

**Forschung
Projekt F 1860**

Hj. Gebhardt
B. Kampmann
B. H. Müller

**Arbeits- und Entwärmungsphasen in
wärmebelasteten Arbeitsbereichen**

Dortmund/Berlin/Dresden 2007

Diese Veröffentlichung ist die Zusammenfassung des Abschlussberichts zum Projekt „Erprobung der Anwendung des PHS-Modells bei der Gestaltung von Arbeits- und Entwärmungsphasen in wärmebelasteten Arbeitsbereichen“ - Projekt F 1860 - im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Autoren: Dr.-Ing. Hansjürgen Gebhardt
PD Dr. rer. nat. Bernhard Kampmann
Prof. Dr.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Bernd Hans Müller

ASER - Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e. V. an der Bergischen Universität Wuppertal
Corneliusstr. 31, 42329 Wuppertal
Internet: www.institut-aser.de

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, 44149 Dortmund
Telefon: 0231 9071-0
Telefax: 0231 9071-2454
E-Mail: poststelle@buaa.bund.de
Internet: www.buaa.de

Berlin:
Nöldnerstr. 40-42, 10317 Berlin
Telefon: 030 51548-0
Telefax: 030 51548-4170

Dresden:
Proschhübelstr. 8, 01099 Dresden
Telefon: 0351 5639-50
Telefax: 0351 5639-5210

Alle Rechte einschließlich der fotomechanischen Wiedergabe und des auszugsweisen Nachdrucks vorbehalten.

Arbeits- und Entwärmungsphasen in wärmebelasteten Arbeitsbereichen

Hansjürgen Gebhardt, Bernhard Kampmann, Bernd Hans Müller

Zusammenfassung

Der Beitrag fasst wesentliche Ergebnisse von Forschungsarbeiten zum Thema „Erprobung der Anwendung des PHS-Modells bei der Gestaltung von Arbeits- und Entwärmungsphasen in wärmebelasteten Arbeitsbereichen“ (F1860) zusammen, die im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) durchgeführt wurden. Dabei wurde ein von Pangert et al (2003) vorgelegter Diskussionsvorschlag zur Gestaltung von Entwärmungsphasen auf der Grundlage orientierender Laborversuche sowie Modellrechnungen auf der Grundlage des Predicted-Heat-Strain-(PHS-)Modells nach DIN EN ISO 7933 (2004) überprüft. Aus den Ergebnissen abgeleitet wurde eine Handlungsempfehlung, die für die Gestaltung von Entwärmungsphasen in wärmebelasteten Arbeitsbereichen eingesetzt werden kann.

1 Einleitung und Ausgangslage

Wärmebelastete Arbeiten sind in einer Vielzahl von Industriebereichen ebenso wie im Dienstleistungssektor vorzufinden. Dabei handelt es sich nicht selten um Expositionen, die zwar nur zeitweise erforderlich sind, dann jedoch deutliche klimatische Belastungen aufweisen, als Beispiel seien hier Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an heißen Anlagen und Aggregaten genannt. Besonders deutlich wird dies nicht zuletzt während der Sommermonate, in denen die höheren Außentemperaturen die Wärmebelastung am Arbeitsplatz zusätzlich erhöhen. Die zeitliche Gestaltung der Arbeitsphasen und eine ausreichende Dimensionierung von Entwärmungsphasen bildet hier eine Maßnahme, um den Schutz der Gesundheit der Beschäftigten zu gewährleisten.

Während Grenzbereiche für die Dauerexposition bestehen, finden sich vergleichsweise wenige Angaben zur Gestaltung zeitlich kürzerer Arbeitszeiten mit der Möglichkeit entsprechender Entwärmungsphasen. Zu den Fragen, die in diesem Zusammenhang von praktischer Bedeutung sind, zählen:

- wie lange kann unter gegebenen Bedingungen eine Arbeitsphase gewählt werden;
- wie lange sollte eine korrespondierende Entwärmungsphase in einem klimatisch neutralen Bereich gewählt werden, nach der die Arbeitsphase wieder aufgenommen werden kann.

