

Kaltwassertauchen: Gefahren und Erkenntnisse

(Beinahe)Ertrinken: was heißt hier tot?

Internationaler Fachkongress CIVIL
PROTECT 2011
Bruneck, 1-3.4.2011 



Wärmehaushalt bei 1 bar

- Fließgleichgewicht bei:

$$M - E \pm C \pm R = 0$$
 - M = erzeugte Wärme durch Stoffwechsel
 - E = Wärmeverlust durch Verdunstung
 - C = Wärmeverlust durch Konvektion
 - R = Wärmeverlust durch Strahlung
- Pos. z.B. bei mechanischer Arbeit
- Neg. z.B. bei Kälteexposition



Wärmehaushalt allgemein

- **Körperkern**
 - Organe in d. Schädel-, Brust-, u. Bauchhöhle
 - 70% d. Wärmeproduktion in körperlicher **Ruhe**
- **Körperschale**
 - Muskulatur, Unterhautfettgewebe, Haut u. Arme & Beine
 - 70% d. Wärmeproduktion bei körperlicher **Arbeit**
- Wärmetransport: Blut



Wärmehaushalt allgemein

- Bereich "angenehmer" Umgebungstemp.
 - = Temperatur-Bereiche mit Fähigkeit zur Eigenregulation (vasomotor. Regulationsfähigkeit)
- Als nackte Person: 25°-30° C = steady state ohne Schwitzen / Steigerung des Stoffwechsel
- Hautdurchblutung:
 - Kalte Umgebung: 150-200 ml/min
 - Heiße Umgebung: bis 2000ml/min

Wärmeleitvermögen - Luft

- in Ruhe gering, relativ gute Isolation
- Bei Zugluft/Wind raschere Wärmeabgabe
- **Mittlere Umgebungstemp.**
 - ~20 % Wärmeverlust durch Verdunstung
 - ~12 % über die Atemwege
- **Hohe Umgebungstemp.**
 - Meiste Wärmeabgabe durch Schwitzen
- Niedrige Umgebungstemp.
 - > 30% über die Atemwege

Wärmeleitvermögen - Wasser

- ca. 25mal > Luft
- Theoretisch bei Bewegung 250mal > Luft
- Tatsächlich zw. 2 - 5mal > als Luft durch:
 - Maximale Verengung der Blutgefäße
 - Drosselung der Durchblutung
- Über die Zeit betrachtet:
 - Isolationskraft abhängig v. Durchblutung/ Unterhautfett
 - Wärmebildungsfähigkeit des Körpers

Luft & Wasser im Vergleich

- 27° C warmes Wasser verursacht den gleichen Wärmeverlust wie
- 6° C Kalte Luft (bei Windstille)

Einstieg ins Wasser

- = schlagartige Erhöhung d. Wärmeverlustes
- 1. Ausgleich durch Wärmebildung in Muskulatur
- 2. Körperschale reduziert Durchblutung
- 3. Muskularbeit läßt relativ mehr Wärme entstehen
- 4. Körperkerntemp. steigt anfänglich an (paradoxe Temp. Anstieg)
- 5. Körperschale kühlt rasch ab - Wärmeverrat abgegeben
- 6. Muskularbeit reicht nicht mehr aus - Kältezittern

Kreislauf - Peripherie

- Zunächst Gefäßengstellung v.a. der Haut (Vasokonstriktion)
 - Blut in Körperkern gepreßt
 - Nierendurchblutung steigt = Kältediurese
- Später durch Sauerstoffmangel (Hypoxie) Blutgefäßschäden (Kapillarenendothel)
 - Plasmaverlust = Hypovolämie und Ödeme
 - Erhöhte Blutungstendenz, hämorrhag. Diathese, Sludge

Einstieg ins Wasser - Kältezittern

= erste Phase der Unterkühlung

1. Puls- u. Atemfrequenz steigen = höherer Wärmeverlust
2. Durchblutung d. Körperschale verbessert = vermehrte Wärmeabgabe
3. Körperkerntemp. fällt früh rasch ab.
4. Wasser verlassen!

