

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.

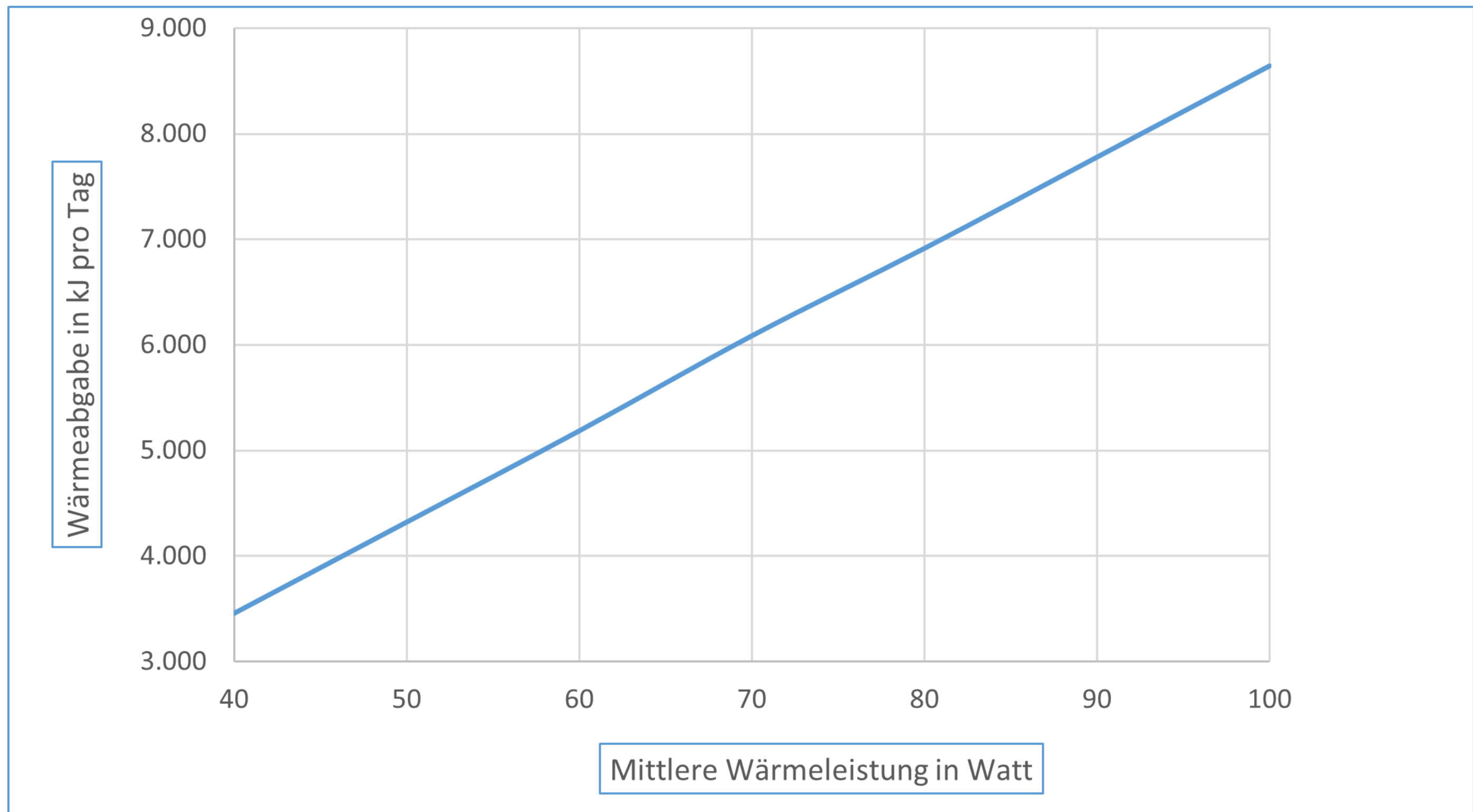


Abb. 1: Nomogramm der Wärmeabgabe (kJ/d) über der Wärmeleistung (W)

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 **a** (cm²/kg) als neuer Parameter der menschlichen Energiebilanz **positiv (+)**, der isolierende Fettanteil **x_F** (%) **negativ (-)** zur Wärmeabgabe an die Umgebung.