Diese Fragen führten zu einem Diskussionsvorschlag von Pangert et al. (2003). Er wurde abgeleitet aus einer Auswertung in Betrieben praktizierter Regelungen zu Arbeits- und Entwärmungsphasen in wärmebelasteten Arbeitsbereichen, die weniger organisatorisch als vielmehr physiologisch begründet waren. Weiter berücksichtigt wurden bestehende, in der Literatur sowie Normen und Richtlinien dokumentierte Ansätze.

2 Vorgehen

2.1 Physiologische Untersuchungen

Im Rahmen von orientierenden Laboruntersuchungen wurden für Stützstellen die dortigen Angaben überprüft, wobei im Rahmen der Untersuchungen interindividuelle Unterschiede ausgeklammert wurden.

Bild 1 zeigt hierzu die vorgeschlagenen Bereiche sowie die ausgewählten Klimabedingungen.

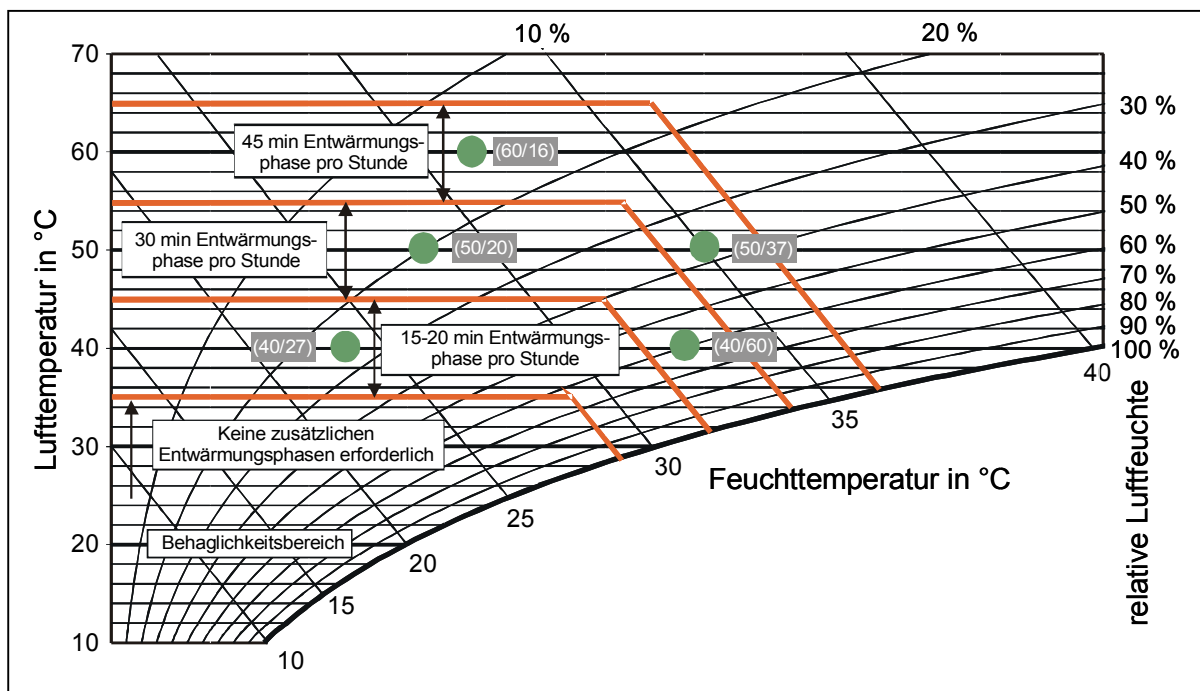


Bild 1 Diskussionsvorschlag für eine Regelung von Expositions- und Entwärmungsphasen nach Pangert, Bux, Frener (2003) mit der Auswahl untersuchter Klimabedingungen

