



Bundesinstitut  
für Sportwissenschaft

# **Sport unter besonderen klimatischen Bedingungen**

- am Beispiel der Olympischen Spiele  
und der Paralympics in Athen



**H.-H. Dickhuth  
W. Kindermann  
A.M. Nieß  
A. Urhausen**

Bundesinstitut  
für Sportwissenschaft

# Sport unter besonderen klimatischen Bedingungen

-am Beispiel der Olympischen Spiele  
und der Paralympics in Athen

Bonn 2004

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation  
in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind  
im Internet über <<http://dnb.dbb.de>> abrufbar.

1. Auflage 2004  
Sport und Buch Strauß GmbH  
Olympiaweg 1 - 50933 Köln

© Bundesinstitut für Sportwissenschaft 2004

Herausgeber: Bundesinstitut für Sportwissenschaft  
Graurheindorfer Straße 198, 53117 Bonn

Layout und  
Umschlag: Jutta Walczuch

Druck: Druckerei und Verlag Karl Hofmann, Schorndorf

ISBN 3-89001-114-4  
Printed in Germany

## **Zu diesem Band**

Mit der vorliegenden Handreichung für Athletinnen und Athleten wird die Reihe der Athletenbroschüren fortgesetzt. Dabei wollen wir einen Themenkreis aufrufen, der gerade vor Wettkämpfen in besonderen klimatischen Zonen bedeutsam ist.

Stehen wichtige Trainings- und/oder Wettkampfeignisse in Regionen mit besonderen klimatischen Bedingungen wie hohe Lufttemperatur und hohe Luftfeuchtigkeit an, stellen sich für Athletinnen und Athleten sowie den Betreuerstab immer wieder Fragen derart:

- Wie bereite ich mich auf das Training und/oder den Wettkampf bei hoher Lufttemperatur und hoher Luftfeuchtigkeit vor?
- Wie muss ich mich im Training und/oder Wettkampf verhalten?
- Welche Konsequenzen sind bei hohen Ozonbelastungen zu beachten?

Das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) hat die Professoren Dickhuth, Kindermann, Nieß und Urhausen gebeten, zu dieser hoch aktuellen Thematik Empfehlungen für Athletinnen und Athleten sowie ihre Betreuer zu erarbeiten.

Aus aktuellem Anlass stellen die Autoren die klimatischen Verhältnisse von Athen, welche die Athletinnen und Athleten wäh-

rend der olympischen Sommerspiele 2004 erwarten (stellvertretend für Regionen mit ähnlichen klimatischen Verhältnissen), in den Vordergrund.

Sie beschreiben die klimatischen Randbedingungen von Athen während der Sommermonate und gehen zusätzlich auf die zu erwartenden Ozon-Belastungen ein.

Auf der Basis anschaulich dargestellter Grundlageninformationen über die physiologischen Reaktionen des menschlichen Körpers auf Hitze, hohe Luftfeuchtigkeit und Smog leiten sie praktische Empfehlungen für die Wettkampfvorbereitung und den Wettkampf selbst ab.

Dabei ist es den Autoren in beeindruckender Form gelungen, dieses komplexe Thema umfassend und dennoch gut verständlich darzustellen.

Den Athletinnen und Athleten sowie den Betreuern wird mit dieser Broschüre eine informative Beratung bereit gestellt. Ich wünsche allen Athletinnen und Athleten, aber auch allen Betreuern für die Sommerspiele 2004 in Athen sowie für alle anderen Wettkämpfe in ähnlichen klimatischen Regionen den höchstmöglichen Erfolg und die beste Gesundheit. Möge diese Athletenbroschüre ein guter Ratgeber sein!

Dr. Martin-Peter Büch  
Direktor des Bundesinstituts für Sportwissenschaft

## **Vorwort**

Der Count down für die 28. Olympischen Spiele der Neuzeit ist eingeläutet, denn in etwa sechs Monaten wird in Athen – im Geburtsland der antiken und neuzeitlichen Spiele – die Elite der Sportwelt an den Start gehen. Ihr Ziel wird es sein, in den 301 auszutragenden Wettbewerben ihr Bestes zu geben und um olympische Medaillen zu kämpfen.

Aus deutscher Sicht ist die vorolympische Zwischenbilanz positiv ausgefallen. So konnte der deutsche Sport in seiner Gesamtheit das „Tief von Sydney“ überwinden. Besonders erfreulich ist zu bewerten, dass Sportarten, die traditionell zu unseren Leistungsträgern zählten, aber bei den letzten Olympischen Spielen nicht ihre erwarteten Leistungen präsentierten, in nur kurzer Zeit in die Weltspitze zurückfanden.

Diese optimistisch stimmende Zwischenbilanz sollte uns alle motivieren, den eingeschlagenen Weg konsequent fortzusetzen. Unser gemeinsames Ziel muss es sein, das Umfeld für unsere Olympiaathletinnen und –athleten sowie deren Betreuer zielgerichtet leistungsfördernd zu gestalten.

Für eine umfassende optimalen Vorbereitung ist es unerlässlich, sich schon frühzeitig mit den in Athen zu erwartenden Bedingungen auseinander zu setzen. Hierbei ist dem Kenntnisstand über den Einfluss besonderer klimatischer und geographischer

Bedingungen auf die sportliche Leistungsfähigkeit ein hoher Stellenwert einzuräumen. Die vorliegende Broschüre beantwortet alle damit zusammenhängenden Fragen. Sie erteilt Ratschläge, wie man sich unter den besonderen klimatischen und geographischen Bedingungen Athens und seiner Umgebung leistungsförderlich verhalten sollte.

Ich wünsche allen Athletinnen und Athleten viel Erfolg auf ihrer abschließenden Etappe nach Olympia und bei ihren Einsätzen in Athen das notwendige Glück. Möge es ihnen gelingen, die im Training entwickelten Leistungen auch im entscheidenden Wettkampf zu präsentieren.

Armin Baumert

Geschäftsführer des Geschäftsbereichs Leistungssport  
des Deutschen Sportbundes

---

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	3
<b>1 Zu erwartende Wetterbedingungen in Athen</b> .....	<b>5</b>
1.1 Temperatur und Niederschlagsmenge .....	5
1.2 UV-Strahlung .....	7
<b>2 Sport unter Hitzebedingungen</b> .....	<b>8</b>
2.1 Das System der Thermoregulation .....	9
2.2 Thermoregulation bei sportlicher Belastung .....	11
2.3 Auswirkungen von Hitzebedingungen auf die sportliche Leistungsfähigkeit.....	14
2.4 Hitzeadaptation.....	16
2.5 Innere und äußere Einflussfaktoren auf die Wärmeregulation .....	19
2.6 Hitzeerkrankungen .....	23
2.6.1 <i>Hitzekrämpfe</i> .....	24
2.6.2 <i>Hitzeerschöpfung</i> .....	25
2.6.3 <i>Hitzschlag</i> .....	26
2.6.4 <i>Hitzekollaps</i> .....	27
2.7 Hinweise und Empfehlungen .....	28
2.7.1 <i>Allgemeine Verhaltensregeln und Kleidung</i> ...	28
2.7.2 <i>Training und Wettkampf</i> .....	29
2.7.3 <i>Ernährung</i> .....	30
2.7.4 <i>Trinken bei Training und Wettkampf</i> .....	33
2.7.5 <i>Gewichtsreduktion („Gewichtmachen“)</i> .....	35



