

Grundlagen der Landtechnik

Herausgegeben mit Unterstützung durch die
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
Braunschweig-Völkenrode (FAL)

Schriftleitung: Dr. F. Schoedder,
Institut für Biosystemtechnik

Grundl. Landtechnik Bd. 39 (1989) Nr. 2, S. 29 bis 68

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Untersuchung zum thermo-physiologischen Tragekomfort von Schutzanzügen für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln

Von Gerhard Jahns, Rudolf Möller und
Ferdinand Pardylla, Braunschweig-Völkenrode*)

DK 632.934.1:614 89:613.646

Arbeitsschutzanzüge im Pflanzenschutz sollen für den Träger eine Belastung der Haut durch Pflanzenschutzmittel ausschließen bzw. einschränken. Die Schutzwirkung eines solchen Anzuges beruht dabei im wesentlichen auf der geringen Durchlässigkeit des Materials für die auszubringenden wässerigen Lösungen. Andererseits gibt der Träger des Anzuges während der Arbeit Wärme und Schweiß ab, die durch den Schutzanzug abgeleitet werden müssen, wenn über längere Zeit ein Arbeiten unter thermophysiologisch zumutbaren Bedingungen möglich sein soll.

Hier wird bei einem einheitlichen Versuchsablauf im Arbeitsplatzbelastungssimulator für fünf unterschiedliche Bekleidungen durch Befragen einer Gruppe von Testpersonen ermittelt, wie das Wärme- und Feuchteempfinden bei vier verschiedenen Klimazuständen und gleicher simulierter Arbeitsbelastung subjektiv bewertet wird.

1. Einleitung

Bei vielen Produktionsabläufen kommen die Landwirte mit den unterschiedlichsten Substanzen, wie z.B. Dünge- oder Pflanzenbehandlungsmitteln, in Berührung. Daraus kann ein Risiko erwachsen, wenn die Stoffe gesundheitsschädlich im Sinne der Arbeitsstoffverordnung [1] sind. Es ist daher notwendig, diese möglichen Risiken zu verhindern oder zumindest zu begrenzen. Eine Möglichkeit dazu ist durch das Tragen von Schutzanzügen gegeben.

Derartige Anzüge haben wie alle personengetragenen Schutzausrüstungen aber außer dem gewünschten Schutzeffekt auch negative Auswirkungen für den Träger in Form zusätzlicher Belastungen und Beanspruchungen, die sich in der Akzeptanz auswirken.

Bei der Beurteilung derartiger Anzüge stehen sich also zwei Faktoren gegenüber: die Schutzwirkung und die Akzeptanz. Die Schutzwirkung wird für die im Pflanzenschutz verwendeten Anzüge durch den Durchlaßgrad angegeben. Die Akzeptanz wird ganz wesentlich von der thermischen Behaglichkeit bestimmt, und diese wiederum ist stark abhängig von dem Grad der Wasserdampfdurchlässigkeit des Anzugmaterials, aber auch vom Schnitt der Anzüge (Ventilationseffekt). Die thermische Behaglichkeit ist dabei durchaus nicht allein eine Frage des Komforts, sondern vor allem auch der Belastung des Kreislaufs.

Der Durchgang von Wasserdampf bzw. Pflanzenschutzmittel durch einen Schutzanzug sind einander recht ähnliche Vorgänge. Obwohl diese am Schutzanzug in entgegengesetzten Richtungen ablaufen, ist daher eine hohe Schutzwirkung – geringe Durchlässigkeit in Richtung auf den Körper – zumeist doch mit einer geringen Durchlässigkeit bei der Ableitung von Schweiß und damit mit einer ungenügenden thermischen Behaglichkeit verbunden. Außer der sich hieraus ergebenden Beeinträchtigung des Anwenders durch ein verändertes Mikroklima in Hautnähe ist noch das Gewicht des Anzuges und die Behinderung der Bewegung bei der Bewertung der Akzeptanz von Bedeutung [2].

Das veränderte Mikroklima, das sich in verändertem Feuchte- und Wärmeempfinden auswirkt, kann zu Leistungsminderungen infolge von Kreislaufbelastungen führen und unter Umständen sogar den Arbeitsabbruch bzw. Arbeitspausen erforderlich machen. Dieses gilt bei körperlicher Tätigkeit besonders für höhere Umgebungstemperaturen, die evtl. noch mit starker Sonneneinstrahlung verbunden sind. Die Aufgabe der genannten Schutzanzüge besteht also darin, bei möglichst geringer Beeinträchtigung des arbeitenden Menschen ein Maximum auftretender Schadstoffe von ihm fernzuhalten [3].

Von den beiden Hauptaspekten "Schutzwirkung" und "Tragekomfort" wird in diesem Bericht nur der Teil "Tragekomfort" behandelt. Um für diese Beurteilungsgröße erste Werte zu erhalten, wurden ausgewählte Schutzanzüge von Probanden unterschiedlichen Alters, Gewichts und unterschiedlicher Kondition unter verschiedenen Klimabedingungen getestet. Für die Beanspruchung wurde die "Methode der Wechsellarbeitslasten" gewählt, weil durch das Vorschalten einer Arbeits- und Ruheperiode vor die eigentliche Hauptarbeitsphase eventuelle Einflüsse von Tätigkeiten vor den Versuchen weitgehend ausgeschaltet werden [4].

*) Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. G. Jahns ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dipl.-Ing. R. Möller und Dipl.-Ing. F. Pardylla sind technische Mitarbeiter des Instituts für Biosystemtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. A. Munack) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

2. Untersuchte Schutzanzüge

Für die Untersuchungen wurden Schutzanzüge ausgewählt, wie sie für unterschiedliche Zwecke auf dem Markt sind.

Für wiederholten Gebrauch vorgesehen ist ein gewerblicher Schutzanzug, der speziell für das Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln konzipiert ist. Er stellt ein Extrem in der Schutzwirkung dar (Anzug Nr. 2), ist polyurethanbeschichtet, kann auch zusätzlich mit einer Filterhaube ausgerüstet werden und ist damit zum Vollschutz erweiterbar. Er läßt jedoch bei bester Schutzwirkung nur einen geringen Tragekomfort erwarten. Darum wurde als Gegenstück ein weiterer Anzug ausgewählt, der als Wetter-schutzkleidung mit hohem Tragekomfort angeboten wird. Auch er ist für wiederholten Gebrauch gedacht und kann sowohl gewaschen wie auch chemisch gereinigt werden (Anzug Nr. 5).

