

Mikroklimatischer Komfort als physiologische Assistenz

Bernhard KURZ¹, Christoph RUSS²

¹ Hochschule für angewandte Wissenschaften München Fk09,
Lothstr. 64, D-80335 München

² Inside Climate GmbH,
Hilpoltsteiner Str. 1b, D-83607 Holzkirchen

Kurzfassung: Die Ausführungen fokussieren auf den vermeintlich eher nebensächlichen Belastungsfaktor Klima, im Speziellen auf das lokal auftretende Mikroklima bei Bekleidungskomponenten oder Körperstützsystemen und dem dabei empfundenen Komfort resp. Diskomfort. Durch zahlreiche wissenschaftliche Dokumente sowie eigene Untersuchungen wird deutlich, dass lokaler, klimatischer Diskomfort das globale Komfortgeschehen beeinflusst und z. T. mitbestimmt und somit Einfluss auf Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft nimmt, letzteres aber kaum differenziert untersucht ist. In Hinblick auf sich ändernde Anforderungen an Schutz- und Arbeitskleidung, durch zunehmende Sitztätigkeiten (autonomes Fahren) und angesichts zu erwartender makroklimatischer Veränderungen (Klimawandel) muss dem hautnahen Mikroklima besondere Bedeutung als physiologische Assistenz zugeordnet werden.

Schlüsselwörter: Komfort, Diskomfort, Mikroklima, Tragekomfort, Thermoregulation

1. Einleitung

Die Anforderungen an moderne Arbeits-, Schutz- und Sportkleidung oder an Sitz- und Liegesysteme haben sich in den letzten Jahrzehnten grundlegend verändert. So werden heutzutage bei Bekleidungssystemen Multifunktionalitäten erwartet, die nicht nur den primären Zweck bspw. nach Schutz vor chemischen, mechanischen oder thermischen Einwirkungen erfüllen, sondern die eben auch hautsensorischen bzw. haptischen Aspekten gerecht werden sowie Hygiene- und Reinigungsbedürfnisse oder biomechanische Vorgaben bzgl. Passform erfüllen müssen (vgl. Abb. 1).

Zu den anforderungsgebundenen Funktionalitäten treten Komfortaspekte hinzu, die grob in die beiden Bereiche biomechanischer und klimatischer Komfort unterteilt werden können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass beide Komfortsektoren Wechselwirkungen und gegenseitige Beeinflussungen aufweisen, mit entsprechenden physiologischen Konsequenzen. So wird durch eine schlechte Schuhpassform die Ausbildung von Hautreizungen und Blasen begünstigt und in Verbindung mit feuchtwarmem Schuhklima sogar beschleunigt, weil dabei die mechanischen Eigenschaften der Haut ungünstig beeinflusst werden (Mazeration). Zudem ist bekannt, dass in den ersten Nutzungsphasen von Bekleidungskomponenten oder von Sitz- und Liegesystemen zunächst die biomechanischen Gegebenheiten den Tragekomfort oder besser den Diskomfort bestimmen und erst nach einiger Zeit die klimatischen Faktoren hinzutreten, mitunter sogar die dominierende Rolle einnehmen können. Vor dem

Hintergrund, dass Komfort maßgeblich bestimmt wird durch nichtstörende unangenehme Empfindungen („Erleiden“ nach Hertzberg 1958) wird auch deutlich, dass regionale Missempfindungen die globale Gesamtsituation maßgeblich mitbestimmen und unmittelbar die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit sowie Leistungsbereitschaft beeinflussen.