Verdunstung

- Abhängig von der Aktivität d. Schweißdrüsen
- Beinhaltet auch Perspiration = Unsichtbares „Schwitzen“
- Effektivität nimmt ab, durch
 - Erhöhung des Umgebungsdruckes
 - zunehmende Gasdichte
- Gesteigerte Atmung erhöht Wärmeverlust

Naß-Taucheranzüge

Wasser (24°C)	Wärme- verlust	Haut- temp.	Kern-temp. -0.2°C
Badehose	100%	25°C	1 Std
Jacket		30°C	
Jacket + Hose	-30%	32°C	2 Std

Naß-Taucheranzüge Experiment

- Neoprenanzug innerhalb 24h in Helium Atmosphäre auf 19,2 ATA
 - 4 ATA: 50% Stärkenreduktion
 - 19,2 ATA: 65% Stärkenreduktion
 - Isolation 1/4

Wärmeverlust nach Körperregion

Brustbereich	29%	Oberarm	5%
Bauch	25%	Unterarm	10%
		Oberschenkel	23%
		Unterschenkel	8%
	54%		46%

Atmungssystem nicht berücksichtigt (8 - 12%)

Kopf: fehlende Fähigkeit zur Gefäßengstellung (Vasokonstriktion) !!!

Arbeit & Alkohol

- Arbeit u. Wassertemp.
 - pos. in warmen Wasser = senkt kritische Wassertemp. ($29^{\circ} > 26^{\circ}\text{C}$)
 - neg. in Kaltwasser (16°C) =senkt Kerntemp. schneller
 - Dicke des Unterhautfettgewebes entscheidend
- Alkoholeinfluß
 - U.S. Navy: 75ml Alkohol in 200ml Wasser
 - 30min Immersion in 15°C Wasser
 - Rektaltemp. nicht signifikant niedriger
 - Wärmeempfinden jedoch verändert

Konvektion

- = Vermischung zweier Gase / Flüssigkeiten unterschiedl. Temp.
- z.B. Ventilator / Hockstellung (Seenot)
- Tauchprobleme:
 - Wasser
 - Helium

Beeinflussung Auskühlung Umgebung

- Wasser-/Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Windgeschwindigkeit
- Strömung
- Seegang

Beeinflussung Auskühlung Ausrüstung

- Bekleidung vor TG
- Bekleidung TG
- Umkleiden nach TG
- Auftrieb / Auftriebsmittel
 - Rettungs&Tariweste
 - Argon / Luftfüllung beim Trockentauchanzug

Beeinflussung Auskühlung Allg. individueller Zustand

- Körperaufbau/ Unterhautfettgew
- Alter
 - Kinder kühlen eher schneller aus
 - Ältere neigen eher zu Herzrythmusstörungen
- Geschlecht
 - Frauen kühlen eher langsamer aus
- Allg. Gesundheitszustand
- Grundkondition
- Nässe/ Kälte-Akklimation
- Ausmaß der sog. Zentralisation (Fähigkeit des Kreislaufes die zentralen Organa vor der Kälte zu schützen)

Beeinflussung Auskühlung Aktueller individueller Zustand

- Aktueller Gesundheitszustand
- Alkohol-/Medikamenten-/
 - Drogeneinnahme
- Tageskondition
- Überlebensmotivation
- Ausmaß der Angst

Beeinflussung Auskühlung Aktuelle Bedingungen

- Unmittelbarer Ernährungszustand vor TG
- Grad der Erschöpfung in Notsituation
- Ausmaß der Auskühlung vor.....
- Gesamtverweildauer im Wasser
- Ausmaß der Benetzung des Körpers mit dem Wasser
- Körperliche Betätigung im Wasser (Beschleunigt die Auskühlung)
- Entkräftigende Handlungen während der Immersion

Beeinflussung Auskühlung Wind (Windchill)

Windstärke	Tatsächliche Lufttemperatur		
	0° C	+5° C	+10° C
	Empfundene Lufttemperatur		
3 Bft	-9° C	-2° C	+4° C
5 Bft	-15° C	-8° C	-0° C

Beeinflussung Auskühlung Umgebung

- Wasser-/Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Windgeschwindigkeit
- Strömung
- Seegang

Immersionsschock

- Bei ungeschütztem Fall in Kaltwasser
 - unkontrollierter Einatemzwang
 - RR-Anstieg
 - Herzrhythmusstörungen
 - keine koordinierten Handlungen mehr
 - Tod durch Ertrinken/Herz-Kreislaufversagen
- 1/3 der Todesfälle sollen unmittelbar nach Sturz ins Kaltwasser entstehen!
- = Absicherung des Eisloches!!!

