

## Der Heat Performance Indicator (HPI) – Innovative Methode

## zur Beurteilung der menschlichen Wärmebilanz

Elmar Schlich und Michaela Schlich

Kontakt: [elmar.schlich@ernaehrung.uni-giessen.de](mailto:elmar.schlich@ernaehrung.uni-giessen.de)**Ausgangslage**

Menschen geben stetig Energie in Form von Wärme an die Umgebung ab. Eine mittlere Wärmeleistung von 80 W ergibt einen Energieumsatz von 6912 kJ/d (= 1650 kcal/d). Dies entspricht der Größenordnung des Grundumsatzes.

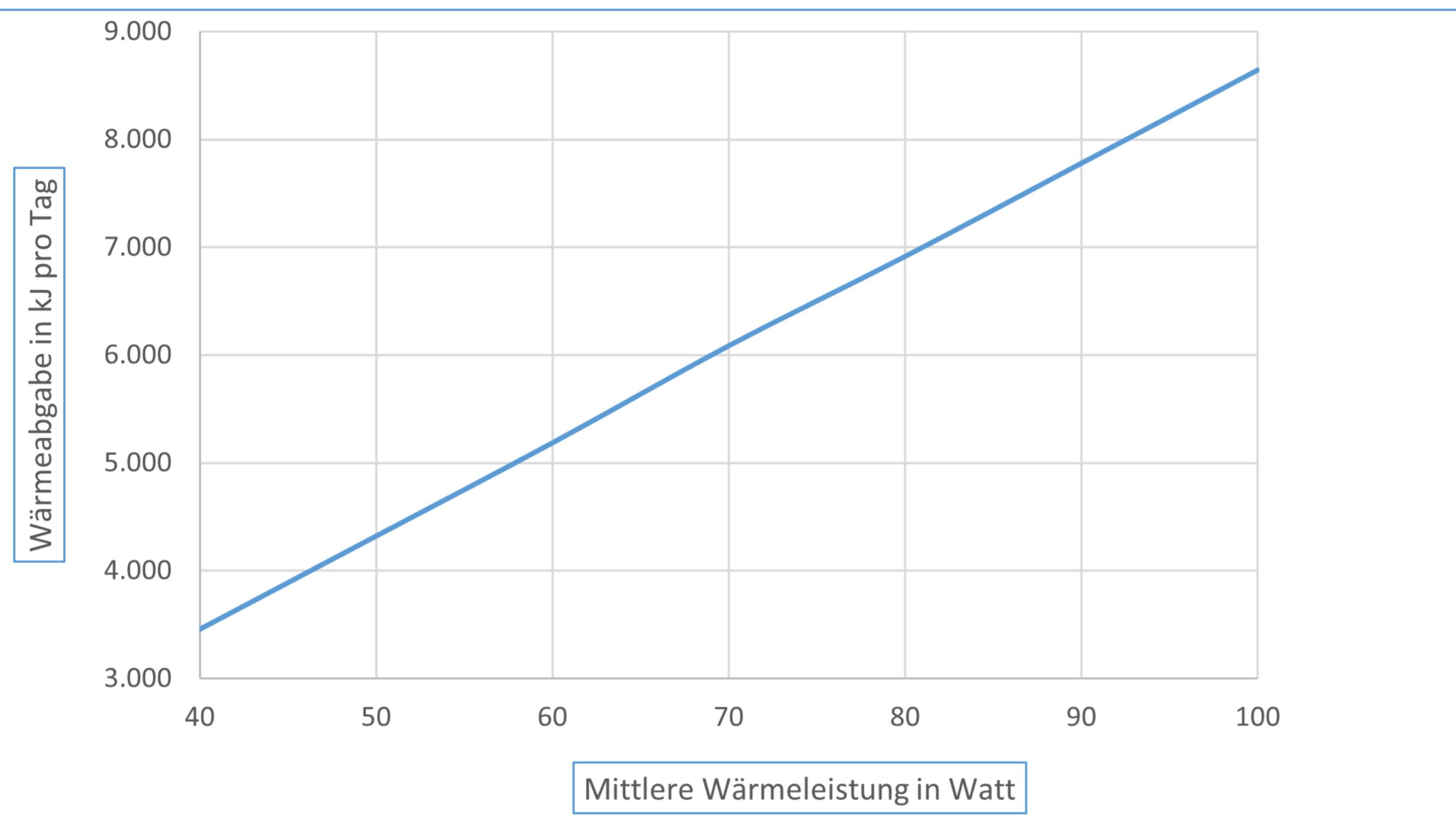


Abb. 1: Nomogramm der Wärmeabgabe (kJ/d) über der Wärmeleistung (W)