Im Anschaffungspreis wesentlich günstiger – und damit der Anwendung im bäuerlichen Bereich angemessener – sind zwei vom Hersteller zum einmaligen bzw. begrenzt mehrmaligen Gebrauch konzipierte Anzüge aus Spinnfasern (Anzüge Nr. 3 und Nr. 4). Diese Anzüge dienen als Staub- und Aerosolschutz in der gewerblichen Wirtschaft.

Um bei den Untersuchungen in dieser Hinsicht gleiche Bedingungen vorzugeben, waren alle 4 Anzugtypen als Overall konfektioniert. Die wichtigsten Daten der Schutzanzüge (Nr. 2 bis Nr. 5) sind in **Tafel 1** zusammengefaßt.

Schutzanzug-Versuchs-Nr.	Art des Aufbaues	Material	Wasserdichtheit DIN 53886 Neuzustand mbar	Wasserdampfdurchgangswiderstand R_{et} DIN 54101 $m^2 \cdot mbar/W$
1 ^{*)}				
2	einlagig beschichtet	Filamentgarn Polyurethan-Beschichtung	> 100	$2466 \cdot 10^{-3}$
3	3-lagig	Außen: Polypropylen Spinnvlies Mitte und Innen: Polypropylen-Fasern	> 40	$25,6 \cdot 10^{-3}$
4	einlagig	Polyäthylen spinnggebundene Fasern		$142 \cdot 10^{-3}$
5	3-Lagen-Laminat	Außen: Polyamid PA 6.6 Membran: PTFE Innen: Polyamid PA 6.6	~ 300	$135 \cdot 10^{-3}$

1^{*)} Grundkleidung bestehend aus:
Unterhose u. Unterhemd: 100 % Baumwolle, Doppelripp, gekämmt, zweifädig
Oberhemd: 35 % Baumwolle, 65 % Polyester
Arbeitschhose: 100 % Baumwolle ($\approx 360 \text{ g/m}^2$)
Socken: 70 % Wolle, 30 % Polyamid

Tafel 1. Eigenschaften der Grundkleidung und der Schutzanzüge.

Bei allen Versuchen trugen die Probanden die ebenfalls in **Tafel 1** beschriebene einheitliche Grundkleidung, entweder allein, dann als Anzug mit der Versuchs-Nr. 1 bezeichnet, oder zusammen mit dem jeweiligen Schutzanzug.

Die beschriebene Grundkleidung entspricht einer üblichen landwirtschaftlichen Arbeitskleidung in den Sommermonaten. Wird sie z.B. bei der Ausbringung von Pflanzenbehandlungsmitteln getragen und anschließend weiter angezogen, so können anhaftende und in die Kleidung eingedrungene gesundheitsschädliche

Stoffe auch später noch nach innen auf den Körper des Anwenders gelangen. Die Schutzwirkung dieser Kleidung ist dann also sehr gering.

Aus Umweltschutzgründen dürfen Fragen der Entsorgung nicht übersehen werden, denn für die Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen Schutzanzugtypen ist neben dem Preis und der Nutzungsdauer (Häufigkeit der wiederholten Verwendung) auch der Aufwand für die Entsorgung von Bedeutung. Wird die Entsorgung z.B. trocken vorgenommen, wie es bei den beiden Vliesanzügen (Nr. 3 und 4) möglich wäre, so wären pro Anzug ca. 0,1–0,4 kg zu entsorgen. Werden die Anzüge gewaschen oder chemisch gereinigt (Nr. 2 und 5), so wäre eine Flüssigkeitsmenge von ca. 10 bis 30 l zu entsorgen, da die gelösten Pflanzenbehandlungsmittel nicht herausgefiltert werden können.

3. Ermittlung des Tragekomforts durch Simulation der Arbeitsbelastung bei der Ausbringung

3.1 Probanden

Für die Versuche standen 5 Probanden zur Verfügung, deren persönliche Daten in **Tafel 2** aufgeführt sind. Sie unterscheiden sich sowohl im Alter als auch hinsichtlich Größe und Gewicht. Auch wenn eine derartig kleine Gruppe nicht als repräsentativ angesprochen werden kann, so entspricht sie dem Durchschnitt der in der Landwirtschaft und im Gartenbau tätigen Personen doch eher als etwa eine Gruppe gleichaltriger bzw. gleichschwerer Studenten oder Soldaten.

Eine amtsärztliche Untersuchung aller Probanden ergab keine Befunde, die einer Teilnahme entgegengestanden hätten.

Versuchsperson Nr.	Alter a	Größe m	Gewicht kg
1	35	1,82	92,25
2	52	1,80	72,05
3	33	1,92	87,40
4	46	1,72	80,20
5	30	1,73	91,90

Tafel 2. Angaben zu den Probanden.

3.2 Versuchseinrichtung

Als Versuchsraum wurde die Klimakammer des Arbeitsplatzbelastungssimulators, **Bild 1**, benutzt [5]. Dadurch war außer der Wahl von Temperatur und Feuchte in den in **Tafel 3** angegebenen Grenzen auch die Bestrahlung der Probanden mit einer Lichtverteilung ähnlich dem Sonnenspektrum möglich. Die Strahlungsbelastung beträgt im Abstand von 2 m von der Strahlungsquelle ca. 1000 W/m^2 . Für die Simulation des Sonnenspektrums werden 3 Halogen-Metall dampflampen Typ HQI-T 3500 W/D mit je 3500 Watt sowie zwei Glühlampen mit je 1500 Watt verwendet; letztere dienen dazu, die Strahlungslücke im Bereich von 700–3000 nm aufzufüllen. Die Kühlung dieser 5 in einem gemeinsamen Gehäuse untergebrachten Leuchten erfolgt durch eine von der übrigen Klimaanlage getrennte Belüftung mit Außenluft, um das Klima des Simulationsraumes so wenig wie möglich zu beeinflussen.

Im Versuchsraum ist ein Laufbandergometer aufgestellt, **Bild 2**, mit dem sich sowohl Laufgeschwindigkeiten bis 21 km/h als auch Steigungen bis 50 % einstellen lassen. Bei den hier beschriebenen Versuchen wurde die Steigung 0 % gewählt, d.h. der Proband ging in der horizontalen ebenen Fläche. Zur Ermittlung der Pulsfrequenz diente ein "Puls + Time Meter", das die Meßwerte am Ohr läppchen gewinnt.

