

# Was macht Hitze mit uns?

Ein kleiner Ausflug in die menschliche Thermophysiologie

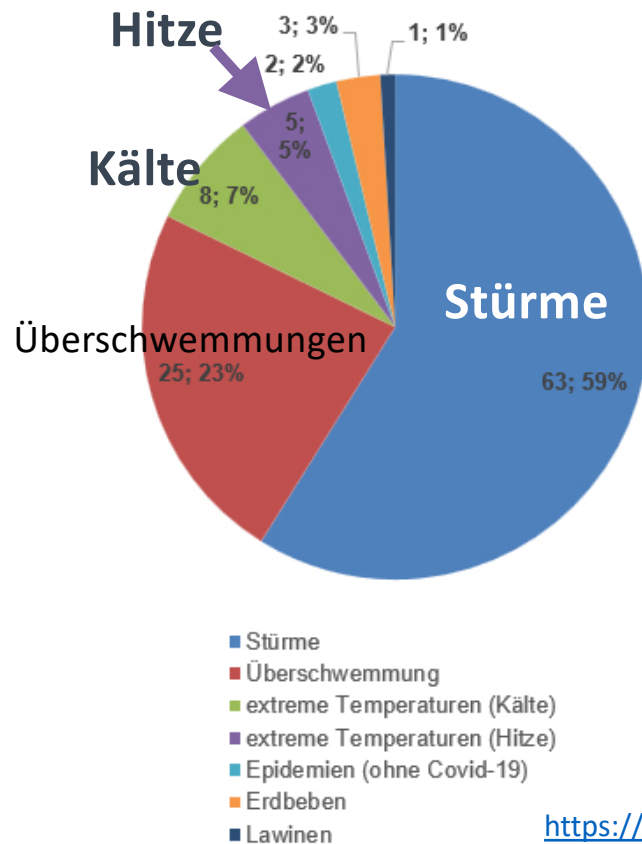
Henny Annette Grewe

11. 11. 2024, Potsdam

# EM-DAT: Katastrophen in Deutschland 1990 - 2022

<https://dkkv.org/themenseiten/naturgefahren-in-deutschland/>

absolute und prozentuale Häufigkeit  
verschiedener Katastrophen in  
Deutschland, 1990-2022



Aufnahme in EM-Dat bei Erfüllung  
mindestens eines der folgenden  
Kriterien:

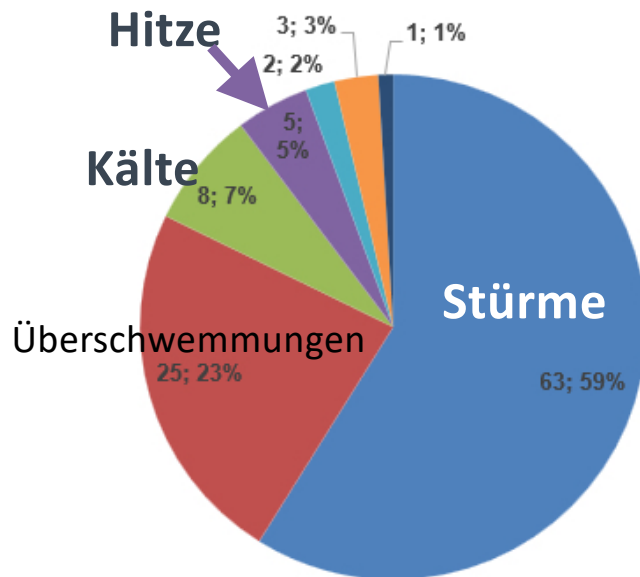
- Zehn Todesopfer
- 100 betroffene Personen
- Ausrufung des Notstandes
- Aufruf für internationale Hilfe

<https://dkkv.org/wp-content/uploads/2024/10/Screenshot-2024-10-15-123632.png>

# EM-DAT: Katastrophen in Deutschland 1990 - 2022

<https://dkkv.org/themenseiten/naturgefahren-in-deutschland/>

absolute und prozentuale Häufigkeit  
verschiedener Katastrophen in  
Deutschland, 1990-2022



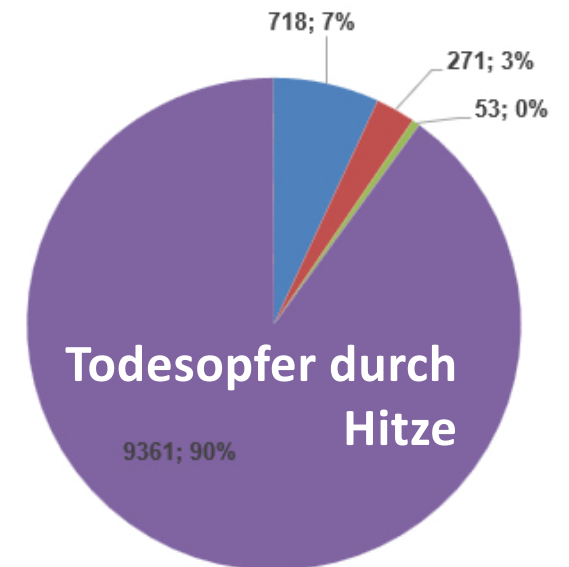
- Stürme
- Überschwemmung
- extreme Temperaturen (Kälte)
- extreme Temperaturen (Hitze)
- Epidemien (ohne Covid-19)
- Erdbeben
- Lawinen

Aufnahme in EM-Dat bei Erfüllung  
mindestens eines der folgenden  
Kriterien:

- Zehn Todesopfer
- 100 betroffene Personen
- Ausrufung des Notstandes
- Aufruf für internationale Hilfe

<https://dkkv.org/wp-content/uploads/2024/10/Screenshot-2024-10-15-123632.png>

absolute Zahl und prozentualer Anteil  
der registrierten Todesfälle, 1990-2022



- Stürme
- Überschwemmung
- extreme Temperaturen (Kälte)
- extreme Temperaturen (Hitze)
- Epidemien: 0, 0%
- Erdbeben: 1, 0%
- Lawinen: 5, 0%

# Hitze: Wer ist betroffen?



## PANORAMA

Ermittlungen gegen Vater

### Kleinkind in Auto stirbt an Überhitzung

27.06.2023, 17:16 Uhr



Hitzewellen

### Sozialverband fordert mehr Schutz für Obdachlose bei hohen Temperaturen

Hitzewellen können für Obdachlose lebensgefährlich sein. Der Paritätische Wohlfahrtsverband verlangt von den Kommunen daher mehr »Hilfsangebote, vergleichbar mit denen der Kältehilfe im Winter«.