---

<b>3</b>	<b>Sommer-Smog (Ozon und Luftverschmutzung)</b> .....	<b>36</b>
	3.1 Ozon–Entstehung .....	37
	3.2 Ozon–Wirkungen .....	39
	3.3 Weitere Luftschadstoffe .....	41
	3.4 Grenzwerte .....	42
	3.5 Luftschadstoffbelastung in Athen .....	43
	3.5.1 <i>Bodennahes Ozon</i> .....	43
	3.5.2 <i>Weitere Luftschadstoffe</i> .....	45
	3.6 Konsequenzen für Sportler .....	46
	3.7 Hinweise für die Sportpraxis .....	49
<b>4</b>	<b>Weiterführende Literatur</b> .....	<b>51</b>
	<i>Internetadressen</i> .....	53
	<i>Adresse der Autoren</i> .....	54

# 1 Zu erwartende Wetterbedingungen in Athen

## 1.1 Temperatur und Niederschlagsmenge

Betrachtet man die Wetterdaten der vergangenen Jahre, so muss man davon ausgehen, dass sich Athen 2004 in die Reihe der heißesten Olympischen Spiele einreihen wird. Bei einer sehr geringen Niederschlagsmenge liegt der über 24 Stunden gemessene Tagesmittelwert für die Temperatur im August im langjährigen Mittel bei  $26,7^{\circ}\text{C}$  (Abb. 1).

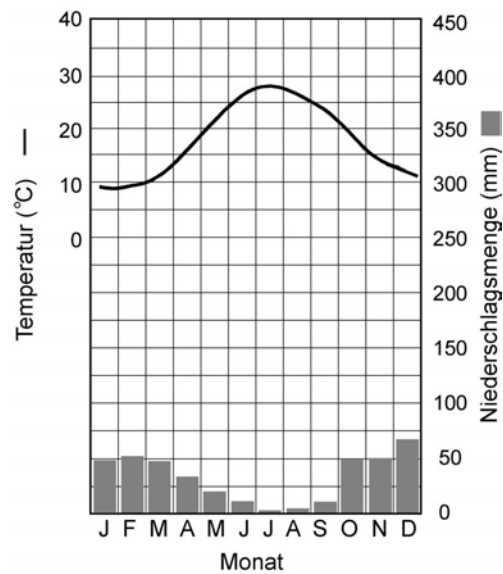


Abb. 1: Darstellung des Jahresverlaufs von Temperatur (Tagesmittelwert) und Niederschlagsmenge in Athen im langjährigen Mittel

Dabei betrug das mittlere tägliche Temperaturmaximum im Zeitraum zwischen 1998 und 2002 durchschnittlich 33,7°C bei einer Luftfeuchtigkeit von 55 %. Ähnlich hohe Temperaturwerte wurden 1984 in Los Angeles und 1996 in Atlanta erreicht, während zuletzt 2000 in Sydney eher angenehme 20°C herrschten (Tab 1).

Tab. 1: Mittleres tägliches Temperaturmaximum und relative Luftfeuchtigkeit während der Olympischen Spiele (1984-2000) und zu erwartende Bedingungen in Athen 2004

Olympischen Spiele	Mittleres tägliches Temperaturmaximum (°C)	Relative Luftfeuchtigkeit (%)
Los Angeles 1984	32	68
Seoul 1988	25	73
Barcelona 1992	28	73
Atlanta 1996	33	66
Sydney 2000	20	60
Athen 2004	33,7*	55*
* Mittelwert der Jahre 1998-2002		

Bei der Bewertung der über den Zeitraum der Olympischen Spiele errechneten mittleren täglichen Temperaturmaxima muss allerdings berücksichtigt werden, dass es an einzelnen Tagen zu deutlich höheren Werten kommen kann. So lagen beispielsweise 1992 in Barcelona an einigen Tagen die Maximalwerte deutlich über 30°C, was bei alleiniger Betrachtung des über den gesamten Zeitraum der damaligen Spiele errechneten Mittelwerts von 28°C so nicht zum Ausdruck kommt. Da in Athen bereits dieser

durchschnittliche Wert für das tägliche Temperaturmaximum fast 34°C erreicht, muss damit gerechnet werden, dass an einzelnen Tagen die maximalen Temperaturen auch über 40°C liegen können. Somit ist es durchaus möglich, dass die Olympischen Spiele 2004 als die heißesten Spiele in die Geschichte eingehen werden.

## 1.2 UV-Strahlung

Die Angabe der zu erwartenden UV-Belastung erfolgt durch den international gültigen UV-Index (UVI). Er beschreibt den am Boden zu erwartenden Tagesspitzenwert sonnenbrandwirksamer UV-Strahlung (Tab. 2).

Tab. 2: Einschätzung von UV-Belastung, Sonnenbrandrisiko und Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen anhand des UV-Indexes.

UVI 0-1:	UV-Belastung niedrig, Sonnenbrand unwahrscheinlich, Schutzmaßnahmen nicht erforderlich.
UVI 2-4:	UV-Belastung mittel, Sonnenbrand ab 30 Minuten möglich, Schutzmaßnahmen empfehlenswert.
UVI 5-7:	UV-Belastung hoch, Sonnenbrand ab 20 Minuten möglich, Schutzmaßnahmen erforderlich.
UVI 8 und mehr:	UV-Belastung sehr hoch, Sonnenbrand in weniger als 20 Minuten möglich, Schutzmaßnahmen unbedingt erforderlich.

Nach Angaben des Bundesamtes für Strahlenschutz ist in Griechenland im Monat August mit einem maximalen UVI-Wert von neun zu rechnen. Im Vergleich dazu werden in Berlin im selben Monat bei Sonnenschein Werte um fünf ermittelt. Die weltweit höchsten UVI-Werte liegen bei 13 und werden in einigen Ländern am Äquator erreicht.

## 2 Sport unter Hitzebedingungen

### 2.1 Das System der Thermoregulation

Der Mensch ist als gleichwarmes Lebewesen auf eine Konstanthaltung seiner Temperatur auf einen Sollwert von etwa 37°C angewiesen. Das thermoregulatorische System (Abb. 2) sorgt dafür, dass unter Bedingungen, bei denen eine Erhöhung der Körpertemperatur auftritt, diese zusätzliche Wärme wieder an die Umgebung abgegeben wird und somit die Temperaturhomöostase (Temperaturgleichgewicht) des Körpers gewahrt bleibt.

