



# Klimabelastungskataster



*Theodor HETTINGER, Prof. Dr.med., Jahrgang 1922, promovierte 1948 an der Universität in Frankfurt. Von 1950 bis 1960 am Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund, anschließend Werkarzt und Leiter der Abteilung Ergonomie des Rhein Stahl-Konzernes, seit 1976 Professor an der Bergischen Universität — Gesamthochschule Wuppertal mit dem Fachgebiet Sicherheitstechnik. Seit 1985 Vorstandsvorsitzender des Institutes für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e.V. (ASER). Mehrere hundert Publikationen auf den Gebieten Leistungsfähigkeit und Trainierbarkeit des Menschen sowie Arbeitsplatzanalysen und -bewertung im Blickwinkel einer integrierenden Arbeitswissenschaft. Übersetzungen der Bücher in bis zu acht Fremdsprachen.*

Das Klima stellt an zahlreichen Arbeitsplätzen einen zu berücksichtigenden Belastungsfaktor dar, will man die Belastung und Beanspruchung des Menschen durch seine Berufarbeit erfassen, um bei Gefahr einer Überbelastung, durch entsprechende Maßnahmen, eine Gesundheitsgefährdung zu vermeiden. An Hitze-arbeitsplätzen erscheint es sinnvoll, einen Klimabelastungskataster zu erstellen, um in dieser Art systematisiert vorgehen zu können.

## 1. Der Begriff »Klima«

Zunächst wäre festzustellen, daß das Wort »Klima« eine Symbiose verschiedener Parameter darstellt. Neben den Grundgrößen Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit — häufig zusammengefaßt in dem auf subjektiver Beurteilung beruhenden Klimazusammenwert »normal effective temperature (NET)« nach YAGLOU — und Wärmestrahlung ist weiterhin die muskuläre Arbeitsschwere (innere Wärmeproduktion) sowie die Bekleidung und schließlich auch die Expositionszeit (wegen des sich u.U. aufbauenden Wärmestaus bei nicht ausreichender Wärmeabgabemöglichkeit des Körpers) zu berücksichtigen. Die Bekleidungsisolations — üblicherweise in clo = 0,155 m<sup>2</sup> K/W angegeben — kann eine wesentliche Rolle für die Wärmebilanz spielen. So hat eine leichte Arbeitsbekleidung ca. 0,6 clo, ein fester Straßenanzug etwa 1,5 und bei einem gleichzeitig getragenen Wollmantel findet man ca. 2,0 clo.

## 2. Klimamessung

Unter dem Blickwinkel der Meßmethodik zur Erfassung der Klimasituation sei hier lediglich erwähnt, daß die Luft-(Trocken-)Temperatur mit einem einfachen Thermometer, die Feuchttemperatur mit einem normalen Thermometer, um dessen Reservoir ein befeuchteter Mull angebracht ist, und die Luftgeschwindigkeit mit einem im Handel erhältlichen sogenannten Anemometer gemessen wird. Bei Verwendung des Anemometers ist darauf zu achten, daß das Meßgerät Luftgeschwindigkeiten < 0,5 m/sec einwandfrei mißt. Sogenannte Flügelradanemometer scheiden hier aus. Die Wärmestrahlung wurde bislang mit dem sogenannten Steradiometer von PLÖGER gemessen. Unabhängig davon, daß diese Meßwerte infolge der Eichproblematik dieses Gerätes nicht unerhebliche Abweichungen vom tatsächlichen Wert anzeigen, ist das Steradiometer nicht mehr im

Handel. Daher sei auf eine Neuentwicklung hingewiesen, die als richtungsabhängiges bzw. richtungsunabhängiges Gerät zu verwenden ist (siehe Abb. 1). Das Grundgerät ist richtungsabhängig (linker Bildteil) — Gerät mit Anzeige, an welches der richtungsunabhängige Meßfühler (rechts im Bild) adaptiert werden kann. Neben der direkten Messung läßt sich — wenn auch ungenauer — die effektive Bestrahlungsstärke nach DIN 33403 auch aus den Daten Fläche und Abstand von der Strahlungsquelle, deren Emmissionsgrad und deren Oberflächentemperatur ermitteln.



