

Geschäftsstelle: Telefon (040) 632 00 90
Fax (040) 632 00 928
E-Mail

info@kreuzer-abteilung.org

Gründungsstraße 18

D-22309 Hamburg



KREUZER-ABTEILUNG
DES DEUTSCHEN SEGLER-VERBANDES E. V.

Sie haben den KA-FAX-SERVICE 040 - 63 27 38 73 unter der Endnummer 5527 angewählt bzw. das entsprechende Dokument unserer Web-Page www.kreuzer-abteilung.org

Überleben im (eis-)kalten Wasser

© 2004 Kreuzer-Abteilung des Deutschen Segler-Verbandes

Überleben im (eis-)kalten Wasser: Nur von der Unterkühlungsdauer abhängig?

Von Dr. med. Frank Praetorius



Wunderschön - aber wer will dem Seeleoparden gerne folgen?

Antarktis, 65° 16,45' S / 64° 05,98' W: Mit Sven will ich einen Dinghi-Ausflug durch die traumhafte Eisbergwelt der Waddington-Bay machen, um Adelle-Pinguine, Seeleoparden und Robben zu fotografieren. *Vorsicht*, warnt Henk, der Skipper unserer Skorpion IV, „*hier unten ist einmal im Wasser für immer*“. Einige Stunden später ankern wir bei der ukrainischen Station *Vernadsky*. *Alexandr*, der Arztkollege, erlaubt uns nach der Sauna ein kurzes Bad im Eismeer – aber nur mit Rettungsweste und einer Sicherheitsleine in seiner Hand. Er murmelt etwas von „Shock“, und wir sehen das nur mühsam ein: Wir hatten ja gelernt, dass man bei nahe Null Grad maximal 15 Minuten aushalten kannⁱ, ehe die Unterkühlung im Körperkern wirksam wird. Und wir waren sicher, nach kürzester Zeit, wenn auch kalt und nass, zurück an Land oder an Bord zu sein. Kaltes Wasser nimmt die Wärme 25mal schneller aus dem Körper als Luft derselben Temperatur - deshalb wären wir natürlich rasch auf das kieloben treibende Boot geklet-

tert, falls es kenterte. Warum dennoch so strenge Mahnungen und Vorsichtsmaßnahmen?

In den letzten Jahrzehnten war für solche Fälle die Lehre von der Unterkühlung maßgebend: Es würde in unserem Beispiel ungefähr 15-20 Minuten dauern, bis die Körpertemperatur auf 35° absinkt – erst dann folgen die weiteren Stadien der Unterkühlung bis zum fatalen Ausgang. Das alles gilt nach wie vor – beschreibt aber nur ein Drittel der Unglücksfälle in eiskalter See, wie der Kanadier *Dr. Chris Brooks* in einer aktuellen Übersicht zeigtⁱⁱ: Seit 1991 passierten in Kanada 60 % der Ertrinkungsfälle in den ersten 15 Minuten – also lange bevor die ersten Unterkühlungssymptome zu erwarten sind. Wenig bekannt ist auch, dass 63 % der Unfallopfer in kanadischen Seen und Flüssen in einem Abstand von weniger als 15 m zum Ufer untergehen. Viele sind nicht imstande, auch nur die letzten 2 Meter zu schwimmen, um sich zu retten. Rund zwei Drittel der Betroffenen gelten als gute Schwimmer – und die frustrierten Retter können nicht verstehen was passiert: *“I don't understand how it happened. He was a good swimmer, he must have been hit on the head.”* So viel ist sicher: Der Grad der Fähigkeit einer Person, im warmen Wasser zu schwimmen, erlaubt keine Voraussage über das Verhalten in kaltem Wasser.

