtetransport ebenfalls von hoher Bedeutung. Die Topographie des Schweißausbruchs am menschlichen Körper zeigt, daß bestimmte Körperstellen eine vermehrte Schweißabgabe besitzen. Es muß durch eine gute bekleidungstechnische Konstruktion mit Hilfe der vom Körper abgegebenen Wärme eine stetige Durchströmung entlang der Körperachse von unten nach oben ermöglicht werden. Dies ist insbesondere eine Forderung für die Arbeits- und Schutzkleidung, bei welcher eventuell der direkte Abtransport nach außen durch den Nässe-, Staub- oder Strahlungsschutz behindert wird.

Im Unterschied zu den nativen Faserstoffen und auch zu den Chemieregeneratfasern besitzen die vollsynthetischen Chemiefasern im allgemeinen nur eine geringe Quellbarkeit. Trotzdem sind sie in der Lage, bei richtiger textiler und bekleidungstechnischer Konstruktion einen guten Schweißtransport zu gewährleisten. Dies beruht einerseits sicher auf der oben beschriebenen Kapillaraktivität und auf den verschiedenen in der Kleidung vorhandenen Konzentrationsgefällen, andererseits aber auch auf ihrer erhöhten Fähigkeit, sich beim Tragen elektrostatisch aufzuladen.

Es ist bekannt, daß sich die Oberflächenspannung des Wassers im elektrischen Feld verändert. So ist schon im Lehrbuch der Physik von *R. W. Pohl* 1947 ein Vorlesungsexperiment beschrieben, welches zeigt, daß ein genügend starkes elektrisches Feld bei Flüssigkeiten eine Verringerung der Oberflächenspannung hervorruft. Tropft die Flüssigkeit aus einer Düse, so entsteht nach Anlegen des elektrischen Feldes ein kontinuierlicher glatter Strahl.

Ohne Zweifel spielt bei diesen Vorgängen in der Kleidung auch die Dipol-

natur des Wassers eine Rolle. Es findet im elektrischen Feld eine Ausrichtung der Wassermoleküle statt, so daß ein Abströmen von Stellen höherer Konzentration zu Stellen niedriger Konzentration oder auch im Spannungsgefälle erfolgt. Beim Tragen eines Kleidungsstückes hauptsächlich aus vollsynthetischen Faserstoffen tritt nämlich durch Reibung einerseits und durch Feuchteanreicherung andererseits ein steter Wechsel in der Größe der Aufladung und damit in der Spannung ein, für den Schweißtransport also recht aktivierende Vorgänge.

Die Messungen können im exakt klimatisierten Raum, zum Beispiel mit dem Staticvoltmeter nach Courvoisier, erfolgen, wobei die positive oder die negative Natur der Aufladung und die Spannung in Volt gemessen werden. Sie können durch Bestimmungen des spezifischen Widerstandes ergänzt werden. Diese erfolgen nach der Feldzerfallmethode. Der Prüfling wird so an einen Kondensator angelegt, daß sich die Aufladung desselben über den Prüfling wieder entladen kann. Da der eintretende Spannungsabfall nach einer e-Funktion erfolgt, ist aus der Halbwertzeit und der Kapazität des Kondensators der Widerstand R nach Rothschild berechenbar:

$$R = 2,5 \cdot 10^{11} \cdot \text{Halbwertzeit in Sek.}$$

Die Lüftung

Neben Wärme und Schweiß gibt der menschliche Körper durch die Haut auch Kohlendioxyd ab. Es handelt sich hier zwar nicht um besonders große Mengen, jedoch immerhin um Werte, welche nicht vernachlässigt werden dürfen (etwa 4–5 Liter im Tag). Nach *H. Hensel* [2] hat eine Anreicherung von Kohlendioxyd auf der menschlichen Haut und in der Kleidung Frostgefühle zur Folge, welche durch die Kleidtemperatur nicht gerechtfertigt sind. Es dreht sich also auch hier um die Erhaltung des Wohlbefindens und der Arbeitskraft. Die Kleidung muß deshalb parallel mit dem Feuchtetransport auch einen Gastransport ermöglichen. Dieser wird eng mit der «Kaminwirkung», welche in einer guten Kleidung vorhanden sein soll, zusammenhängen.