Abb. 1: Wärmestrahlungs-Meßgerät nach ASER (Hersteller: Firma HUND, Wetzlar)

Als Meßvorschrift bei der Ermittlung von Klimadaten ist darauf zu achten, daß bei inhomogener Klimasituation in 3 Meßhöhen gemessen und die Werte je nach dem sogenannten Klimabereich (Behaglichkeit oder Erträglichkeit) gewichtet werden (siehe Abb. 2).

Meßhöhe bei Arbeit im		Gewichtungsfaktoren	
Sitzen	Stehen	Behaglichkeitsbereich	Erträglichkeitsbereich
cm	cm		
10	10	1	1
60	110	1	2
110	170	1	1

Abb. 2: Meßhöhe und Gewichtungsfaktor bei in der Höhe inhomogenem Klima

## 3. Klassifikationsschema

Das Institut für Arbeitssicherheit, Sicherheitstechnik und Ergonomie e.V. (ASER) verwendet ein Klassifikationsschema, welches Aufschluß über den Erhebungsumfang gibt (siehe Abb. 3). Hält sich das Belegschaftsmitglied konstant an einem Arbeitsplatz auf, dann handelt es sich um eine konstante, sich zyklisch wiederholende Arbeitsform. Ist das Klima darüber hinaus an diesem Arbeitsplatz konstant (A1, B1, C1), wie das z.B. in einer Maschinenhalle der Fall sein kann, reicht die Erhebung der Klimagrundgrößen in Verbindung mit der energetischen Belastung zur Charakterisierung der Arbeitsbelastung bzw. -beanspruchung völlig aus. Selbstverständlich muß in den meisten Fällen das Außenklima mitberücksichtigt werden, da dies Einfluß auf die »vor-Ort-Situation« haben kann.

Arbeitet das Belegschaftsmitglied dagegen in unterschiedlichen Arbeitsbereichen, bei wechselnden Anforderungen und räumlich sowie zeitlich inhomogenen Klimasituationen (A2, B2, C5), wird man ohne ausgedehnte Klimauntersuchungen in den verschiedenen Arbeitsbereichen, unter den unterschiedlichen Bedingungen des Arbeitsplatzes, unter verschiedenen Arbeitsanforderungen, z.B. an einem Elektroofen bei geschlossener oder offener Ofentür, nicht auskommen.

## 4. Klimaanalyse

Neben der Erfassung der Klimasituation ist im Rahmen einer Arbeitsablaufstudie festzustellen, wann und wo, beschäftigt mit welcher Tätigkeit, sich das Belegschaftsmitglied aufhält. Darüber hinaus ist es erforderlich, die Einzeldaten der verschiedenen Tätigkeiten zeitlich zuzuordnen, um damit die tatsächliche Belastung in der Kombination von muskulärer Arbeit und Klima zu erfassen. Eine derartige Analyse, die allerdings relativ aufwendig zu erstellen ist, gibt dann einen Einblick in die Belastungs- und Beanspruchungssituation des einzelnen Belegschaftsmitgliedes. Abzuleiten aus einer derartigen Analyse wäre beispielhaft die Frage nach der Zumutbarkeit der Belastung und als Konsequenz, ob an diesem Arbeitsplatz irgend-