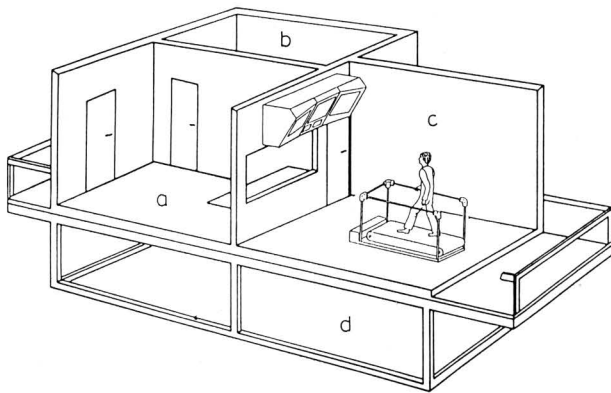


Bild 1. Aufbau des Arbeitsplatzbelastungssimulators der FAL.

- a Beobachtungsraum
- b Ruheraum
- c Versuchsraum, ausgerüstet für die Simulation der Belastung durch Klima, Sonneneinstrahlung und körperliche Arbeit
- d Maschinenraum

Versuchsraum:

Fläche	6 x 4,2	= 25,2 m ²
Volumen	6 x 4,2 x 3,2	= 80,64 m ³

Klima:

Lufttemperatur	10–50 °C
Feuchtegrad	3–15 g/kg tr. Luft
Luftgeschwindigkeit min.	0,3 m/sec
Strahlung: Sonnenstand	22. Juni 15.00 Uhr (10° Ost, 52° Nord)
Dies entspricht bei einer Testfläche von 2 m ø im Abstand von 2 m einer Strahlungsdichte von 1 kW/m ²	

Tafel 3. Technische Daten der Klimakammer des Arbeitsplatzbelastungssimulators.

3.3 Versuchsablauf

Der Ablauf der Versuche war entsprechend der Methode der Wechselarbeitslasten angelegt. Dabei wurde folgender zeitlicher Ablauf eingehalten:

- Feststellen des Startgewichts der Versuchsperson
- Anziehen von Grundkleidung und Schutzkleidung
- 5 min Sitzen im Versuchsklima als Adaptionsphase

Subjektive Beurteilung der Bekleidung

Versuch vom: 23.2.87 Kleidung: (4) Klima: 30°C, 33% r.F. Sonnenlicht: mit ~~ohne~~



433+

Versuchsperson: 3

Solarimeteranzeige: 219 mV

% Steigung	Gehen			Ruhiges Sitzen												Gehen 4,5 km/h auf Laufband											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
Feuchteempfinden	1	1	1	2			1			1			1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
Wärmeempfinden	0	1	2	2			1			1			1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6	6
Thermophysiol. Tragekomfort																2			3			3			4		
Puls	75			64									63								68			70			78
Mechanischer Tragekomfort																2			3			4			4		

vor: 88,9 kg

Gewicht $\Delta =$ 0,7 kg

nach: 88,2 kg

Bild 3. Versuchsprotokoll.

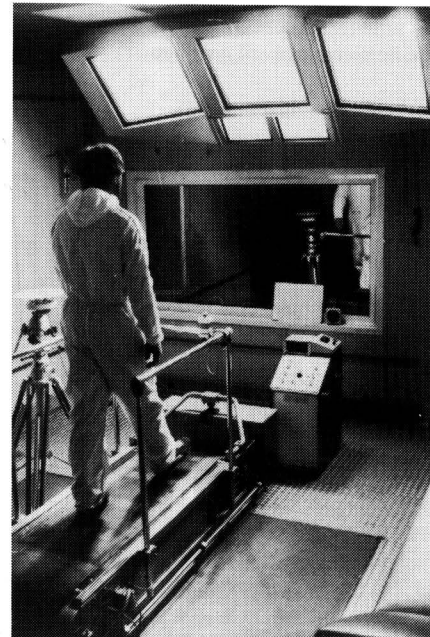


Bild 2. Proband auf dem Ergometer bei eingeschalteter Strahlungsbelastung.

- Messen der Pulsfrequenz und Protokollieren der Anfangsempfindung (Feuchte- und Wärmeempfinden)
- 15 min Gehen auf dem Laufbandergometer bei vorgegebener Geschwindigkeit im Versuchsklima
- 45 min ruhiges Sitzen im vorgegebenen Versuchsklima
- 70 min Gehen auf dem Laufband (Hauptversuchszeit)
- Feststellen des Endgewichts der Versuchsperson.

Die durch das Laufbandergometer vorgegebene Geschwindigkeit betrug 4,5 km/h, das entspricht bei 70 kg Körpergewicht und einer Größe von 1,73 m einer Leistung von etwa 300 W.

Die Bewertungen des Feuchte- und Wärmeempfindens durch den Probanden wurden während der Belastungsphasen in Abständen von 5 min festgehalten. **Bild 3** zeigt das Protokoll eines Versuches, aus dem auch die Intervalle für die Abfragen des thermophysiologicalischen und des mechanischen Tragekomforts des jeweiligen Schutzanzuges sowie die Zeitpunkte der Pulsmessung und ähnliches hervorgehen. Nach Ende eines jeden Versuches, normalerweise nach 130 min bzw. nach Abbruch wegen des Erreichens eines unerträglichen Zustandes, erfolgte die Messung des Endgewichts zur Ermittlung der Schweißverluste.

Die Versuche wurden stets vormittags zur gleichen Zeit durchgeführt, um einen Bereich gleicher Leistungsbereitschaft, **Bild 4**, zu nutzen [6].

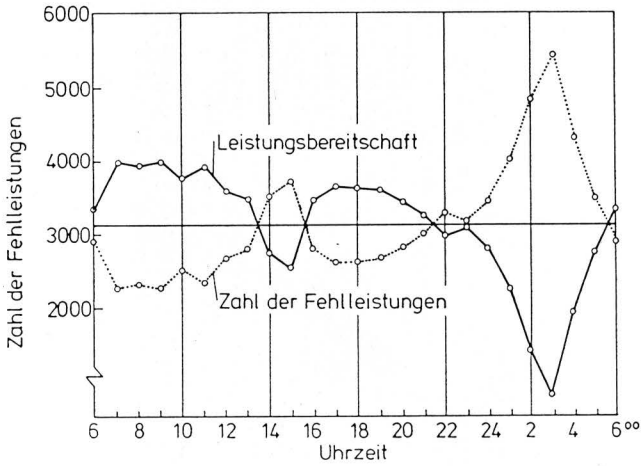


Bild 4. Zahl der Fehlleistungen und Leistungsbereitschaft im Tagesablauf; in Anlehnung an Graf, nach Werten von Bjerner, Holm u. Swensson [6].

