

MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN BEI DER MODELLIERUNG VON EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE MENSCHLICHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT

Susanne Urlaub¹, Runa Hellwig², Christoph van Treeck³, Klaus Sedlbauer^{1,3}

¹Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart

²Hochschule Augsburg, Fachgebiet Energie Effizienz Design und Bauklimatik

³Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen

KURZFASSUNG

Zunehmende Globalisierung und das Erfordernis, immer kostensparender zu wirtschaften stellt für viele Unternehmen eine Herausforderung dar. Um wettbewerbsfähig zu sein, sollen die Mitarbeiter leistungsfähig und motiviert sein und optimal ihr Wissen einbringen können, andererseits sollen sie möglichst wenig Kosten verursachen. In den kommenden Jahren werden immer mehr Menschen im Büro beschäftigt sein. Daher beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit den Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit bei Büroarbeit. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf dem Raumklima, da es dazu sehr gegensätzliche Diskussionen in der Literatur gibt. Neben einer Definition der Leistungsfähigkeit und einer Übersicht über mögliche Einflüsse stellt sich auch die Frage, wie Leistung adäquat erfasst werden kann. Nach Auswertung der zugänglichen Literatur ergeben sich widersprüchliche Ergebnisse. Die Ableitung einer Beziehung ist offensichtlich nicht trivial. Außerdem ist anzunehmen, dass das Raumklima offensichtlich keinen alleinigen Einflussparameter bezüglich der Leistungsfähigkeit darstellt. Vielmehr besteht vermutlich eine weite Verzweigung sowohl mit anderen physikalischen Faktoren wie der Akustik oder der Beleuchtung und mit Aspekten wie Raumgestaltung oder psychosozialen Effekten.

ABSTRACT

Increasing globalization and the necessity to reduce costs means a problem for many companies. To act competitively on an global market, the workers should be able to perform their jobs at their best and on the other hand they should produce as little costs as possible. Furthermore, an increasing amount of work will be shifted in offices in the next years. For this reason, this paper concerns the factors that affect the performance of office workers. The focus is on the part of the indoor climate as it is seen very different in the literature. In addition to a definition of performance and productivity and an overview about some possible influences, an important question is how performance could be measured adequately. An analysis of the literature has shown that the results are contradictory. The relationship

between temperature and work performance is apparently not trivial, furthermore, it is supposed that the indoor climate is not the only factor that affects the work performance. In fact, there are probably multiple connections between other physical parameters like acoustics or lighting and as well with psychosocial factors and the interior design.

EINLEITUNG

In Industrieländern verbringen Menschen mehr als 90 % ihrer Zeit in Innenräumen. Ein großer Teil davon entfällt bei Erwerbstätigen auf die Arbeits- bzw. Büroräume. Im Jahr 2002 waren ca. 11,5 Mio. Menschen im Büro beschäftigt (Bulwien 2004). Dies entspricht knapp einem Drittel der gesamten erwerbstätigen Bevölkerung in Deutschland. Der Gestaltung von Büroräumen sollte daher eine hohe Bedeutung zukommen. Im Gegensatz zu Wohnräumen, in denen sich der Raumnutzer primär wohl fühlen sollte, kommt es bei Arbeitsräumen darauf an, dass die darin arbeitenden Menschen produktiv und leistungsfähig sind, ihr Know-How und ihre Kreativität in die Arbeitsprozesse einbringen können und ihren Anteil zur Wertschöpfung des Unternehmens beitragen. Befragt man Unternehmen nach ihren wichtigsten Innovationspotentialen, stehen die Mitarbeiter an vorderster Stelle. Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse dieser Umfrage.