11.08.2022, 06:54 Uhr



Home > Panorama > Studie von Klinik: Klimawandel führt zu mehr Frühgeburten

Studie der Hamburger Uni-Klinik

### Klimawandel führt zu mehr Frühgeburten

 von Sven Rieken

23.06.2023 | 07:46

Eine Studie der Hamburger Uni-Klinik belegt erstmals einen Zusammenhang zwischen hohen Temperaturen und Frühgeburten. Hitzestress kann demnach die Wahrscheinlichkeit stark erhöhen.



COPD und Asthma

### Wenn die Hitze den Atem raubt

Klimawandel Patienteninfo Von Jana Sauer

4 Min. 24. Juli 2019 HA 13/19



Stand: 20.02.2018 12:23 Uhr - Lesezeit: ca. 2 Min.

### Münster: Soldat starb an einem Hitzschlag



### Österreich Bauarbeiter (46) brach wegen Hitze zusammen und starb



Neue Technologie

### Ein Chip soll Sportler vor Hitzschlag schützen

Jedes Jahr kollabieren Spitzenathleten, weil ihre Körpertemperatur zu stark ansteigt. Forscher haben jetzt ein Hilfsmittel entwickelt, um das Risiko zu minimieren.

Von Alfred Weinzierl

10.05.2021, 00:15 Uhr • aus DER SPIEGEL 19/2021



# Hitze: Risikofaktoren

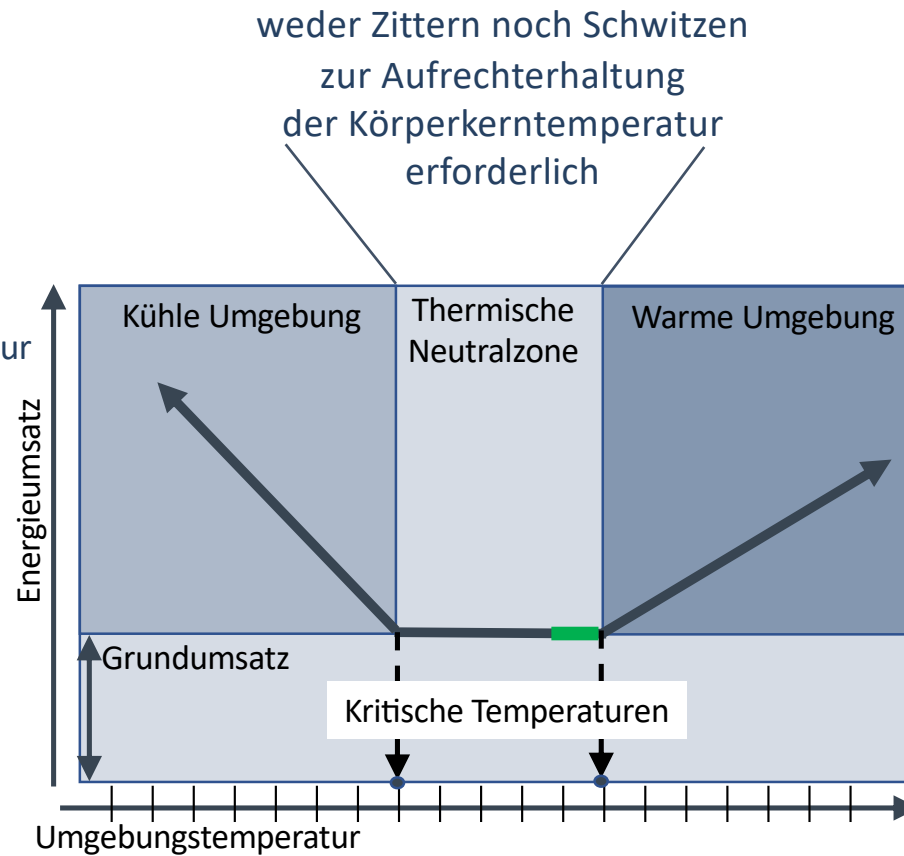


# Thermophysiology: Umgebungstemperatur und Energieumsatz in Ruhe

Messung in Ruhe bei **behaglicher** Umgebungstemperatur = Indifferenztemperatur

## Grundumsatz, Einflussfaktoren:

- Alter
- Körpergewicht
- Körpergröße
- Geschlecht (Muskelmasse, Hormone...)
- Medikamente
- ...



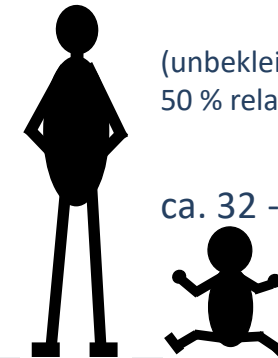
## Thermische Neutralzone, Einflussfaktoren:

- Grundumsatz
- Oberfläche-Volumen-Verhältnis
- Akklimatisation
- Bekleidung
- Windgeschwindigkeit
- Luftfeuchte
- Luftdruck

ca. 28 - 30 °C Lufttemperatur

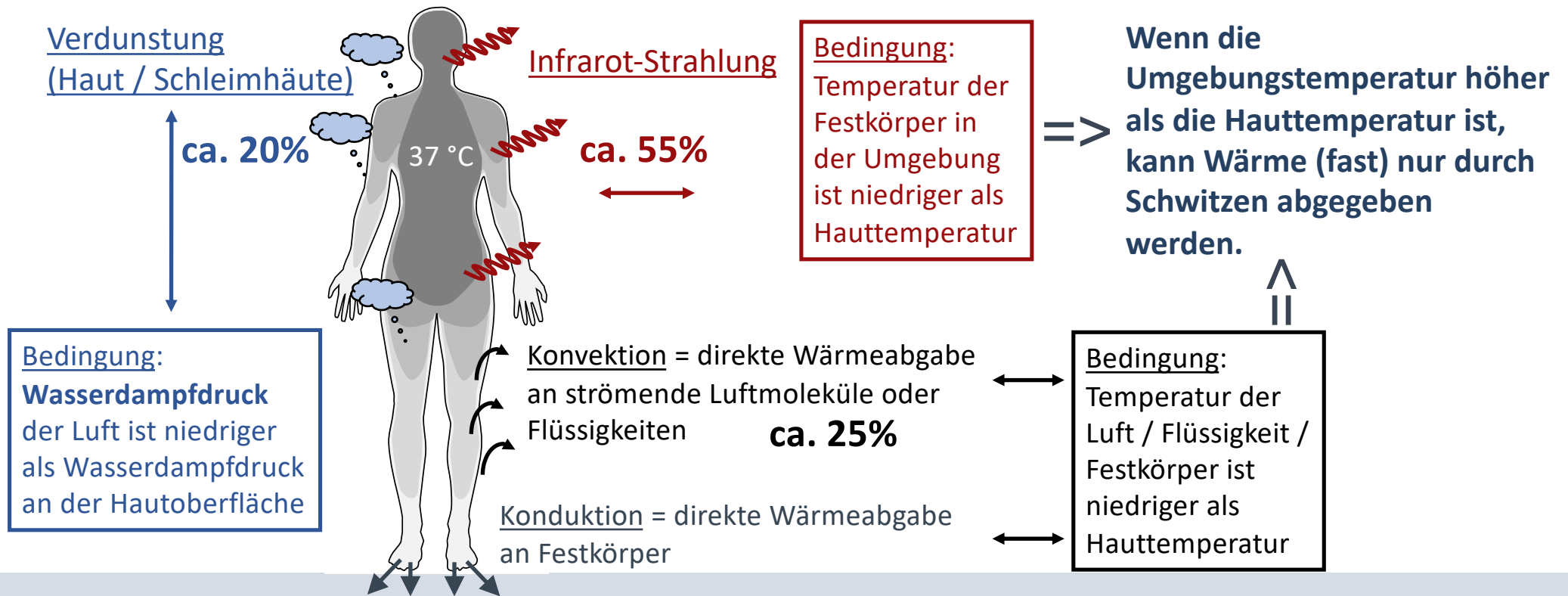
(unbekleidet, Windstille, 50 % relative Luftfeuchte)