3.4 Subjektive Bewertung des Feuchte- und Wärmeempfindens und des thermophysiologischen und mechanischen Tragekomforts

Die Bewertung des Feuchte- und Wärmeempfindens erfolgte entsprechend den Bewertungsskalen in **Tafel 4**, die während des Versuches von den Probanden eingesehen werden konnten.

Feuchteempfinden	Wärmeempfinden
1 trocken	1 angenehm warm
2 Achsel oder Stirn leicht feucht	2 leicht warm
3 Brust oder Rücken feucht	3 warm
4 Körper feucht	4 sehr warm
5 Körper feucht, stellenweise klebt Kleidung	5 heiß
6 Schweiß rinnt stellenweise herab	6 sehr heiß
7 Schweiß rinnt an vielen Stellen	7 unangenehm heiß
8 unangenehm	8 unerträglich

Tafel 4. Bewertungsskalen zur Erfassung des subjektiven Feuchte- und Wärmeempfindens der Testperson; nach Umbach [4].

Auch für die Bewertung des thermophysiologischen und des mechanischen Tragekomforts war eine entsprechende Tafel sichtbar angeordnet, **Tafel 5**. Bei dem mechanischen Tragekomfort ist die Bewertung nur bedingt verwendbar, da sowohl das Material als auch der Schnitt des Anzuges das Urteil beeinflussen [7].

Thermophysiologischer Tragekomfort	Mechanischer Tragekomfort
1 sehr gut	1 sehr gut
2 gut	2 gut
3 befriedigend	3 befriedigend
4 ausreichend	4 ausreichend
5 mangelhaft	5 mangelhaft
6 ungenügend	6 ungenügend

Tafel 5. Bewertungsskalen zur Erfassung des thermophysiologischen und mechanischen Tragekomforts der Schutzanzüge; nach Umbach [4].

3.5 Versuchsklimate

Es wurden 2 Klimate ausgewählt, die in der Praxis im Freiland und im Gewächshaus auftreten können.

Das erste Klima mit 20 °C und 60 % relativer Feuchte ist im folgenden mit Klima "1-" bezeichnet und entspricht einem Normalzustand.

Als zweites Klima wurde eine Temperatur von 30 °C und 33 % relative Feuchte gewählt. Dieses ist als Klima "3-" bezeichnet. Beide Klimate weisen den gleichen Feuchtegrad von ca. 9,2 g Wasser pro kg trockener Luft auf.

Erfolgt bei diesen Klimawerten zusätzlich eine Strahlungsbelastung (alle 5 Lampen eingeschaltet), so werden die Klimabedingungen entsprechend als Klima "1+" bzw. Klima "3+" bezeichnet.

4. Ergebnisse

In **Bild 5** ist als Beispiel das Ergebnis eines Gesamtversuchs (130 min) für das Klima 1+, d.h. 20 °C, 60 % rel. Feuchte mit Strahlungsbelastung dargestellt. Die Ergebnisse stammen von 3 Probanden und wurden mit dem Schutzanzug Nr. 3 ermittelt, einem Anzug aus Polypropylen-Spinnvlies. Man erkennt, daß die Streuung der Angaben über das Feuchteempfinden (unten) größer ist als bei den Angaben über das Wärmeempfinden (oben). In diesem Beispiel nach ca. 60 min der Hauptversuchszeit, das entspricht 120 min der Gesamtversuchszeit, ein stationärer Zustand erreicht, der mit "sehr heiß" und "Schweiß rinnt stellenweise herab" bezeichnet wurde.

Da die ersten 60 min der Gesamtversuchszeit der Erzielung eines stabilen Ausgangsniveaus dienen, werden in den folgenden Ergebnisdarstellungen nur die Hauptversuchszeiten (70 min) betrachtet.

4.1 Feuchte- und Wärmeempfinden des Probandendurchschnitts für die verschiedenen Schutzanzüge bei jeweils gleichen Klimabedingungen

Die jeweiligen Kurven sind das Mittel der von den Probanden angegebenen Werte. Die Kennzeichnung der einzelnen Anzugtypen ist in allen Darstellungen identisch.

4.1.1 Klima "1-": 20 °C, 60 % rel. Feuchte

In **Bild 6** sind die Mittelwerte für das Feuchte- und Wärmeempfinden der Probanden für die 4 Schutzanzugtypen und die Grundkleidung über der Hauptversuchszeit aufgetragen. Der Wert 5 der Bewertungsskala wird nicht überschritten, so daß bei diesem Klima eine Tätigkeit in diesen Anzügen auch bis zu 8 Stunden möglich ist. Auffallend ist, daß beim Wärmeempfinden der Anzug Nr. 5 aus 3-Lagen-Laminat angenehmer empfunden wird als das Tragen der Grundkleidung allein.

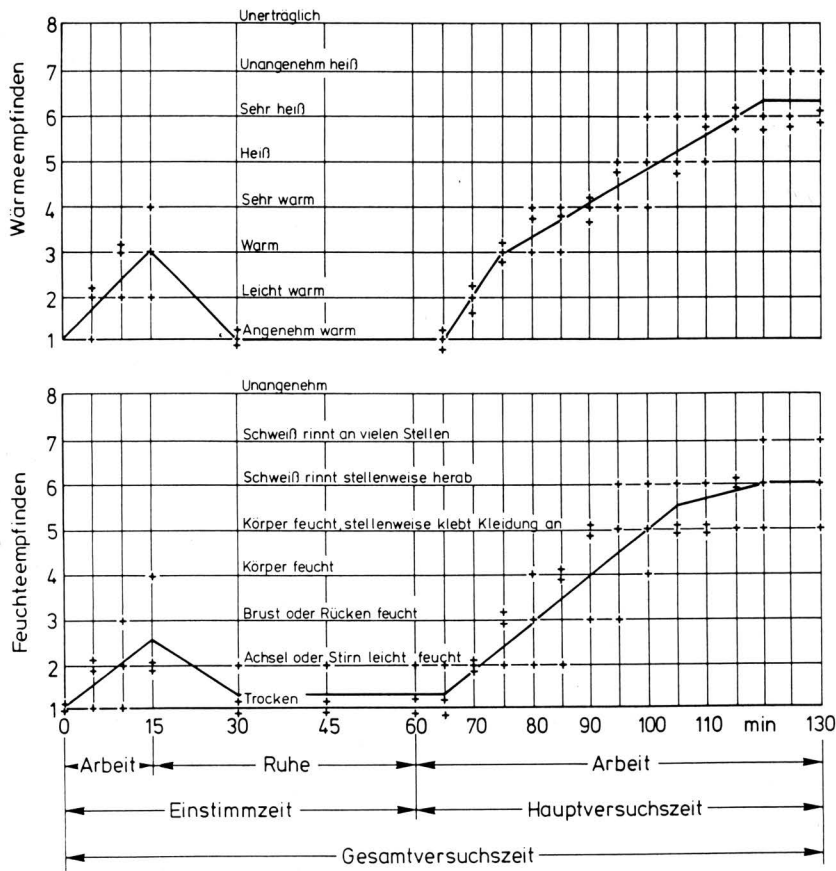


Bild 5. Subjektive Beurteilung des Wärme- und Feuchteempfindens durch drei Probanden beim Tragen des Schutzanzugs Nr. 3; Klima "1+", 20 °C, 60 % rel. Feuchte mit Strahlungsbelastung.