### Klassifikation für Klima-Belastungskataster

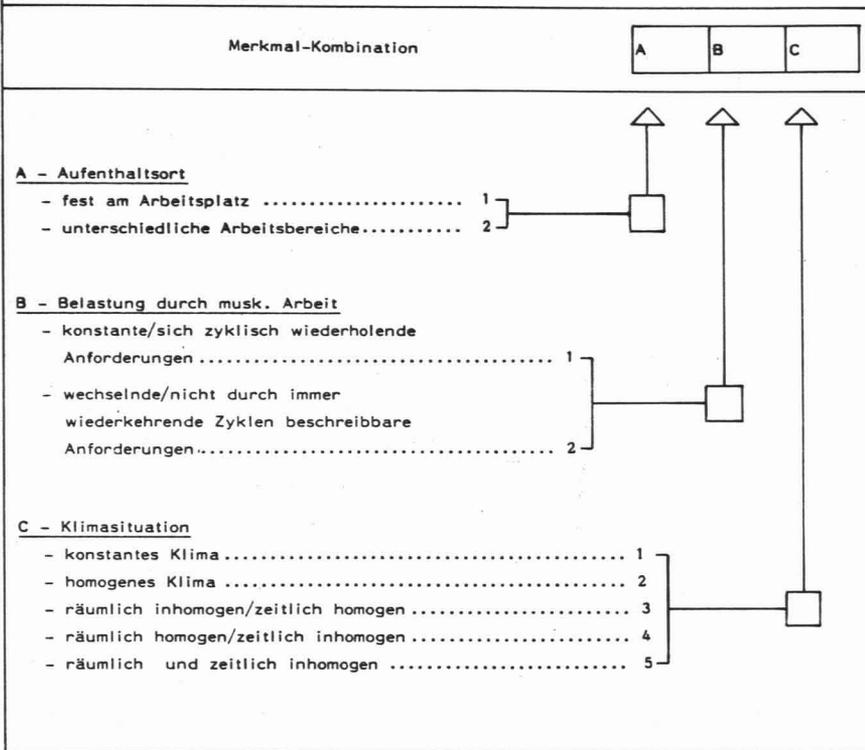


Abb. 3: Klassifikationsschema für einen Klimabelastungskataster

welche betriebliche Maßnahmen (technisch und/oder organisatorischer Art) erforderlich sind. Es wäre auch zu klären, ob und wann für einen bestimmten Arbeitsplatz z.B. ein Springer erforderlich ist oder ob technische Maßnahmen (Umgestaltung des Arbeitsplatzes, das Tragen von Schutzkleidung etc.) dazu beitragen, die Belastung des Menschen am Arbeitsplatz zu reduzieren und damit die Belastung in den Zumutbarkeitsbereich zu bringen.

An sogenannten Hitze-arbeitsplätzen spielt häufig das Außenklima eine Rolle. Der Arbeitsprozeß bedingt zwar häufig eine Klimagrundlast im Bereich des Arbeitsplatzes, doch die effektive, den Menschen tangierende Klimasituation ist häufig vom Außenklima abhängig. Man braucht in derartigen Fällen nur an eine Extremsituation zu denken, wie sie im Winter bei der Arbeit am Hochofen während des Abstiches auftreten kann. Von vorne wird das Belegschaftsmitglied mit einer Wärmestrahlung von weit über 1000 W/m<sup>2</sup> konfrontiert. Das Belegschaftsmitglied muß, da durch die Wärmestrahlung einerseits und Metallspritzer andererseits die Gefahr der Hautverbrennung besteht, einen Schutzmantel tragen. Im Rückenbereich hingegen ist der Arbeitnehmer einer Wärmestrahlung im minus-Bereich ausgesetzt. Die Klimasituation bedingt in diesen Fällen eine Schweißproduktion, die allerdings nicht nur auf die Vorderseite des Körpers beschränkt bleibt,

sondern auch auf der Körperrückseite auftritt, die durch die Umgebungssituation mit minus-Werten für die Wärmestrahlung und für die Temperatur beaufschlagt wird. Eine akute Gesundheitsgefährdung ist gegeben.

### 5. Problem der Schutzkleidung

Wird das Tragen einer Schutzkleidung erforderlich, muß man sich darüber im kla-

ren sein, daß die Kleidung nicht nur schützt, sondern auch belastet. So konnten HETTINGER und Mitarbeiter zeigen, daß das Tragen einer wärmestrahlungsreflektierenden Schutzbekleidung (Mantel, Gamaschen, Handschuhe und Gesichtsschutz) unter neutralen Klimabedingungen ca. 20% belastender ist als das Gehen in normaler Arbeitskleidung auf einer Treibahn. Es konnte aber auch weiter gezeigt werden, daß beim Tragen der reflektierenden Schutzbekleidung die Wärmestrahlung als Belastungskriterium nur sekundär wichtig ist. Im Vordergrund der Betrachtung steht in derartigen Fällen das sogenannte Mikroklima, d.h. die Klimasituation zwischen Haut und Mantelinnenfläche. In Feldversuchen fand man Trocken-temperaturen von über 35° C bei einer Luftfeuchte von ca. 90%. Das ist eine Klimasituation, die unter zusätzlicher muskulärer Belastung nur kurzzeitig zugemutet werden kann. Überprüft man dagegen die Beanspruchung anhand der Arbeitspulsfrequenz beim Gehen mit einer normalen Grundbekleidung nicht im klimaneutralen Raum, sondern unter einer Wärmestrahlungsbelastung von 750 W/m<sup>2</sup>, so zeigt sich eine Beanspruchungszunahme gegenüber einer neutralen Klimasituation von ca. 40—45%. Addiert man diese durch die Wärmestrahlung bedingte Beanspruchung zu der durch die Hitzeschutzbekleidung unter neutralen Bedingungen gemessene, so müßte man eine Erhöhung, gegenüber dem Grundwert beim Gehen in neutraler Klimaumgebung mit normaler Arbeitsbekleidung, von ca. 70% erwarten. Tatsächlich beträgt die Erhöhung der Beanspruchung im vorausgegangenen Vergleich lediglich 35% (siehe Abb. 4). Unter der vorgegebenen Wärmestrahlungsbelastung ist es daher sinnvoll, trotz einer zusätzlichen Belastung des Menschen beim Tragen von Hitzeschutzbekleidung im Klimaneutralbereich, diese bei Wärmestrahlungsbelastung zu tragen, da der Effekt der Wärmestrahlung auf den Menschen durch die Reflektionswirkung der Bekleidung erheblich reduziert und dadurch die erhöhte Belastung