Die Lüftung ist aber auch für die Hautflora notwendig. Untersuchungen haben gezeigt, daß eine normale Entwicklung der Hautflora nicht mehr gegeben ist, wenn neben einer Überfeuchtung der Haut auch noch ein Luftabschluß besteht. Die Hautflora besteht aus Bakterien, Pilzen und Hefen [5]. Es handelt sich dabei hauptsächlich um saprophyte Keime, weniger um pathogene. Bei der Zersetzung des menschlichen Schweißes durch die Hautflora unter Auftreten unangenehmer Gerüche spielen Überfeuchtung der Haut und Feuchtezone überhaupt eine ungünstige Rolle. Ebenso hat auch ein Luftabschluß eine Degeneration der Mikroorganismen zur Folge. In beiden Fällen können Hautreizungen, Entzündungen, ja sogar richtige Dermatiden die Folge sein [6].

Gemessene Trageversuche

Erkenntnisse für die Konstruktion von Arbeits- und Schutzkleidungen können jedoch nicht allein auf Grund von reinen Laboratoriumsmessungen gewonnen werden. Es müssen auch grundlegende Messungen an Menschen selbst durchgeführt werden. Hier sind zwei Methoden aufeinander abzustimmen:

a) Elementare Messungen bei Tragversuchen in der Klimakammer oder auf der genormten Versuchsstrecke

Hier werden unter einheitlichen, reproduzierbaren klimatischen Bedingungen Wärmehaltung, Schweißtransport und Lüftung im allgemeinen und Strahlungsschutz, Staubschutz, Wetterschutz usw. im besonderen untersucht.

b) Spezifische Messungen unter arbeitsphysiologisch ermittelten Bedingungen

Die Versuchspersonen bewegen sich möglichst so, wie dies für ihre Arbeit als typisch erkannt worden ist.

Wenn man die so gewonnenen Werte mit den durch Messungen im Laboratorium gewonnenen Werten vergleicht, so findet man, daß beide zusammengehören. Man kann bekleidungsphysiologische Messungen sehr wohl im Laboratorium durchführen. Man darf sie aber nur auswerten, wenn sie an gemessenen Tragversuchen beim lebenden, sich bewegenden Menschen bestätigt worden sind. Eine Reihe von für die Kleidung typischen Einwirkungen kann man im Laboratorium nicht wirklichkeitsnahe imitieren, zum Beispiel die Bewegung des Gewebes oder der Gewebekombination während des Wärmedurchtritts oder die Änderung von physiologischen Vorgängen auf Grund von psychologischen Einwirkungen.

Grundlagen der Bekleidungsphysiologie

1. Der für die Wärmeisolation der Kleidung verantwortliche, um den menschlichen Körper herumgelegte Luftmantel muß gebremst austauschbar sein.

2. Die Kleidung muß den menschlichen Körper trocken halten. Der Wasserhaushalt wird gesteuert durch

- die Faserstoffquellung
- die kapillare Saugfähigkeit
- das kapillare Strömungspotential
- die Kaminströmung
- die Trocknungsgeschwindigkeit
- die elektrostatische Aufladung.

3. Die Kleidung muß die Hautatmung ermöglichen. Die Hautflora muß mit Sauerstoff versehen und vor Überfeuchtung geschützt werden.

4. Das Kleidgewicht muß so niedrig als möglich gehalten werden.

5. Die Kleidung darf die Bewegungen des Menschen nicht behindern.

Principes fondamentaux de la physiologie de l'habillement

1. La couche d'air entourant le corps humain et responsable du maintien de la chaleur corporelle ne doit être échangeable que dans des limites restreintes.
2. Les habits doivent maintenir le corps au sec. La rétention d'eau est réglée par
 - la nature hydrophile des fibres des tissus
 - le pouvoir d'absorption capillaire
 - l'effet «cheminée», c'est-à-dire la facilitation du transport des gaz dans le tissu
 - la tension du courant dans les capillaires
 - la rapidité de séchage des tissus
 - la charge électrostatique.
3. Les habits doivent permettre la respiration de la peau. La flore cutanée doit être pourvue en oxygène et être protégée d'un excès d'humidité.
4. Le poids des vêtements doit être aussi faible que possible.
5. Les vêtements ne doivent pas entraver les mouvements.