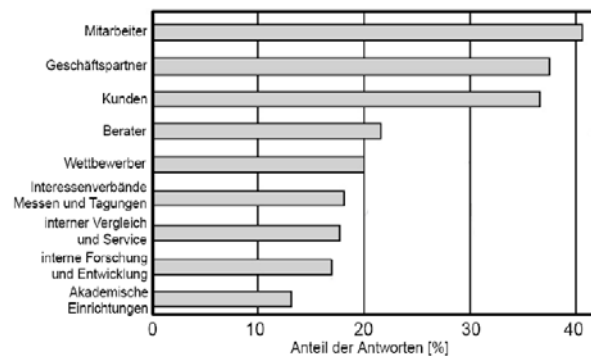


Abbildung 1 Innovationspotentiale für Unternehmen nach (VDI 2008)

Es stellt sich also die Frage, wie die Gestaltung der physikalischen Raumparameter wie Temperatur, Luftfeuchte, Luftqualität, Akustik und Beleuchtung den Menschen bei der Arbeit beeinflusst und wie die Räume leistungsoptimiert gestaltet werden können.

Dies gewinnt im Bereich der Raumtemperatur eine besondere Bedeutung, da in den letzten Jahren vermehrt besonders heiße Sommer auftraten, bei denen Außentemperaturen von bis zu 40 °C im Sommer 2003 gemessen wurden. Dies führt auch zu erhöhten Temperaturen in Innenräumen.

Die Anforderungen an die Raumtemperaturen in Arbeitsräumen sind in der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) geregelt und in den Arbeitsstättenrichtlinien konkretisiert. In der aktuellen Arbeitsstättenrichtlinie ist angegeben, dass die Raumtemperatur 26 °C nicht überschreiten soll (ASR 6 2001). Dieses „soll“ ist jedoch sehr verbindlich, wie die Rechtsprechung zu diesem Thema zeigt. Eine Reihe von Urteilen haben zur Folge, dass auf Vermieter von Gewerberäumen erhebliche kostenintensive Nachrüstpflichten zukommen können, wenn die Temperaturen in den vermieteten Arbeitsräumen 26 °C überschreiten (LG Bielefeld 2003; OLG Rostock 2000, OLG Hamm 1994). Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Raumtemperatur und Arbeitsleistung weist somit auch eine enorme wirtschaftliche Bedeutung auf.

BISHERIGE STUDIEN

Diese Fragestellung ist aber nicht erst in den letzten Jahren in den Fokus der Forschung gerückt. Vielmehr werden schon seit einigen Jahrzehnten mögliche Zusammenhänge untersucht. Insbesondere in den 1970er und 1980er Jahren wurde eine Vielzahl an Studien durchgeführt. Dabei handelte es sich fast ausschließlich um Laborstudien, d.h. die Durchführung erfolgte in einer künstlichen Umgebung und nicht am tatsächlichen Arbeitsplatz. Die übrigen physikalischen Variablen wie Luftfeuchte oder Beleuchtung wurden dabei konstant gehalten. Zur Erfassung der Leistungsfähigkeit wurden verschiedene Prinzipien verwendet. Abbildung 2 zeigt die verschiedenen Ansätze.

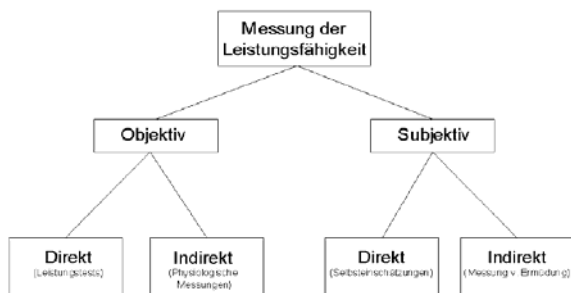


Abbildung 2 Ansätze zur Messung der menschlichen Leistungsfähigkeit (Antikainen et al. 2006).