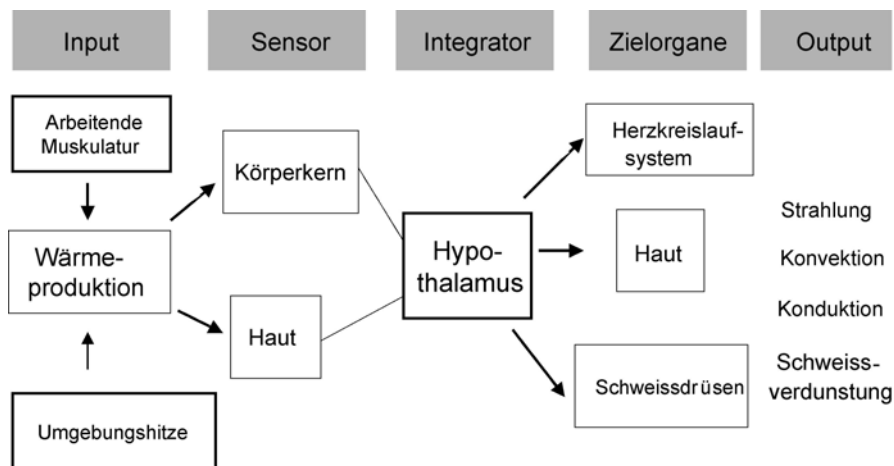


Abb. 2: Vereinfachte Darstellung des Systems der Thermoregulation

Unter sportlicher Belastung steigt die Wärmeproduktion infolge des Energieumsatzes in der arbeitenden Skelettmuskulatur stark an. Die daraus resultierende Zunahme der Körperkerntemperatur wird durch Temperaturfühler registriert und ebenso wie die Hauttemperatur an den Hypothalamus, einem Areal im Zwischenhirn, weitergeleitet. Der Hypothalamus ist die zentrale Steuerstelle der Thermoregulation. Übersteigt die von den Temperaturfühlern gemeldete Temperatur den Sollwert, so werden unter Steuerung des Hypothalamus Mechanismen in Gang gesetzt, die eine vermehrte Wärmeabgabe an die Umgebung ermöglichen. So kommt es durch Weitstellung der Hautgefäße und Steigerung der Auswurfleistung des Herzens (Herzminutenvolumen) zu einer erhöhten Hautdurchblutung. Dies ermöglicht eine rasche Verteilung der entstandenen Wärme auf die Körperhülle, von der sie dann durch Verdunstung von Schweiß (evaporative Wärmeabgabe), Wärmestrahlung sowie einer direkten Wärmeabgabe über die Luftströmung (Konvektion) und Wärmeleitung (Konduktion) dem Körper entzogen wird.

Dabei erfolgt die Wärmeabgabe größtenteils über das Schwitzen, wobei pro Liter in Hautnähe verdunstetem Schweiß dem Körper etwa 625 Watt (entsprechend etwa 9 kcal/min) Wärmeenergie entzogen werden. Schweiß, der vom Körper abtropft oder nicht direkt auf der Haut verdunstet trägt nicht zur Wärmeabgabe bei. Unter normalen Umgebungstemperaturen (18°C) leisten Strahlung, Konvektion und Konduktion einen zusätzli-

---

*Sport unter besonderen klimatischen Bedingungen*

chen Beitrag zur Wärmeabgabe, der zusammengenommen etwa ein Viertel ausmacht.

Das tatsächliche Temperaturempfinden unterliegt nicht allein den herrschenden Außentemperaturen, sondern wird in wesentlicher Weise durch die Luftfeuchtigkeit, einwirkende Strahlung und der dem Körper zugewandten Luftströmung modifiziert. Diese gefühlte Temperatur wird durch den sogenannten „wet bulb globe temperature“ (WBGT)-Index angegeben, der diesen zusätzlichen Einflussfaktoren Rechnung trägt. Normalerweise liegt der WBGT-Index unterhalb der tatsächlich herrschenden Temperatur. So können z.B. bei WBGT-Index von 26°C durchaus einer Temperatur von 35°C in der Sonne oder 37°C im Schatten entsprechen. Beispielsweise gilt in Australien die offizielle Empfehlung, sportliche Wettkämpfe ab einem WBGT-Index von 28°C abzusagen, da sich unter diesen Bedingungen das Risiko für Hitzeschäden deutlich erhöht. In Athen ist mit einem WBGT-Index von 28,9°C zu rechnen.

## **2.2 Thermoregulation bei sportlicher Belastung**

Inwieweit nun das System der Thermoregulation unter körperlicher Belastung an Grenzen stößt, hängt im Wesentlichen von zwei Faktoren ab. Einerseits spielt die im Muskel produzierte Wärmemenge und damit die geleistete Muskelarbeit eine wichtige Rolle. So produziert ein 65 kg schwerer Marathonläufer bei



einer Endzeit von 2:10 Stunden etwa 1400 Watt (entsprechend 20 kcal/min) Wärmeenergie.

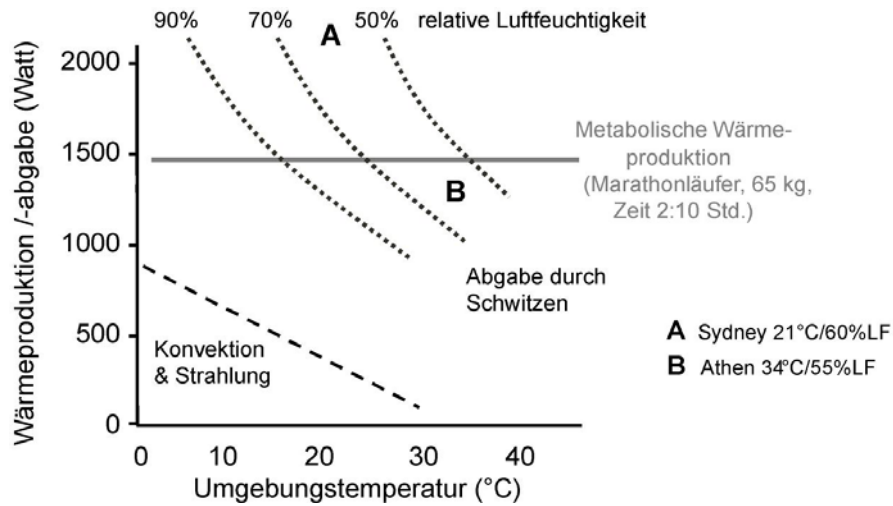


Abb. 3: Zu erwartende Thermobilanz bei sportlicher Belastung bei unterschiedlicher Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit (LF). Im Diagramm ist beispielhaft das während eines Marathonlaufs mit einer Endzeit von 2:10 Stunden zu erwartende Verhältnis von Wärmeproduktion zu -abgabe dargestellt. Die horizontale Linie reflektiert die durch die Muskelarbeit produzierte Wärmemenge. Die tangential verlaufenden gepunkteten Linien zeigen die über das Schwitzen zu erwartende Wärmeabgabe bei unterschiedlicher Luftfeuchtigkeit an. Die gestrichelte Linie reflektiert die Wärmeabgabe durch Konvektion und Strahlung. Die Punkte A und B symbolisieren das Verhältnis von Wärmeproduktion und -abgabe unter den herrschenden bzw. zu erwartenden Bedingungen bei den Olympischen Spielen in Sydney 2000 und Athen 2004. Abbildung nach *Dennis & Noakes (1999)*

Inwieweit diese von seinem Körper wieder abgegeben werden kann, wird dann vom zweiten Faktor, den Umgebungsbedingungen determiniert. In Abbildung 3 wird dieser Einfluss der Umgebungsbedingungen auf die Thermobilanz während körperlicher Belastung anhand eines Rechenmodells verdeutlicht.

Die Abgabe von 1400 Watt (ca. 20 kcal/min) Wärmeenergie wird durch Konvektion, Konduktion, Abstrahlung und Schweißverdunstung ermöglicht. Bei niedrigen Temperaturen leisten die drei erstgenannten Mechanismen noch einen relevanten Beitrag zur Temperaturabgabe. Sie verlieren jenseits von 30°C Außentemperatur jedoch ihre Wirksamkeit, so dass bei solchen Bedingungen der Sportler ausschließlich auf die Wärmeabgabe über das Schwitzen angewiesen ist, die allerdings ebenfalls limitiert ist. Bei zunehmender Luftfeuchtigkeit sinkt die Schweißverdunstungsrate, was erklärt, dass bei gleicher Umgebungstemperatur die Thermobilanz unter hoher Luftfeuchtigkeit deutlich ungünstiger ausfällt als unter trockenen Bedingungen. Dies wird insbesondere bei einer Luftfeuchtigkeit von über 60 % zum Problem.