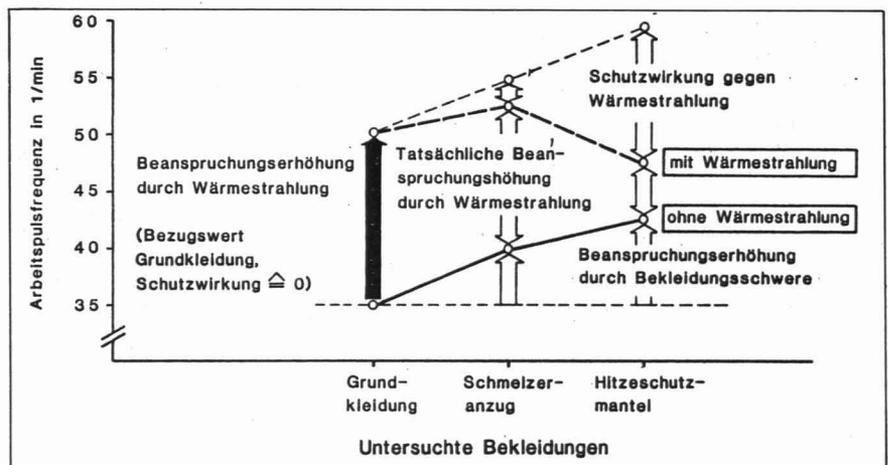


Abb. 4: Beanspruchungserhöhung und Schutzwirkung gegen Wärmestrahlung beim Tragen verschiedener Bekleidungen



infolge des Bekleidungsgewichtes überkompensiert wird. Allerdings sollte die Schutzbekleidung nur so lange getragen werden, wie es unbedingt erforderlich ist, da das Mikroklima infolge einer Behinderung der Wärmeabgabe mit der Zeit als Belastungskriterium zunimmt und ein Wärmestau mit entsprechenden Folgen eintritt. Das im vorausgegangenen Gesagte bedeutet, daß ein Klimakataster bezogen auf das Individuum noch die Frage beinhalten muß, ob eine Schutzbekleidung getragen wird oder nicht.

### 6. Außenklima und Innenklima

Es wurde bereits erwähnt, daß die Außenklimasituation im Industriebetrieb häufig in Korrelation zum Innenraumklima steht, d.h. das Raumklima spiegelt in gewissen Grenzen das Außenklima wider. Im Bereich von Hitze-arbeitsplätzen findet sich meist eine Klimagrundlast, die bei niedriger Außentemperatur positiv (im Blickwinkel günstiger Klimasituation), bei hohen Außentemperaturen negativ beeinflusst werden kann.