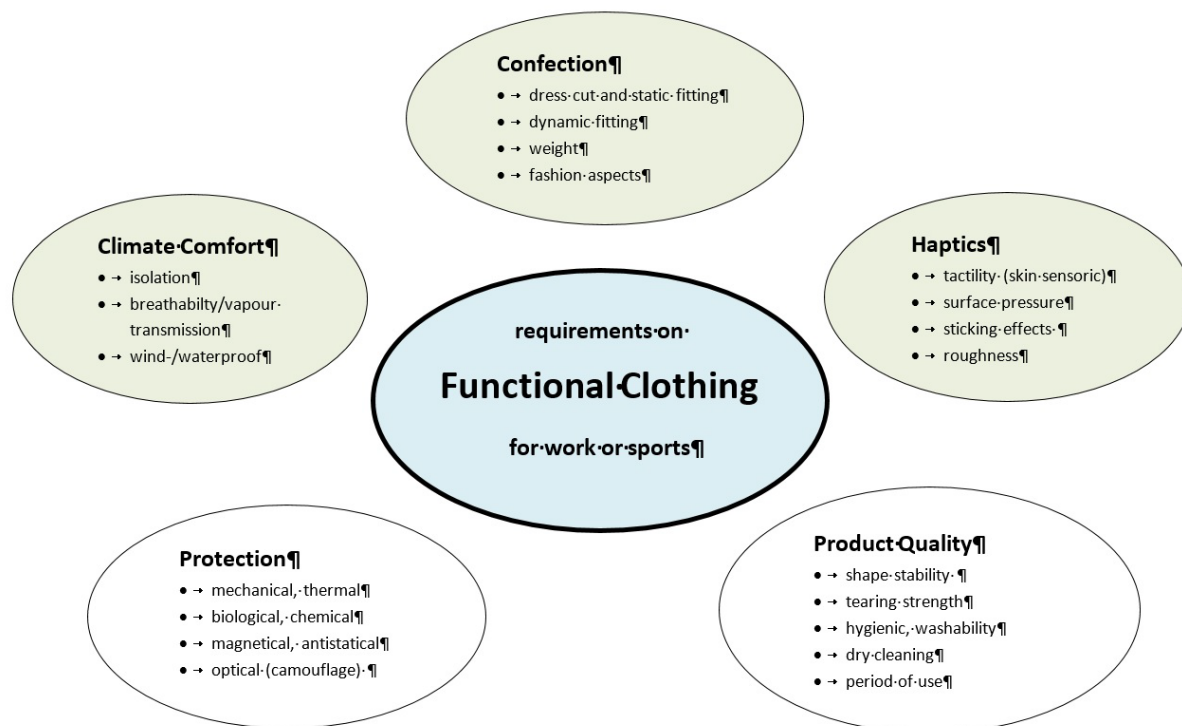


Abbildung 1: Ergonomische Anforderungen an Bekleidung (grüne Bereiche mit Komfortrelevanz)

2. Komfort und Diskomfort

Nach den weiterentwickelten Komfort-Diskomfort-Modellen von Zhang (1996, in Ulherr & Bengler 2018), Looze et al. (2003, in Ulherr & Bengler 2018) und letztlich Yink und Hallbeck (2012, in Ulherr & Bengler 2018) treten Komfort- und Diskomfortfaktoren meist gepaart und gleichzeitig auf, stellen keine sich kompensierenden Gegenteile dar und sind unabhängig voneinander zu betrachten. Zudem ist beschrieben, dass Diskomfort besser durch objektive Messgrößen zu quantifizieren ist als Komfort, der bspw. durch Design und Ästhetik beeinflusst wird. Insbesondere für Teilkörperklimatisierung, d.h. lokal unterschiedliche Mikroklimata, ist dieses Modell gut anwendbar, als dadurch lokale Missempfindungen bspw. durch feucht-warmes Mikroklima in Bekleidungskomponenten bei ansonsten klimatisch komfortabler Umgebungssituation verknüpft werden können.

Während nun aber zu den üblichen Umweltfaktoren (Stressoren) Lärm, Licht und Vibrationen differenzierte Quantifizierungsmethoden mit Auswirkungen auf Leistung, Qualität, Ermüdung und Arbeitssicherheit vorliegen, sind solche im Bereich Klima fast nur für Ganzkörperklimatisierung verfügbar. Abgesehen von feinmotorischen Beeinträchtigungen unter Kälte (Kay 1949, in Wenzel & Piekarski 1980) finden sich vor allem Aussagen zu Veränderungen von Energieumsatz, Gewichtsverlust/Schwitzrate, Herz-

und Atemfrequenz u.a. bei unterschiedlichen, kalten und warmen sowie trocken und feuchten Umgebungsklimaten (Wenzel & Piekarski, 1980). Dagegen sind zum lokalen, klimatischen Diskomfort nur sehr vereinzelte Untersuchungen, meist unter speziellen situativen Rahmenbedingungen, zu finden, Grundlagenuntersuchungen hierzu sind die Ausnahme.

Bei nahezu allen Untersuchungen zum klimatischen Komfort bzw. Diskomfort verschiedenster industrieller und öffentlicher Forschungsinstitutionen (Apurba-Das & Alagirusamy 2010; Bektic 2012; Djonyang et al. 2010; Kurz & Russ 2020; Song 2011; Umbach 2003; Zimmermann et al. 2008) herrscht aber Einigkeit darüber, dass das hautnahe Mikroklima den entscheidenden, mehrdimensionalen Indikator zur Beurteilung der thermoregulatorischen Funktion sowie insbesondere des auftretenden klimatischen Komforts darstellt. Ergänzt durch biomechanische und hautsensorische Aspekte, wie etwa Passform oder schweißbedingte Klebeeffekte oder Nassstellen, lässt sich somit ein ergonomischer Tragekomfort ableiten.