Geht man von den für Athen prognostizierten Umgebungsbedingungen aus, so dürfte beim Marathonlauf bei einer Laufgeschwindigkeit, die einer Endzeit von 2:10 Stunden entspricht, keine ausgeglichene Thermobilanz zu erreichen sein. Die maximal mögliche Wärmeabgabe (Punkt B in Abb. 3) läge unterhalb

der Wärmeproduktion (horizontale Linie) und man spräche dann von nicht-kompensablem Hitzestress.

Der damit einhergehende kontinuierliche Anstieg der Körperkerntemperatur würde eine Reduktion der Belastungsintensität notwendig machen oder zum früheren Belastungsabbruch führen (Abb. 4).

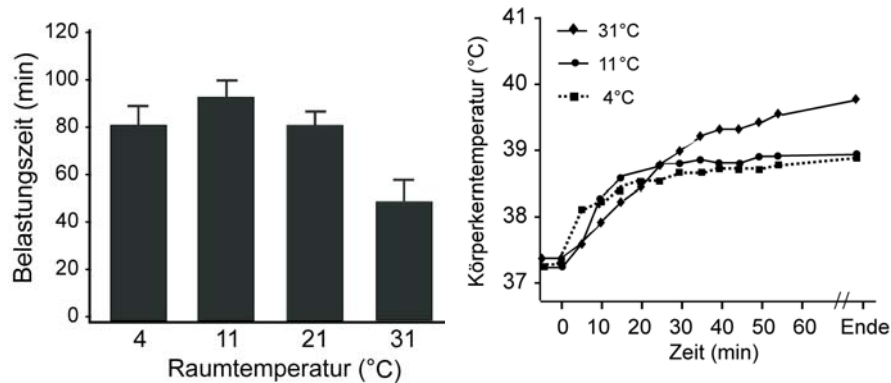


Abb. 4: Einfluss der Umgebungstemperatur auf die erreichte Belastungszeit bei erschöpfender fahrradergometrischer Dauerbelastung bei 70 % der maximalen Sauerstoffaufnahme (links). Korrespondierender Verlauf der Körperkerntemperatur (rechts). *Galloway & Morgan (1997)*

### 2.3 Auswirkungen von Hitzebedingungen auf die sportliche Leistungsfähigkeit

Die speziell leistungsmindernden Effekte dieser Überhitzung umfassen eine Verringerung von Muskeldurchblutung, die aus

einer Verringerung des Plasmavolumens bei gleichzeitig stark erhöhter Durchblutung der Haut resultiert. Weiterhin kann Hitzestress zu einer Abnahme der zentralen motorischen Aktivität führen und bei stärkerer Ausprägung auch Fähigkeiten wie Konzentration und Koordination beeinträchtigen. Weitere vermutete Effekte umfassen eine vermehrte Beanspruchung der muskulären Kohlenhydratspeicher, einen Verlust der mitochondrialen Aktivität und eine Störung der Elektrolytverteilung im Bereich der Muskelmembran, was sich in einer erhöhten Krampfbereitschaft äußern kann.

Diese leistungsmindernden Effekte sind v.a. bei längeren Ausdauerbelastungen zu erwarten, was beispielhaft an den erreichten Marathonzeiten bei den internationalen Meisterschaften der letzten Jahre verdeutlicht werden kann (Abb.5). Speziell die lokal-muskulären Auswirkungen können jedoch auch die Schnellkraftsportarten betreffen und sich hier im Sinne einer erhöhten Krampfbereitschaft bemerkbar machen. Weiterhin besteht auch bei Sportarten, die das Tragen einer Schutzbekleidung erfordern die Gefahr, dass die sportliche Leistung durch erhöhte Temperaturen beeinträchtigt wird. Ebenso kann das in einigen Sportarten durchgeführte „Gewichtmachen“ speziell unter diesen Bedingungen negative Auswirkungen haben (s. 2.6).

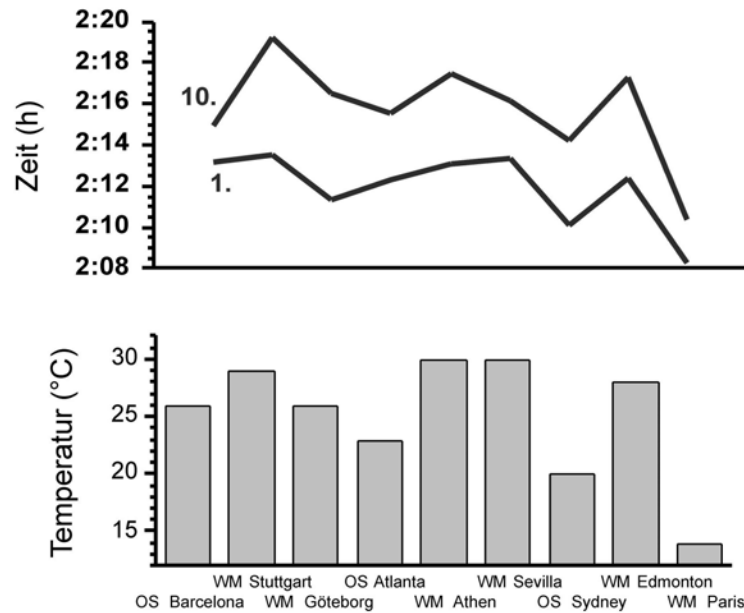


Abb. 5: Während des Wettkampfes herrschende Außentemperaturen und erreichte Marathonzeiten des 1. und 10. Läufers bei den internationalen Leichtathletikmeisterschaften der vergangenen Jahre (1992-2003).

## 2.4 Hitzeadaptation

Der menschliche Organismus besitzt eine bemerkenswerte Fähigkeit zur raschen Anpassung an Hitzebedingungen. Der Verlauf der Hitzeadaptation lässt sich recht anschaulich am Verhalten der Körperkerntemperatur unter wiederholten erschöpfenden Belastungen bei erhöhten Umgebungstemperatu-

ren verfolgen (Abb. 6). So zeigt sich im Verlauf nicht nur ein langsamerer Anstieg der Kerntemperatur, sondern auch eine deutliche Verlängerung der erreichten Belastungsdauer.

Einen wesentlichen Beitrag zur Hitzeanpassung leistet die Verbesserung der Schwitzfunktion. Im Verlauf der Adaptation kommt es nicht nur zu einer Zunahme der produzierten Schweißmenge, sondern es verringert sich sowohl die Temperaturschwelle, an der das Schwitzen beginnt, als auch der Natriumgehalt im Schweiß.

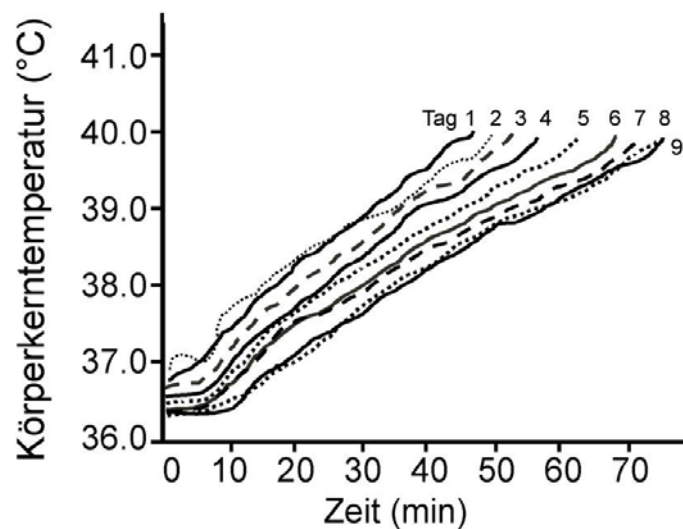


Abb. 6: Temperaturverlauf bei täglich wiederholten erschöpfenden Dauerbelastungen (Fahrradergometer) bei 60 % der maximalen Sauerstoffaufnahme bei 40°C Raumtemperatur (Nielsen et al., 1993).