ca. 32 - 34 °C Lufttemperatur



# Wärmeabgabe

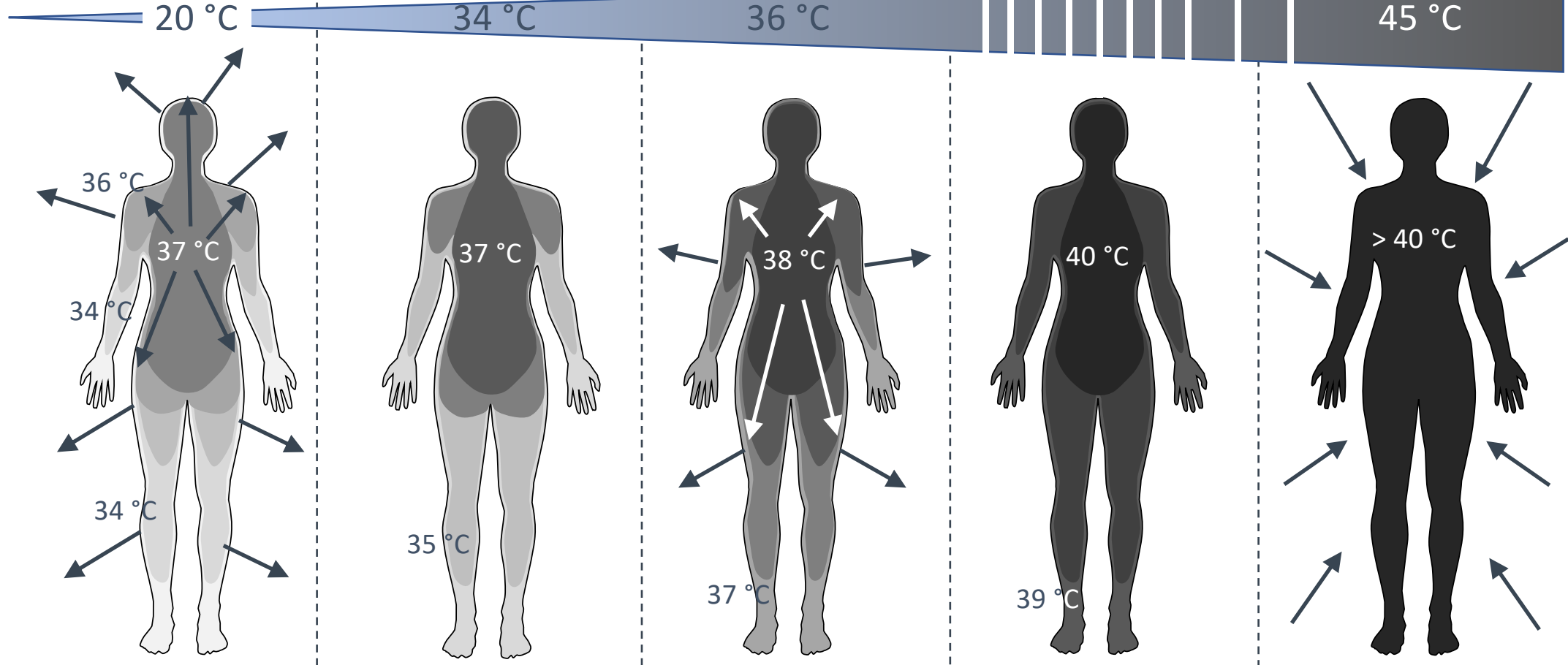
Wärmeabgabe in Ruhe bei Windstille und behaglicher Umgebungstemperatur





# Wärmeflüsse (ohne Schweißsekretion)

Umgebungstemperatur





# Schwitzen

Verdunstungswärme Wasser:  
ca. 2.400 kJ/Liter (= 573 kcal/Liter)

ca. 2 Mio. ekkrine Schweißdrüsen  
(altersunabhängig!)



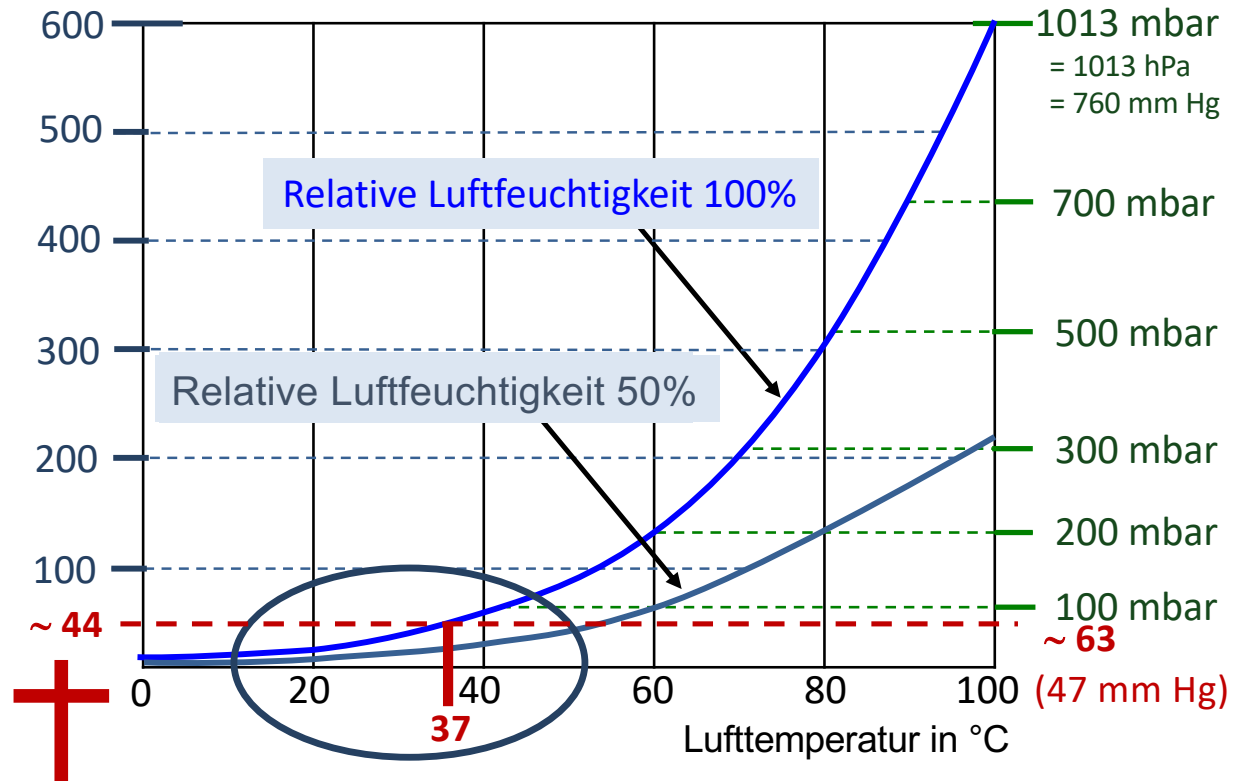
Gesunde Erwachsene:  
Schweißsekretionsrate bis zu 2 Liter / h  
⇒ Wärmeabgabe > 1.000 kcal / h möglich