Eingangsgrößen bilden dabei Lufttemperatur und Luftfeuchte. Weiter sind Randbedingungen angegeben, die es zu beachten gilt (vgl. Pangert et al (2003)):

- nur für gesunde und nicht vorgeschädigte Beschäftigte;

- gilt auch für nicht-aklimatisierte Beschäftigte bei gelegentlicher oder kurzzeitiger Exposition;
- spezifische geringere Belastbarkeit von Frauen ist nicht berücksichtigt;
- leichte bis mittlere Bekleidungsisolation (entsprechend ca. 0,6 – 0,9 clo);
- leichte bis mittlere Arbeitsschwere (bis ca. 200 W Arbeitsenergieumsatz);
- geringe Luftgeschwindigkeiten (bis ca. 0,2 – 0,5 m/s);
- während der Expositions- bzw. Arbeitsphase weitestgehend konstante Klimabedingungen;
- bei Lufttemperaturen über ca. 65 °C im Trockenem bzw. hohen Feuchten (über der Feuchttemperaturlinie von ca. 36 °C) sind Schutzmaßnahmen (z.B. PSA, technischer Hitzeschutz) einzuleiten bzw. ist der Betriebsarzt hinzuzuziehen, Kontrolle physiologischer Parameter während der Belastung (z.B. Puls, Körperkerntemperatur);
- soweit durch andere Vorschriften bzw. Regelungen für besondere Berufsgruppen Anforderungen an die Entwärmungsphasen gestellt werden, bleiben diese Vorschriften unberührt.

Bei den Versuchen wurden jeweils die dort vorgeschlagenen Anteile von Arbeits- und Entwärmungsphasen nachgebildet, wobei im Sinne einer „worst-case“-Betrachtung die Arbeitsphase durch schwere muskuläre Arbeit, realisiert durch Laufbandergometerarbeit (Geschwindigkeit: 4 km/h, Steigung 5°), gekennzeichnet war. Der (Gesamt-) Energieumsatz betrug nach gängigen Tabellenwerten ca. 350 W, entsprechend einem Arbeitsenergieumsatz von ca. 270 W.

Zusätzlich wurden Kontroll-Versuche mit der jeweils nächst höheren Stufe, d.h. ungünstigeren Verhältnis zwischen Arbeitszeit und Entwärmungsphasen durchgeführt.

Die Bekleidungsisolation der vorgegebenen Arbeitsbekleidung wurde mit einem Isolationswert von ca. 0,8 clo abgeschätzt. Hinsichtlich des Trinkregimes zur Kompensation des Flüssigkeitsverlustes stand Mineralwasser oder wahlweise auch Früchtetee (kein Kaffee oder Schwarztee) *ad libitum* zur Verfügung.

Vor dem Hintergrund, dass in der betrieblichen Praxis die Entwärmungsphasen i.d.R. nicht durch vollständige Ruhe gekennzeichnet sind, wurde innerhalb der Entwärmungsphasen im klimatisch-neutralen Bereich leichte körperliche Arbeit, realisiert als 20 W-Fahrradergometerarbeit, geleistet. Der (Gesamt-) Energieumsatz betrug hier nach gängigen Tabellenwerten ca. 150 W, entsprechend einem Arbeitsenergieumsatz von ca. 70 W.

2.2 Modellrechnungen

Die Modellberechnungen erfolgten unter Zugrundelegung des als Teil der DIN EN ISO 7933 (2004) wiedergegebenen BASIC-Programmes. Dieses wurde insofern angepasst, als dass für Auswertungen die dort erforderlichen Eingangsdaten aus separaten Dateien eingelesen wurden. Der so implementierte „Batch-Modus“ ermöglichte die sequentielle Bearbeitung einer Reihe von Bedingungen.

Dabei wurden die in den Laborversuchen untersuchten Bedingungen mit Hilfe des Modells nachgebildet. Ziel war es hier, die Übereinstimmung sowie Möglichkeiten der Individualisierung zu prüfen.

