

Precooling als Mittel der Leistungssteuerung in Training und Wettkampf

Winfried Joch (Projektleiter) & Sandra Ückert

Universität Münster
Institut für Sportwissenschaft

1 Problemstellung

Kälteapplikation ist als therapeutische, präventive und regenerative Maßnahme seit langem bekannt und wurde schon im Altertum praktiziert. Systemische Ganzkörperkältetherapie (Birwe, 1987) wird in Deutschland seit Mitte der 1980er Jahre in vielen Rheumakliniken nach dem Vorbild des Japaners Yamauchi angewandt; sie hat die bis dahin in der Regel allein übliche Wärmetherapie abgelöst und insofern das Spektrum physikalischer Therapien ergänzt und erweitert. Vor diesem Hintergrund haben auch einige medizinische Einrichtungen ihre Kälte-Anlagen Sportlern insbesondere nach Verletzungen und zur postoperativen Behandlung zur Verfügung gestellt. Die dabei gemachten Erfahrungen über die Wirkungszusammenhänge der Ganzkörperkälteapplikation im Hinblick auf die Ökonomisierung des Herz-Kreislauf-Verhaltens, die Muskeldurchblutung und die Regulation des zentralen Aktivierungsniveaus (Papenfuß, 2005) haben dazu beigetragen, einen eigenständigen Forschungsbereich zu etablieren, der sich mit der Frage beschäftigt, ob Kälteapplikation einen Beitrag zur sportlichen Leistungssteigerung leisten und in diesem Kontext als Instrument der Leistungs- und Trainingssteuerung eingesetzt werden kann (Joch & Ückert, 2003).

Im Mittelpunkt dieser Forschungsarbeiten steht neben dem Problem der Leistungssteigerung nach Kälteapplikation, dem so genannten Precooling, die Frage nach der Bedeutung der Thermoregulation, also des Wechselwirkungszusammenhangs von Wärme und Kälte auf die sportliche Leistung. Die Thermoregulation gehört als eine wichtige Leistungsvoraussetzung zu den in der Trainingswissenschaft und -praxis bislang weitgehend vernachlässigten Themenbereichen und ist bestenfalls auf Teilaspekte des Aufwärmens reduziert worden; die Bedeutung der Körperkerntemperatur, der Muskel- und Hauttemperatur sowie der Umgebungstemperatur für die sportliche Leistung fand in der einschlägigen

Literatur höchstens peripheres Interesse¹. Das Wissen darüber ist deshalb im deutschsprachigen Raum eher rudimentär, obwohl es im internationalen Bereich seit Mitte der 1990er Jahren zahlreiche Studien darüber gibt und auch die Praxiserfahrungen in einigen Ländern ermutigende Resultate liefern.²

Die nachfolgende Übersicht bietet aus unserem Arbeitsbereich drei ausgewählte Beispiele dafür, wie sich Precooling-Maßnahmen auf die Sportarten Rudern (Laboruntersuchung: begleitendes Kühlen mit der Kühlweste), Leichtathletik (Felduntersuchung: Precooling mit der Kühlweste) und auf die Laufleistung mit einer individuell standardisierten Belastung auf dem Laufband (Precooling nach Ganzkörperkälteapplikation in einer Kältekammer) auswirken.

2 Methodik

2.1 Ruderstudie

In einem Test über 80 min Dauer absolvierten Ruderer (N = 14) der nationalen Spitzenklasse (Nationalmannschaftsmitglieder „Riemen“; acht von ihnen waren Olympiateilnehmer 2004 in Athen) ein Testprogramm auf dem Ruderergometer (Concept II D): Körperhöhe 196,2 cm ($\pm 4,83$); Körpergewicht 96,3 kg ($\pm 6,09$); Geburtsjahrgang 1976-1983. Der Test wurde nach 40 min durch eine fünfminütige Pause unterbrochen, während der neue Kühlwesten angelegt wurden. Die Belastungsintensität lag in Anpassung an die üblichen und gewohnten Trainingsbelastungen für jede Testperson im GA1-Bereich, bezogen auf einen 3x8-min-Stufentest, der im Ruderleistungszentrum standardisiert zur Leistungseinstufung durchgeführt wird. Der Herzfrequenz wurde kontinuierlich während des gesamten Tests kontrolliert (Polar 610i) Das Testprogramm wurde einzeln und in randomisierter Reihenfolge absolviert, und zwar vergleichend mit und ohne Kühlung (Arctic Heat) in einem Zeitraum von vier Wochen bei einer Labor-Temperatur von 21° Celsius.