Unterkühlung 1. Grades

- = Erregungsphase / Muskelzittern
- Bis +34° C Körperkerntemperatur
- Kritische Wassertemperatur unter +20°C

Leitzeichen:

Muskelzittern, Schmerzen (Stoffwechsel 20fach!)
bläuliche bis weiße Haut
Kräfteschwund bei vollem Bewußtsein
ab +35° C gestörte(s) Reaktions- u. Orientierungsfähigkeit
Kurzzeitgedächtnis u. Urteilsvermögen
Erregt (Abwehrverhalten)
u.U Herzythmusstörungen
Puls&Atmung: flach, langsam u. unregelmäßig

Unterkühlung 2. Grades

- = Erschöpfungsphase/Muskelsteife
- Bis +30° C Körperkerntemperatur

Leitzeichen:

Eingeschränktes Bewußtsein/Muskelsteife
Kältezittern hört auf!
Kraftlos, auf fremde Hilfe angewiesen
Krämpfe
Lethargie (schläfrig, aber noch erweckbar)
Verlangsamter Herzschlag

Unterkühlung 3. Grades

- = Lähmungsphase / Muskelstarre
- Unter +30° C Körperkerntemperatur

Leitzeichen:

Bewußtseinsverlust/Muskelstarre
Keine Schmerzreaktion
Stark verlangsamter Herzschlag
Puls nicht tastbar.
Atem unsicher
Gefahr von Herzkammerflimmern
Scheintod (Keine Reflexe)

Beeinflussung Auskühlung Funktionsfähigkeit der Hände

Hauttemperatur der Hände	Auswirkungen
+15° C	Der Tastsinn ist beeinträchtigt
+10° C	Die Zugreiffunktion ist gestört
+05° C	Die Hände werden gebrauchsunfähig

Durchschnittliche Lebenserwartung bei unterschiedlicher Bekleidung

Wasser temp.	Trockenanzug	Neoprenanzug	Sonstige Kleidung
+5° C	3 Std.	1 Std.	½ Std.
+10° C	6 Std.	2 Std.	1 Std.
+15° C	Über 6 Std.	4 Std.	2 Std.

Überlebenschancen & Kleidung

- Ein Neopren erhöht Überlebenschancen um mehr als das **3,5-fache**
- Ein Trockenanzug erhöht die Überlebenschancen um fast das **7-fache**
- Ein undichter Trockenanzug erhöht die Überlebenschancen nur um das **2-fache** (5cm Riß an der Schulter)

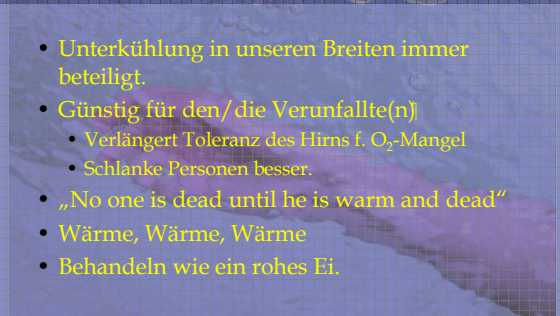
Handlungsfähigkeit „Daumen-Regel“

Nullzeit (in Minuten)
=
Wassertemperatur (in Grad Celsius)



Bezug zum Tauchunfall

- Unterkühlung in unseren Breiten immer beteiligt.
- Günstig für den/ die Verunfallte(n)
 - Verlängert Toleranz des Hirns f. O₂-Mangel
 - Schlanke Personen besser.
- „No one is dead until he is warm and dead“
- Wärme, Wärme, Wärme
- Behandeln wie ein rohes Ei.



Das war's

www.dr-renner.at
email: heiko.renner@dr-renner.at
Tel.: 0316 – 22 54 66

(endgültig für die Person
vom Hintergrund-Photo)