Weiterhin kommt es zu einer Verbesserung der Regulation der Hautgefäße, was den Wärmetransport zur Körperhülle begünstigt. Ein wichtiger Anpassungsmechanismus ist auch die Zunahme des Plasmavolumens. Dies ermöglicht eine längere Aufrechterhaltung eines ausreichenden zentralen Blutvolumens und fördert so eine ausreichende Durchblutung sowohl der arbeitenden Muskulatur als auch der Haut. Die Effekte der Hitzeanpassung führen neben dem geringeren Anstieg der Körperkerntemperatur auch zu einem geringeren Herzfrequenzanstieg und Beanspruchungsempfinden.

Die rasche Reaktion dieser Mechanismen lässt binnen etwa einer Woche eine Anpassung von 80-90 % erwarten. Eine deutliche Verbesserung der Thermoregulation unter Belastung setzt jedoch voraus, dass in der Akklimatisationsphase nicht nur eine passive Hitzeexposition erfolgt, sondern zumindest ein Teil der Trainingsbelastungen unter erhöhten Temperaturen absolviert wird.

Gewährleisten diese Mechanismen eine ausreichende Wärmeabgabe an die Umgebung, so stellt sich die Kerntemperatur während Belastung auf einem zwar höheren, jedoch annähernd konstanten Niveau ein. Man spricht dann von kompensablem Hitzestress.

## 2.5 Innere und äußere Einflussfaktoren auf die Wärmeregulation

Die Thermoregulation des Körpers kann neben der Luftfeuchtigkeit und dem individuellen Hitzeakklimatisationsgrad durch weitere Faktoren beeinflusst werden:

Ein besserer **Trainingszustand** (in Studien anhand einer höheren maximalen Sauerstoffaufnahme nachgewiesen) geht mit einer besseren Hitzeverträglichkeit mit entsprechend geringeren physiologischen Reaktionen wie Herzfrequenzanstieg und Abnahme der Herzleistung einher.

Bei der Wärmeempfindlichkeit von Sportlern spielt wahrscheinlich auch eine **genetisch** bedingte individuelle Veranlagung eine Rolle. Diese führt dazu, dass vereinzelte Athleten auch bei gleichem Trainingszustand unter Hitzebedingungen deutlicher in ihrer Leistungsfähigkeit eingeschränkt sind als andere.

Ein deutlicher **Schlafmangel** kann sich ebenfalls negativ auf die Hitzeverträglichkeit unter Belastung auswirken.

**Infekte**, etwa eine Erkältung der oberen Luftwege oder auch eine versteckte Zahnwurzelentzündung, sowie Schilddrüsenfunktionsstörungen (Über- oder Unterfunktionen) erhöhen ebenfalls die Wärmeempfindlichkeit und können einige Hitzereaktionen



des Organismus (höhere Herzfrequenz, vermehrtes Schwitzen) verstärken.

Weiterhin existieren Hinweise darauf, dass der **weibliche Zyklus** die Thermoregulation beeinflussen kann. So liegt während der 2. Zyklushälfte, der Lutealphase, die Körperkerntemperatur der Frau in Ruhe um etwa  $0,4^{\circ}\text{C}$  höher als in der vorangehenden Follikularphase. Diese höhere basale Körpertemperatur geht mit einer höheren Schwelle für den Beginn thermoregulatorischer Mechanismen, wie dem Schwitzen oder Steigerung der Hautdurchblutung, einher und führt auch zu höheren Werten der Körpertemperatur bei Belastung in der Hitze. Allerdings sind die bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Frage, inwieweit diese zyklusabhängigen Schwankungen die sportliche Leistung beeinflussen, widersprüchlich.

Bei Sportlern mit **Querschnittslähmung** führt die gestörte sympathische Innervation zu einer Beeinträchtigung der Steuerung von Schweißsekretion und peripherer Gefäßregulation, was sich ungünstig auf die Thermoregulation in den betroffenen Hautarealen auswirken kann.

Alkohol und bestimmte **Medikamente** können die Thermoregulation beeinträchtigen, beispielsweise durch Verringerung der Schweißmenge. Zu diesen Medikamenten gehören Antihistaminika (bei allergischen Reaktionen und Heuschnupfen verordnet), Diuretika (auf der Dopingliste stehende harntreibende, ent-

wässernde Medikamente), zentral nervös wirkende Präparate, beispielsweise Antidepressiva (stimmungsaufhellende Substanzen) sowie zumindest theoretisch Alpha 1-Rezeptorenblocker (blutdrucksenkende Medikamente, außerdem Verbesserung der Harnentleerung). Während des Wettkampfes sollte sparsam mit dem Auftragen von Hautlotionen umgegangen werden.

Die Benutzung von **Kühlwesten** kurz **vor** einem Wettkampf unter Hitzebedingungen wird derzeit wissenschaftlich noch kontrovers diskutiert. Der theoretische Vorteil eines geringeren Anstiegs der Körperkerntemperatur im unmittelbaren Wettkampfvorbereitungsprogramm steht einem schlechteren muskulären „Warmmach-Effekt“ entgegen. Die derzeitige Datenlage lässt die Schlussfolgerung zu, dass ein sogenanntes „Pre-Cooling“ (Vorkühlen) in Sportarten mit Belastungsintensitäten im Bereich der maximalen Sauerstoffaufnahme und darüber (entsprechend Belastungszeiten bis 6-8 min) sogar leistungsmindernd wirken kann. Bei längeren Belastungen (über 30 min) könnte ein leistungssteigernder Effekt vorliegen.

**Nach** dem Wettkampf oder intensiven Trainingseinheiten sowie beispielsweise in Halbzeitpausen von Spielsportarten ist denkbar, dass ein schnelleres Herunterkühlen durch Anlegen von Kühlwesten die Regeneration beschleunigt, zumindest wird eine solche Maßnahme von den Sportlern als angenehm empfunden; hierzu existieren allerdings derzeit keine Studien. Eine Kühlung

**während** Belastung wirkt zwar der hitzebedingten Leistungsminderung durch geringere Schweißverluste und entsprechend besserer Muskeldurchblutung entgegen, ist aber in der Regel technisch nicht realisierbar oder im Wettkampf verboten.

Das in einigen Sportarten häufiger praktizierte „**Gewichtmachen**“, also die kurzfristige Reduzierung des Körpergewichts durch Einschränkung der Flüssigkeitszufuhr und provoziertes Schwitzen (körperliches Training unter Hitzebedingungen, schweißfördernde Kleidung, Saunaanwendungen) erfolgt, um einen Start in einer leichteren Gewichtsklasse zu ermöglichen oder zur Verbesserung des Last-Kraftverhältnisses. Die zum Teil drastischen Eingriffe in den Flüssigkeitshaushalt können zu erheblichen Gesundheitsgefährdungen bis hin zu plötzlichen Todesfällen, insbesondere durch Hitzschlag (siehe Kapitel 2.6.3) aufgrund reduzierter Wärmeregulation (zu wenig „Kühlwasser“) führen. Unmittelbar nach dem offiziellen Wiegen kann durch eine schnelle Rehydratation (Wiederauffüllen der körpereigenen Wasservorräte) mittels Trinken oder sogar intravenöser (Infusionen) Zufuhr mineral- und nährstoffreicher Lösungen der vorausgegangene Verlust teilweise wieder kompensiert und ein erheblicher Wiederanstieg des Körpergewichts erreicht werden.