Der Kopplungsfaktor läßt sich in der betrieblichen Praxis relativ einfach ermitteln. Man bestimmt an einigen repräsentativen Stellen einer Halle an möglichst vielen Tagen eines Jahres Trocken- und Feuchttemperatur sowie die Luftgeschwindigkeit und an einigen Außenstationen — etwas vereinfacht — lediglich die Trockentemperatur. Es handelt sich hier um Messungen, die sehr einfach durchzuführen sind und nur geringen zeitlichen Aufwand erfordern. Es bleibt aus diesen Daten eine Regression zu errechnen. Die so erstellte Kurve gestattet dann, lediglich anhand der Außentemperatur, die Vor-Ort-Klimasituation mit ausreichender Genauigkeit voraussagen zu können. Im Bedarfsfall können frühzeitig entsprechende vorsorgende betriebliche Maßnahmen (Hitzepausen, Springereinsatz, technische Arbeitsplatzveränderungen etc.) veranlaßt werden.

### 7. Arbeitspulsfrequenz und Wärmestrahlung

Bei der Klimabewertung von Arbeitssystemen ist vor allen Dingen auch die Wärmestrahlung zu berücksichtigen, die meist in Form der effektiven Bestrahlungsstärke  $E_{eff}$  angegeben wird. Darunter versteht man den Differenzbetrag zwischen der auf den Menschen eingestrahlt und vom Menschen abgestrahlten Wärmemenge in  $[W/m^2]$ .

Bei Veränderungen des Innenklimas bleibt die effektive Bestrahlungsstärke, die weitgehend unabhängig ist von den sonstigen Klimafaktoren, konstant. Bei gleichbleibendem Produktionsblauf wird man daher mit einigen Messungen an den verschiedenen Aufenthaltsorten der Arbeitnehmer

die Wärmestrahlungsbelastung erfassen und damit auskommen. Die auf den Arbeitnehmer bezogene Wärmestrahlungsbelastung ergibt sich (mit Hilfe der Arbeit-sablaufstudie ermittelt) aus Aufenthaltsort, Produktionszustand und Zeit. Geht man davon aus, daß die sog. Dauerleistungsgrenze (Beanspruchung mit ausgeglichener Energiebilanz) basierend vor allem auf den Untersuchungen von LEHMANN, MÜLLER und ROHMERT bei 40 Arbeitspulsen/min liegt, so kann man aus Abb. 5 entnehmen, daß dieser Grenzwert bei einer mittleren Wärmestrahlung von 250 — 260  $W/m^2$  in der 8-Std.-Schicht erreicht wird. Vorausgesetzt ist in diesem Falle eine im Mittel leichte muskuläre Arbeit (ca. 8 kJ/min) und eine mittlere Effektivtemperatur von etwa 18—20° C. Diese Abhängigkeit folgt der Formel:

$$AP = 22,3 + 0,076 \cdot E_{eff}$$

wobei AP die mittlere Arbeitspulsfrequenz (Erhöhung der Ruhepulsfrequenz hervorgerufen durch die Arbeitsleistung) in  $[min^{-1}]$  und  $E_{eff}$  die mittlere effektive Bestrahlungsstärke in  $W/m^2$  bedeutet. Der Arbeitspulsfrequenzanteil von 22,3 /min als Ausgangslage ist durch die oben dargestellte energetische Belastungsintensität und Effektivtemperatur bedingt.

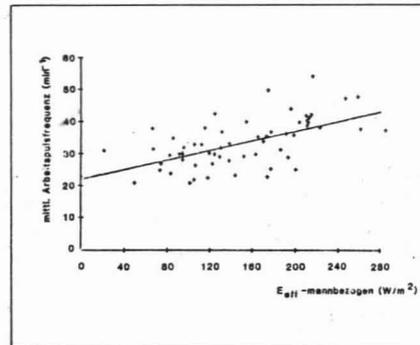


Abb. 5: Zusammenhang zwischen effektiver Bestrahlungsstärke und mittlerer Arbeitspulsfrequenz aus 59 Arbeitsplatzanalysen

Hat man kein Meßgerät zur Hand, um die Wärmestrahlung zu ermitteln, verwendet man die DIN 33403 oder man läßt derartige Messungen durch ein entsprechend eingerichtetes Institut durchführen (in Österreich z.B. das Institut für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften an der Technischen Universität in Graz).