3. Thermoregulation und Mikroklima

Im Grunde überrascht die Bedeutung des Mikroklimas als Komfortfaktor ja nicht, da dieses letztlich die Ausprägung der thermischen Situation bzw. der Wärmebilanz des/r Trägers/in ist. Ausgehend von der Wärmeproduktion (Energieumsatz) bestimmen Wärmedurchgang, Atmungsaktivität und Feuchtemanagement der textilen Bekleidungs- oder Deckschichten sowie das Umgebungsklima die Ausbildung entsprechender lokaler Mikroklimata (vgl. Abb. 2). In Verbindung mit der ausgeprägten Sensitivität für Temperaturwahrnehmung und – indirekt über taktile Hautrezeptorik – auch der Feuchteempfindung, entsteht ein präziser Komfortindikator.

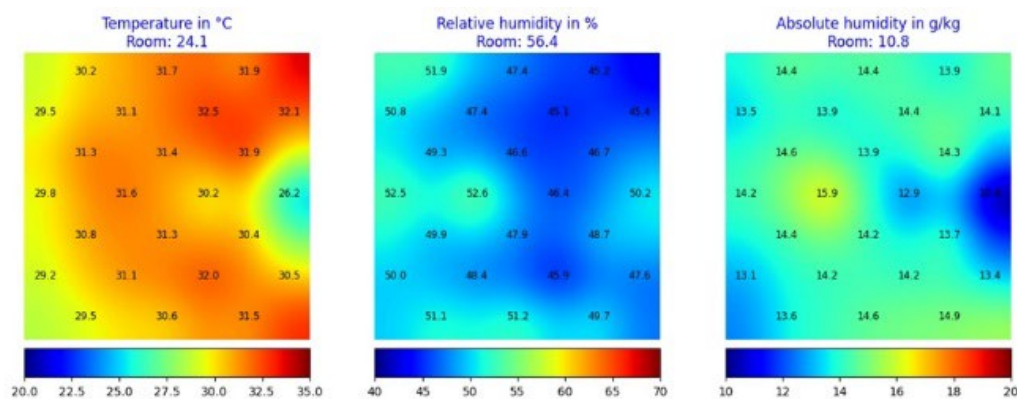


Abbildung 2: Wärme und Feuchteprofil eines Probanden auf einem Bürostuhl

Nach einer Analyse zahlreicher Versuche mit Testpersonen – auf Sitzen, in Betten und mit unterschiedlichsten Bekleidungsstücken – lässt sich das menschliche Thermoregulationsverhalten auf Basis der hautnahen Mikroklimakenngrößen in drei Bereiche klassifizieren (vgl. Abb.3):

- Bereich 1: thermisch komfortabel (thermal equilibrium), gekennzeichnet durch
 - mäßige Temperaturschwankungen mit bis zu ± 1 °C im Komfortbereich (31,5 – 35,5 °C)

- ausgeglichene Wärmebilanz; Schwitzen als aktives körpereigenes Mittel zur Beeinflussung der Wärme tritt in nur geringen Maßen (fine tuning) auf,
- eine dynamische Regelaktivität der sensiblen Schweißabgabe mit geringer, sich in textilen Schichten über Zeit aber nicht kumulierender Absolutfeuchte.
- Bereich 2: Tendenz zum Frieren, gekennzeichnet durch
 - Absinken der Hauttemperatur unter den Komfortbereich, Gefahr einer Reduzierung der Körperkerntemperatur,
 - steigenden Bedarf nach Wärme (Produktion, Zufuhr, Isolation); sensibles (aktives) Schwitzen spielt keine Rolle,
 - geringste Schweißabgabe, ausschließlich insensibles Schwitzen mit sehr niedriger Absolutfeuchte und geringer Entwicklungsdynamik.
- Bereich 3: Tendenz zum Schwitzen (Überwärmen mit zunehmender Schweißproduktion), gekennzeichnet durch
 - ansteigende Hauttemperatur über den Komfortbereich hinaus, mit Erhöhungstendenz der Körperkerntemperatur,
 - zunehmenden Bedarf nach Wärmeabgabe, Steigerung der Schwitzaktivität,
 - erhöhte bis hohe, sich in textilen Schichten kumulierende Absolutfeuchte.