Aufgrund der Pionier-Arbeiten von *Dr. Michael Tipton* und *Dr. Frank Golden* von der University of Portsmouth/UK (Institute of Naval Medicine)ⁱⁱⁱ läßt sich zusammenfassend sagen, dass Hypothermie (Unterkühlung) nicht die Haupttodesursache beim Sturz in kaltes Wasser ist. Die Autoren halten die Überschätzung der Hypothermie sogar für gefähr-

lich, weil sie den Blick auf wichtigere Gefahren verstellt. Dr. Golden spricht vom Zerstören des „Mythos von der Hypothermie als Haupttodesursache“.^{iv}

Welche biologischen Mechanismen machen den Verunglückten unfähig, sich selbst zu helfen? *Golden und Hervey* haben 1981 die Begriffe *Kälteschock* und *Schwimmversagen* in die bis heute geltende Stadieneinteilung eingeführt^v (siehe Tabelle). In beiden Stadien geht es um „physiologische“ Reaktionen in der Haut und den Muskeln, die in engem Zusammenhang mit psychischen Vorgängen stehen und zum plötzlichen Ertrinken führen können. Die Probleme und Folgen der Unterkühlung (Stadium 3) kommen zeitlich deutlich später. Dennoch wurden die Stadien des Kälteschocks (1) und des Schwimmversagens (2) als von lediglich akademischem Interesse angesehen, alle Anstrengungen der Forschung und Industrie dienten der Vorbeugung und Behandlung des Stadiums 3, der Hypothermie.

Stadium 1: Eintauchreflexe und Kälteschock

Mit dem Eintauchen in kaltes Wasser werden Nervenendigungen (Kälterezeptoren) in der Haut gereizt und lösen unmittelbar eine reflexartige Reaktion aus. Alle betroffenen Personen beginnen sofort mit einem extrem tiefen Atemzug (ein richtiges „Schnappen“ nach Luft), der direkt zum Ertrinken führen kann – zum Glück nicht immer muss. Häufig folgt ein vom Willen nicht unterdrückbares schnelles Atmen (Hyperventilation), durch das es sogar zu Krämpfen (Tetanie) kommen kann. Zugleich ist bei 15° Celsius Wassertemperatur die Fähigkeit zum Luftanhalten um 70% reduziert, bei 10° kann man nur noch knappe 10 Sekunden die Luft anhalten. Es kommt zu Panik und Willensverlust durch die Unfähigkeit zum Luftholen, schließlich zum Inhalieren der nächsten Welle und zum Ertrinken – manchmal trotz Rettungsweste. Hinzu tritt ein massiver Anstieg von Herzfrequenz und Blutdruck mit erhöhter Belastung des Herzens und so genannten ektopischen Herzarrhythmien als Folge, unterstützt durch den Ausstoß der Notfallhormone Adrenalin und Noradrenalin: Gefahr des Herzstillstands.

Wenn das kalte Wasser in die Ohren eindringt, wird zusätzlich das Gleichgewichtsgefühl beeinträchtigt. Die Folge kann ein fataler Verlust der Orientierung unter Wasser sein – man taucht tief statt auf.

Stadium 2: Schwimmversagen

Der Kraftverlust der Muskulatur beträgt pro Grad Temperaturabfall im Muskel 3%: Das wären bei einem Abfall von 37° auf 20° C bereits über 50%! Sinkt die Temperatur in Muskeln und Nerven der Arme und Beine unter 20° C, wird zusätzlich die Geschwindigkeit und Intensität der Leitung von Erregungsmustern für die Funktion verlangsamt.

Diese Mechanismen genügen, um nach 3-30 Minuten in Wasser unter 15° C zum Verlust vor allem des Streckvermögens, aber auch der gesamten Koordination von Schwimmbewegungen zu führen, bis zum völligen Schwimmversagen und zum Ertrinken. Gegen die berechenbare Abkühlung der Arm- und Beinmuskeln und -nerven ist auch ein trainierter Sportler nicht gefeit, auch er verliert die Fähigkeit zur Selbstrettung.