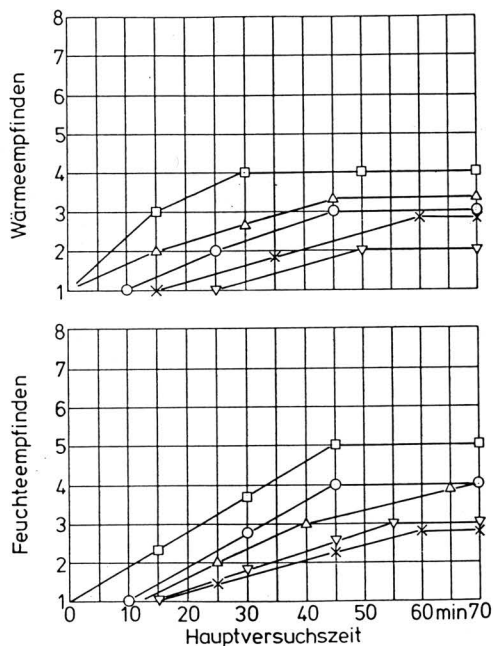


Bild 6. Mittleres Feuchte- und Wärmeempfinden der Probanden beim Klima "1-", 20 °C, 60 % rel. Feuchte.

x Schutzanzug Nr. 1 o Schutzanzug Nr. 4
 □ " " Nr. 2 ▽ " " Nr. 5
 △ " " Nr. 3

4.1.2 Klima "1+": 20 °C, 60 % rel. Feuchte mit Strahlungsbelastung

Das Hinzuschalten der Strahlungsbelastung als Einflußfaktor bei gleichen Werten von Temperatur und Feuchte ergibt eine wesentliche Steigerung der empfundenen Feuchte- und Wärmewerte von bis zu 3 Bewertungspunkten, **Bild 7.** Nach rund 40 min Arbeitszeit gelangen die Probanden mit den Schutzanzügen Nr. 2 (polyurethanbeschichtete Filamentgarne) und Nr. 3 (3lagiges Polypropylen-Spinnvlies) in die Bereiche der Unerträglichkeit. Nur mit den Schutzanzügen Nr. 4 und Nr. 5 ergibt sich ein stationärer Zustand im Wärme- und Feuchteempfinden, der ein Arbeiten über mehrere Stunden zu lassen würde. Die geringste Veränderung durch das Hinzuschalten der Strahlungsquelle ergibt sich beim Tragen der Grundkleidung.

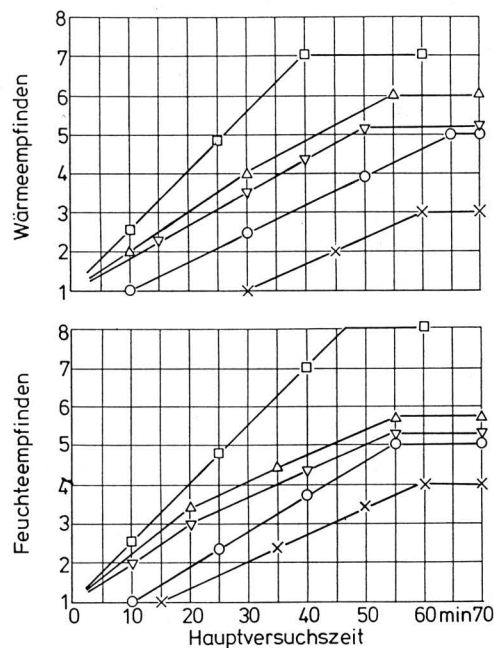


Bild 7. Mittleres Feuchte- und Wärmeempfinden der Probanden beim Klima "1+", 20 °C, 60 % rel. Feuchte mit Strahlungsbelastung.

x Schutzanzug Nr. 1 o Schutzanzug Nr. 4
 □ " " Nr. 2 ▽ " " Nr. 5
 △ " " Nr. 3

4.1.3 Klima "3-": 30 °C, 33 % rel. Feuchte

Eine Steigerung der Lufttemperatur auf 30 °C bei gleichem Feuchtegrad bewirkt einen schnelleren – also steileren – Anstieg und höheren Endwert im Wärme- und Feuchteempfinden für alle Anzugtypen einschließlich der Grundkleidung, **Bild 8.** Bereits nach 45 min wird mit dem Anzug Nr. 2 die absolute Unerträglichkeit erreicht. Die Versuchsdauer von 70 min wurde nur von einigen Probanden durchgehalten.

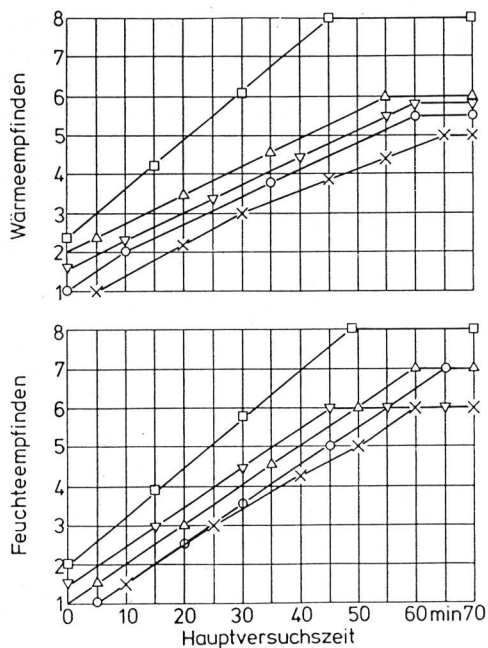


Bild 8. Mittleres Feuchte- und Wärmeempfinden der Probanden beim Klima "3-", 30 °C, 33 % rel. Feuchte.