¹ vgl. dazu u. a. Hohmann et al. (2002), die neueste trainingswissenschaftliche Gesamtdarstellung, wo unter dem Schlagwort „Wärmeregulation“ lediglich ein Hinweis auf die Arbeit von Falk (1996, S. 61) und das Problem des „Wasserverlustes“ erfolgt. Auch z. B. bei Nöcker (1989, S. 173) wird unter dem gleichen Begriff „Wärmeregulation“ nur die Bedeutung der Flüssigkeitszufuhr für den Organismus betont; es werden nicht die vielfältigen, auch mit dieser Flüssigkeitszufuhr und -abgabe zusammenhängenden Problemverbindungen der Körper- und Umgebungstemperatur(en) dargestellt.

² Z. B. existieren in Polen, Tschechien und Frankreich Kälteeinrichtungen, die neben und im Zusammenhang mit therapeutischen Zielsetzungen und im Rahmen postoperativer Behandlungen auch Sportlern für ihre Trainingsvorbereitung zur Nutzung zur Verfügung stehen. In Polen gibt es eine Kältekammer, die ausschließlich von Fußballern genutzt wird. Die Stabhochspringer von Bayer Leverkusen nutzten unter ihrem Trainer Leszek Klima die Kältekammer in Spala (Polen) im Rahmen eines Trainingslagers (Leichtathletik, 44 (2005), S. 5); vgl. auch: FAZ vom 21.11.2003.

2.2 Leichtathletikstudie

Leichtathleten der deutschen Spitzenklasse (u. a. 800m-Besteleistung (2005): 1:48,72 min; 5000m-Besteleistung (2005): 14:01,64 min) absolvierten im Stadion „Rote Erde“ (Dortmund) Trainingseinheiten, die aus drei 1000m-Läufen bestanden und in Abständen von 5 min durchgeführt wurden. Die Außentemperatur betrug 21/22° Celsius. Den Testläufen ging eine 30-minütige Vorbereitung voraus (u. a. Laufen, Dehnen usw.), während der die Kühlwesten getragen wurden. Unmittelbar vor Beginn des 1. Laufes wurden die Kühlwesten abgelegt und in den 5-min-Pausen wieder angelegt. Die Läufe erfolgten in Paaren: jeder Läufer übernahm während einer 400m-Runde die Führung. Die Tempogestaltung war kontinuierlich: pro 200m variierten die Laufgeschwindigkeiten zwischen 34 und 36/37 sec. Die Läufe wurden an zwei verschiedenen Tagen (Mi/Fr) zur gleichen Uhrzeit (17.30-19.00) in randomisierter Reihenfolge durchgeführt, an einem Tag ohne Precooling, am anderen mit Precooling. Die vorgegebenen Zeiten entsprachen Standardbelastungen, die üblicherweise im Training mit dieser Aufgabenstellung geleistet wurden. Die Ergebnisse werden hier als Einzelfallstudie präsentiert.

2.3 Laufstudie mit Freizeitsportlern

Auf dem Laufband (Kettler Kinetik S3) absolvierten N = 11 freizeitsportlich orientierte Läufer (fünf männlich; sechs weiblich) nach Ganzkörperkälteapplikation in einer Kältekammer mit 85 % ihrer maximalen Herzfrequenz bei einer Raumtemperatur von 20° Celsius einen Test, der innerhalb einer Woche ohne vorherige Kälteapplikation unter sonst gleichen Bedingungen wiederholt wurde. Die maximale Herzfrequenz als Bezugsgröße wurde vorher separat in einem Stufentest ermittelt. Überprüft wurde die Streckenlänge, die in der vorgegebenen Zeit von 20 min zurückgelegt werden konnte. Der Test erfolgte ohne vorheriges Einlaufen. Die Laufband-Geschwindigkeit wurde jeweils an die Herzfrequenz angepasst.