Das durch die Kälte „programmierte“ Schwimmversagen erklärt, warum sich in Großbritannien 55% der Ertrinkungsfälle innerhalb 3 Metern Entfernung von der Rettungsmöglichkeit (Boot, Ufer) ereigneten (nach *Home Office* 1977, die entsprechenden neueren Zahlen aus Kanada wurden bereits erwähnt). Wiederum geschieht dies alles längst bevor die eigentliche Unterkühlung – der Abfall der Temperatur des Körperkerns – beginnt.

Die Kälte vermindert nicht nur die Kraft der Arme und Beine, sondern auch die Feinarbeit der Handmuskeln und -nerven. Zum Kraftverlust addiert sich eine Reduzierung der Geschicklichkeit. So wundert es leider nicht sehr, dass im eiskalten Wasser der Ostsee viele Opfer der *Estonia*-Katastrophe nicht in der Lage waren, sich an Rettungsmitteln und zugeworfenen Leinen festzuhalten oder – im Rettungsfloß - die Verpackung von Seenotsignalen und sogar einer Pütz zu öffnen.

Die Unfälle mit tragischem Ausgang in Stadium 1 und 2 haben einige Auffälligkeiten gemeinsam: Der Tod im kalten oder eisigen Wasser ereignete sich innerhalb weniger Minuten nach dem Eintauchen, oft obwohl die Opfer gesund und gute Schwimmer waren und häufig in knapper Entfernung zum rettenden Ufer oder Boot. Ältere Personen sind sicher mehr gefährdet als Jüngere - aber Einzelberichten zufolge sind auch 20-jährige schon nach 5-minütigem Schwimmen in 10 Grad kaltem Wasser gestorben. *Brooks* entnimmt diesen Fakten eine klare Botschaft: Ein plötzliches und ungeschütztes Eintauchen in kaltes Wasser ist weit gefährlicher, als allgemein angenommen wird und sollte, wann immer möglich, vermieden werden.



Stadium 3: Längerer Aufenthalt im kalten Wasser: Die Unterkühlung

Im Gegensatz zu Stadium 1 und 2 sind die drei Grade der Unterkühlung oder Hypothermie – Stadium 3 wie in der Tabelle dargestellt – den meisten Seeseglern bekannt. Durch die zunehmende Kenntnis dieser Unterkühlungsstadien ist es zu differenzierten Auffassungen gekommen, die in offiziellen Lehrbüchern und Anweisungen zu finden sind. Ohne Zweifel hat diese Entwicklung in vielen Fällen positive Auswirkungen gehabt.

Die Überlebenschancen hängen von einer ganzen Reihe komplexer Faktoren ab: Wassertemperatur, Kleidung (isolierend?), Seegang und Strömung, Produktion von Körperwärme durch Kältezittern und Bewegung, das Verhältnis von Körpermasse zu Körperoberfläche, die Dicke des Unterhautfettgewebes, die körperliche Fitness, die Nahrungsaufnahme vor dem Unfall sowie die Körperposition im Wasser. Nach *Brooks* rechnet man bei leichter Kleidung trotz Rettungsweste bei 5° C Wassertemperatur mit einem Bewusstseinsverlust nach einer Stunde, bei 10° C nach zwei und bei 15° nach etwa sechs Stunden. Dafür gibt es sogar Tabellen oder Graphiken – die im Falle des Falles natürlich niemand in der Hand hält. Diese Tabellen sind zudem in ihrer Entstehung problematisch: Da es selbstverständlich unethisch ist, freiwillige Versuchspersonen solchen Bedingungen auszusetzen, beruhen sie oft auf mathematischen Extrapolationen von Versuchen mit jungen Freiwilligen in ruhigem Wasser von 35° C: Wissenschaftlich höchst problematisch und praktisch eigentlich nicht oder nur als grober Anhalt zu verwenden.^{2,4} Die traurige Praxis ist anders: Nach *Golden* wird eine bewusstseinsklare Person bei Seegang meist versuchen, ihren Rücken gegen die Wellen zu halten – solange bis ihre Muskeln auskühlen und das Bewusstsein getrübt wird, beides bei einem Abfall der Körperkerntemperatur um nur 2-3°: Jetzt dürfte es zur Drehung gegen die Wellen und zum Ertrinken kommen.