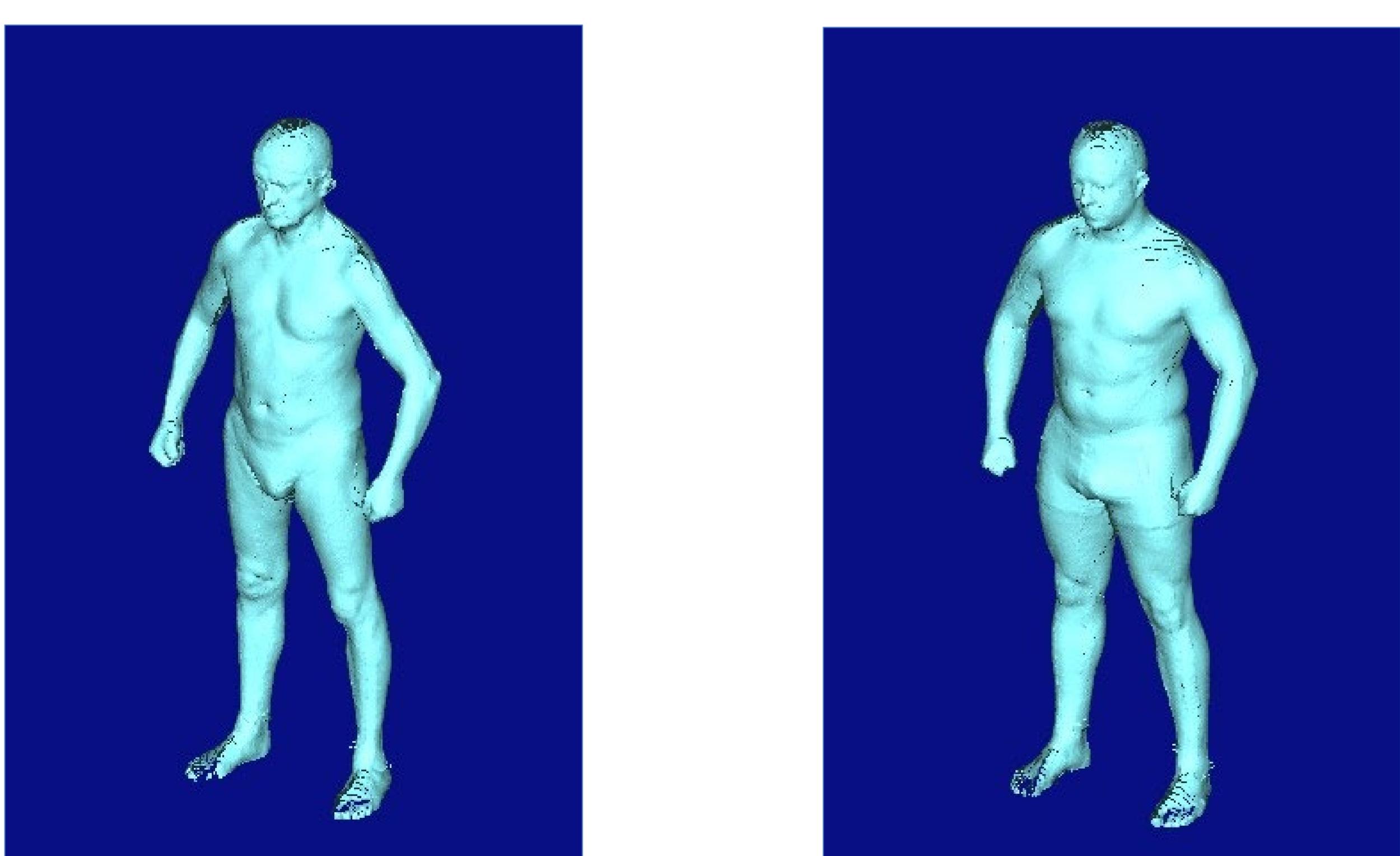
**Thermodynamik der Wärmeübertragung**

Je größer die relative Oberfläche, umso mehr Wärme wird abgegeben - je mehr Isolierung, umso weniger. Beim Menschen korreliert die tatsächliche, relative Körperoberfläche  $\alpha$  ( $\text{cm}^2/\text{kg}$ ) als neuer Parameter der menschlichen Energiebilanz **positiv (+)**, der isolierende Fettanteil  $x_F$  (%) **negativ (-)** zur Wärmeabgabe an die Umgebung.

Beispiele homiothermer Säugetiere: Robbe vs. Spitzmaus



Abb. 2: Homiotherme Säugetiere mit kleiner relativer Oberfläche und viel Fett (links) [©rschendel auf pixabay] und mit großer relativer Oberfläche und wenig Fett (rechts) [©kapa65 auf pixabay]

Abb. 3: Typische 3-D-Bodyscans (links:  $m = 72 \text{ kg}$ ,  $H = 1,82 \text{ m}$ ,  $x_F = 23 \%$ ,  $BMI = 21,7$ ; rechts:  $m = 85 \text{ kg}$ ,  $H = 1,72 \text{ m}$ ,  $x_F = 17 \%$ ,  $BMI = 28,7$ )**Forschungsfragen**