**Physikalische Voraussetzungen:** 1) Relative Luftfeuchtigkeit < 100 %  
2) Wasserdampfdruck Haut > Wasserdampfdruck Luft!

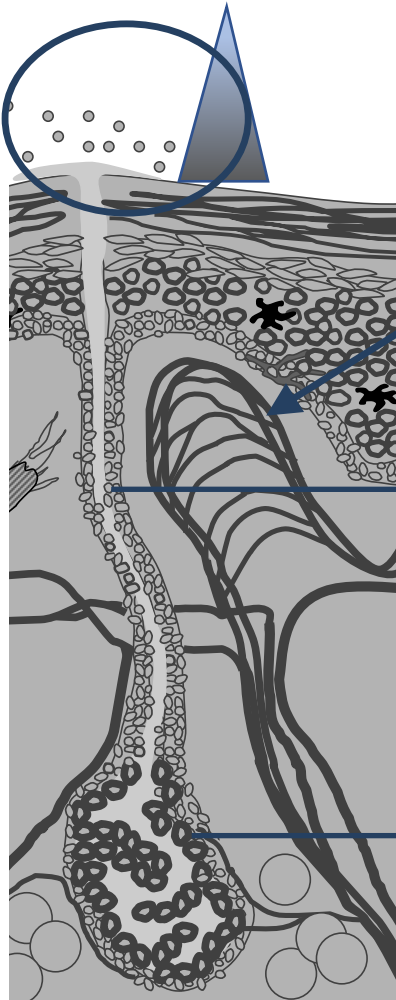
Maximaler Wassergehalt  
in g / m<sup>3</sup> Luft

Maximaler  
Wasserdampfdruck



Dampfdruckdifferenz!!

# Schweiß und Schwitzen



Wärmetransport zur Hautoberfläche

Steigerung der Durchblutung

Weitstellung  
der Blutgefäße

Erhöhung der  
Herzleistung

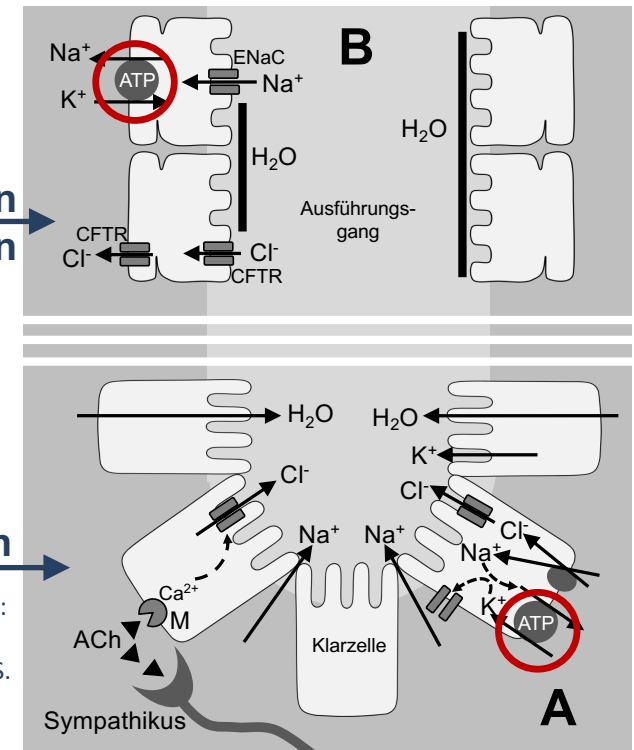
Rückresorption  
von Salzen

Schwitzen ist ein energiefordernder Prozess

Schweißsekretion

aus: Grewe HA, Blättner B (Hrsg.) (2024):  
Vor Hitze schützen. Ein Handbuch für  
Pflege- und Gesundheitseinrichtungen, S.  
32. Mit freundlicher Genehmigung des  
Kohlhammer Verlags

|                 | Schweiß<br>(mosmol/l) | Blutplasma<br>(mosmol/l) |
|-----------------|-----------------------|--------------------------|
| Na <sup>+</sup> | 10 - 70               | 145                      |
| K <sup>+</sup>  | 5                     | 5                        |
| Cl <sup>-</sup> | 58                    | 105                      |

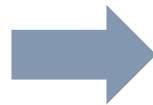


ATP: Adenosintriphosphat; ACh: Acetylcholin

# Szenarien der Zukunft:

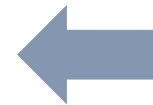
## Welche Temperatur hält der Mensch bei 100 % Luftfeuchtigkeit aus?

Sherwood SS, Huber M (2010): An adaptability limit to climate change due to heat stress. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) 107 (21), 9552-9555.



**35 °C**

theoretisch abgeleitet



Raymond C, Matthews T, Horton RM (2020): The emergence of heat and humidity too severe for human tolerance. Science Advances 6, eaaw1838

Vecellio DJ, Wolf T, Cottle RM, Kenney WL (2022): Evaluating the 35 °C wet-bulb temperature adaptability threshold for young, healthy adults (PSU HEAT). Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology 132 (2), 340-345.