Beispiele homoiothermer Säugetiere: Robbe vs. Spitzmaus



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

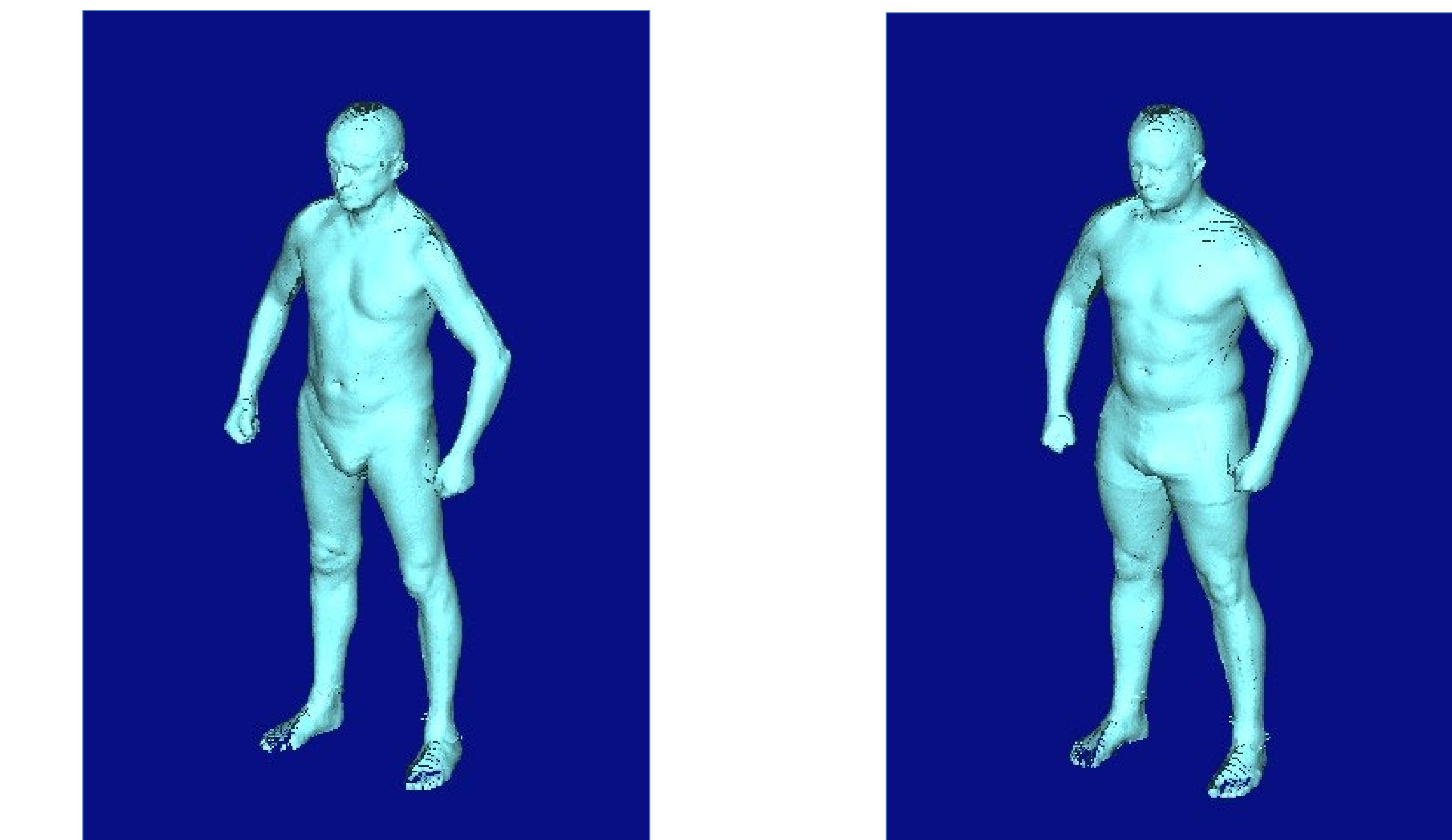


Abb. 3: Typische 3-D-Bodyscans (links: *m* = 72 kg, *H* = 1,82 m, *x_F* = 23 %, *BMI* = 21,7; rechts: *m* = 85 kg, *H* = 1,72 m, *x_F* = 17 %, *BMI* = 28,7)