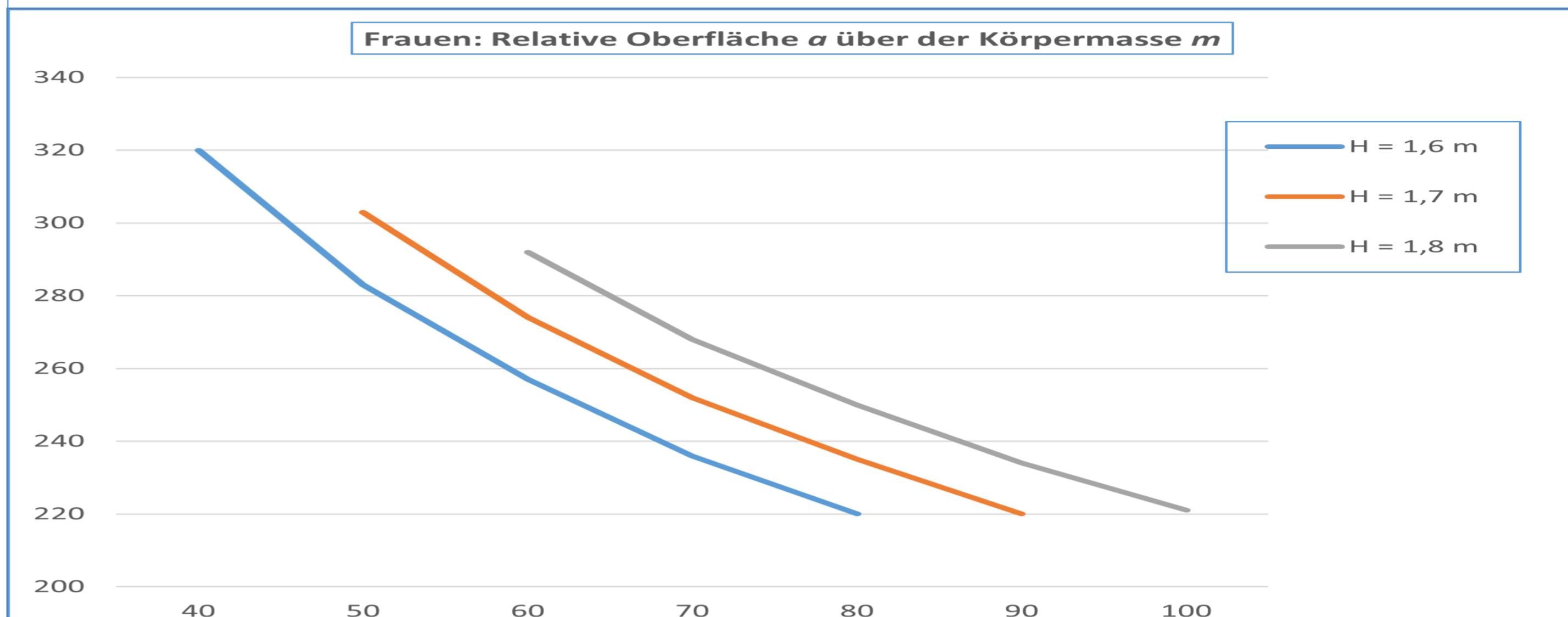
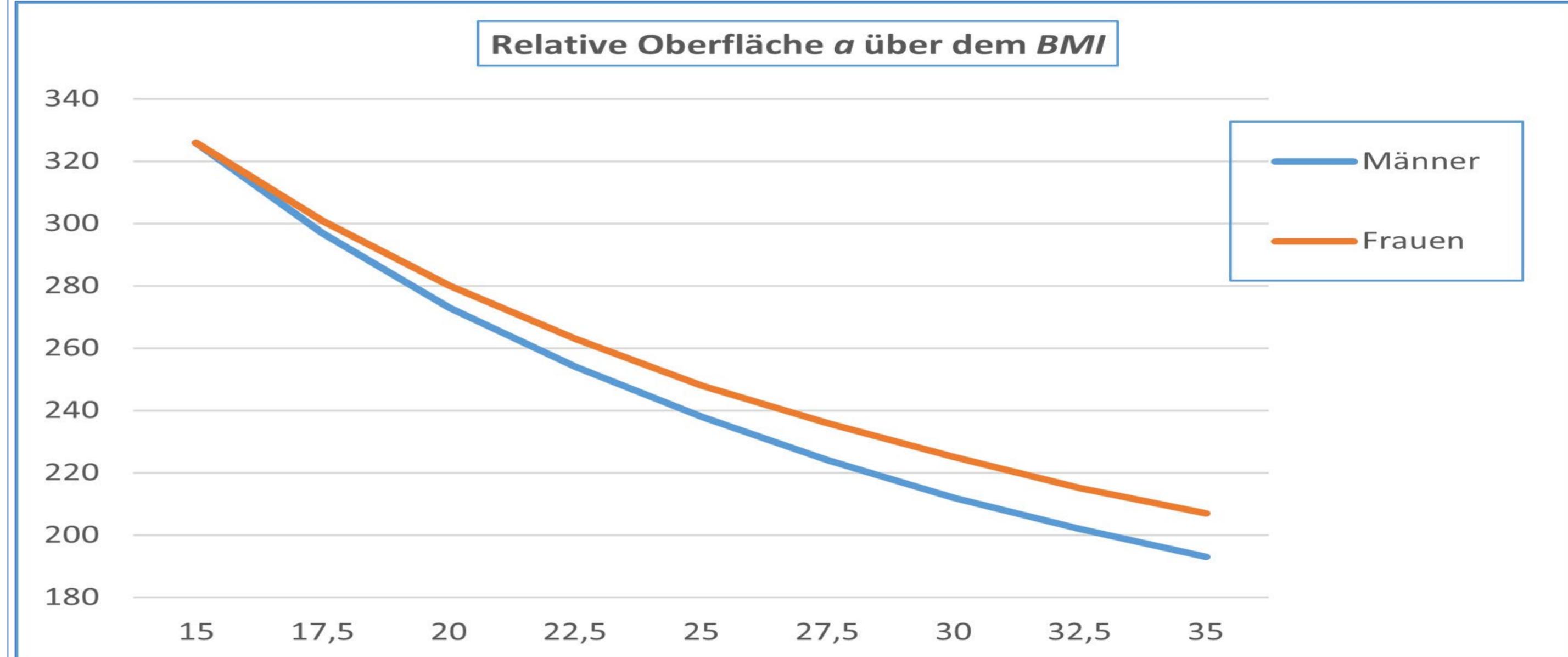
- Wie ändert sich die tatsächliche, relative Körperoberfläche bei Zu-/Abnahme?
- Wie unterscheiden sich dabei Männer und Frauen?
- Wie kann der Quotient aus tatsächlicher relativer Oberfläche  $\alpha$  (+) und Fettanteil  $x_F$  (-) als innovativer Heat Performance Indicator ( $HPI = \alpha/x_F$ ) die individuelle Wärmebilanz klassifizieren?