3 Ergebnisse

3.1 Ruderstudie: Hochleistungsruderer

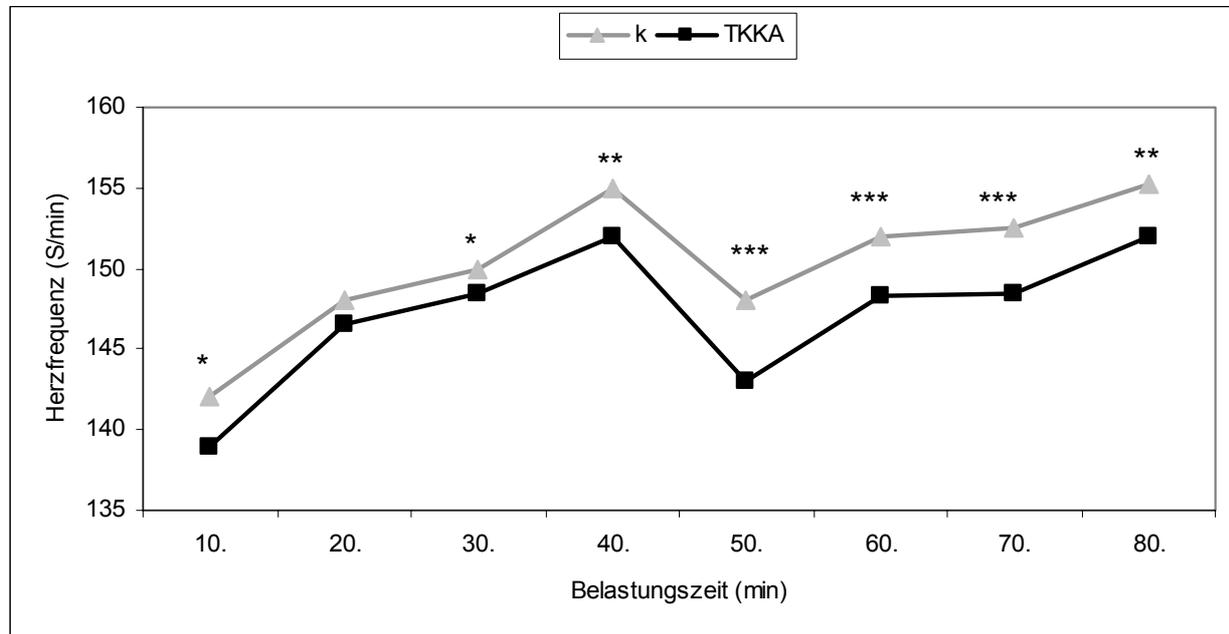


Abb. 1: Herzfrequenz während eines 80-min. Tests auf dem Ruderergometer (mit 5-min-Pause) mit begleitender Kühlung (TKKA) und unter Kontrollbedingungen (k)

Die Abbildung 1 verdeutlicht einen nahezu identischen Verlauf der Herzfrequenzkurven: ansteigend von der 10. bis zur 40. Testminute; Absenkung in der 5-min-Pause; Wiederanstieg von der 50. bis zur 80. Testminute. Vier Charakteristika sind über diese Verlaufsbeschreibung hinaus besonders hervorzuheben: Unter den Bedingungen von begleitender Kühlung (Kühlweste) ist die Herzfrequenz immer niedriger als ohne Kühlung; lediglich zu Beginn sind die Differenzen zwischen Kühlungs- und Nichtkühlungsbedingungen schwach bzw. nicht signifikant; in der zweiten Testhälfte wirkt sich der positive Kühlungseffekt auf die Herzfrequenz besonders deutlich durch hochsignifikante Werte aus; der absolute Differenz-Höchstwert wird nach der Pause registriert (Landgraf, 2005).

3.2 Leichtathletikstudie: Mittelstreckler der nationalen Spitzenklasse

In dieser Einzelfallstudie (Abbildung 2) ist neben den absolvierten Laufzeiten in den Säulendiagrammen die Höhe der nach dem jeweils durchgeführten Lauf gemessene Laktatwert aufgelistet. Die Verteilung zeigt, dass alle Läufe nach den Precooling-Maßnahmen (grau) die niedrigeren Laktatwerte aufweisen: 6,7 zu 5,2 mmol/l; 7,0 zu 6,3 mmol/l; 14,2 zu 6,4 mmol/l). Die Laktatmessung erfolgte 3 Minuten nach Beendigung des

jeweiligen Laufes. Neben dieser grundlegenden Information über die Wirkung der Kälteapplikation als Precooling sind zwei zusätzliche Hinweise erforderlich: Die Laufgeschwindigkeit nimmt von Testlauf zu Testlauf zu, wobei immer die weißen Balken eine Serie repräsentieren (ohne Precooling), die grauen die andere Serie (nach Precooling). Dies zeigt sich auch an der Laktatkonzentration, die jeweils von Lauf zu Lauf ansteigt.