Literaturverzeichnis

- [1] *Mecheels O.*: Die Bekleidungsphysiologie. Zusammenfassung mit Literaturberichten. Forschungsinstitut Hohenstein (Württ.) 1959.
- [2] *Hensel H.*: Physiologisches Institut der Universität Marburg. Mensch und Wärme, Stuttgart 1954.
- [3] *Essig K.A.*: Forschungsinstitut Hohenstein. Das Luftrückhaltevermögen der Textilien.
- [4] *Rath H.*: Technikum Reutlingen, Lehrbuch der Textilchemie. Springer-Verlag, Berlin 1952.
- [5] *Niethammer A.* u. *Dachtler H.*: Mikroorganismen auf der menschlichen Haut. Dissertation Hohenstein-Stuttgart, 1952.
- [6] *Nopitsch M.*: Mikrobiologische Teste, Mitteilungen des Forschungsinstitutes Hohenstein, September 1957.

Weitere Literaturhinweise

- 1 *Beard H.C.* u. *Dunmire R.B.*: Retention of ethylene oxide fumigant by shoes. (Wie weit wird bei der Desinfektion von Schuhen Methylenoxyd zurückgehalten?) Arch. ind. Health, 15, Nr. 2, S. 167 (Febr. 1957).
- 2 *Behmann F.W.*: Einfluß der Hydrophobierung auf das bekleidungsphysiologische Verhalten von Textilien, Textil-Praxis, Nr. 11, S. 1165 (1958).
- 3 *Biesalski E.*: Arbeitsbekleidung für die Landwirtschaft. Ergebnisse von Beobachtungen und Befragungen über einen zweigeteilten (Sommer-)Anzug als Arbeitsbekleidung für Männer in der Landwirtschaft u. a. Berufe mit Außenarbeit, Die Landarbeit, Nr. 1, S. 1 (1960).
- 4 *Börngen S.*: Beitrag zur Frage der toxischen Wirkung verbrennenden Perlongewebes, Dtsch. Ges. wesen, 13, 841 (1958), Ref.: Der Ärztl. Dienst, DB, Nr. 10, S. 258 (1959).
- 5 *Braunbeck R.*: Kampf der unzuweckmäßigen Arbeitsbekleidung, Mensch und Arbeit, Nr. 8, S. 240 (1954).
- 6 *Christie G.S.*, *Gleeson J.P.*, *Jewett W.G.* u. *Wright A.S.*: Ventilation of Impermeable Clothing (Ventilation von undurchdringlicher Kleidung), Brit. J. ind. Med. Nr. 4, S. 258 (1957).
- 7 *Espelage S.*: Hyperhidrosis und Mykose, Zentralblatt f. Arbeitsmedizin u. Arbeitsschutz, Nr. 5, S. 122 (1959).
- 8 *Eyer H.*: Synthetische Textilfasern – eine bekleidungshygienische Betrachtung, Münchener Medizinische Wochenschrift, Nr. 26, S. 993 (1958).