Forschungsfragen

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

Methoden

- Erhebung anthropometrischer Daten an Probanden/innen
 - 3D-Bodyscans führen zur „Schlich-Formel“ gemäß
$$a = 1411 \cdot BMI^{-0,54} \text{ für Frauen}$$
$$a = 1750 \cdot BMI^{-0,62} \text{ für Männer}$$
 - Bioimpedanzanalyse (BIA) ergibt den Fettanteil **x_F**
- Ausgewählte Ergebnisse**

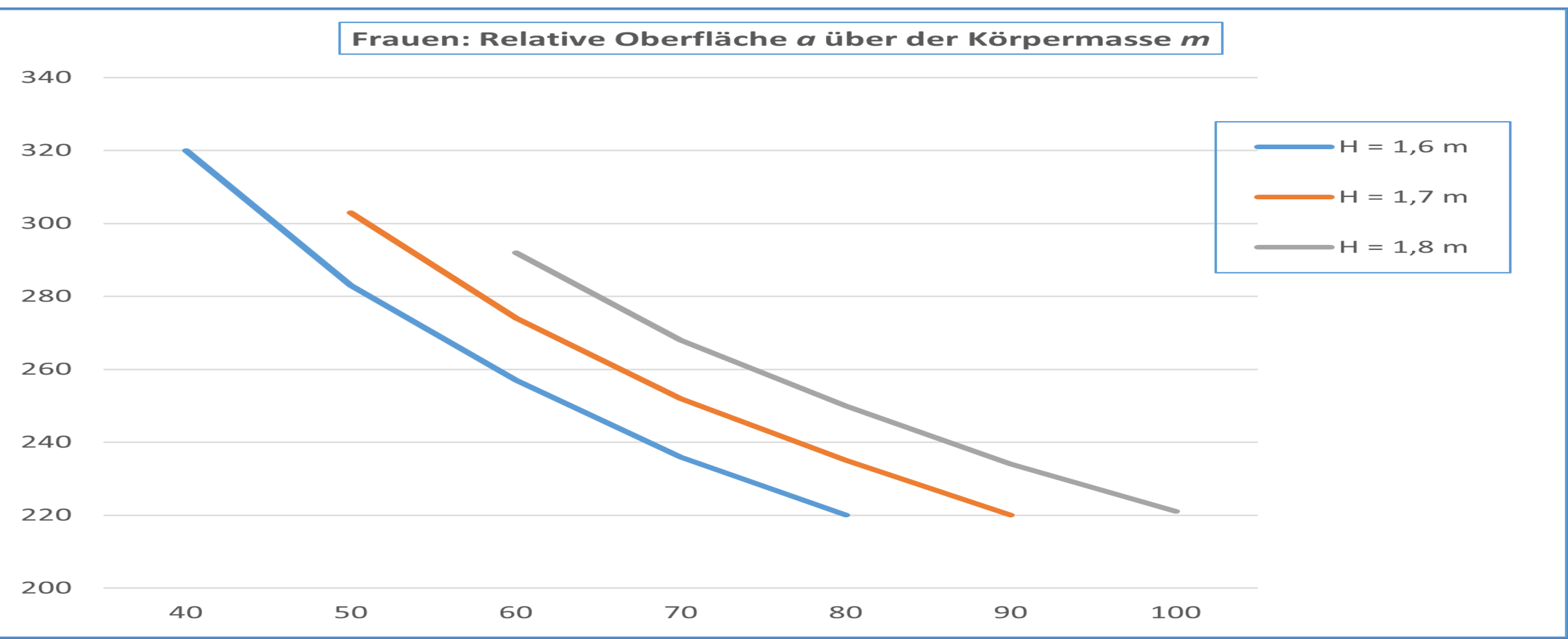


Abb. 4: *a* in cm²/kg = *f* (*m*) in kg bei Frauen mit *H* = konst.