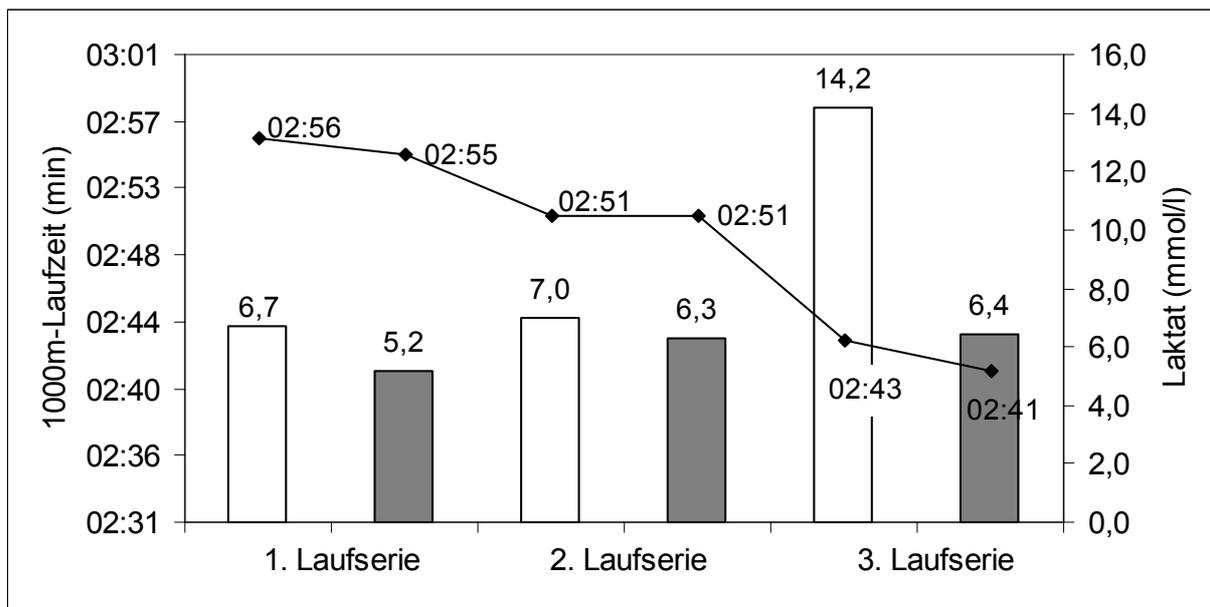


Abb. 2: Laktatwerte bei 3x1000m-Läufen ohne (weiß) und nach Kälteapplikation (grau) mit eingezeichneter Laufzeit

Beim 3. Testlauf kommt es zu einem extremen Anstieg des Laktatwertes, der einerseits mit der schnellen Zeit (2:43 min) zusammen hängt, andererseits aber die Ermüdung durch die vorhergehenden Läufe zum Ausdruck bringt. Und obwohl die Laufzeit nochmals gesteigert wird (2:41 min), steigt die Laktatkonzentration nach der Precooling-Maßnahme keineswegs in gleicher Weise an. Im Grenzbereich der Leistungsfähigkeit ist offensichtlich das Precooling besonders leistungswirksam im Hinblick auf die Stoffwechsellage und damit besonders effektiv.

3.3 Laufstudie mit Freizeitsportlern: Belastung 85 %Hf_{max}

Die Abbildung 3 zeigt die auf dem Laufband während 20 Testminuten im Mittel (N = 11) zurückgelegte Laufstrecke (km), jeweils unter Kontrollbedingungen (k), d. h. ohne Kälteapplikation, und nach Ganzkörperkälteapplikation in einer Kältekammer (GKKA).

Nach GKKA werden mit $3,57 \pm 0,35$ km versus $3,32 \pm 0,43$ km ($t_{(10; 0,05)} = -3,939$; $p \leq 0,01$) die besseren Laufresultate erzielt. Nach Kälteapplikation im Sinne des

Precolings werden in den 20 Testminuten durchschnittlich 250m mehr als ohne vorherige Kälteapplikation zurückgelegt, was für die positive Wirkung des Precoolings spricht.