x Schutzanzug Nr. 1 o Schutzanzug Nr. 4
 □ " Nr. 2 ▽ " Nr. 5
 △ " Nr. 3

Die übrigen 3 Schutzanzüge (Nr. 3, 4 und 5) wurden mit sehr ähnlichen Werten für das Feuchte- und Wärmeempfinden benotet, d.h. sie liegen in der Bewertung eng beieinander. Auch die Werte für die Grundkleidung liegen kaum tiefer als die der drei genannten Schutzanzüge. Für diese 3 Schutzanzüge ergibt sich nach ca. 60 min ein stationärer Zustand, d.h. ein Arbeiten über längere Zeit in diesen Anzügen ist möglich, wenn auch bei "heißen" bis "sehr heißen" Bedingungen und bei "rinnendem Schweiß". Das sehr dichte Zusammenliegen der angegebenen subjektiven Werte des Feuchte- und Wärmeempfindens zeigt, daß eine Differenzierung zwischen diesen Anzügen bei dieser hohen Temperatur schwieriger wird.

4.1.4 Klima "3+": 30 °C, 33 % rel. Feuchte mit Strahlungsbelastung

Das Hinzufügen der Strahlungsbelastung zu dem in 4.1.3 beschriebenen Klima ergibt kaum Änderungen in den Empfindungsangaben der Probanden, **Bild 9**.

Der Anzug Nr. 2 erreicht auch bei Strahlungsbelastung nach 45 min die Bewertung "unerträglich". Bei dieser Bewertung geben die Probanden aber spätestens nach 60 min auf.

Bei den 3 übrigen Schutzanzügen und auch bei der Grundkleidung stellt sich wie bei den Versuchen mit 30 °C ohne Strahlungsbelastung nach ca. 60 min ein stationärer Zustand bei sehr hohen Werten von 6 bis 7 der bis 8 reichenden Bewertungsskalen für das Wärme- und Feuchteempfinden ein.

30 °C sind also in jedem Fall, gleich mit welchem Anzug und ob mit oder ohne Strahlungsbelastung, für eine längere Arbeitszeit nicht akzeptabel. Eine Differenzierung zwischen den verschiedenen Anzügen ist fast nicht mehr möglich.

4.2 Feuchte- und Wärmeempfinden bei verschiedenen Klimaten für jeweils einen Anzugtyp

Im nachfolgenden werden einige der in Abschn. 4.1 gezeigten Ergebnisse in anderer Art dargestellt, und zwar für die Grundkleidung und für die Schutzanzüge Nr. 2 und 4.

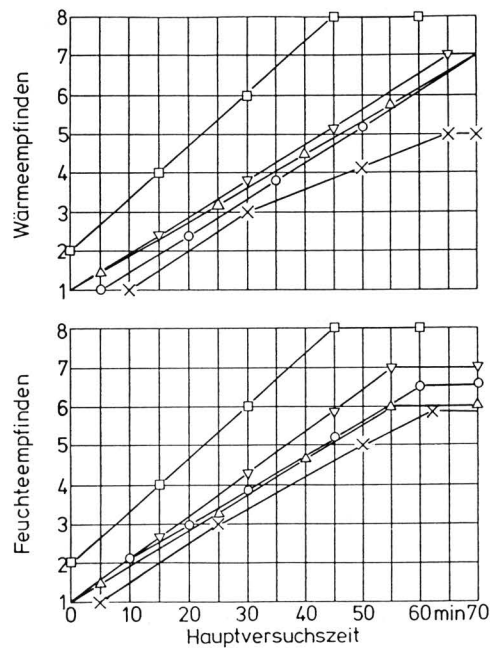


Bild 9. Mittleres Feuchte- und Wärmeempfinden der Probanden beim Klima "3+", 30 °C, 33 % rel. Feuchte mit Strahlungsbelastung.

x Schutzanzug Nr. 1 o Schutzanzug Nr. 4
 □ " Nr. 2 ▽ " Nr. 5
 △ " Nr. 3

4.2.1 Feuchte- und Wärmeempfinden beim Tragen der Grundkleidung

Für die Grundkleidung, die natürlich gegenüber den Schutzanzügen eine sehr viel geringere Schutzwirkung aufweist [8, 9], zeigt sich ein deutlicher Einfluß der Lufttemperatur auf das Wärme- und Feuchteempfinden. Der Einfluß der Strahlungsbelastung auf das Wärmeempfinden ist dagegen gering, **Bild 10**. Das gleiche gilt für das Feuchteempfinden, bei dem nur bei der niedrigen Temperatur von 20 °C ein Einfluß der Strahlungsbelastung deutlich zu erkennen ist. Wie schon im Kapitel 4.1 erwähnt, dominiert bei 30 °C der Temperatureinfluß gegenüber dem der Strahlung.

4.2.2 Feuchte- und Wärmeempfinden beim Tragen des Anzuges Nr. 2

Kann die Grundkleidung im Rahmen dieser Versuche als das untere Extrem für den Feuchtedurchgangswiderstand angesehen werden, so stellt der Anzug Nr. 2 mit seiner Polyurethan-Beschichtung das obere Extrem dar (s. a. Tafel 1). Dies kommt auch in der Bewertung durch die Probanden zum Ausdruck, **Bild 11**. Dieser Anzug mit seinen hohen Durchgangswiderständen für Luft und Wasserdampf ist über längere Arbeitszeiten praktisch nur bis 20 °C ohne Strahlungsbelastung (Klima 1-) einsetzbar. Der deutliche Einfluß der Strahlungsbelastung ist durch die dunkle Farbe des Anzuges erklärbar, die zu einer starken Erhöhung der Oberflächentemperatur des Anzuges führt. Muß zur Erzielung eines Personen-Vollschutzes zu diesem Anzug noch eine geschlossene Haube getragen werden, so wird eine Fremdbelüftung erforderlich [10].