**Methoden**

- Erhebung anthropometrischer Daten an Probanden/innen
- 3D-Bodyscans führen zur „Schlich-Formel“ gemäß  

$$a = 1411 \cdot BMI^{-0,54}$$
 für Frauen  

$$a = 1750 \cdot BMI^{-0,62}$$
 für Männer
- Bioimpedanzanalyse (BIA) ergibt den Fettanteil  $x_F$

**Ausgewählte Ergebnisse**Abb. 4:  $a$  in  $\text{cm}^2/\text{kg} = f(m)$  bei Frauen mit  $H = \text{konst.}$ Abb. 5: Vergleich Frauen/Männer:  $a$  in  $\text{cm}^2/\text{kg} = f(BMI)$ 

$a$  nimmt mit zunehmendem **BMI** ab und mit abnehmendem **BMI** zu. Diese Effekte sind selbstverstärkend, besonders bei Frauen, denn diese haben eine größere relative Oberfläche als Männer.

**Diskussion und Berechnung des HPI**

Tab. 1 unterbreitet einen Vorschlag zur Definition von **HPI**-Klassen zur Beurteilung der Wärmebilanz von Individuen.

Tab. 1: Vorschlag zur HPI-Klassifizierung der Wärmebilanz von Individuen

Bezeichnung	Ultra Low Performer	Low Performer	Ideal Performer	High Performer	Ultra High Performer
HPI-Werte	< 6	6 - 9,9	10 - 14,9	15 - 19,9	> 20

Tab. 2 zeigt als Beispiel den rechnerischen Vergleich dreier Frauen mit demselben **BMI**, aber unterschiedlichem Fettanteil. Dabei ergibt die **HPI**-Berechnung eine deutliche Unterscheidung, anders als der **BMI**. Dies wird insbesondere Sportlerinnen und Sportlern gerecht, die mehr Muskeln und weniger Fettanteil aufweisen.

Probandin	Größe, Körpermasse, BMI	Fettanteil	HPI: Klassifizierung
A	$H = 1,70 \text{ m}$	13 %	18,7: High Performer
B	$m = 75 \text{ kg}$	23 %	10,6: Ideal Performer
C	$BMI = 25,96 \text{ kg/m}^2$	33 %	7,4: Low Performer

Tab. 2: Rechnerischer Vergleich des **HPI** von drei Frauen mit **BMI** = konst. Die **HPI**-Klassifizierung der drei Frauen in Tab. 2 zeigt, dass eine muskulöse, fettarme Sportlerin (Probandin A) erheblich mehr Wärme an die Umgebung abgibt als eine Frau mit 33 % Fettanteil (Probandin C), obwohl beide denselben **BMI** aufweisen. Mit Hilfe der tatsächlichen, relativen Körperoberfläche  $\alpha$  kann per **HPI** die Wärmebilanz eines Menschen zuverlässig beurteilt werden.

**Literatur**

Schlich E, Schlich M (2021): Zur Bedeutung der relativen Körperoberfläche und der Körperzusammensetzung für die Wärmebilanz des Menschen. Aktuel Ernährungsmed 2021; 46: 380-390 doi: 10.1055/a-1502-6133.