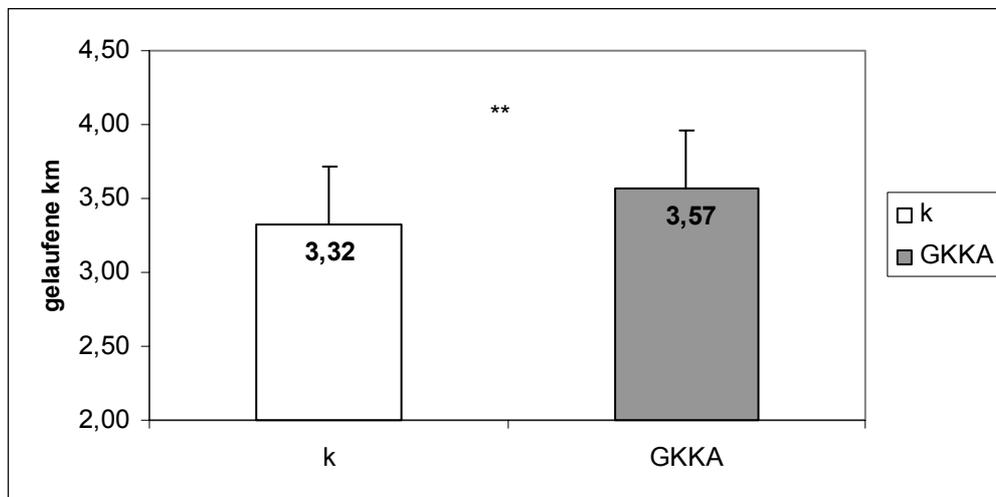


Abb. 3: Laufleistung in 20 min mit 85% Hfmax unter Kontrollbedingungen (k) und nach Ganzkörperkälteapplikation (GKKA) in einer Kältekammer

4 Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse der drei vorgestellten Studien belegen übereinstimmend, dass Kälteapplikation, begleitend und als Precooling, die sportliche Ausdauerleistung positiv beeinflusst. Dies gilt für alle Niveaustufen: Hochleistungs- und Breitensport mit aeroben, anaeroben und „mittleren“ (85 % der maximalen Herzfrequenz) Anforderungsprofilen.

Die Kühlungsintensität beträgt in der Precooling-Variante minus 110° Celsius kurzfristig (2½ min) in einer Kältekammer, der Kühl-Status der Kühlweste plus 2° Celsius zu Beginn und etwa 15° Celsius am Ende der Kühlmaßnahme (Tragedauer 30 min). Während des begleitenden Kühlens (Rudern) wurden die Kühlwesten nach 40-Trage-min wegen Erwärmung gewechselt. Entscheidend für den Effekt ist diese zunehmende Erwärmung jedoch nicht: Jeweils zu Beginn des Tests wird der kälteste Zustand erreicht, was jedoch zu unterschiedlichen Reaktionen führt: zu Beginn des Tests geringe Differenzen zwischen Kühlung und Nicht-Kühlung, in der 50. min – mit wiederum hohem Kühlungsstand – sehr große Effekte.

Dieses Resultat verdeutlicht, dass mit der Belastungsdauer der Kühleffekt der Kühlweste immer wirksamer wird. Zu Beginn der Belastung funktionieren offensichtlich noch die „natürlichen“, autonomen Temperaturregelungen; erst im Laufe der Zeit mit weiterhin durch Muskelarbeit produzierter Wärme gelingt diese Selbst-Regulation nicht mehr optimal und muss durch externe Kälteapplikation als Kühlinstrument unterstützt werden.

Neben diesem wichtigen Befund ist zusätzlich hervorzuheben, dass in bzw. unmittelbar nach der Pause – bei der Ruder-Studie nach der 40. Testminute – die Kälteeffekte am größten sind. Dies spricht für die These, dass Kälteapplikation vor allem und besonders ausgeprägt als „Regenerationsbeschleuniger“ wirkt (Ückert & Joch, 2004). Außerdem ist die Wirkung des Precoolings besonders gut dokumentiert, wenn die Beanspruchung sehr hoch ist. So waren z.B. die Laktatwerte nach dem dritten 1000m-Lauf extrem unterschiedlich: nach Kälteapplikation nur 6,4 mmol/l, ohne Kälteapplikation 14,2 mmol/l (vgl. Abb. 2). Dieser Befund ist besonders aufschlussreich im Hinblick auf die Anwendung von externer Kälte im Wettkampf: Dort ist mit hohen Belastungsintensitäten im Grenzbereich der individuellen Leistungsfähigkeit zu rechnen und demzufolge auch die besondere Wirksamkeit des Kühlens zu erwarten.