- 9 *Fritsche E. u. Kracht M.*: Über die Bedeutung der Infrarotreflexion bei gefärbten Textilien, *Textil-Praxis*, Nr. 1, S. 58 (1957).
- 10 *Hansen P. u. List G.*: Fußpilzfeindliches Schuhwerk aus Gummi (auch Badepantinen aus Gummi), *Die Berufsgenossenschaft*, Nr. 11, S. 449 (1956).
- 11 *Koelsch F.*: Antwort auf Frage: Die Brandgefahr bei Kunstfasertextilien (Nylon, Orlon, Dralon), *Münchener Med. Wochenschrift*, Nr. 6, S. 237 (1958).
- 12 *Koelsch F.*: Ist für Motorradfahrer aus gesundheitlichen Gründen eine Schutzkleidung nötig? Warum? Mit welcher Begründung und gegen welche Schäden? Hat der sogen. Nierenschutzgürtel einen Wert? *Münchener Med. Wochenschrift*, Nr. 14, S. 548 (1958).
- 13 *Kröner W.*: In Wolle lebt sich's gesünder, Verlag der Reform-Rundschau Schwabe & Co., Bad Homburg v.d.H. (1958).
- 14 *Lord J.*: Die Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Geweben, *J. Textile Institute*, H. 10, T 569-582 (1959). Ref.: *Textil-Praxis*, Nr. 1, S. 103 (1960).
- 15 *Malcher H.*: Grundsätzliche hygienische Anforderungen an den Schuh, *Sichere Arbeit*, Folge 4, S. 10 (1956).
- 16 *Mecheels O.*: Der Einfluß textilchemischer Eingriffe auf die physiologischen Eigenschaften des Textilgutes, *Textil-Praxis*, Nr. 10, S. 1048 (1955).
- 17 *Meiser H.*: Was sagt die Haut zu Perlon? *Textil-Praxis*, Nr. 12, S. 1234 (1955).
- 18 *Mendrzyk*: Bestimmung der Maßänderung von Geweben beim Durchnässen und Waschen, *Textil-Praxis*, Nr. 9, S. 907 (1956).
- 19 *Neuwirth H.*: Einfluß des Klimas auf die Knitterneigung hochveredelter Gewebe, Vorge-tragen in Wiesbaden am 22. Febr. 1957 anläßlich einer Textilfachsitzung, *Die wissenschaftl. Arche*, Heft 4 (1957).
- 20 *Polemann G.*: Zum Nachweis hautpathogener Pilze in der Fußbekleidung, *Deutsche Med. Wochenschrift*, Nr. 44, S. 1870 (1957).
- 21 *Poulain P.*: Inflammabilité des tissus (Die Entzündlichkeit von Geweben), *Travail et Sécurité*, Nr. 3, S. 92 (1956).
- 22 *Powischill H. u. Spitzer H.*: Über die Anwendung von Strahlungsschutzkleidung, Arbeits-physiologische Hinweise Nr. 2 für die Werke der Eisen- und Stahlindustrie, Wirtschafts-vereinigung Eisen- und Stahlindustrie; Verein Deutscher Eisenhüttenleute Düsseldorf (18. Febr. 1954).
- 23 *Reifferscheid H.*: Meßwerte und theoretische Überlegungen zum Wärmedurchgang durch Gewebe aus natürlichen und synthetischen Fasern, Sonderdruck aus *Melliand Textilberichte*, Heidelberg, Vol. 38, Nr. 2, S. 189/191 (1957).
- 24 *Schirren C.*: Antimykotische Wirksamkeit einer neuen Gummiqualität für Schuhe, *Zentralblatt f. Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz*, Nr. 1, S. 13 (1957).
- 25 *Schmidt K.A.F.*: Textilglas - Werkstoff ohne Grenzen? *Die Umschau in Wissenschaft und Technik*, Nr. 20, S. 609 (1959), (Glasfaserverstärkte Kunststoffe).
- 26 *Schmitz R.*: Zur Hygiene von Polyamidtextilien, *Medizinische Monatsschrift*, 10, Nr. 6, S. 374 (1956), *Zeitschriften-Übersicht d. Dtsch. Med. Wochenschrift*, Nr. 27, S. VI (1956).
- 27 *Schwäitz L., Warren L.H. u. Goldmann*: Schutzkleidung gegen hautschädigende Stoffe, *Staub*, H. 20, S. 127 (1943).
- 28 *Tempest N.M. u. Atkins J.B.*: The influence of clothing on the pattern and severity of burns studied in some recent colliery fire-damp ignitions (Der Einfluß der Kleidung auf den Verlauf und die Schwere von Verbrennungen - einige frische Fälle bei Bränden in Bergwerken), *Brit. J. ind. Med.*, Vol. 15, Nr. 3, S. 147 (1958).
- 29 *Anders H.*: Mit Silikon-Kautschuk beschichtete Gewebe, *Textil-Praxis*, Nr. 8, S. 844 (1958).
- 30 - A new air conditioned suit (Ein neuer Klima-Anzug) (Ventilationssystem versorgt auf Wunsch den Träger mit entfeuchteter und erwärmter oder gekühlter Luft. Zum Beispiel für Arbeiten in Tanks), *Safety News Letter*, Chemical Section, S. 4 (Januar 1954).
- 31 - Die hygienische Bedeutung von Nylon- und Perlongeweben, *Die Umschau*, Nr. 10, S. 299 (1954).
- 32 - Die hygienische Bedeutung von Nylon- und Perlongeweben, Ref.: *Zentralblatt f. Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz*, Nr. 6, S. 202 (1954).
- 33 - Die hygienische Bedeutung von Nylon- und Perlongeweben, Ref.: *Berufsdermatosen*, Nr. 7, S. 201 (1954).
- 34 - Ventilation Belts (Lüftungsgürtel für Träger von Arbeitsschutzkleidung), *Occupational Hazards*, S. 52 (Mai 1955).
- 35 - Una novità nelle calzature (Ein neuartiger Gummistiefel mit Belüftung), *Sicurezza nel Lavoro*, S. 7 (Dezember 1959).
- 36 - Dermatophytenflora eines Industriebetriebes (Gummiwerk, dessen Belegschaft häufiger Gummischuhe benutzt), Ref.: *Deutsche Med. Wochenschrift*, Nr. 48, S. 1941 (1956).