Stadium 4: Kollaps nach der Rettung

Nach *Golden* ereignen sich bis zu 20% der Todesfälle während der Bergung aus dem Wasser oder innerhalb der folgenden Stunden. Als Ursache werden der Verlust der Kreislaufstabilisierung durch das Wasser (loss of hydrostatic support), ein Mangel an Kreislaufvolumen, erhöhte Blutviskosität, Hypothermie des Herzmuskels (die Unterkühlung schreitet im Körperkern zunächst noch fort) und unzureichende Aktivität der Barorezeptoren sowie der psychische Stress genannt. Auf jeden Fall muss man fast immer mit dem so ge-

nannten „afterdrop“ rechnen, also einem deutlichen Kerntemperaturverlust während und nach der Bergung, gefördert durch lagerungsbedingten Rückfluss kalter Blutflüssigkeit aus den Extremitäten.

Vorbeugung und Behandlung

Es ist eigenartig, wie verschieden das Problem des Überlebens im kalten Wasser unter 13-15° C in der offiziellen Fachliteratur gesehen wird. Das von der Deutschen Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger, dem Verband Deutscher Kapitäne und Schiffsoffiziere und den Deutschen Notfallmedizinern (DIVI) geförderte Buch „Medizin auf See“ (2003) behandelt ausführlich Verlauf und Folgen der Unterkühlung (1. bis 3. Grad) und deren Behandlung. Bei der Bergung wird erörtert, dass ein *geeignetes* Besatzungsmitglied gegen Kälte schützende Kleidung anlegt, um erforderlichenfalls selbst zur Bergung ins Wasser gehen zu können. Auf den Bergungstod durch „Afterdrop“ wird hingewiesen, nicht aber auf das Schwimmversagen. Die „Verordnung über die Krankenfürsorge auf Kauffahrteinschiffen“ der See - Berufsgenossenschaft (KrFÜVp, 1996) geht von lokalen Kälteschäden direkt zur allgemeinen Unterkühlung über und nennt bei 1-2 Grad Celsius kaltem Wasser einen Zeitraum von 15-20 Minuten bis zur *gefährlichen Auskühlung* des Körpers. Erwähnt wird der „Bergungskollaps“ des stark unterkühlten Menschen nach der Rettung. Das Gleiche gilt für die Anweisungen von TMAS-Medico-Cuxhaven in „Mann über Bord“, Unterkühlung.

Die bisherige Verkennung der Bedeutung von Stadium 1 und 2 betrifft sogar die Obduktionen. Bis vor kurzem wurde als Todesursache meist schlicht „Unterkühlung“ angegeben, ohne diese zu messen oder Hinweise auf Schock, Schwimmversagen oder Ertrinken zu suchen.

1. Gewöhnung - vielleicht

Im deutschen Sprachbereich sind es nicht die Segler, sondern zwei Gruppen von Sportlern, die häufiger in unmittelbarem Kontakt mit sehr kaltem Wasser geraten, die Kanusportler und die Winterschwimmer. Beide Gruppen stellen die Kälteschockreaktion und das Schwimmversagen in den Vordergrund (basierend auf Übersichten von *Avery bzw. Kolettis*)⁶. Die eindrucksvollen Beschreibungen können uns Hinweise auf mögliche Maßnahmen der Selbsthilfe geben. Beim Deutschen Kanu-Verband findet sich der Hinweis auf die „Nutzzeit“ in Minuten, die der Wassertemperatur in Grad Celsius entspricht. Es ist die kurze Zeit, die zur Selbsthilfe zur Verfügung steht, sofern man



nicht unter Kälteschock steht, also beispielsweise 10 Minuten bei 10° C:

„Taucht man erst einmal unter, kann es sofort kritisch werden. Das liegt an den Kälteschockreaktionen, vor denen man nie ganz sicher sein kann. Nach einer Kenternung will plötzlich nichts mehr klappen: Man kann nicht mehr hochrollen, auftauchen, aussteigen, schwimmen, um Hilfe rufen, eigenständig ins Kajak zurückklettern bzw. die Anweisungen der Kameraden befolgen. Der Kälteschock dauert etwa 2 bis 3, maximal 5 Minuten.“

Die Winterschwimmer weisen vorsichtig darauf hin, dass ihr Extremsport möglicherweise einen Abhärtungseffekt bringt, der jedoch noch wissenschaftlicher Beweise bedarf. Man erhofft unter anderem eine erhöhte Kältetoleranz durch besser regulierte und länger anhaltende Wärmeproduktion und eine vorteilhafte Anpassung der Blutzirkulation.

In der Tat gibt es die Möglichkeit einer Gewöhnung gegen die Kaltwasser-Reflexe, wie *Tipton* das in einem sehr klugen Versuch nachgewiesen hat: Taucht man – schonend – nur die rechte Körperhälfte 3 Minuten in 10° kaltes Wasser und „übt“ dann sechsmal mit der linken Seite, um nach 3 Tagen den rechtsseitigen Versuch zu wiederholen, so kommt es zu einer ganz erheblichen Abschwächung der negativen Reaktionen, während Nicht-Trainierte wie am ersten Tag reagieren. Der Seitenwechsel zum Training erlaubt den Schluss, dass die Gewöhnung „zentral“ erfolgt (wohl im autonomen Nervensystem) und nicht an den Hautnerven selbst.^{vii} Es macht also vielleicht Sinn, vorsichtig zu üben – aber welcher Segler möchte schon Eisschwimmer werden, es sei denn, nach der Sauna ...? Es ist wohl mehr eine Sache für Rettungsprofis in Kanadas Norden.

2. Rettungsweste – immer!

Das Tragen einer Rettungsweste sollte auch bei Abwesenheit von Wind und Welle, die uns sonst zum Anlegen der Weste veranlassen, Pflicht sein. Denn um wenigsten den Bereich des Risikos der Hypothermie (Stadium 3) zu erreichen, gilt es das Ertrinken im Kälteschock oder durch muskuläres Schwimmversagen zu vermeiden. Auf keinen Fall sollte man damit rechnen, nach dem Sturz ins Wasser noch in aller Ruhe die Weste anlegen zu können. Dies scheitert im akuten Schock oder kurz danach durch die Abnahme der muskulären Kraft und Geschicklichkeit im Stadium 2.

3. Verhalten beim Eintauchen (Stadium 1-2)

Gegen den Kälteschock empfiehlt *Tipton*, so langsam wie möglich ins Wasser einzutauchen (also



zum Beispiel als Retter nicht mit elegantem Sprung). Und gegen das Schwimmversagen rät er, am Beginn statt panikartiger Aufstiegsversuche in „seiner“ Wassertiefe zu bleiben und erst dann mit Schwimmbewegungen zu beginnen, wenn die Atmung unter Kontrolle ist und nicht mehr reflexhaft abläuft. Dann allerdings sollte man ohne Zögern mit dem Versuch der Selbstrettung beginnen. Das alles setzt natürlich eine erhebliche körperliche und seelische Fitness voraus – aber es mag dennoch nicht nutzlos sein, diese Punkte zu erwähnen.

4. Schutz bei längerem Aufenthalt in kaltem Wasser (Stadium 3)

Die Qualität von Schutzkleidung, Spritzschutz und Rettungsweste ist jetzt entscheidend (siehe 4.). Wenn keine Möglichkeit besteht, das Wasser zu verlassen (zum Beispiel auf das Kielobentreibende Boot zu klettern), empfiehlt *Tipton*, den Kopf so gut wie möglich aus dem Wasser zu halten, sonst alle Körperbewegungen zu minimieren und allenfalls die Beine zu bewegen.