**31 °C**

Experimente mit jungen ( $24 \pm 4$  J), gesunden Männern und Frauen in Klimakammer

### Schwüle

Subjektives Phänomen ohne meteorologische oder physiologische Erklärung.  
Ab 18,8 hPa (mbar) Wasserdampfdruck bzw. 11,5 g Wasserdampf / kg Luft



| Lufttemperatur | Relative Luftfeuchtigkeit |
|----------------|---------------------------|
| 20 °C          | 80 %                      |
| 28 °C          | 50 %                      |
| 35 °C          | 33 %                      |

# Thermoregulation bei Hitze

## Physiologie

## Verhalten

(Bedingung:  
Wasserdampfdruck Luft  
geringer als  
Wasserdampfdruck Hautoberfläche)



Verdunstung ↑

Wärmetransport  
zur Haut ↑

Sekretion  
von Schweiß ↑

Gefäßerweiterung

Herzleistung ↑

Sekretionsrate  
pro Drüse ↑

Schwitzschwelle ↓

Mechanismus

Blutgefäße intakt

Blutvolumen ausreichend

Regulation intakt

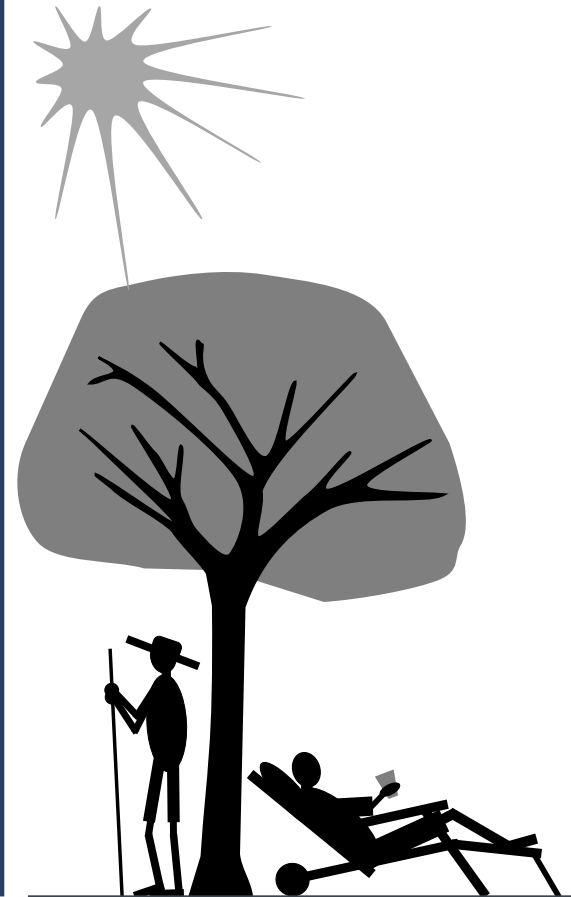
Schweißdrüsen intakt

Wasser-/Elektrolytstatus ok

Regulation intakt

Voraussetzung

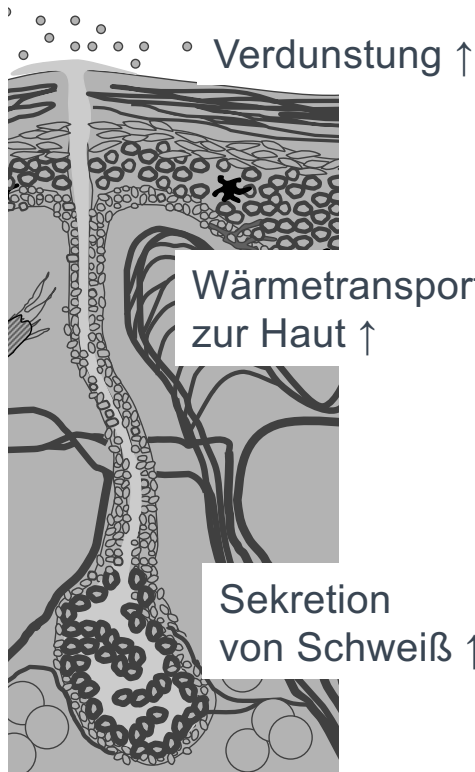
Effekt



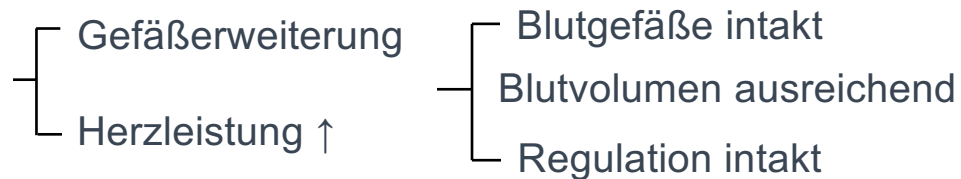
# Beeinträchtigung der Thermoregulation bei Hitze