4.2.3 Feuchte- und Wärmeempfinden beim Tragen des Anzuges Nr. 4

Nach den beiden Extremen, der Grundkleidung ohne besondere Schutzwirkung und dem Anzug mit Polyurethan-Beschichtung (Nr. 2), zeigt der Anzug Nr. 4 aus Polyäthylen Bewertungen des

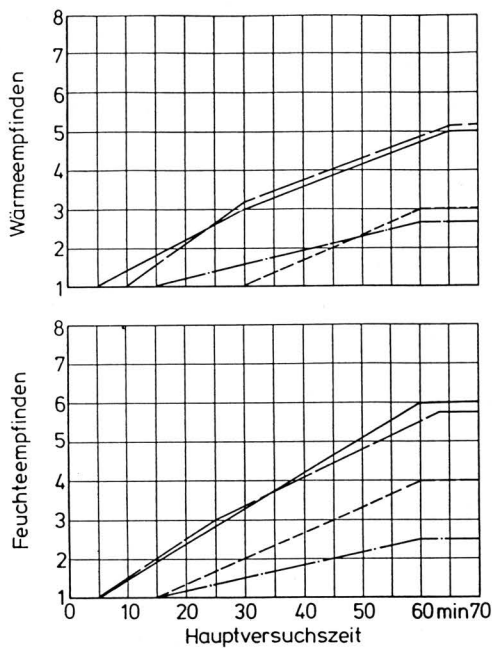


Bild 10. Mittleres Feuchte- und Wärmeempfinden der Probanden beim Tragen der Grundkleidung Nr. 1 bei verschiedenen Klimaten.

--- Klima 1- — Klima 3-
 --- Klima 1+ - - - Klima 3+

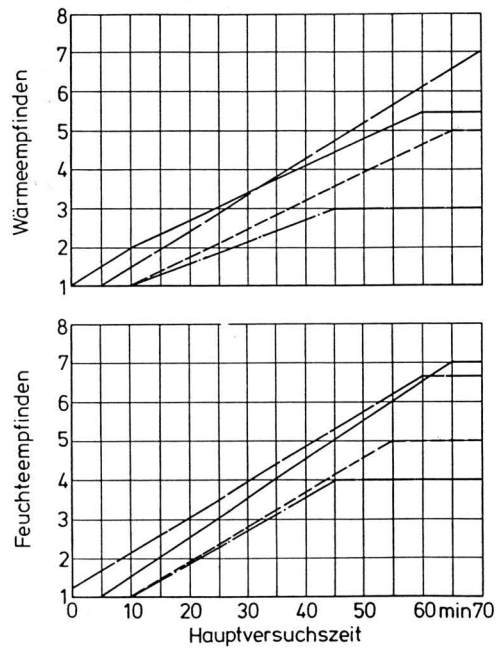


Bild 12. Mittleres Feuchte- und Wärmeempfinden der Probanden beim Tragen des Schutzanzugs Nr. 4 bei verschiedenen Klimaten.

--- Klima 1- — Klima 3-
 --- Klima 1+ - - - Klima 3+

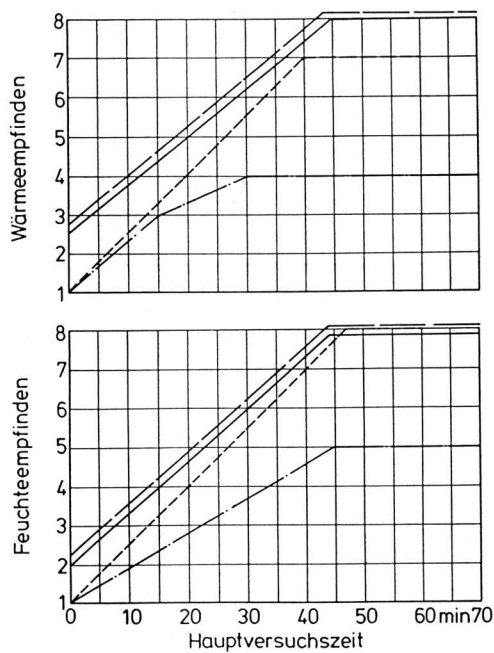


Bild 11. Mittleres Feuchte- und Wärmeempfinden der Probanden beim Tragen des Schutzanzugs Nr. 2 bei verschiedenen Klimaten.

--- Klima 1- — Klima 3-
 --- Klima 1+ - - - Klima 3+

Wärme- und Feuchteempfindens, die nahe dem Bereich der Grundkleidung liegen, **Bild 12.** Der Einfluß sowohl der Temperatur als auch der Strahlungsbelastung ist hier gering. Letzteres ist auch auf die weiße Farbe des Anzuges zurückzuführen. Nach ca. 60 min Arbeitszeit ergibt sich ein stationärer Zustand in der Bewertung durch die Probanden. Ähnliche, aber nicht ganz so günstige Werte wie beim Anzug Nr. 4 werden von den Anzügen Nr. 3 und Nr. 5 erreicht.

5. Zusammenfassung

Personengetragene Schutzausrüstungen haben die Aufgabe, Gesundheitsrisiken für den Träger auszuschließen oder zu vermindern. Beispiele hierfür sind für das Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln Arbeitsschutzanzüge, durch die der Anwender vor den Risiken beim Umgang mit gesundheitsgefährdenden Stoffen geschützt wird. Der Schutzwirkung derartiger Anzüge stehen im allgemeinen aber thermische Belastungen durch das Tragen der Anzüge gegenüber. Die Akzeptanz personengertragener Schutzausrüstungen ist daher wesentlich von diesen Belastungen abhängig. Diese und das daraus resultierende thermophysiologische Empfinden waren Gegenstand der Untersuchungen.

Vier verschiedene Schutzanzüge aus unterschiedlichen Materialien wurden von einer Gruppe von 5 Probanden unter 4 Klimazuständen bei stets gleicher simulierter Arbeitsbelastung, nämlich Gehen auf ebenem Untergrund mit 4,5 km/h (ca. 300 W), bewertet. Dabei wurden die Schutzanzüge über einer einheitlichen Grundkleidung getragen, die allein ohne Schutzanzug auch als Referenzkleidung im Rahmen der Versuche diente.

Im allgemeinen stiegen die Bewertungen des Feuchte- und Wärmeempfindens der Versuchspersonen zu Beginn der Versuche an, um sich dann auf einem bestimmten Empfindungswert zu stabilisieren. In diesem eingeschwungenen Zustand ist die vom Körper erzeugte Wärme gleich der durch die Kleidung abgeführten Wärme. Für das Wärme- und Feuchteempfinden wurde eine von 0 bis 8 reichende Bewertungsskala verwendet. Die Grenze für eine Tätigkeit über mehrere Stunden liegt bei Werten zwischen 5 und 6 dieser Skala.

Bei der Bewertung der Anzüge ergaben sich zwei Extreme: Die Grundkleidung ohne Schutzanzug erhielt die beste Bewertung, während der Anzug aus polyurethanbeschichteten Filamentgarnen bei allen Klimazuständen aufgrund seiner nahezu feuchteundurchlässigen Beschichtung die schlechteste Bewertung in Hinsicht auf die Akzeptanz erfuhr. Bei diesem Anzug war meist ein vorzeitiger Abbruch der Versuche erforderlich, da die Klima- und damit auch Kreislaufbelastung unerträglich wurde.