Die Wiedererlangung der vollen Leistungsfähigkeit (Kurzzeit- und Ausdauerleistungsfähigkeit, Maximalkraft) ist innerhalb weniger Stunden aufgrund des noch erniedrigten Blutplasma-

volumens und ungenügender muskulärer Kohlenhydratspeicher aber nicht möglich. Sogar bei einer relativ geringen Körpergewichtsreduktion wurden bei Hochleistungssportlern bereits deutliche Defizite in der Makro- und Mikronährstoffversorgung beschrieben. Eine kurzfristige Gewichtsabnahme von bis 3 % des Körpergewichts innerhalb von drei bis fünf Tagen vor einem Wettkampf scheint bei erwachsenen Leistungssportlern noch akzeptabel zu sein.

## 2.6 Hitzeerkrankungen

Unter Hitzeerkrankungen beim Sport wird eine lokale oder generelle Störung der Thermoregulation verstanden, die aufgrund einer übermäßigen Hitzeexposition oder Hitzeentwicklung in Ruhe oder unter körperlicher Belastung entsteht. Im Sport tritt dies in der Regel auf, wenn die Schweißabgabe nicht in der Lage ist, die Körperwärme ausreichend abzuführen. Die wichtigsten auslösenden Faktoren sind eine hohe Lufttemperatur und eine hohe Luftfeuchtigkeit, die durch eine geringe Windgeschwindigkeit am Körper und eine hohe Hitzestrahlung direkt durch die Sonne oder reflektorisch durch den Boden noch verstärkt werden kann. Hinzu kommt bei sportlichen Belastungen natürlich die entstehende Körperwärme in Abhängigkeit von der Intensität und von der Länge einer Belastung. Die drei häufigsten Hitzeerkrankungen sind Hitzekrämpfe (*heat cramps*), Hitzeerschöpfung (*heat exhaustion*) und Hitzschlag (*heat stroke*).

### **2.6.1 *Hitzekrämpfe***

Hitzekrämpfe treten vorwiegend bei langwährenden körperlichen Belastungen wie Marathonwettkämpfe, Gehwettkämpfe, Straßenradfahren usw. auf und werden vor allen Dingen durch hohe Elektrolyt- und Flüssigkeitsverluste hervorgerufen. Betroffen ist zunächst die belastete Muskulatur, z.B. beim Laufen die rückwärtige Oberschenkelmuskulatur oder die Wadenmuskulatur; bei ausgeprägtem Wasser- und Elektrolytverlust kann es aber auch zu Krämpfen in anderen Bereichen der Muskulatur oder zu Magen- und Darmkrämpfen kommen. Hitzekrämpfe sind ein Warnsignal, dass der Körper mit der Hitze und den Wasser- und Elektrolytverlusten nicht mehr fertig wird.

Wenn Hitzekrämpfe auftreten, muss die sportliche Belastung in der Regel abgebrochen werden; man sollte sich in einen kühlen Bereich begeben, überflüssige Bekleidung entfernen und Flüssigkeit zuführen. Dabei sollte kein reines Wasser verabreicht, sondern ein isotones Getränk gewählt werden, welches einen entsprechenden Elektrolytanteil (v.a. Natrium, ca. 500 mg/l) aufweist. Die Behandlung durch einen Physiotherapeuten zur Lockerung der Muskulatur kann hilfreich sein; sollten die Krämpfe dennoch weiter bestehen oder zunehmen, sollte ärztliche Hilfe in Anspruch genommen werden. Eine sinnvolle Fortsetzung des Wettkampfs ist in der Regel nicht möglich.

### 2.6.2 *Hitzeerschöpfung*

Bei der Hitzeerschöpfung besteht für den Körper das Problem, dass er nicht in der Lage ist, mit dem Hitzestress der gebildeten Wärme bei gleichzeitig ungünstigen äußeren Umständen fertig zu werden. Die Ursache sind meist lange oder hochintensive körperliche Belastungen; gleichzeitiger Flüssigkeits- und Elektrolytverlust begünstigen das Entstehen der Hitzeerschöpfung.

Die typischen Symptome der Hitzeerschöpfung sind heftiges Schwitzen, in der Regel eine eher kühle, meist feuchte Haut, eine deutlich erhöhte Körpertemperatur – meist über 39° C – und allgemeine Symptome wie Schwäche, Müdigkeit, schwacher Puls und erniedrigter Blutdruck. Die sportliche Leistungsfähigkeit ist in der Regel deutlich herabgesetzt.

Wenn trotz dieser Symptome die körperliche Belastung fortgesetzt wird, kann es zu einer Hitzeerschöpfung mit schweren Kreislaufstörungen bis hin zum lebensbedrohlichen Schock kommen. Oft sind die Sportler selbst nicht mehr in der Lage, dies richtig einzuschätzen; deshalb kommt auch den Betreuern hier eine wichtige Funktion und Verantwortung zu.

Wenn die Hitzeerschöpfung rechtzeitig erkannt wird, genügt das Verbringen in eine kühle Umgebung mit einer geeigneten Flachlagerung, die Zufuhr einer isotonen Elektrolytlösung und die Kontrolle des Bewusstseinzustandes. Bei Verschlechterung

und insbesondere bei einer beginnenden Schocksymptomatik mit Bewusstseinstäubung oder Bewusstlosigkeit ist unbedingt eine ärztliche Versorgung erforderlich.

### **2.6.3 Hitzschlag**

In seiner milden Form wird der Hitzschlag als Sonnenstich bezeichnet und entwickelt sich vor allen Dingen durch starke Sonneneinstrahlung auf den unbedeckten Kopf mit der Unfähigkeit des Körpers, die entstehende Körpertemperatur wegen einer gestörten Temperaturregulation ausreichend abzuführen. Ungünstige Kleidung unterstützt deshalb das Auftreten eines Sonnenstichs. Die Symptome sind eher zentral bedingt, d.h. Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, Unruhe oder auch Nackensteife. Die Körpertemperatur liegt infolge der gestörten Temperaturregulation über 40°C. Im Gegensatz zur Hitzeerschöpfung ist die Haut eher trocken, rot und überwärmt. Diese Symptome können auch ohne körperliche Belastung bei langer Sonnenexposition in ungünstiger Umgebung auftreten.

Bei sportlichen Belastungen kommt noch die entstehende Körperwärme bei gleichzeitigen Elektrolyt- und Wasserverlusten hinzu. Im Gegensatz zur Hitzeerschöpfung ist der ausgeprägte Hitzschlag häufiger bei Mittelzeit-Ausdauerbelastungen mit hohen Intensitäten und großem Muskelgruppeneinsatz, z.B. Kurztriathlon, Rudern, Zeitfahren im Radsport in Kombination mit starker Sonneneinstrahlung. Bei dem ausgeprägten Bild

eines Hitzschlages hat der Betroffene fast immer eine sehr hohe Pulsfrequenz, er wirkt geschwächt, zeigt Bewusstseinstörungen bis zu konfusen Reaktionen bis hin zum Auftreten von cerebralen Krämpfen.