Zum Einen wurde versucht, die Leistung objektiv zu messen, in dem man die Versuchspersonen eine geistige Aufgabe bearbeiten ließ. Diese wurden anschließend hinsichtlich der Anzahl der bearbeiteten Teilaufgaben (Schnelligkeit) und der Anzahl der Fehler (Qualität der Arbeit) ausgewertet. In vielen Fällen wurden dabei Rechenaufgaben, oder auch Logikaufgaben verwendet, bei denen ein Satz vervollständigt werden sollte, z. B. (Holmberg und Wyon 1969; Wyon et al. 1973; Langkilde 1978). Zum Anderen sollten auch so genannte Ersatzgrößen Aufschluss über die Leistungsfähigkeit geben. Diese Größen messen nicht die Leistung selbst, sondern eine Größe, die direkt mit dieser in Beziehung steht und sie beeinflusst (Antikainen et al. 2006). Dies wurde beispielsweise mit physiologischen Messungen, wie Hauttemperaturaufzeichnungen durchgeführt. Ergänzt wurden die Studien durch subjektive Messungen wie Befragungen der Versuchspersonen hinsichtlich ihrer Einschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit, ihrer Anstrengung, Ermüdung oder auch ihrer Wahrnehmung des Raumklimas.

Auch hinsichtlich der Messumgebung gibt es unterschiedliche Studien. So findet eine überwiegende Anzahl von Studien unter kontrollierten, künstlichen Bedingungen statt, in der nur ein Parameter variiert wird. Tabelle 1 zeigt die wesentlichen Unterschiede beider Versuchskonzepte.

Tabelle 1
Eigenschaften von Feld- und Laborstudien nach
(Meister 1986)

EIGENSCHAFT	LABORSTUDIE	FELDSTUDIE
Homogenität der Probanden	Passende Gruppe / Kontrollgruppe	Nur eine Gruppe mit evtl. inhomogenen Personengruppen
Versuchsverlauf	Sehr genau festgelegt	Weniger genau festgelegt (eher stochastisch)
Störvariablen	Weitgehend eliminiert oder kontrolliert	Stark unkontrolliert
Physische Umgebungsparameter	Kontrolliert oder künstlich	Natürlich
Gemessene Zeitdauer	Kurze Zeiteinheiten	Längere, kontinuierliche Messungen
Steuerung der Variablen	Durch Experimentator	Durch systembedingte Betrachtungen
Art der Probanden	Meist Studenten	Meist Systemnutzer
Subjektive Einstellung zum Versuch	Positiv oder neutral	Neutral, oft negativ

In der realen Arbeitsumgebung jedoch sind die übrigen Bedingungen in der Regel nur selten konstant. Dies kann wiederum Interaktionen von Raumklimavariablen zur Folge haben, wie sie in Laborsituationen nie auftreten würden und unter Umständen andere Reaktionen bei den Raumnutzern auslösen. Nur wenige Studien wurden als Feldstudie in tatsächlichen Arbeitsumgebungen durchgeführt.

Auswertung von bisher durchgeführten Studien

Im Bereich des thermischen Raumklimas wurde eine Vielzahl von Studien durchgeführt. Viele davon stellen sehr hohe Temperaturen in den Fokus, um die Belastung auf Soldaten oder Piloten zu simulieren.

Nachfolgend wird eine Anzahl von Studien ausgewertet, die den moderat-warmen Bereich von 20 °C bis ca. 32 °C untersuchen. Bei allen diesen Untersuchungen wurden Leistungstests benutzt. Zusätzlich wurde die thermische Behaglichkeit erfasst und Größen wie Anstrengung oder Ermüdung über Fragebögen erhoben. Außerdem waren alle Studien so konzipiert, dass jeder Proband jeder Temperatur ausgesetzt war und somit in den Ergebnissen der Aufgaben mit sich selbst verglichen werden konnte. Abbildung 3 zeigt die untersuchten Studien und die Tests, die jeweils angewendet wurden.