In weitere Modellrechnungen wurden Möglichkeiten der iterativen Bestimmung von Arbeitszeit-Entwärmungsphasen untersucht.

2.3 Berücksichtigung der Wärmestrahlung

Sieht das PHS-Modell die Einbeziehung der Wärmestrahlung unmittelbar über die Angabe der mittleren Strahlungstemperatur (t_r) vor, so ist eine Darstellung auf der Grundlage des psychrometrischen Diagramms, wie es der Vorschlag von Pangert et al. (2003) vorsieht (vgl. Bild 1), zunächst auf die Größen Lufttemperatur und Luftfeuchte beschränkt. Damit ist die Anwendbarkeit bei ausgeprägter zusätzlicher Wärmestrahlung zunächst nicht gegeben.

Der Einsatz der Globetemperatur anstelle der Lufttemperatur gibt hier die Möglichkeit zumindest orientierend diesen Faktor mit zu berücksichtigen. Die Globetemperatur wird dabei von der Lufttemperatur, der Wärmestrahlung sowie der Luftgeschwindigkeit beeinflusst.

Sind Luftgeschwindigkeit und zusätzliche Wärmestrahlung gering ausgeprägt, so entspricht die Globetemperatur in erster Näherung der Lufttemperatur. Bei zusätzlicher Wärmestrahlung nimmt die Globetemperatur Werte oberhalb der Lufttemperatur an. Eine erhöhte Luftgeschwindigkeit trägt im Regelfall zur Kühlung der Globekugel bei, so dass die Globetemperatur geringere Werte annimmt als bei vernachlässigbarer Luftgeschwindigkeit.

Untersucht wurden in diesem Zusammenhang Ansätze, die den konvektiven und strahlungsbedingten Wärmeaustausch zusammenfassen, betrachtet wurde hier:

- die operative Raumtemperatur, wie sie in DIN EN ISO 7730 angegeben wird;
- die physiologisch äquivalente Temperatur nach einem Vorschlag von Forsthoff und Neffgen (1993).

Weiter wurde die integrierende Wirkung der Globekugel bei gerichteter Bestrahlung berücksichtigt.

3 Ergebnisse

3.1 Physiologische Untersuchungen

Wie in Gebhardt et al. (2006) ausführlich dargestellt, bestätigten die Resultate der Versuchsreihe weitgehend das für die Klimabedingungen vorgeschlagene Verhältnis von Arbeits- und Entwärmungsphase. Für den untersuchten Probanden ergaben sich für 3 der untersuchten 5 Klimabedingungen nach der 4. Arbeitsphase Werte für die Rektaltemperatur im Bereich von 38 °C. Für die Klimabedingung 60 °C/16 % rel. Luftfeuchte (trocken-heiß) lag der Wert mit 37,5 °C deutlich darunter, während für die Klimakombination 40 °C/60 % rel. Luftfeuchte (feucht-warm) der Wert mit 38,4 °C darüber lag, wobei jedoch das Abbruchkriterium nicht erreicht wurde.

Eine Betrachtung der Kontrollversuche mit einem ungünstigeren Verhältnis zwischen Arbeits- und Entwärmungsphasen führte mit einer Ausnahme jeweils zum Erreichen des Abbruchkriteriums, was als ein zusätzlicher Beleg für die sinnhafte Wahl des Verhältnisses zwischen Arbeits- und Entwärmungsphasen gewertet werden kann. Lediglich im Fall der Klimakombination 40 °C/27 % rel. Luftfeuchte wurde das Abbruchkriterium auch bei ununterbrochener Exposition nicht erreicht.

Die Auswertung der Versuchsreihe zeigt insgesamt eine gute Übereinstimmung hinsichtlich des vorgeschlagenen Verhältnisses zwischen Arbeits- und Entwärmungsphasen (Pangert et al. (2003)) und physiologischen Grenzkriterien auch bei im Tagesverlauf wiederholter Exposition. Hierbei schien ein wesentlicher Faktor zu sein, dass die – meist nassgeschwitzte – Bekleidung in der Entwärmungsphase nicht gewechselt wurde, so dass auch in der Entwärmungsphase eine erhebliche Verdampfungskühlung möglich war.