### 8. Der Klimabelastungskataster

Ein Klimabelastungskataster weist in der Grundkonzeption prinzipielle Unterschiede z.B. zu einem Lärmkataster auf. Während ein Lärmkataster die Belastung des Menschen unabhängig von irgendwelchen sonstigen Gegebenheiten (Arbeitsschwere, Außen- oder Raumklima etc.) spiegelt und daher für alle in diesem Arbeitsbereich arbeitenden Personen das Tragen von Gehörschutzmitteln zwingend vorschreibt, gilt dieses Faktum für einen Staub-Kataster beispielsweise nur noch bedingt. Bei einem Staubkataster ist die Aussage in seiner Rückwirkung auf den Menschen gegebenenfalls abhängig von der muskulären Arbeitsschwere, d.h. abhängig von der pro Zeiteinheit eingeatmeten Luft und damit der eingeatmeten Staubmenge. Ein Klimabelastungskataster hingegen ist erheblich komplizierter zu erstellen und zu interpretieren. Das Klima ist weiterhin einer der Faktoren, der den Arbeitseinsatz des Menschen direkt limitiert.

Die Erstellung eines Klimabelastungskatasters erfordert die Erfassung der 4 Klimagrundgrößen (Trocken- und Feuchttemperatur, Luftgeschwindigkeit und Wärmestrahlung). Die ersten beiden Größen besitzen eine starke Abhängigkeit von der Außenklimasituation, die Luftgeschwindigkeit meist von der Raumgestaltung (Türen, Tore, Fenster etc.) und die Wärmestrahlung vom Ablauf des Produktionsprozesses. Trocken- und Feuchttemperatur stellen in der Interpretation des Hitze-arbeitsplatzes die wesentliche Variable dar, bei welcher das Außenklima als Korrekturfaktor berücksichtigt werden muß.

Verbleibt das Belegschaftsmitglied nicht konstant bei homogener Klimasituation an

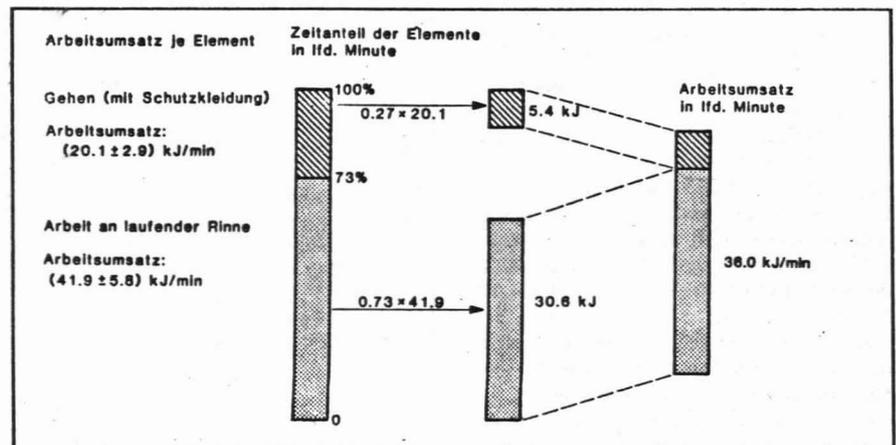


Abb. 6: Berechnung des Arbeitsumsatzes pro Minute



einem Arbeitsplatz, sondern wechselt der Arbeitsort und/oder die Klimasituation, ist dies in der zeitlichen Folge zu erfassen, um die Mann-bezogene Klimabelastung — und nur das ist für die Beanspruchungsbeschreibung wesentlich — ermitteln zu können.

**Die NET (normal effective temperature) nach YAGLOU ist ein Klimaausmaßmaß, das die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Luftgeschwindigkeit berücksichtigt (siehe ÖNORM A 8070)**

Schließlich, und das ist ein sehr wesentlicher Faktor, spielt bei der Beurteilung der zumutbaren Belastung im Wärmeklimabereich, die innere Wärmeproduktion, d.h. der für die muskuläre Aktivität erforderliche Energieaufwand, eine ausschlaggebende Rolle. Ohne Kenntnis der muskulären Belastung des Menschen kann eine Klimasituation im Hinblick auf die Belastung und Beanspruchung des Menschen nicht beurteilt werden. Bei sitzender Tätigkeit an einem Schreibtisch dürfte eine Zimmertemperatur von etwa 22° C, beim Holzhacken dagegen eine Umgebungstemperatur von 14° C bis 15° C als behaglich empfunden werden.