5. Schutzkleidung gegen Wasser und Kälte

Diesem Bereich widmen Experten und Normengeber zu Recht großen Raum. Dem Spezialisten (z. B. SAR) sind die zitierten Literaturstellen zugänglich. Nach tragischen Unglücksfällen stehen in Deutschland aufwendige (ca. 1000.- €, z. B. der OTS 600) Kälteschutzanzüge zur Verfügung, die nach Maß individuell gefertigt und unter der üblichen Kleidung getragen werden. Bei Kälteschutzanzügen kommt es auf den Thermoisolationswert an, der im Beispiel $\text{clo} = 0,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ beträgt und damit die strenge Norm für Kälteschutzanzüge EN ISO 15027-1 bis 2,5 Stunden erfüllt (es gibt Stufen von 1 bis 6 Stunden im Wasser unter 5°C).

Der Freizeitsegler muss entscheiden, ob in seinem speziellen Fall (hohe Breiten?) eine besondere Schutzkleidung sinnvoll ist. Bereits die erschwinglicheren Trockenanzüge – unter dem Ölzeug getragen – sind für einen kurzen Aufenthalt im Eiswasser (Stadium 1-2) besser als nichts – können allerdings nicht die zunehmende Unterkühlung aufhalten.

Das einzig Sichere, dabei bleibt es, ist die Vermeidung von Unfällen!



Risiken und Todesursachen in kaltem Wasser unter 15° C
(Stadieneinteilung nach Golden und Henry)

Stadium		Symptome	Zeitpunkt						
1	Eintauchreflexe und Kälteschock <u>Von der Haut ausgehende Reflexe</u> a) Atmungsreflexe b) Herz und Kreislaufreaktionen, vor allem durch Vasokonstriktion, Noradrenalin und Adrenalin:	Nervenendigungen (Kälterezeptoren) in der Haut werden gereizt und lösen unmittelbar reflexartige Reaktionen aus: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Sofort extrem tiefer Atemzug (Schnappen nach Luft), der allein schon zum Ertrinken führen kann. ▶ Reduzierte Fähigkeit zum Luftanhalten (bei 15° Wassertemperatur nur noch 30%) ▶ Unkontrollierbares schnelles Atmen (Hyperventilation, Tetaniegefahr) ▶ Panik und Willensverlust durch Unfähigkeit zum Luftholen. Inhalieren der nächsten Welle und Ertrinken trotz Rettungsweste ▶ Massiver Anstieg von Herzfrequenz und Blutdruck, erhöhte Belastung des Herzens, ektopische Herzarrhythmien. Gefahr des Herzstillstands. 	Beginn innerhalb 30 Sekunden Ertrinken durch Akutreaktionen innerhalb 3-5 Minuten!						
2	Schwimmversagen <u>Örtliche Unterkühlung der oberflächennahen Muskeln und Nerven</u>	Die rapide Abkühlung der Arm- und Beinmuskulatur und der Nerven führt zu: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Verlust des Streckvermögens der Extremitäten und der Koordination von Schwimmbewegungen. ▶ Verlust der Fähigkeit, Mund- und Nasenhöhle aktiv vom Wasser freizuhalten. ▶ Reduzierung der Geschicklichkeit der Hände um 30%, der Kraft um 60% mit Unfähigkeit, die Rettungsmittel zu ergreifen (Leinen etc.) oder zu öffnen (Fackeln etc.). ▶ Zunehmender Verlust der Fähigkeit zu schwimmen und der Selbstrettung (Ertrinken bei unter 2-3 m Entfernung von der Rettung!) 	nach 3-30 Minuten Ertrinken durch Versagen der muskulären Kraft und Geschicklichkeit						
3	Hypothermie <u>Unterkühlung des Körperkerns (Gewebe in der Tiefe)</u>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;"> Grad 1 (Erregungsstadium) - bis 34° Körperkern-temperatur </td> <td style="width: 50%; padding: 2px;"> Muskelzittern (Kältezittern). Bewusstsein, Atmung, Puls noch normal. </td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"> Grad 2 (Erschöpfungsstadium) - unter 34° Körperkern-temperatur </td> <td style="padding: 2px;"> Muskeln steif, Bewusstsein getrübt. Atmung und Puls verlangsamt </td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"> Grad 3 (Lähmungsstadium) - unter 30° Körperkern-temperatur - unter 28° </td> <td style="padding: 2px;"> Muskeln starr, Bewusstsein fehlt. Atmung und Puls kaum wahrnehmbar. Kammerflimmern, Tod </td> </tr> </table>	Grad 1 (Erregungsstadium) - bis 34° Körperkern-temperatur	Muskelzittern (Kältezittern). Bewusstsein, Atmung, Puls noch normal.	Grad 2 (Erschöpfungsstadium) - unter 34° Körperkern-temperatur	Muskeln steif, Bewusstsein getrübt. Atmung und Puls verlangsamt	Grad 3 (Lähmungsstadium) - unter 30° Körperkern-temperatur - unter 28°	Muskeln starr, Bewusstsein fehlt. Atmung und Puls kaum wahrnehmbar. Kammerflimmern, Tod	ab 30 Minuten zunehmend, in Abhängigkeit von Wassertemperatur und Schutzkleidung Ertrinken durch Bewusstseinsverlust oder Herz-Kreislaufversagen
Grad 1 (Erregungsstadium) - bis 34° Körperkern-temperatur	Muskelzittern (Kältezittern). Bewusstsein, Atmung, Puls noch normal.								
Grad 2 (Erschöpfungsstadium) - unter 34° Körperkern-temperatur	Muskeln steif, Bewusstsein getrübt. Atmung und Puls verlangsamt								
Grad 3 (Lähmungsstadium) - unter 30° Körperkern-temperatur - unter 28°	Muskeln starr, Bewusstsein fehlt. Atmung und Puls kaum wahrnehmbar. Kammerflimmern, Tod								
4	Kollaps bei der Bergung <u>Blutdruckabfall. Sinkende Kerntemperatur noch während/nach Bergung</u>	Kreislaufschwäche (loss of hydrostatic support), Volumenmangel, hohe Blutviskosität, Herzmuskelversagen durch Nach-Unterkühlung („after-drop“). Zu rasche Wiedererwärmung.	während oder Stunden nach der Rettung						