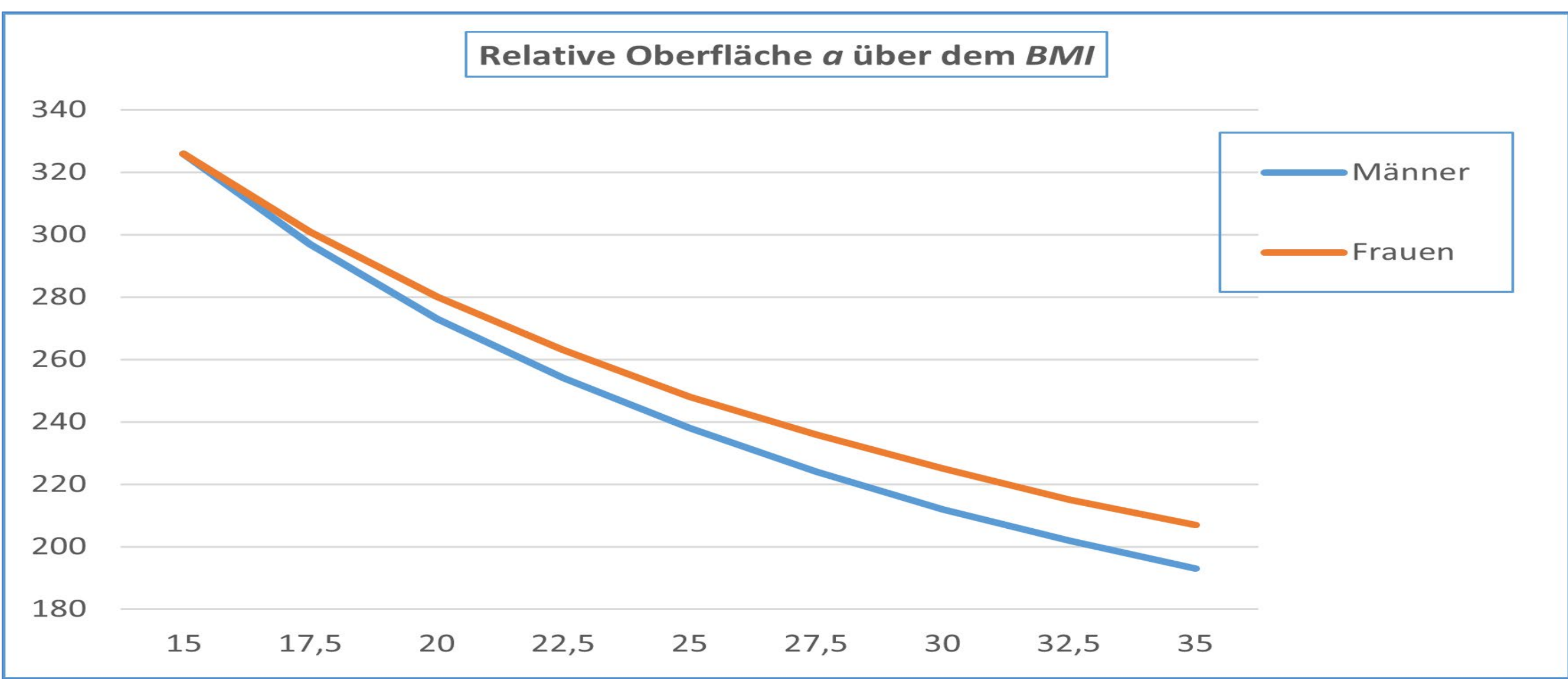


Abb. 5: Vergleich Frauen/Männer: *a* in cm²/kg = *f* (*BMI*)

a nimmt mit zunehmendem **BMI** ab und mit abnehmen-dem **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 m m = 75 kg BMI = 25,96 kg/m ²	13 %	18,7: High Performer
B		23 %	10,6: Ideal Performer
C		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 **a** 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.