3.2 Modellrechnungen

Modellberechnungen unter Einsatz des PHS-Modells, in denen die Laborversuche nachgebildet wurden, wiesen in der Tendenz eine eher vorsichtigere Schätzung aus, was die Arbeitszeit weiter begrenzen bzw. die Entwärmungsphasen verlängern würde. Die Unterschiede lagen dabei weniger im Anstiegs- und Abklingverhalten der Rektaltemperatur begründet als vielmehr darin, dass die Schweißabgabe während der Entwärmungsphasen deutlich geringer prognostiziert wurde als die Messwerte dies zeigten.

Die real ohne Bekleidungswechsel aufgrund der durchnässten Kleidung zu beobachtende z.T. erhebliche Verdampfungskühlung während der Entwärmungsphasen wird im Modell nicht in dieser Form nachgebildet. In einem orientierenden Versuch mit Bekleidungswechsel, d.h. Anlegen trockener Kleidung während der Entwärmungsphasen, konnte dies belegt werden. In diesem Fall war die Beanspruchungsreaktion gemessen an der Rektaltemperatur mit Werten im Bereich

von 38,4 °C und 38,5 °C nach der 3. und 4. Arbeitsphase gegenüber dem entsprechenden Versuch ohne Bekleidungswechsel um etwa 0,5 °C erhöht, was den Effekt der Verdampfungskühlung während der Entwärmungsphasen quantitativ belegt.

Bei Anwendung des PHS-Modells zur Ermittlung von Grenzkurven analog zu den im Diskussionsvorschlag abgeleiteten Kurven zeigte sich eine vergleichsweise gute Übereinstimmung im feucht-warmen Bereich, während im trocken-heißen Bereich z.T. auch deutliche Abweichungen festgestellt wurden. Dies liegt vor allem darin begründet, dass das Abknicken der Grenzkurven zwar in der Tendenz bestätigt wird, jedoch aufgrund des stetigen Modellansatzes in weitaus geringerer Form.

3.3 Berücksichtigung der Wärmestrahlung

Die operative (Raum-)Temperatur (Formelzeichen t_o) ist insbesondere im thermischen Behaglichkeitsbereich eine häufig eingesetzte Größe, um das Zusammenwirken von Wärmestrahlung und Konvektion zu beschreiben.

Die operative (Raum-)Temperatur (t_o) ist definiert als „die einheitliche Temperatur einer Umgebung, in der der Mensch dieselbe Wärmemenge durch Strahlung und Konvektion austauscht wie in der tatsächlichen, uneinheitlichen Umgebung“ (vgl. DIN EN ISO 7730) und wird aus einer Wärmebilanzbetrachtung abgeleitet.

Sie wird üblicherweise als Anteil der mittleren Strahlungstemperatur sowie der Lufttemperatur beschrieben. Unter Einsatz formaler Zusammenhänge für die Globetemperatur und Linearisierung innerhalb des interessierenden Wertebereiches kann gezeigt werden, dass sich diese näherungsweise wie folgt beschreiben lässt:

$$v_a = 0,1 \text{ m/s} : \quad t_o \approx 0,66 \cdot t_g + 0,34 \cdot t_a$$

$$v_a = 0,4 \text{ m/s} : \quad t_o \approx 0,67 \cdot t_g + 0,33 \cdot t_a$$

$$v_a = 0,8 \text{ m/s} : \quad t_o \approx 0,69 \cdot t_g + 0,31 \cdot t_a$$

mit t_a : Lufttemperatur in °C
 t_g : Globetemperatur in °C
 t_o : operative (Raum-)Temperatur in °C

d.h. Globetemperatur und Lufttemperatur verhalten sich in etwa 70 % zu 30 %.