## Physiologie

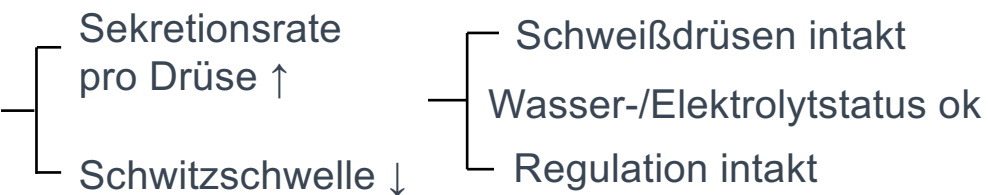
## Verhalten



- **Herz-Kreislaufferkrankungen**
- **Lungenerkrankungen**



- **Erkrankungen des Nervensystems**
- **Nierenerkrankungen**



- **(Neben-)Wirkung von Medikamenten**

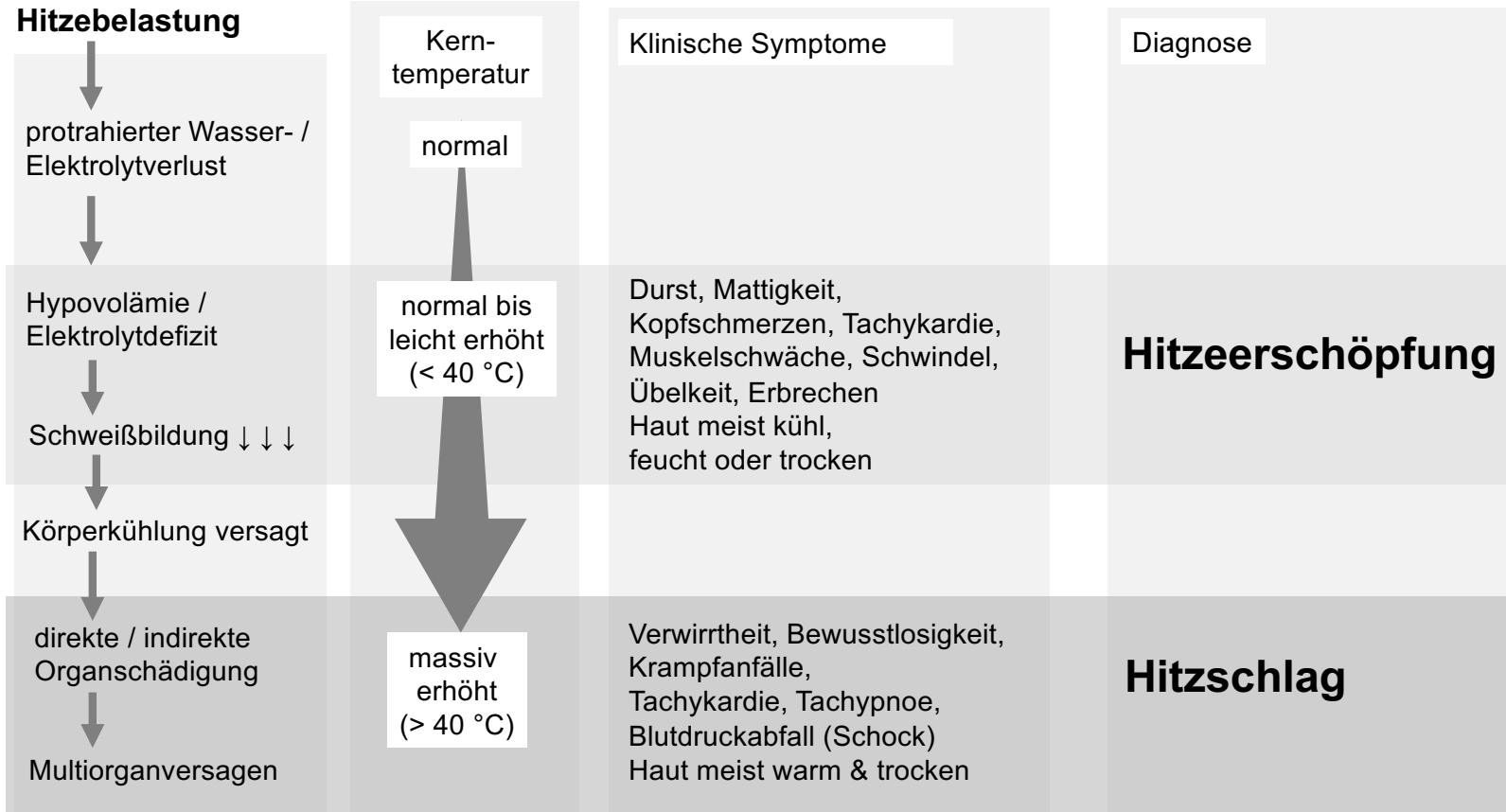
Effekt ← Mechanismus — Voraussetzung —

- **Bettlägerigkeit**
- **Eingeschränkte Mobilität**
- **Psychische Erkrankungen**
- **Substanzkonsum**
- ...



# Überhitzung

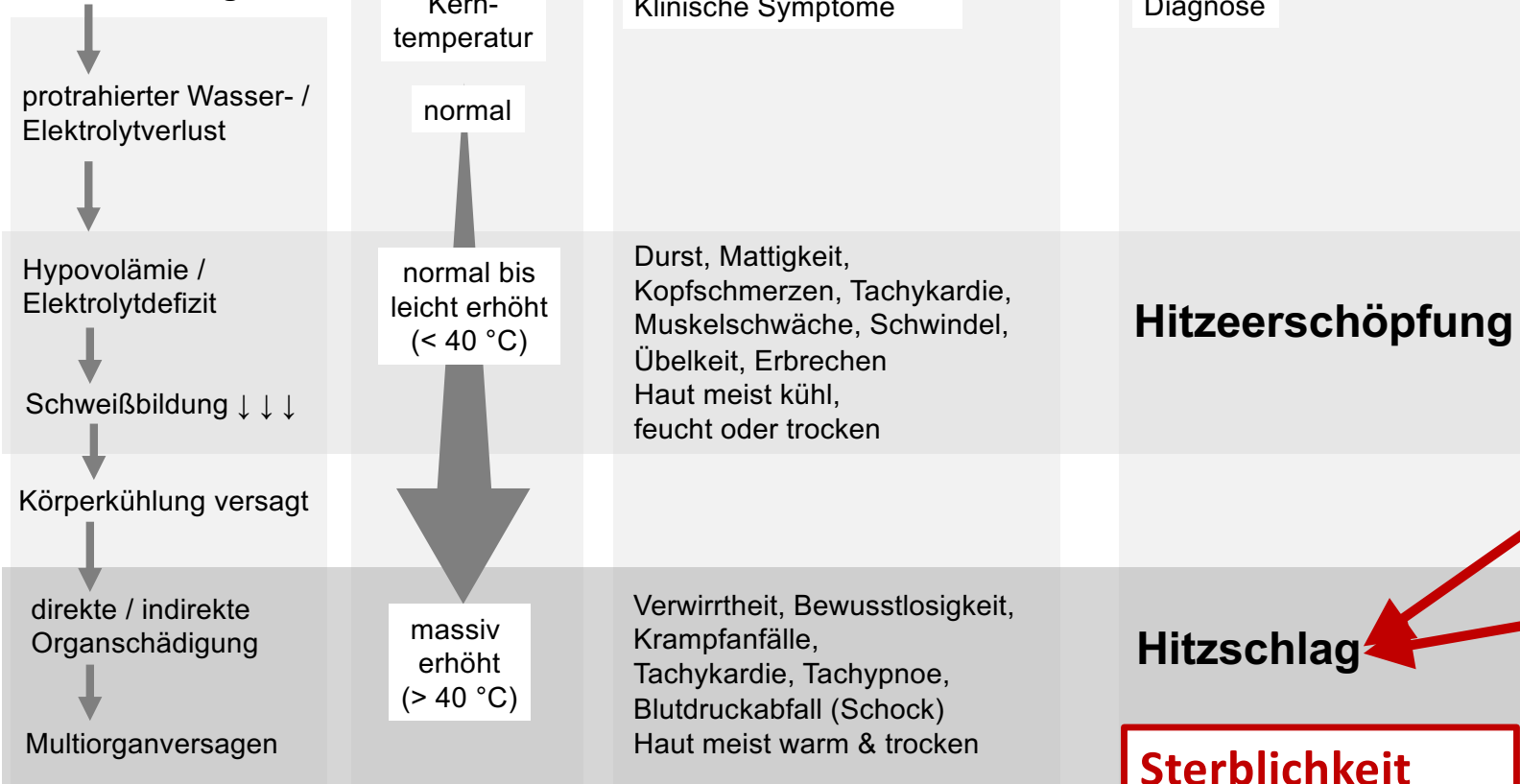
## Länger andauernde Hitzebelastung



aus: Grewe HA, Blättner B (Hrsg.) (2024): Vor Hitze schützen. Ein Handbuch für Pflege- und Gesundheitseinrichtungen, S. 80. Mit freundlicher Genehmigung des Kohlhammer Verlags