**Die effektive Bestrahlungsstärke  $E_{eff}$  ist der Differenzbetrag zwischen der auf den Menschen einstrahlenden und von diesem abgestrahlten Wärmemenge.**

Die energetische Belastung des Menschen ist durch Messungen des Sauerstoffverbrauches für eine bestimmte Tätigkeit zu erfassen. Diese Messung ist aber relativ aufwendig und der Energieverbrauch wird daher meistens mit Hilfe von tabellarischen Datensammlungen, wie sie im deutschsprachigen Raum von SPITZER, HETTINGER und KAMINSKY zusammengestellt wurden, ermittelt. Der Energieverbrauch ist in der Regel additiv zu ermitteln, d.h. die Art der zu beurteilenden Tätigkeit ist in ihrer zeitlichen Abfolge durch eine Arbeitsablaufstudie (Zeitstudie) zu erfassen, und die muskuläre Belastung durch die ermittelten unterschiedlichen Tätigkeitsarten zu errechnen, wie dies am Beispiel eines Schmelzers beim Arbeiten am Hochofen gezeigt wird (siehe Abb. 6). In diesem Fall hat der Arbeitnehmer 73 Zeiteinheiten an der laufenden Rinne bei einem Energieverbrauch von 41,9 kJ/min gearbeitet und während 27 Zeiteinheiten ist er an der Rinne entlang gegangen (Energieverbrauch: 20,1 kJ/min), so daß der Energieumsatz in der hier betrachteten Minute 36 kJ/min (d.h. 600 W) betrug. In der Praxis wird man allerdings nicht so detailliert vorgehen, sondern mit einem größeren Raster arbeiten können.

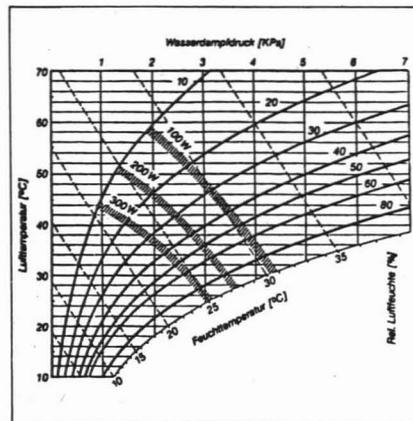
Die Arbeitsablaufstudie ist also nicht nur erforderlich, um die einzelnen Arbeitsorte mit den dort jeweils herrschenden Klimabedingungen, sondern auch die Art und Intensität der verschiedenen Tätigkeiten in ih-

rem zeitlichen Ablauf zu erfassen, um die mannbezogene Beanspruchungsintensität aus der jeweiligen Klimasituation und dem Energieverbrauch berechnen zu können. Immerhin variiert der Klimazumutbarkeitsbereich in Abhängigkeit von leichter körperlicher Arbeit (< 8 kJ/min) bis hin zur schweren körperlichen Arbeit (> 25 kJ/min) zwischen ca. 10 und 30° NET. Abschließend wäre noch darauf hinzuweisen, daß man über die Zumutbarkeit und Belastung durch das Klima bei muskulärer Arbeit relativ gut orientiert ist. Selbstverständlich spielt der Akklimatisationsgrad sowie die Eignung des Belegschaftsmitgliedes zur Hitzearbeit eine Rolle. Üblicherweise geht man davon aus, daß der Hitzearbeiter akklimatisiert ist. Beim Verlust der Akklimatisation — z.B. nach einem Urlaub — ist diese Tatsache beim erneuten Arbeitseinsatz zu berücksichtigen. Verlorene Akklimatisation benötigt zum Aufbau zumindest 14 Tage. Beim Ersteinsatz an Hitze Arbeitsplätzen erwartet man ein Lebensalter unter 45 Jahren, das Körpergewicht soll etwa dem Broca-Index (= Körpergröße — 100) entsprechen, und eine zumindest mittlere Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems sollte gegeben

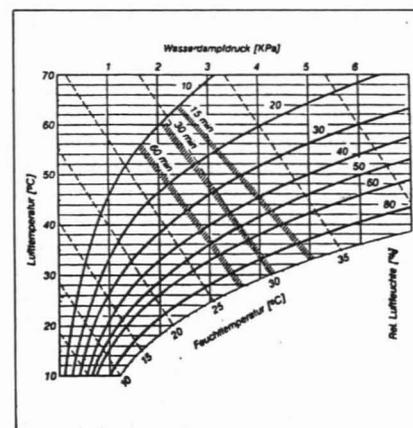
sein. Unter diesen Voraussetzungen werden im DIN-Normentwurf 33403 Teil 3 für Dauer- und Kurzzeitexpositionen Grenzbereiche angegeben. Infolge der relativ großen individuellen Schwankungsbreite sind in dem DIN-Entwurf aber keine Grenzwerte, sondern Grenzbereiche angegeben (beispielhaft Abb. 7 und 8).