- 37 - Effect of relative humidity on heat loss of men exposed to environments of 80, 76 and 72 F (Feuchtigkeit und menschliche Wärmeabgabe bei 27, 25 und 22°C Umgebungstemperatur), Ref.: (u. a. Verdunstung wird durch Kleidung nur unwesentlich beeinflusst), Gesundheitsingenieur, Nr. 3/4, S. 72 (1954).
- 38 - Forschung auf dem Gebiete der Schutzkleidung (besonders aus in Frankreich verbreiteten Kunststoffen), Salvo-Erfahrungsaustausch über Unfallverhütung, Nr. 3, S. 29 (1960). Hitzeschutz - Säure - Kälte (Winter), Metallspritzer.
- 39 - Gegen Fußpilz geimpftes Berufsschuhwerk (Firmenreklame mit Abb.), Die Berufsgenossenschaft, Nr. 7, S. LVII (1957).
- 40 - Metallisierte Gewebe (u. a. Wetterschutzkleidung, wirkt im Sommer wärmeschützend und im Winter wärmend, Gewebe auch elektrisch leitfähig), Ref.: Chemische Zeitung, 80, S. 77 (1956), Die Umschau, Nr. 12, S. 379 (1957).
- 41 - Nitrierte Gewebe sind Sprengstoffe, Metall, Zeitung der IG Metall, Nr. 24, S. 8 (1952).
- 42 - Your Hands and Feet. Their usefulness on the job requires freedom of movement - and that limits methods of protection (Deine Hände und Füße) (Ihre Gebrauchsfähigkeit bei der Arbeit fordert Bewegungsfreiheit), National Safety News, Page 28 (June 1949).
- 43 - Leistungsminderung durch ungesunde Kleidung, Arbeit und Sozialfürsorge, H. 16, S. 374 (1951).
- 44 - Entfetten Nylon- und Perlongewebe die Haut? Die Umschau, Nr. 19, S. 602 (1955).
- 45 - Overall fabrics: Some Questions and Answers (Geeignete Stoffe und Anforderungen an Arbeitsschutzkleidung/Nylon, Baumwolle, Terylene), Safety Equipment & Industrial Clothing, Vol. V, Nr. 6, S. 306 (1959).
- 46 - Physiology of Heat Regulation and the Science of Clothing (Buchbesprechung) (Wärmephysiologie und Kleidung), Gesundheitsingenieur, Heft 5/6, S. 102 (1951).
- 47 - Preisausschreiben für die Fabrikation von zweckmäßigen Arbeitsschutzbekleidungen und Brillen in Frankreich (Ref.) Sichere Arbeit, Folge 3, S. 17 (1950).
- 48 - Hygienische Probleme beim Tragen von Polyamid-Textilien, Ref.: Med. Monatsschrift, 10, S. 374 (1956), Die Umschau, Nr. 18, S. 570 (1957).
- 49 - PVC-Schutzkleidung für landwirtschaftliche Zwecke, Kunststoffe, Nr. 4, S. 129 (1951).
- 50 - On testing PVC. (Bei welchen Kältegraden werden mit PVC bekleidete Gewebe brüchig?) Safety Equipment and Industrial Clothing, Nr. 3, S. 132 (1959) (Merkblatt eines Verbandes).
- 51 - Sonnenbrand trotz Nylonblusen (Durchlässigkeit für ultraviolette Strahlen), DMI-Nachrichten, Nr. 6, S. 1 (1954).
- 52 - Schutzkleidung aus Igelith (Die Kleidung ist leicht, öl-, säure- und wasserdicht und besitzt eine erhebliche Zerreißfestigkeit. Bei normalen Verhältnissen im Inneren keine Niederschläge von Schweißwasser), Nordwestl. Eisen- und Stahl-BG., Unfallverhütung, S. 27, 1943.
- 53 - Schutzkleidung aus PVC, Kunststoffe, Nr. 4, S. 129 (1951).
- 54 - Schutzkleidung für Industriearbeiter, Münchener Med. Wochenschrift, Nr. 19, S. 873 (1959), (Hitzeerschöpfung beim Tragen luftdichter Kleidung [zum Schutz vor toxischen Einflüssen]. Abhilfe durch Überziehen nasser Baumwolljacken).
- 55 - Welche Textilien schützen am besten vor Verbrennungen? Die Umschau, Nr. 14, S. 439 (1957).
- 56 - Welche Textilien schützen gegen Verbrennungen? Ref.: Deutsche Med. Wochenschrift, Nr. 3, S. 125 (1957).
- 57 - Thermos-Stiefel (USA. Zur Warmhaltung der Füße bis 45 Grad), Die Umschau, Heft 21, S. 666 (1952).
- 58 - Verbeteringen van het Van der Grintenwerkmasker (Verbesserungen der Van der Grinten-Arbeitsschutzanzüge), De Veiligheid, H. 5, S. 74 (1949).
- 59 - Wollkleidung schützt gegen Verbrennung, Textil-Bekleidung, Nr. 17, S. 4 (1956).
- 60 - Die Wunderstoffe gehen an die Arbeit (Arbeitsschutzkleidung aus Kunstfasern), Die Berufsgenossenschaft, Nr. 6, S. 227 (1953).
- 61 Vogler P.: Ärztliche Bemerkungen zum guten Bett (ausf. Ref.), DMI-Nachrichten Modernes Gesundheitswesen, Nr. 11, S. 6 (1960).
- 62 Red.: Gesunde Kleidung - gesunder Mensch, DMI-Nachrichten Modernes Gesundheitswesen, Nr. 8, S. 18 (1960).
- 63 Würth E.: Mensch und Wärme in Arbeit und Ruhe, Mensch und Wärme, Wärmewirtschaftsverb. Baden-Württ. e.V., Stuttgart (1954).
- 64 Hensel H.: Der Wärmehaushalt des Menschen und seine Unterstützung durch Wohnung und Kleidung, Mensch und Wärme, Wärmewirtschaftsverb. Baden-Württemberg e.V., Stuttgart (1954).