# Risiko: auch für Gesunde...

## Länger andauernde Hitzebelastung



aus: Grewe HA, Blättner B (Hrsg.) (2024): Vor Hitze schützen. Ein Handbuch für Pflege- und Gesundheitseinrichtungen, S. 80. Mit freundlicher Genehmigung des Kohlhammer Verlags

## Säuglinge/Kleinkinder:

- große Oberfläche,
- wenig Masse,
- Schweißrate gering,
- eingeschränkte Mobilität,
- eingeschränkte Steuerung der Flüssigkeitsaufnahme.

passive

**Überhitzung (+)**

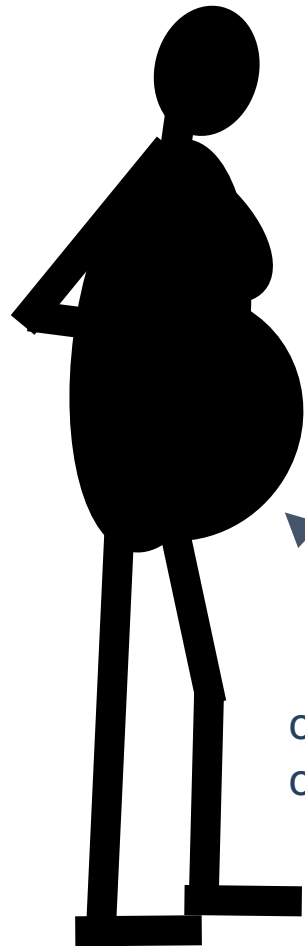
**zu hohe eigene Wärmebildung**

**Sterblichkeit bis über 50 %!**

- (Draußen) körperlich Arbeitende
- Sporttreibende



# Schwangerschaft: Thermophysiologie



- Grundumsatz  $\uparrow$
- Körpermasse  $\uparrow$
- Wärmeaustausch mit Kind

- **Schwitzschwelle**  $\downarrow$

=>

**Wärmeabgabe => Umgebung**  $\uparrow$

=>

**Körperkerntemperatur**  $\downarrow$   
(um ca. 0,2 °C)

ca. 85 % via Plazenta

ca. 15 % via Amnionflüssigkeit /  
Uteruswand

- hoher Grundumsatz

=>

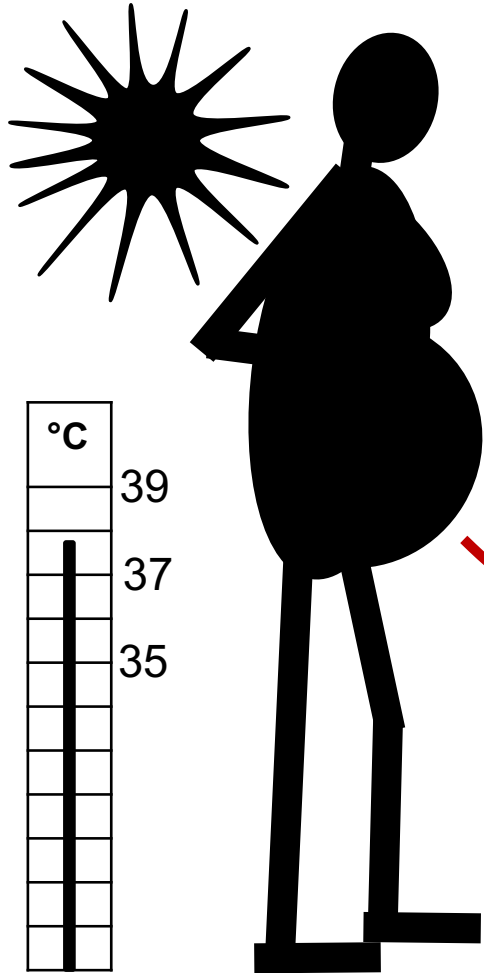
**Körperkerntemperatur**  
ca. 0,5 °C  $\uparrow$  als  
die der Mutter