	Lernverständnis	Rechenaufgabe (Addition, Multiplikation)	Wortgedächtnistest	Pfadfindertest	Lesegeschwindigkeit und -verständnis	Gegensätze suchen	höchste Zahl	Konzentration	Kreativität	Labyrinth	Figur abzeichnen	Wörter/Nummern vergleichen	Analogien	Schreibaufgabe	Satzverständnis	Buchstaben suchen	Fingertätigkeit	Hand-Auge-Koordination	PAB-Testbatterie	Korrekturlesen	Überlappungen geometrischer Figuren	Gedächtnisspanne	Bilderkennung	Symbol-Ziffern-Kombination wiedergeben	Schlussfolgerungen	Räumliche Vorstellung	Bildliches Abstrahieren	Ergebnisse sortieren
Pepler, Warner 1968	X																											
Holmberg, Wyon 1969		X			X	X	X	X																				
Wyon 1969		X	X	X																								
Wyon et al. 1973		X																										
Schoer, Shaffran 1973	X	X						X	X	X	X	X																
Langkilde et al. 1973		X	X	X																								
Wyon et al. 1975		X	X	X																								
Langkilde 1978		X	X	X							X			X														
Wyon et al. 1979		X			X				X					X	X	X												
Nishihara et al 2002		X											X					X										
Fang et al. 2004		X							X				X						X									
Tiller et al. 2004		X											X						X									
Witterseh et al. 2004		X	X						X				X															
Tanabe et al. 2007		X																										
Lan et al. 2009		X						X							X					X	X	X	X	X	X	X		
Lan, Lian 2009					X												X									X	X	

Abbildung 3 Durchgeführte Studien zu Leistungsfähigkeit unter moderater Wärmebelastung.

Bei der Auswertung gelangen viele Autoren zu einem unbefriedigenden Ergebnis. Es treten in nur wenigen Fällen statistisch signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Raumbedingungen auf. Bei häufig verwendeten Rechentests wie Additionsaufgaben treten lediglich bei (Lan et al. 2009) Signifikanzen auf. Auch der Einsatz von schwierigeren Multiplikationsaufgaben ergab keine statistisch gesicherten Unterschiede. Beim häufig verwendeten Pfadfindertest, bei dem Zahlen oder Buchstaben in einer bestimmten Reihenfolge miteinander verbunden werden müssen, zeigten sich ebenfalls keine Unterschiede in der Bearbeitung.

In neueren Studien wurden die Aufgaben dahingehend ausgewählt, dass damit typische Büroarbeit simuliert werden sollte. Daher wurden Aufgaben zum Abtippen von Text, Korrekturleseaufgaben oder Kreativitätsaufgaben eingesetzt, die Ergebnisse wurden jedoch auch hier nicht signifikant.

Bei Betrachtung von Tendenzen der Ergebnisse treten zudem Widersprüche auf. Abbildung 4 zeigt Ergebnisse von Additionstests aus vier Studien bei verschiedenen Temperaturen. Hierbei treten sowohl Leistungsverbesserungen (Lan et al. 2008; Langkilde 1978) bei höheren Temperaturen auf, als auch Verschlechterungen (Lan, Lian 2009), wobei diese

marginal sind. Bei (Langkilde et al. 1973) lassen sich so gut wie keine Veränderungen in den Ergebnissen feststellen.

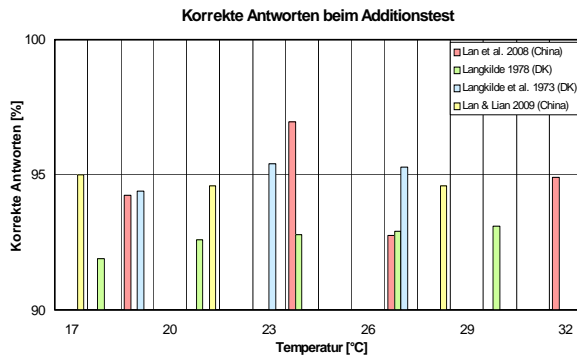


Abbildung 4 Ergebnisse von Additionstests aus vier Studien.