Ein vergleichbares Ergebnis ergibt sich bei Zugrundelegung der von Forsthoff und Neffgen (1993) vorgeschlagenen physiologisch äquivalenten Temperatur t_{eq} . Hier kann folgender Zusammenhang abgeleitet werden:

$$v_a \leq 0,5 \text{ m/s} : \quad t_{eq} = 0,65 \cdot t_g + 0,35 \cdot t_a$$

$$v_a = 1 \text{ m/s} : \quad t_{eq} = 0,66 \cdot t_g + 0,34 \cdot t_a$$

$$v_a = 2 \text{ m/s} : \quad t_{eq} = 0,68 \cdot t_g + 0,32 \cdot t_a$$

Auch hier können die Koeffizienten als Anteile für die Globe- und Lufttemperatur interpretiert werden.

Hinsichtlich der integrierenden Wirkung allseitiger und einseitiger Bestrahlungen konnte Neuschultz (2003) durch die Auswertung von Messreihen zeigen, dass die Globetemperatur aufgrund ihrer Geometrie eine gerichtete Einstrahlung in dem Sinne berücksichtigt, dass bezogen auf eine allseitige Bestrahlungsstärke in etwa die 3-fache gerichtete Bestrahlungsstärke zu einer vergleichbaren Globetemperatur führt.

Aus diesen Ergebnissen wurde der Vorschlag abgeleitet, eine Berücksichtigung der Wärmestrahlung in der Weise vorzunehmen, dass eine resultierende Temperatur (t_{res}) bestimmt wird, die sich formal ergibt aus

$$t_{res} = 0,7 \cdot t_g + 0,3 \cdot t_a$$

und die unabhängig von der Art der Bestrahlungsrichtung gilt. Bei der Anwendung des Diagramms (Bild 1) kann diese resultierende Temperatur anstatt der Lufttemperatur eingesetzt werden, um die Wärmestrahlung mit zu berücksichtigen.

4 Empfehlungen

Der Diskussionsvorschlag nach Pangert et al. (2003) konnte durch die durchgeführten physiologischen Untersuchungen weitgehend bestätigt werden. Einschränkung muss berücksichtigt werden, dass bei den Untersuchungen interindividuelle Unterschiede der Beanspruchungsreaktion nicht berücksichtigt wurden.

Bei nennenswerter zusätzlicher Wärmestrahlung wird empfohlen, die Lufttemperatur durch eine „resultierende Temperatur“ (t_{res}) entsprechend dem o.a. Zusammenhang zu ersetzen.

Für größere Abweichungen von den im Diskussionsvorschlag gemachten Annahmen hinsichtlich der Eingangsgrößen, insbesondere hin zu ungünstigeren Bedingungen, wird die Anwendung des PHS-Modells zur Überprüfung der Dauer von Arbeits- und Entwärmungsphasen empfohlen. Solche Bedingungen bestehen z.B. dann wenn die Arbeitsschwere erhöht ist und/oder schwere Bekleidung erforderlich ist. Bild 2 gibt eine Übersicht zu Bedingungen und Handlungsempfehlungen bei der Gestaltung von Arbeits- und Entwärmungsphasen.