- **Wärmeabgabe**

Randall et al. 1991, Laburn 1996, Wells 2002, Green 2020, Samuels et al. 2022

# Schwangerschaft: Überhitzung der Mutter



- Grundumsatz  $\uparrow$
- Körpermasse  $\uparrow$
- Wärmeaustausch mit Kind

- Schwitzschwelle  $\downarrow$

=>

Wärmeabgabe reicht nicht aus

=>

Körperkerntemperatur  $\uparrow \uparrow$

- hoher Grundumsatz

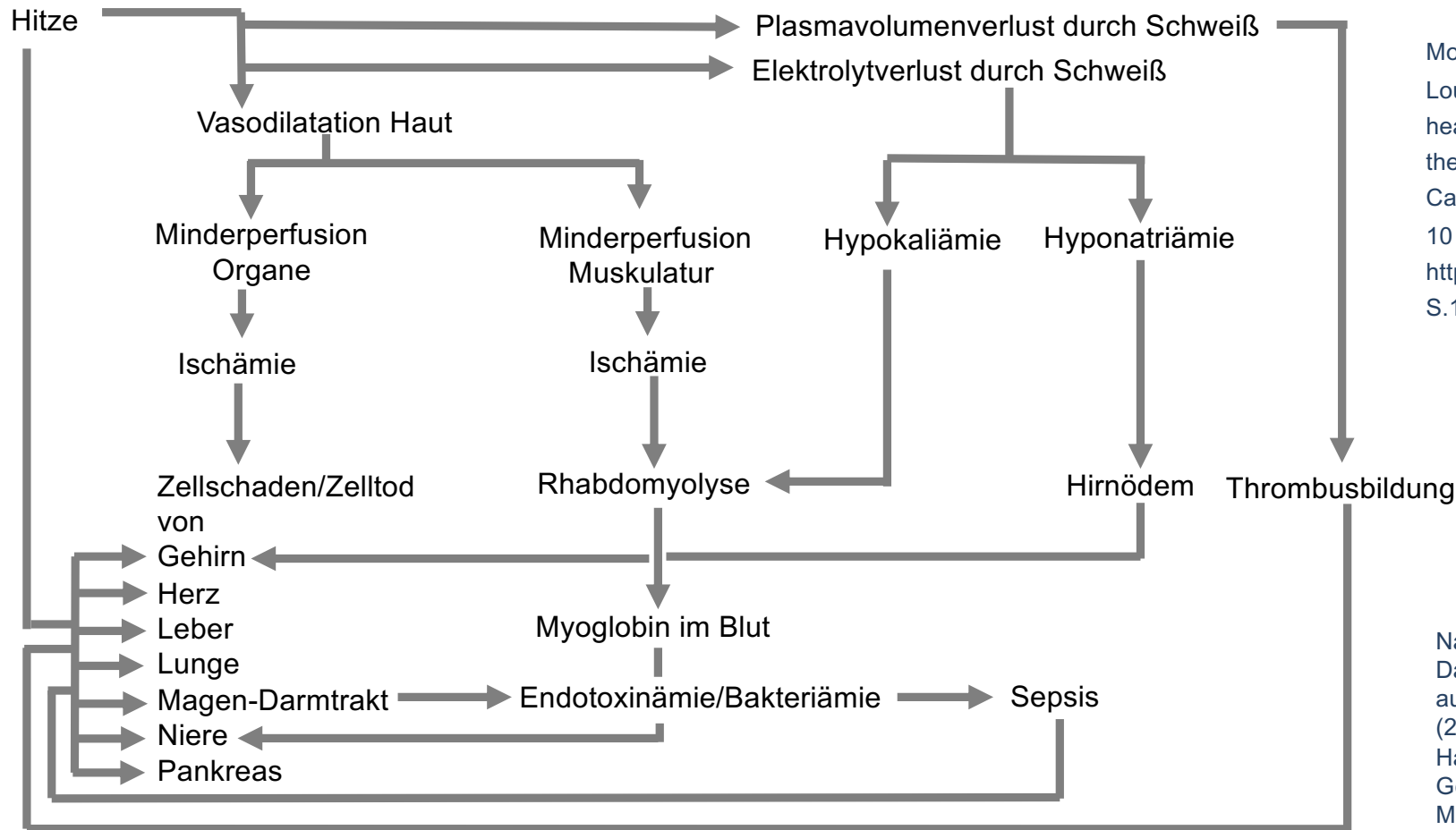
=>

Körperkerntemperatur  
ca. 0,5 °C  $\uparrow$  als  
die der Mutter



- Wärmeaufnahme  
=> Körperkerntemperatur  $\uparrow \uparrow$

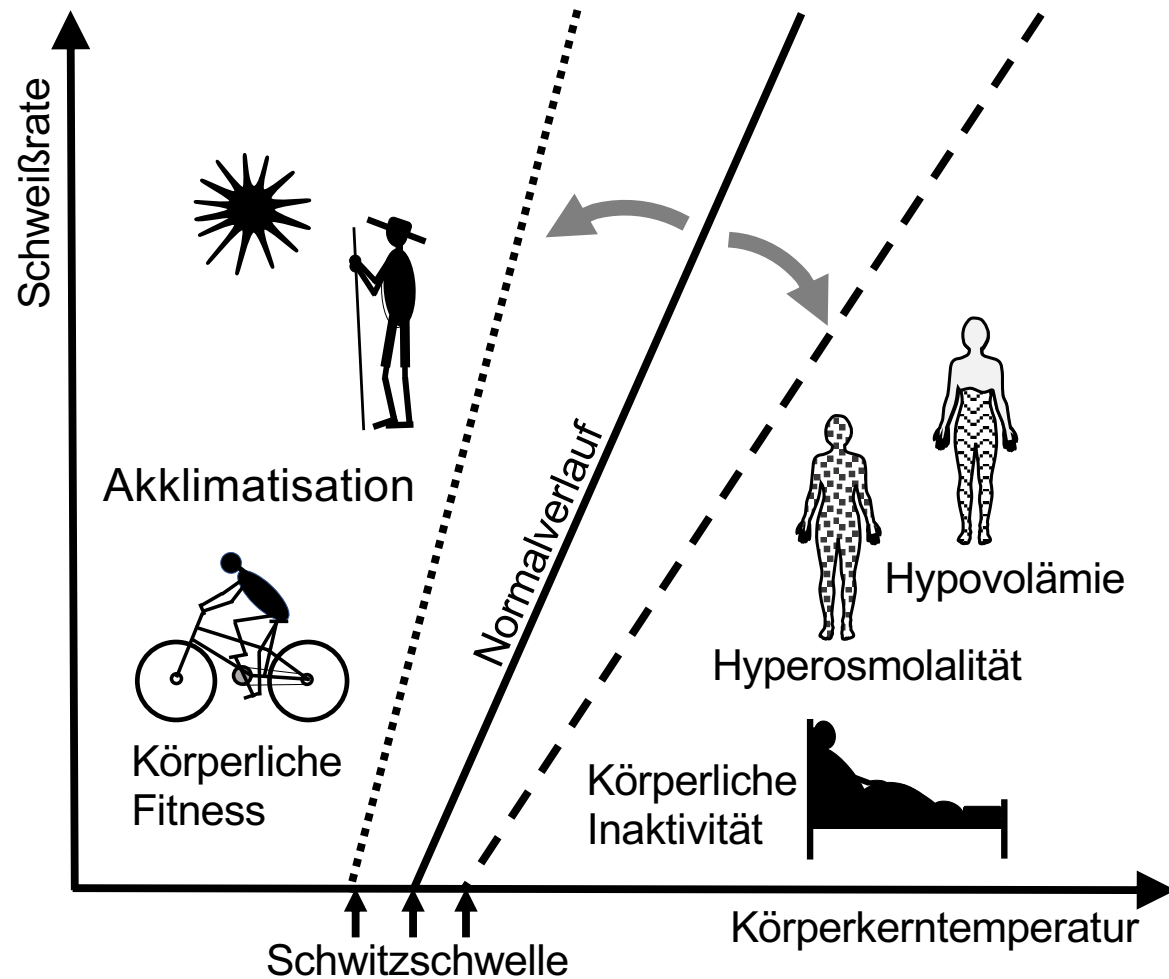
# Überhitzung: Pathophysiologie



Mora C, Counsell CWW, Bielecki CR, Louis LV (2017): Twenty-seven ways a heat wave can kill you: Deadly heat in the era of climate change. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, 10 (11), e004233, <https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOME.117.004233>

Nach Mora et al. 2017, eigene Darstellung  
aus: Grewe HA, Blättner B (Hrsg.) (2024): Vor Hitze schützen. Ein Handbuch für Pflege- und Gesundheitseinrichtungen, S. 39. Mit freundlicher Genehmigung des Kohlhammer Verlags

# Können wir uns anpassen?



aus: Grewe HA, Blättner B (Hrsg.) (2024): Vor Hitze schützen. Ein Handbuch für Pflege- und Gesundheitseinrichtungen, S. 36. Mit freundlicher Genehmigung des Kohlhammer Verlags

**Vielen Dank!**

[henny.a.grewe@gw.hs-fulda.de](mailto:henny.a.grewe@gw.hs-fulda.de)