Metaanalysen

Das Ableiten einer Beziehung zwischen Raumtemperatur und Arbeitsleistung ist demzufolge nicht trivial. Die Ableitung von Zusammenhängen wie beispielsweise in (Wyon 1986), der einen linearen Zusammenhang unterstellt und postuliert, dass bei 26 °C die Leistungsfähigkeit bei geistiger Arbeit um 13 % niedriger ist als bei 23 °C, lassen die Ergebnisse der Studien eigentlich nicht zu. Zu dieser Problematik wurden zwei Metaanalysen verfasst (Hancock et al. 2007; Pilcher et al. 2002). Unter Einbeziehung extremer raumklimatischer Verhältnisse wie Temperaturen über 32 °C und unter 15 °C kommen beide zu einem ähnlichen Ergebnis. Hancock et al. fassen dies unter der „Beziehung des erweiterten U“ zusammen. Abbildung 5 zeigt diese Beziehung.

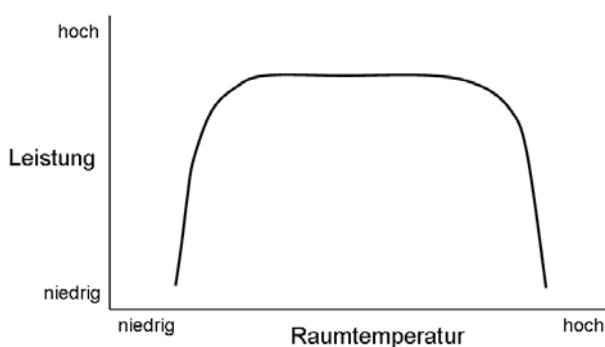


Abbildung 5 Die Beziehung des erweiterten U zwischen Raumtemperatur und Arbeitsleistung nach (Hancock et al 2007).

Dies besagt, dass es einen Bereich gibt, in dem die Anpassung an die Umgebung optimal ist und in welchem die Reaktionen (darunter ist auch die Leistung zu verstehen) auf die Umwelt auf einem einheitlichen Niveau verbleiben. Erst ab einem

gewissen Zeitpunkt werden die Umgebungsbedingungen so ungünstig, dass die Anpassung nicht mehr optimal gewährleistet werden kann und die Reaktionen sich verändern.

PROBLEME VON STUDIEN ZU MENSCHLICHER LEISTUNGSFÄHIGKEIT

Einflussfaktoren

Hinsichtlich seiner Arbeitsleistung wird der Mensch von vielen Faktoren beeinflusst. Die Raumumgebung, insbesondere das Raumklima, stellt dabei nur eine Gruppe von Faktoren dar. Laut (Clements-Croome 2001) lassen sich vier große Einflussbereiche differenzieren. Abbildung 6 zeigt die unterschiedlichen Aspekte. Diese umfassen zum Einen die zwischenmenschlichen Beziehungen, wie etwa das Verhältnis zu den Kollegen und den Vorgesetzten. Zum Anderen spielen organisatorische Variablen eine Rolle, wie etwa die Entscheidungsstruktur im Unternehmen und auch die eigene Stellung. Wichtig sind darüber hinaus die eigenen Karriereziele und die Identifizierung mit der Arbeitsaufgabe. Das Raumklima findet sich unter dem letzten Punkt, der Arbeitsplatzgestaltung. Darunter fallen auch Aspekte wie die Raumgestaltung und Büroeinrichtung. Bei allen diesen Faktoren ist bisher jedoch nur bekannt, dass sie einen Einfluss haben. Wie groß dieser Einfluss im Vergleich zu den jeweils anderen Bereichen ist, und ob es Wechselwirkungen insbesondere mit dem Raumklima gibt, ist bislang nicht ausreichend bekannt.