Quellenverzeichnis:

ⁱ United States Search and Rescue Task Force, Cold Water Survival: http://www.ussartf.org/cold_water_survival.htm

ⁱⁱ Chris Brooks (01/2003) *Survival in Cold Waters*. Transport Canada (TP 13822E)

ⁱⁱⁱ Golden F & Tipton M (2002) *Essentials of Sea Survival*. Human Kinetics, Illinois, USA. ISBN 0-7360-0215-4

^{iv} Golden F: What's the real problem? *Fire* 5/2003 bzw. <http://www.findarticles.com>

^v Golden F, Hervey G . R. (1981) The "After-Drop" and Death after Rescue from Immersion in Cold Water. In *Hypothermia Ashore and Afloat*. J. M.Adam

^{vi} - Avery M., Cold Shock, in: *Sea Kayaker*, Nr. 4/1991, S.41ff.; siehe <http://www.kanu.de/spezial/kuestenpaddeln/kaeltepaddeln.html>

- Kolettis TM, Kolettis MT (2003) Winter swimming: healthy or hazardous? Evidence and hypotheses. *Med Hypotheses* 61:654.

^{vii} Tipton, Michael J., Eglin, Clare M. & Golden, Frank St C. (1998) Habituation of the initial responses to cold water immersion in humans: a central or peripheral mechanism? *The Journal of Physiology* 512 (2), 621-628.



Rückblick: Die Spur von Sarah, einer Skorpion IV (28 t, Länge 16,2 m, Segelfläche 143 m²) – aber nichts für Schwimmer