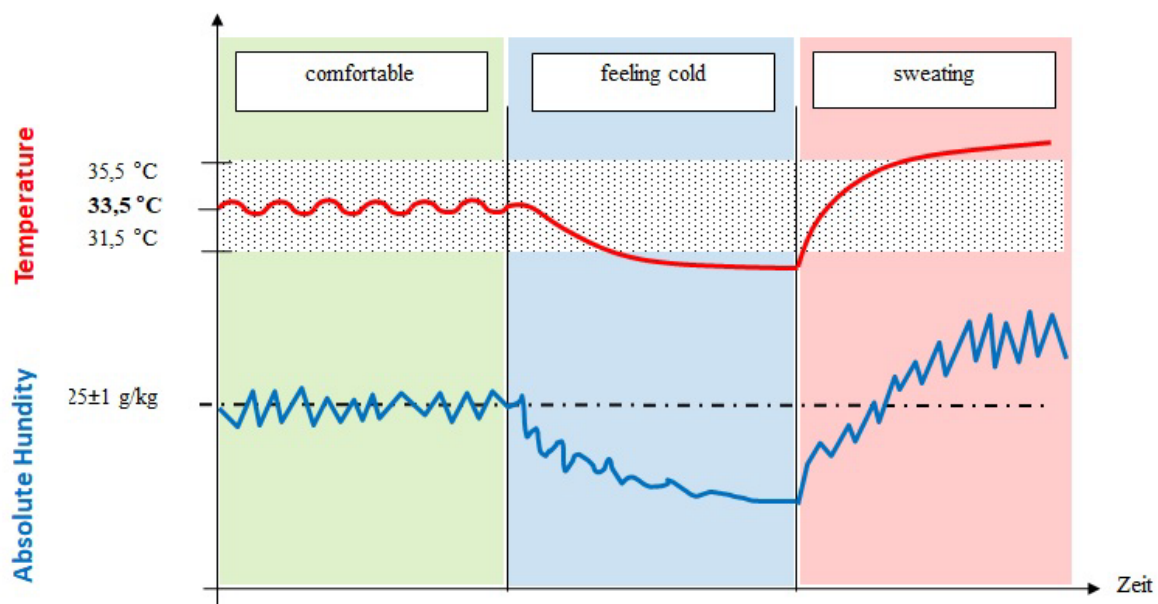


Abbildung 3: thermoregulatorische Phasen

Somit können aus dem statischen und dynamischen Mikroklima Aussagen über die thermische Belastung, durch zusätzliche Befragung Komfortbewertungen sowie mit ergänzenden Untersuchungen auch die Blindleistungsanteile bzw. deren Auswirkungen auf Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft abgeleitet werden.

4. Ausblick

In Hinblick auf eine physiologische Assistenz sind also die thermoregulatorischen Vorgänge bestmöglich durch geeignete Bekleidungs- oder Körperunterstützungssysteme zu fördern, um den Energieaufwand zur Stabilisierung der Körperkerntemperatur im Sinne einer Blindleistung zu minimieren und damit den klimatischen Trage- oder Nutzungskomfort zu steigern. Hierzu stellt das hautnahe Mikroklima den entscheidenden Indikator dar.

In laufenden Projekten werden die dargestellten Erkenntnisse durch weitere Komfortkorrelationen in Trage, Sitz- und Schlafversuchen validiert. Für die hierbei eingesetzte spezielle AreaView-Messtechnik werden derzeit automatisierte Clusteranalysen zur Bildung der mikroklimatischen Kenngrößen entwickelt. Ab Jahresmitte sind Studien angesetzt, die mithilfe von Konzentrations-Leistungstests mögliche Auswirkungen eines lokalen Diskomforts quantifizieren.

5. Literatur

- Apurba-Das R, Alagirusamy (2010) Science in Clothing Comfort, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge.
- Bektic D (2012) Tragekomfortprognose – Korrelationsanalyse ausgewählter Klimasimulationsverfahren, Masterarbeit Munich University of Applied Sciences FK09.
- Djongyang N, Tchinda R, Njomo D (2010) Thermal comfort – A review paper, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14: 2626–2640.
- Hertzberg HTE (1958) Seat Comfort. WADC Technical Report: 30–56.
- Kurz B, Russ CH (2020) Climate comfort and product testing, Technical Textiles 4/5: 172–174.
- Song G (2011) Improving Comfort in Clothing, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge.
- Ulherr A, Bengler K (2018) Bewertung von Sitzen – Eine kritische Betrachtung von Komfort und Diskomfort Modellen. Z. Arb. Wiss. 72: 104–110.
- Umbach KH (2003) Die physiologische Funktion der Bekleidung, P. Knecht (Hrsg.), Funktionstextilien, High-Tech-Produkte bei Bekleidung und Heimtextilien: 43–56.
- Wenzel HG, Piekarski C (1980) Klima und Arbeit. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung (Hrsg.), München.
- Zimmermann C, Udelhoven W, Kurz B, Glitz KJ (2008) Thermal comfort range of a military cold protection glove: database by thermophysiological simulation, Eur. J. Appl. Physiol. 104: 229–236.



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Nachhaltig Arbeiten und Lernen

**Analyse und Gestaltung lernförderlicher
und nachhaltiger Arbeitssysteme
und Arbeits- und Lernprozesse**

69. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

01. – 03. März 2023

GfA-Press

Bericht zum 69. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 01. – 03. März 2023

**Fakultät Maschinenbau, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM) und
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Sankt Augustin: GfA-Press, 2023
ISBN 978-3-936804-32-4

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© GfA-Press, Sankt Augustin

Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Geschäftsstelle der GfA

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2023 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de