Die Einweganzüge aus Spinnvlies und der untersuchte Wetterschutzanzug lagen in ihrer Bewertung zwischen diesen beiden Extremen. Mit zunehmender Temperatur, also bei 30 °C mit und ohne Strahlungsbelastung, wurden die Bewertungsunterschiede zwischen diesen drei Anzugtypen immer geringer, obwohl im Aufbau zwischen den preisgünstigen Einwegschutzanzügen aus Polypropylen bzw. Polyäthylen-Spinnvlies in Drei- bzw. Einschichtenmaterial und dem Wetterschutzanzug wesentliche Unterschiede gegeben sind. Letzterer, aus einem 3-Lagen-Laminat mit einer PTFE-Membran in der Mitte, ist eigentlich als atmungsaktiver Wetteranzug gedacht und ca. 20mal so teuer wie die Einweganzüge.

Alle vier Schutzanzüge werden für 20 °C mit Strahlungsbelastung so von den Versuchspersonen eingestuft, wie bei 30 °C ohne Strahlungsbelastung. Nur drei erlauben für die zugrunde gelegten Klimabedingungen längere Arbeitszeiten, nämlich die Einweganzüge und der Wetterschutzanzug. Bei 30 °C mit Strahlungsbelastung ist die Arbeitszeit beim Tragen dieser drei Anzüge auf knapp 60 min begrenzt.

Alle Anzüge sind als Schutzanzüge für das Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln geeignet, wenn auch, wie andere Untersuchungen zeigen [3, 11], mit unterschiedlicher Schutzwirkung, **Bild 13**, und wie diese Untersuchung zeigt, mit unterschiedlichem thermophysiolgischem Tragekomfort.

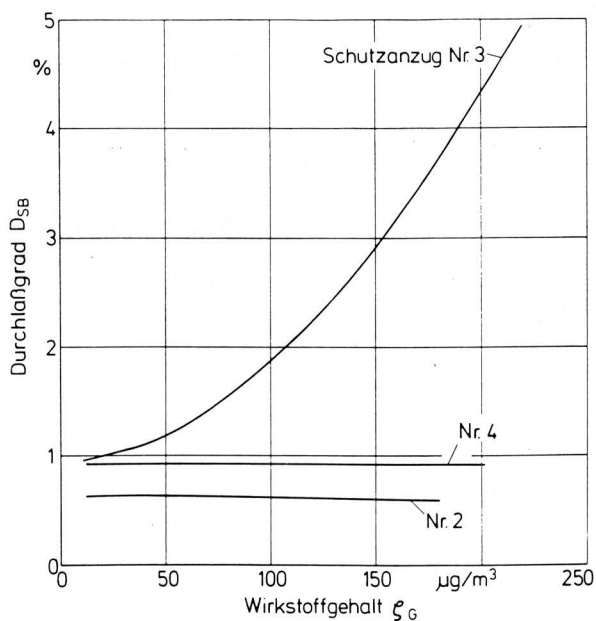


Bild 13. Durchlaßgrad der Stoffe für Schutzanzüge Nr. 2, 3 und 4 in Abhängigkeit vom Wirkstoffgehalt der Luft in einem Gewächshaus; nach *Batel* [3].

Eine Erweiterung der Untersuchungen zum Tragekomfort auf neu angebotene Anzugtypen ist ebenso vorgesehen wie, in Zusammenarbeit mit Herstellern und Anwendern, die Ermittlung des Durchlaßgrades der eingesetzten Stoffe gegenüber Pflanzenschutzmitteln.

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] Verordnung über gefährliche Stoffe (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26.8.1986 (BGBl I Seite 1470) in der durch die Erste Verordnung zur Änderung der Gefahrstoffverordnung vom 16.12.1987 (BGBl I S. 2721) geänderten Fassung.
- [2] *Hettinger, Th., G. Eissing, R. Hertting u. I. Steinhaus*: Belastung und Beanspruchung durch das Tragen persönlicher Schutzausrüstungen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Forschungsbericht Nr. 392, Band 1. ISBN 3-88 314-369-3.
- [3] *Batel, W.*: Ermittlung der Exposition beim Umgang mit Pflanzenschutzmitteln, sich daraus ableitende personengetragene Schutzeinrichtungen und Versuche zu ihrer Eignung. Grundle. Landtechnik Bd. 37 (1987) Nr. 1, S. 1/11.
- [4] *Umbach, K.H.*: Bekleidungsphysiologische und technologische Aspekte von wasserabweisenden, jedoch gleichzeitig wasserdampfdurchlässigen Textilkonstruktionen. Schlußbericht AIF-Nr. 5296 (1983), Bekleidungsphysiologisches Institut e.V., 7124 Bönnigheim, Schloß Hohenstein.
- [5] *Graef, M., G. Jahns, J. Janssen, G.-J. Mejer, R. Möller, H. Speckmann u. E. Witte*: Arbeitsplatzbelastungssimulator. Institutsbericht HdA 78/1, Institut für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) 1978.
- [6] *Bjerner, B., A. Holm u. A. Swensson*: Diurnal variation in mental performance. Brit. J. Industr. Med. Bd. 12 (1955) S. 103.
- [7] • *Robinette, K.M.*: Anthropometric methods for improving protection. S. 569/80 in *Barker, R.L. u. G.C. Coletta* (Hrsg.): Performance of protective clothing. ASTM STP 900. Philadelphia: Am. Soc. for Testing and Materials, 1986.
- [8] *Branson, D.H., G.S. Ayers u. M.S. Henry*: Effectiveness of selected work fabrics as barriers to pesticide penetration. S. 114/20 in *Barker, R.L. u. G.C. Coletta* (Hrsg.), siehe [7].
- [9] *Hobbs, N.E., B.G. Oakland u. M.D. Hurwitz*: Effects of barrier finishes on aerosol spray penetration and comfort of woven and disposable nonwoven fabrics for protective clothing. S. 151/61 in *Barker, R.L. u. G.C. Coletta* (Hrsg.), siehe [7].
- [10] *Hinz, T., R. Möller u. F. Pardylla*: Tragekomfort eines belüfteten Schutzanzuges. Landbauforschung Völknerode, Bd. 38 (1988) Nr. 2, S. 140/44.
- [11] *Nielsen, A.P. u. R.V. Moraski*: Protective clothing and the agricultural worker. S. 95/102 in *Barker, R.L. u. G.C. Coletta* (Hrsg.), siehe [7].