Ein ausgebildeter Hitzschlag ist lebensgefährlich, deshalb ist die richtige Einschätzung wichtig. Im Zweifelsfall sollte immer ein Arzt hinzugezogen werden. In jedem Fall sind Schocklagerung, kühlende Maßnahmen, entsprechende Flüssigkeits- und Elektrolytzufuhr (Vorsicht wegen Verschlucken) erforderlich. In gravierenden Fällen kann eine stationäre medizinische Überwachung erforderlich sein.

#### **2.6.4 Hitzekollaps**

Der Hitzekollaps ist eine spezielle Form der Orthostase-Dysregulation und spielt während körperlicher Belastung keine Rolle. Er tritt meist in Zusammenhang mit hohen Temperaturen in ungünstiger Kleidung bei längere Bewegungslosigkeit oder fehlender Kompensation durch Bewegung statt, z.B. das Stehen in Reih und Glied bei einer Vorführung oder im Rahmen einer Vorstellung nach Belastung (z.B. Siegerehrung). Typisch ist der plötzliche Schwindel mit Kollapsneigung oder tatsächlicher Bewusstlosigkeit ohne Zeichen der überhöhten Körperkerntemperatur. Therapeutisch reicht eine Verbringung in einen kühlen Bereich, Flachlagerung und Überwachung.



***Cave Hyponatriämie:*** Ein besonderes Problem bei langwährenden Hitzewettkämpfen z.B. Triathlon oder Marathon kann entstehen, wenn größere Flüssigkeitsmengen während des Wettkampfes in Form reinen Wassers zugeführt werden. Dadurch kann das Blut so verdünnt werden, dass die Konzentration an Natrium absinkt (Hyponatriämie), wodurch ein lebensbedrohlicher Zustand insbesondere durch Wassereinlagerungen im Gehirn (zerebrales Ödem) entstehen kann. Deshalb immer Flüssigkeit mit einem ausreichenden Natriumanteil (500-1000 mg/l) zuführen!

## **2.7 Hinweise und Empfehlungen**

### **2.7.1 Allgemeine Verhaltensregeln und Kleidung**

- ☞ Bei einem Aufenthalt in der Hitze sollten schattige Plätze mit ausreichender Luftzirkulation bevorzugt werden. Dies gilt auch für Besprechungen vor dem Wettkampf. Die Wärmebelastung nimmt durch aufgeheizte Tribünen und Wände weiter zu. Schlafen und Ruhen sollten in einer kühleren, jedoch nicht zu kalten Umgebung erfolgen. Klimaanlage sollten nicht zu kalt reguliert bzw. zumindest während der Anwesenheit in den Räumen sogar ganz abgestellt werden, zumal sie auch eine trockene Luft erzeugen, was die Schleimhäute der oberen Luftwege (Gefahr von Erkältungskrankheiten) reizen kann.
- ☞ Die Kleidung sollte locker und nicht „zugeschnürt“ sein. Direkt auf der Haut ist dünnes, feuchtigkeitsaufsaugendes, möglichst sogar „atmungsaktives“ Gewebe zu empfehlen,

welches wiederum eher enger anliegen sollte, um eine Schweißverdunstung in unmittelbarer Hautnähe zu gewährleisten. Hellere Farben reflektieren besser und sind somit zu bevorzugen, dunklere Farben absorbieren mehr Wärme.

- ☞ Zu einem wirksamen Hitzeschutz gehört auch das Tragen einer (hellen) Kopfbedeckung, möglichst auch mit Nackenschutz, um einem Sonnenstich vorzubeugen. Selbstverständlich sollte auch ein regelmäßiges Eincremen mit einer Sonnenschutzcreme mit hohem Lichtschutzfaktor – auch im Schatten – sein. Eine Sonnenbrille mit UV-Schutz ist ebenfalls sinnvoll.

### **2.7.2 Training und Wettkampf**

- ☞ Für sportliche Aktivitäten gilt, dass die ersten ca. fünf Tage in der Hitze aufgrund einer noch unzureichenden Akklimatisation kritisch sind. Nach Rückkehr aus einem vorbereitenden Höhentraining mit möglicherweise dort noch kälterer Witterung wäre dieser Umstand noch stärker zu berücksichtigen. Besser trainierte Personen haben auch hier Vorteile, allerdings bestehen relativ große individuelle Unterschiede in der Hitzeverträglichkeit. Für eine nahezu vollständige Hitzeadaptation sind allerdings mindestens 8-14 Tage mit regelmäßiger körperlicher Belastung von täglich mindestens 60-90 min (auch intervallförmig) in der Hitze notwendig. Einmal angepasst ist es besser (auch bezüglich der Ozonbelastung – siehe Kapitel 3, Sommersmog), intensivere Trainingseinheiten auf die kühleren Morgen- oder Abendstunden statt in die

pralle Mittagssonne zu legen, da ansonsten die Gefahr von Überlastungsreaktionen steigt.

- ☞ Das „Warmmachen“ vor einem Wettkampf unter Hitzebedingungen sollte unter möglichst schattigen Bedingungen durchgeführt werden. Hierbei ist auch auf eine helle Kopfbedeckung mit Nackenschutz zu achten. Das „Cooling-down“ (z.B. Auslaufen) nach dem Wettkampf sollte ebenfalls an einem luftigen Schattenplatz (zur Not auch auf einem Ergometer) erfolgen.
- ☞ Auf mögliche Vor- und Nachteile des Tragens einer Kühlweste vor, zwischen oder nach Training und Wettkämpfen unter Hitzebedingungen wurde bereits differenziert in Kapitel 2.5. eingegangen. Von einem „Vorkühlen“ ist vor dem Start in Schnellkraftsportarten mit einer Dauer von wenigen Sekunden bis Minuten (beispielsweise Sprint- und Wurfdisziplinen, Kampfsport) abzuraten. In den anderen Sportarten sollte individuell, am günstigsten nach einem Vorversuch, entschieden werden.

### 2.7.3. *Ernährung*

- ☞ Das Wichtigste ist: trinken, trinken, trinken! Auch nach erfolgter Hitzeanpassung ist der Flüssigkeitsbedarf keineswegs geringer, eher sogar höher. Die erforderliche Trinkmenge liegt über den Tag verteilt um 1-3 l höher als unter normalen Bedingungen, bei extremeren Bedingungen sogar noch darüber. Um die Flüssigkeit besser speichern zu können, sollte auf ein Mineralwasser mit hohem Gehalt an Natrium (> 400-1000 mg/l) geachtet werden, auch ein höherer Magnesium-

gehalt von mindestens 80-100 mg/l ist günstig (siehe Etikett!). Neben den kommerziellen Sportgetränken (Elektrolyt-Kohlenhydrat-Mischgetränke) sind insbesondere Fruchtsaft-schorlen, beispielsweise die Apfelschorle mit drei Teilen Wasser und einem Teil Apfelsaft (enthält auch Kalium), zu empfehlen, evtl. zusätzlich mit einer Prise Kochsalz (ca. eine Messerspitze entsprechend ca. 1-2 g NaCl pro l), falls das Mineralwasser zu wenig Natrium enthält.