Abbildung 6 Einflussfaktoren auf die menschliche Leistungsfähigkeit nach (Clements-Croome 2001).

Messung der Leistungsfähigkeit

Bei der hier im Fokus stehenden Büroarbeit handelt es sich dabei vornehmlich um geistige Arbeit, die im

Sitzen ausgeführt wird. Im Gegensatz zu körperlicher Arbeit ist der Grundumsatz des Menschen dabei nur wenig erhöht. Außerdem besteht die Schwierigkeit der Erhebung darin, eine geeignete Beurteilungsgröße für die Arbeitsleistung von Büroarbeit zu finden. Zwar lassen sich beispielsweise Sekretariatsaufgaben wie Abtippen von Text leicht auf die Anzahl der Fehler und die Geschwindigkeit überprüfen, bei höheren und komplexeren Aufgaben jedoch wird dies schwierig. Nach (Last 2000) sind diese dadurch gekennzeichnet, dass es keine standardisierte Vorgehensweise zur Aufgabenerledigung gibt, sondern, dass für jede Arbeitsaufgabe individuell nach Lösungsmöglichkeiten gesucht werden muss. Dies in einem so genannten Leistungstest abzubilden, ist augenscheinlich sehr schwierig.

Definition von Büroarbeitsplätzen

Um eine Aussage über den Zusammenhang zwischen Leistungsfähigkeit von Büroangestellten und der Raumtemperatur geben zu können, muss bekannt sein, welche Arbeiten typischerweise für diese Beschäftigten anfallen. Dies ist jedoch nicht einfach festzulegen. Betrachtet man die Branchen, in denen Menschen im Büro arbeiten, ist festzustellen, dass diese Gruppe von Erwerbstätigen in sehr vielen Berufsbereichen anzutreffen ist. Abbildung 7 gibt hierzu einen Überblick. Demzufolge sind auch technische Berufe teilweise im Büro angesiedelt, deren Tätigkeiten unterscheiden sich jedoch in der Regel grundlegend von beispielsweise Sekretariatsaufgaben. Auch viele Selbstständige üben überwiegend oder häufig Bürotätigkeiten aus, hier besteht jedoch ein Problem der statistischen Erfassung, denn diese Untergruppe wird nicht separat in den Selbstständigen-Statistiken ausgewiesen.

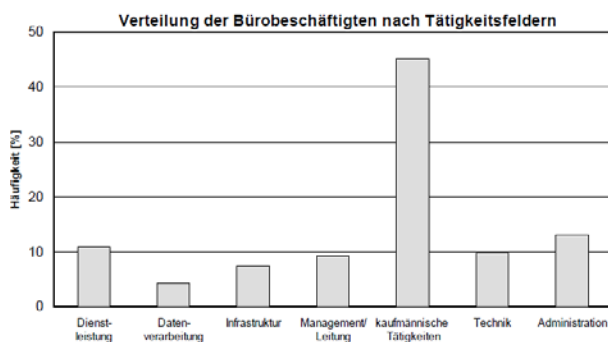


Abbildung 7 Tätigkeitsbereiche von Bürobeschäftigten nach (Troll 1994).

Versuchspersonen

Betrachtet man die Versuchspersonen, mit denen die Untersuchungen durchgeführt wurden, ist festzustellen, dass mit Ausnahme von (Langkilde 1978)

ausschließlich junge Personen bzw. Studenten im Alter von maximal bis zu 30 Jahren teilnehmen. Betrachtet man dagegen Statistiken über die Altersverteilung bei Bürobeschäftigten, zeigt sich das in Abbildung 8 dargestellte Schaubild. Demzufolge ist nur ein kleiner Teil der Bürobeschäftigten, ca. 18 %, jünger als 30 Jahre, ein großer Anteil ist sogar über 50 Jahre alt. Aufgrund dessen ist zu hinterfragen, wie übertragbar die Ergebnisse aus Laborstudien mit sehr jungen Probanden auf die tatsächliche Arbeitswelt von älteren Personen tatsächlich sind.