Die Erstellung eines Klimabelastungskatasters erscheint zum Schutze der Gesundheit der Belegschaftsmitglieder — aber auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht sinnvoll. Der Kataster ist ohne größere Schwierigkeiten nach kurzzeitiger Einarbeitung entsprechender Belegschaftsmitglieder (z.B. aus den Zeitstudienabteilungen, Arbeitsschutzabteilung etc.) zu erstellen. Er gestattet dem Betrieb, durch entsprechende Vorsorgemaßnahmen technischer und/oder organisatorischer Art, die Belegschaftsmitglieder vor Überbelastungen und damit Gesundheitsschäden und eventueller Frühinvalidität zu schützen.

**Neben den Klimafaktoren spielen noch der Arbeitsenergieumsatz, die Bekleidung und die Expositionszeit eine wesentliche Rolle bei der Klimabewertung von Arbeitssystemen.**



**Abb. 7:** Orientierungsbereiche für Dauerexposition bei einem Arbeitsenergieumsatz von 100, 200 und 300 W ( $v = 0,5$  m/sec;  $I_{cl} = 0,9$  clo)



**Abb. 8:** Orientierungsbereiche für Kurzzeitexposition bei schwerer körperlicher Arbeit für 15, 30 und 60 min (Arbeitsenergieumsatz: 400 W,  $v = 0,5$  m/sec,  $I_{cl} = 0,9$  clo)

## Literatur

- HETTINGER, Th.; MÜLLER, B.H.; EISSING, G.: Klima: Behaglichkeit — Erträglichkeit — Zumutbarkeit, Dok.Arb.Wiss., Bd. 3, 1978.
- HETTINGER, Th.; KAMINSKY, G.; SCHMALE, H.: Ergonomie am Arbeitsplatz, 2. Aufl., Kiehl, Ludwigshafen 1980.
- HETTINGER, Th.; MÜLLER, B.H.; PETERS, H.; PETERS, J.; TIELSCH, R.; UHLIG, M.: Hitzearbeit in der Eisen-Stahl-Industrie, Dok.Arb.Wiss., Bd. 10, 1982.
- HETTINGER, Th.; MÜLLER, B.H.; PETERS, H.; EISSING, G.; SEVENICH, S.D.: Klimabelastungskataster. Forschungsbericht Nr. 374, Wirtschaftsverlag, Bremerhaven 1984.
- HETTINGER, Th.; AVERKAMP, Ch.; MÜLLER, B.H.: Belastung und Beanspruchung an Arbeitsplätzen der Glasindustrie, Dok.Arb.Wiss., Bd. 13, 1984.
- HETTINGER, Th.; MÜLLER, B.H.; PETERS, H.; PETERS, J.; TIELSCH, R.; ULRICH, M.: Hitzearbeit, Belastung und Beanspruchung in der deutschen Eisen- und Stahlindustrie, HdA Bd. 67, VDI-Verlag, Düsseldorf 1985.
- HETTINGER, Th.; AVERKAMP, Ch.; MÜLLER, B.H.; TIELSCH, R.; ADELMANN, M.: Arbeitsbedingungen bei der maschinellen Hohlglasherstellung, Hrsg. BG der Keramischen und Glasindustrie, Würzburg, Schriftenreihe Arbeitsbedingungen in der Keramischen und Glasindustrie, Heft 34, 1985.
- REICHEL, G.; BOLT, H.M.; HETTINGER, Th.; SELENKA, F.; ULMER, A.V.; ULMER, W.T.: Grundlagen der Arbeitsmedizin, Kohlhammer 1985.
- SPITZER, H.; HETTINGER, Th.; KAMINSKY, G.: Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit, 6. Aufl., Beuth, Berlin 1982.
- WENZEL, G.H.; PIEKARSKI, T.L.: Klima und Arbeit, Hrsg. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, München 1980.