- 65 *Mecheels O.*: Die Physiologie der Kleidung, Mensch und Wärme, Wärmewirtschaftsverb. Baden-Württ. e.V., Stuttgart (1954).
- 66 *Reiher H.*: Behagliches und gesundes Wohnen, Mensch und Wärme, Wärmewirtschaftsverb. Baden-Württ. e.V., Stuttgart (1954).
- 67 *Hess R.*: Zur Kenntnis der desinfizierenden Trockenreinigung, Sonderdruck aus Das Krankenhaus, H. 3 (1960).
- 68 *Von der Mark W.*: Planung und Installation von Chemischreinigungsanlagen im Krankenhaus, Sonderdruck aus Das Krankenhaus, H. 6 (1960).
- 69 *Von der Mark W.*: Die Chemischreinigung verbessert die hygienische Situation im Krankenhaus, Sonderdruck aus Der Krankenhausarzt, 32. Jg., H. 10 (1960).

Le bruit et les moyens de le combattre¹

Par *Anselme Lauber*²

1. Introduction

Nous savons tous par expérience que nous vivons actuellement dans un monde agité et bruyant. Les sources de bruit sont innombrables. A la maison, nous sommes exposés aux bruits domestiques. Au dehors, le bruit du trafic et celui des constructions ne nous laissent aucun repos. A cela s'ajoute encore pour beaucoup, spécialement durant les heures de travail, les bruits industriels et des machines.

Ce genre de vie bruyant pose forcément les problèmes les plus divers. En tant que phénomène primaire physique, le bruit est avant tout une question purement technique. Dans ses effets sur les êtres humains, il revêt une importance primordiale au point de vue de la santé du peuple et de l'hygiène au travail. Enfin, le bruit est devenu un facteur économique et même un problème juridique, lorsqu'il exerce une influence intolérable sur ses semblables.

Qu'est-ce que le bruit? Un mot d'esprit français dit que «le bruit est un festival sonore». La définition américaine, quoique un peu plus laconique, nous paraît serrer de plus près la réalité: «Noise is unwanted sound», c'est-à-dire: «le bruit est un son indésirable».

Au sujet de l'importance du bruit sur la santé et l'hygiène au travail, nous faisons brièvement remarquer ce qui suit: des pressions acoustiques élevées et soudaines, telles qu'en produisent par exemple les détonations ou les explosions, peuvent facilement provoquer de très graves accidents de l'ouïe [1].

Il y a lieu de s'attendre à des surdités persistantes, lorsque l'influence sonore durable (c'est-à-dire pendant des semaines et des mois) produit les niveaux acoustiques suivants:

pour des bruits à large bande	95 dB et plus,
pour des sons purs	85 dB et plus.

¹ D'après un exposé fait le 17 novembre 1960 devant le Groupement romand d'hygiène industrielle et de médecine du travail. Texte déjà paru dans le bulletin technique des PTT, no 10, 1958.

² Adresse de l'auteur: Zwinggartenstrasse 9, Dübendorf, Zürich.