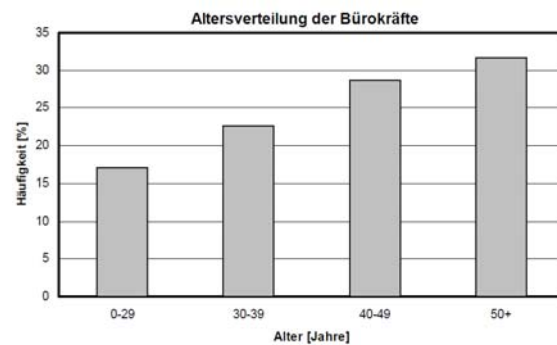


Abbildung 8 Altersverteilung bei Bürobeschäftigten nach (DAK 2005)

ZUSAMMENFASSUNG

Wie die obigen Ausführungen zeigen, lassen sich keine eindeutigen Aussagen über den Zusammenhang zwischen der Raumtemperatur und der menschlichen Leistungsfähigkeit treffen. In den meisten Fällen treten in den Studien keine signifikanten Zusammenhänge auf. Zudem ist unbekannt, welchen Einfluss das Raumklima auf die Leistungsfähigkeit im Vergleich zu anderen Variablen wie z.B. das soziale Umfeld am Arbeitsplatz und die Struktur der Arbeitsaufgaben, hat.

Da häufig Laborstudien in künstlichen Umgebungen durchgeführt und mit vergleichsweise jungen Versuchspersonen durchgeführt werden, stellt sich hier die Frage nach der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf reale Arbeitssituationen.

Zudem ist es bei solchen Studien schwierig, wenn nicht sogar unmöglich, Bürotätigkeiten realistisch abzubilden, die repräsentativ für diese gesamte Gruppe der Erwerbstätigen ist. Eine Differenzierung der Untersuchungen nach einzelnen Branchen ist bislang nicht erfolgt. Auf diesem Gebiet bestehen sehr viele offene Fragen, die ein weites Forschungsfeld einrahmen.

AUSBLICK

Gegenstand aktueller Untersuchungen ist deshalb die Frage, ob und wie sich ein Zusammenhang von

Raumtemperatur und Arbeitsleistung herstellen lässt und ob es auch einen Zusammenhang mit der Raumwahrnehmung gibt.