5 Zusammenfassung und Perspektiven

Die Kurzportraitierung von drei exemplarischen Studien zur Wirkung von Kälteapplikation auf die sportliche Leistung (Ausdauer), konzipiert

- als Ganz- und Teilkörperkälteapplikation (Kühlweste; Kältekammer),
- begleitend und als Vorkühlung,
- in verschiedenen Sportarten (Rudern; Leichtathletik),
- auf breiten- und hohem leistungssportlichen Niveau,
- unter Laborbedingungen und als Felduntersuchung sowie
- als Einzelfallstudie und mit statistisch relevanten Gruppen,

hat weitgehend einheitlich-positive Effekte gezeigt. Diese Positiv-Effekte sind für unterschiedliche Belastungsbereiche nachgewiesen worden,

- bei hohen Intensitäten (anaerobe Energiebereitstellung: Leichtathletik),
- bei Belastungen von 85 % der individuellen maximalen Herzfrequenz, also einer mittleren Beanspruchung,
- bei Belastungen im GA-1-Bereich (aerobe Energiebereitstellung: Rudern).

Diese Positiveffekte beziehen sich auf

- die physiologischen Leistungsparameter der Herzfrequenz³, die gegenüber identischen Ausdauerbelastungen nach Kälteapplikation niedriger als ohne Kälteapplikation ist, sowie der Laktatkonzentration, die generell nach Kälteapplikation signifikant niedriger ist,

³ In der Gesamtstudie ist zusätzlich die Herzfrequenzverteilung überprüft worden (nach den Vorgaben der Fa. Polar), die als diagnostisches Instrumentarium eine wichtige Rolle spielt.

- die thermoregulatorischen Bedingungen der Körperkerntemperatur, die nach Kälteapplikation niedriger ist und zu einem späteren Zeitpunkt ihren höchsten Wert erreicht, sowie
- die Laufgeschwindigkeit als entscheidendes Leistungskriterium, welches nach Kälteapplikation über eine Test-Dauer von 20 min höher als ohne Kälteapplikation ist.

Aufgrund dieser Ergebnisse ist berechtigt davon auszugehen, dass Kälteapplikation in den verschiedenen Varianten und unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen leistungswirksam eingesetzt werden kann. Dies bezieht sich einerseits auf das Training, mit gleicher Berechtigung aber auch auf den Wettkampf, wenn die zusätzliche Gewichtsbelastung der Kühlweste nicht leistungshinderlich ist (begleitendes Kühlen) oder die Kältemaßnahme als Precooling durchgeführt wird⁴. Insofern sind die beschriebenen Praktiken der Ganz- und Teilkörperkälteapplikation sinnvolle und legitime Maßnahmen der Leistungs- und Trainingssteuerung im Hochleistungssport⁵.

6 Literatur

- Birwe, G. (1987). *Ganzkörperkältetherapie*. Ulm.
- Falk, B. (1996). Physiological and health aspects of exercise in hot and cold climates. In O. Bar-Or (Ed.), *The Child and Adolescent Athlete* (pp. 326-349). Oxford.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2002). *Einführung in die Trainingswissenschaft*. Wiesbaden.
- Joch, W. & Ückert, S. (2003). Ausdauerleistung nach Kälteapplikation. *Leistungssport*, 33 (6), 17-22.
- Landgraf, A. (2005). *Zum Einfluss von Kälteapplikation auf die Ausdauerleistungsfähigkeit von Ruderern*. Unveröffentlichte Examensarbeit Universität Dortmund.
- Nöcker, J. (1989). *Die biologischen Grundlagen der Leistungssteigerung durch Training*. Schorndorf.
- Papenfuß, W. (2005). *Die Kraft aus der Kälte. Eine physikalische Kurzzeittherapie mit Langzeitwirkung*. Regensburg.
- Ückert, S. & Joch, W. (2005). Effects of pre-cooling on thermoregulation and endurance exercise. *New Studies in Athletics*, 4, 33-37.
- Ückert, S. & Joch, W. (2004). Der Einfluss von Kälte (Ganzkörperkälteapplikation) auf die Herzfrequenzvariabilität als Regenerationsbeschleuniger. In K. Hottenrott (Hrsg.), *Herzfrequenzvariabilität im Fitness- und Gesundheitssport* (S. 103-111). Hamburg: Czwalina.

⁴ In diesem Sinne wurde Precooling auch bereits im Wettkampf eingesetzt, und zwar bei einer Umgebungstemperatur von 28° Celsius. Diese Maßnahme führte zu einer Jahresbestleistung des Athleten und einer persönlichen Leistungssteigerung um 6 (!) sec bei einem 3000m-Hindernislauf.

⁵ Das gilt aber auch für den Breitensport, wie das Laufband-Beispiel (85% Hf_{max}) verdeutlicht.