Bedingung	Handlungsempfehlung
<p>Die Randbedingungen für die Anwendung des Diskussionsvorschlages sind erfüllt, d.h. während der Expositionsphase</p> <ul style="list-style-type: none"> - leichte bis mittlere Bekleidungsisoliation (ca. 0,6 – 0,9 clo) - leichte bis mittlere Arbeitsschwere (bis ca. 200 W Arbeitsenergieumsatz) - geringe Luftgeschwindigkeiten (bis ca. 0,2 – 0,5 m/s) - weitestgehend konstante Klimabedingungen - Lufttemperatur unter ca. 65 °C und Feuchttemperatur unter ca. 36 °C - keine zusätzliche Wärmestrahlung z.B. durch heiße Oberflächen oder Aggregate 	<p>Anwendung des Diagramms (vgl. Bild 1) zur Bestimmung der Dauer von Expositions- und Entwärmungsphasen auf der Grundlage von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte während der Expositionsphasen.</p>
<p>Während der Expositionsphasen besteht zusätzliche Wärmestrahlungsbelastung z.B. durch heiße Oberflächen oder Aggregate</p>	<p>Bestimmung einer resultierenden Temperatur (t_{res}) aus Globetemperatur (t_g) und Lufttemperatur (t_a) nach folgender Formel:</p> $t_{res} = 0,7 \cdot t_g + 0,3 \cdot t_a$ <p>Ersatz der Lufttemperatur durch die resultierende Temperatur bei der Anwendung des Diagramms (vgl. Bild 1) zur Bestimmung der Dauer von Expositions- und Entwärmungsphasen</p>
<p>geringere Belastbarkeit, z.B. von weiblichen Beschäftigten, ist zu berücksichtigen</p>	<p>Zur Anpassung an die bei gleichen Anforderungen erhöhte Beanspruchungsreaktion sollte der eingesetzte Arbeitsenergieumsatz erhöht werden, z.B. im Fall von weiblichen Beschäftigten +30 %</p>
<p>schwere körperliche Arbeit, d.h. Arbeitsenergieumsatz > 200 W und/oder schwere Bekleidung (> 0,9 clo) erforderlich</p>	<p>Überprüfung des Ergebnisses auf der Grundlage des PHS-Modells, bei so ermittelten geringeren Expositionsphasen diese verwenden</p>
<p>erhöhte Luftgeschwindigkeiten und/oder nicht weitgehend konstante Klimabedingungen während der Expositionsphasen</p>	
<p>Lufttemperatur über ca. 65 °C oder Feuchttemperatur über ca. 36 °C oder auf der Grundlage des PHS-Modells ermittelte Expositionsdauer < 15 min</p>	<p>Einleitung technischer Schutzmaßnahmen bzw. Kontrolle physiologischer Parameter während der Belastung (z.B. Herzschlagfrequenz, Körperkerntemperatur) unter Hinzuziehung des Betriebsarztes</p>
<p>generell bzw. darüber hinaus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beschäftigte auf Gefahren hinweisen und für Anzeichen einer Überbeanspruchung sensibilisieren, nur gesunde und nicht vorgeschädigte Beschäftigte einsetzen; - ausreichendes Trinkregime sicherstellen; - Entwärmungsphasen in klimaneutraler Umgebung bei Ruhe oder höchstens leichter körperlicher Arbeit gewährleisten; - sonstige Vorschriften und Regelungen besonderer Berufsgruppen beachten 	

Bild 2 Handlungs- und Entscheidungshilfe bei der Gestaltung von Arbeits- und Entwärmungsphasen

5 Schrifttum

FORSTHOFF, A., NEFFGEN, H.: Ein Klimasummenmaß zur Beurteilung von Klimaten mit Wärmestrahlung. Z. Arb. wiss. 47 (1993), 16

GEBHARDT, H., KAMPMANN, B., MÜLLER, B.H.: Erprobung der Anwendung des PHS-Modells bei der Gestaltung von Arbeits- und Entwärmungsphasen in wärmebelasteten Arbeitsbereichen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven (im Druck)

NEUSCHULZ, H.: Thermophysiologische Beanspruchung des menschlichen Organismus durch anisotrope Infrarotstrahlung. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), Sonderschrift S 76, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven (2003)

PANGERT, R.; BUX, K., FRENER, P.: Hitzearbeit – Hitzepausen, ErgoMed 3/2003, 82-89

DIN EN ISO 7730, Ausgabe 2006-05

Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO 7730:2005); Deutsche Fassung EN ISO 7730:2005

DIN EN ISO 7933, Ausgabe: 2004-12

Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der Wärmebelastung durch Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung (ISO 7933:2004); Deutsche Fassung EN ISO 7933:2004