LITERATUR

- Antikainen R., Lappalainen S., Lönnqvist A., Maksimainen K., Reijula K., Uusi-Rauva E. Studying the relationship between indoor air and productivity: theoretical discussion and empirical experiences. Proceedings of European Productivity Conference 2006. 66-72. Espoo.
- ASR 6. Arbeitsstättenrichtlinie 6, idF v. 08.05.2001.
- Bulwien 2004. Die Situation auf den Immobilienmärkten. Energieeffiziente Büro- und Verwaltungsgebäude. Veranstaltung der IHK, Handwerkskammer und LH München, 15.06.2004.
- Clements-Croome D. 2001. Indoor environment and productivity. In: Clements-Croome D. (Hrsg.). Creating the productive workplace. London, New York: E&FN Spon.
- DAK 2005. DAK Gesundheitsreport 2005-Arbeitsplatz Büro. Arbeitsbedingungen und Gesundheit bei Bürofach- und Bürohilfskräften. Hamburg.
- Hancock P., Ross J. M., Szalma J. L. 2007. A meta-analysis of performance response under thermal stressors. *Human factors* 49 (2007), 851-877.
- Holmberg I., Wyon D. P. 1969. The dependance of performance in school on classroom temperature. *Educational and psychological interactions* 31 (1969), 1-20.
- Lan L., Lian Z., Pan L., Ye Q. 2009. Neurobehavioral approach for evaluation of office workers' productivity: the effects of room temperature. *Building and Environment* 44(2009), 1578-1588.
- Lan L, Lian Z. 2009. Use of neurobehavioral tests to evaluate the effects of indoor environment quality on productivity. *Building and Environment* 44 (2009), 2208-2217.
- Langkilde G., Alexandersen K., Wyon D. P., Fanger P. O. 1973. Mental performance during slight cool or warm discomfort. *Archives des Sciences Physiologiques* 27 (1973), A511-A518.
- Langkilde G. 1978 The influence of the thermal environment on office work. In: Fanger P. O., Valbjörn O. (Hrsg.) *Indoor Climate*. Kopenhagen: Byggeforskningsinstitut.
- Last R. 2000. Arbeitsbedingungen und Belastungen in der Verwaltung. In: Teske U., Witte B. (Hrsg.) *Prävention arbeitsbedingter Erkrankungen*. Hamburg. VSA-Verlag.
- LG Bielefeld 2003. Urteil vom 16.04.2003. AZ: 3 O 411/01
- Meister D. 1986. *Human Factors: Testing and Evaluation*. Amsterdam: Elsevier.
- Nishihara N., Yamamoto Y., Tanabe S. 2002. Effects of thermal environment on productivity evaluated by task performance, fatigue feelings and cerebral blood oxygenation changes. Proceedings of the Ninth International Conference on Indoor Air Quality and Climate, 828-833.
- OLG Rostock 2000. Urteil vom 29.12.2000, AZ:3 U 83/98.
- OLG Hamm 1994. Urteil vom 18.10.1994, AZ: 7 U 132/92.
- Pepler R. D., Warner R. E. Temperature and learning: an experimental study. *ASHRAE Transactions* 74 (1968), 211-219.
- Pilcher J. J., Nadler E., Busch C. 2002 Effects of hot and cold temperature exposure: a meta-analytic review. *Ergonomics* 45 (2002), 682-698.
- Schoer L., Shaffran J. 1973 A combined evaluation of three separate research projects on the effects of thermal environment on learning and performance. *ASHRAE Transactions* 79 (1973), 97-108.
- Tanabe S, Nishihara N., Haneda M. 2007. Indoor temperature, productivity and fatigue on office tasks. *HVAC & R Research* 13 (2007), 623-633.
- Tiller D. K., Wang L. M., Musser A. 2004. Combined effects of noise and temperature on human comfort and performance. *ASHRAE Final Report 1128-RP*. University of Nebraska.
- Troll L. 1994. *Beschäftigungsmagnet Büro*. Ein gesamtdeutscher Befund. IAB-Materialien 1/94. Nürnberg.
- VDI. 2008. Hohes Arbeitstempo verschärft gesundheitliche Risiken. *VDI-Nachrichten* 6, 25.
- Witterseh T, Wyon D. P., Clausen G.: The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS-symptoms and on the performance of office work. *Indoor Air* 14 (2004), Suppl. 8, 30-40.
- Wyon D. P. 1969. The effects of moderate heat stress on the mental performance of children. *SIB Document D8:1969*, Statens institute för byggnadsforskning.

- Wyon D. P. 1986. The effects of indoor climate on productivity and performance. *VVS & energi* 3 (1986), 59-65.
- Wyon D. P., Asgeirsdottir T., Kjerulf-Jensen P., Fanger P. O. 1973. The effects of ambient temperature swings on comfort, performance and behaviour. *Archives des Sciences Physiologiques* 27 (1973), A441-A458.
- Wyon D. P., Fanger P. O., Olesen B. W., Pedersen C. J. K. 1975. The mental performance of subjects clothed for comfort at two different air temperatures. *Ergonomics* 18 (1975), 359-374.
- Wyon D. P., Andersen I., Lundqvist G. R. 1979. The effects of moderate heat stress on mental performance. In: Cena K, Clark J. A.: *Bioengineering, thermal physiology and comfort*. Amsterdam, New York: Elsevier.