- ☞ Eiskalte Getränke sind schlechter verträglich, aber kühle Getränke schmecken besser als lauwarme, so dass davon auch mehr getrunken wird. Von stark kohlesäurehaltigen Getränken wird aus Verträglichkeitsgründen abgeraten. Koffeinhaltige Getränke (Kaffee, schwarzer Tee, Cola-Getränke) sowie Alkohol sind ungünstig, da sie zumindest bei diesbezüglich empfindlichen Personen eine diuretische (harntreibende) Wirkung haben und somit zu einem weiteren unerwünschten Flüssigkeitsverlust führen.
- ☞ Zur Selbstkontrolle des Flüssigkeitshaushalts eignet sich regelmäßiges Wiegen des Körpergewichts unter jeweils gleichen Bedingungen, beispielsweise morgens vor dem Frühstück. Zusätzlich sollte der Urin überprüft werden: Eine dunklere Farbe weist auf eine konzentriertere Nierenausscheidung und somit einen Flüssigkeitsmangel hin. Eine weitere Kontrollmöglichkeit wäre die Dichtemessung des Urins mittels Teststreifen, wobei eine Dichte von unter 1.020 anzustreben ist. Durst ist ein eher schlechter Hinweis auf einen Flüssigkeitsmangel, da er erst später auftritt.

- ☞ Zu den Mahlzeiten sollte man sich durchaus von der mediterranen Küche begeistern lassen und viel frisches Obst und Gemüse essen, auch um die Kaliumverluste durch den Schweiß auszugleichen. Wenn in besonderen Situationen mit kritischer Nährstoffversorgung (insbesondere bei hohem Energieverbrauch, schlechter Essensqualität oder Gewichtsverlust) die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln in Erwägung gezogen wird, sollte dies immer in Absprache mit dem Mannschaftsarzt erfolgen und ein sicheres Präparat (beispielsweise aus der ärztlichen „Roten Liste“) verwendet werden, um Verunreinigungen mit nicht-deklarierten und im Sinne der Dopingliste verbotenen Substanzen zu vermeiden.
- ☞ Bei sommerlichen Temperaturen ist das Risiko von sogenannten Lebensmittelvergiftungen mit einer meist durch Salmonellen verursachten Darmerkrankung (fiebrhafter Brechdurchfall) deutlich erhöht. Ursache hierfür ist eine mangelhafte Hygiene bei der Lagerung (ungenügende Kühlung) bzw. Zubereitung (ungenügende Erhitzung) von Eier- und tierischen (besonders Geflügel) Speisen oder verunreinigtes Trinkwasser. Auf Essen von Straßenständen oder in Straßenrestaurants sollte verzichtet werden. Dagegen ist in der Regel in den offiziell empfohlenen Hotelküchen und im olympischen Dorf von einer Gewährleistung der Hygienevorschriften auszugehen. Im Zweifelsfall sollten die potenziell gefährdeten Nahrungsmittel gemieden werden, dazu gehören Milchprodukte (**rohe Milch, Mayonnaise, Pudding und Creme-Nachspeisen, Yoghurt, Quark**), **Speiseeis, Eiskwürfel, Salate (vor allem Eier- und Kartoffelsalat), rohes**

**Fleisch (Tatar, Geflügel- und Wurstaufschnitt, Schinken) und roher Fisch und kalte Meeresfrüchte.** Bei allen Lebensmitteln sollte nach dem Prinzip „braten, kochen, schälen oder verzichten“ verfahren werden. Zum Trinken sind industrierverschlossene Mineralwasserflaschen, kein Leitungswasser, zu verwenden. Regelmäßiges Händewaschen, insbesondere nach dem Toilettengang, sollte eine Selbstverständlichkeit sein.

#### **2.7.4 *Trinken bei Training und Wettkampf***

☞ **Vor** dem Wettkampf ist es wichtig, nicht bereits mit einem Flüssigkeitsmangel an den Start zu gehen. In Sportarten mit einer längeren Belastungsdauer sollten eine halbe Stunde vor Beginn noch ca. 500 ml getrunken werden.

☞ **Während** der Belastung ist es nicht notwendig, den Flüssigkeitsverlust vollständig wieder aufzufüllen. Es wird empfohlen, in regelmäßigen Abständen (wenn möglich alle 15-20 min) und in Portionen von je mindestens ca. 150-250 ml zu trinken, pro Stunde maximal 800-1000 ml. Das Getränk sollte eher kühl (aber nicht eiskalt) sein und keine Kohlensäure enthalten. Während Belastungen mit einer Dauer über einer Stunde sollte das Getränk 3-8 % Kohlenhydrate enthalten, bei heißeren Bedingungen und sehr hohem Flüssigkeitsverlust eher 3-5 %, entsprechend 30-50 g/l. Mehrkettige Kohlenhydratverbindungen (z.B. Maltodextrin oder andere Glukosepolymere) sind zu bevorzugen, während Einfach- (z.B. Glukose = Traubenzucker und Fruktose) und Zweifachzucker (z.B. Haushaltszucker) wegen der hohen Osmo-

lalität (Teilchenkonzentration) zumindest bei höheren Konzentrationen (ca. 8 % und darüber) schlechter verträglich sind. Bei mehrstündigen (ab ca. 2-3 Stunden) Belastungen sollte auf einen ausreichenden Natriumgehalt von mindestens 500 mg/l geachtet werden, welcher auch durch Zugabe von ca. 1-2 g Kochsalz pro Liter erreicht werden kann. Ein Zusatz von Magnesium ist nicht notwendig (zumindest nicht über 150 mg/l), Kalium ist während Belastung wegen der sowieso erhöhten Kaliumblutspiegel nicht notwendig, auf Kalzium sowie Spurenelemente oder Vitamine kann im Wettkampfgetränk (außer bei mehrstündigen Belastungen über mehrere Tage, wie Etappenrennen) verzichtet werden. In jedem Fall sollte das Getränk aber zuvor bereits ausprobiert worden sein, um die individuelle Verträglichkeit zu testen.

- ☞ **Nach** Belastung sollte der Flüssigkeitsverlust, der in etwa dem Abfall des Körpergewichts entspricht, wieder ausgeglichen werden. Hier kann die Kohlenhydratkonzentration höher liegen (ca. 10 %), zumal nach Belastung die Fähigkeit der Muskelzellen zur Einlagerung von Kohlenhydraten für einige Stunden gesteigert ist, außerdem sollte Kalium (ca. 150-300 mg/l) enthalten sein (z.B. Apfelsaftschorle). In den ersten zwei Stunden nach Belastung sollten mindestens 1 g Kohlenhydrate pro kg Körpergewicht zugeführt werden.
- ☞ Der theoretisch positive Effekt der Einnahme von **Glyzerol** zur Anhebung des Plasmavolumens und somit verbesserten Hitzeverträglichkeit in Ausdauerdisziplinen ist wissenschaftlich nicht ausreichend belegt. In der Praxis können glyzerol-

haltige Trinklösungen sogar zu Unverträglichkeitsreaktionen mit Magen-Darm-Beschwerden führen.

### 2.7.5 Gewichtsreduktion („Gewichtmachen“)

☞ Anhand von Körpergewichts- und Körperfettmessungen sollte frühzeitig im Saisonverlauf eine realistische Zielsetzung bei der Gewichtsreduktion erstellt werden, um die Notwendigkeit großer Gewichtsabnahmen vor dem Wettkampf zu vermeiden. Zur Sicherung einer ausreichenden Nährstoffdichte sollte auch eine Ernährungsberatung in Anspruch genommen werden. In Sportarten mit Gewichtsklassen werden Körpergewichtsveränderungen von maximal 3 % des Körpergewichtes, verteilt über einen Zeitraum von 5-7 Tagen vor dem Wettkampf, für akzeptabel gehalten. In diesen kritischen Phasen kann auch – immer nach Rücksprache mit dem Mannschaftsarzt – auf ein Eiweißkonzentrat sowie ein Mikronährstoff-Kombinationspräparat (Multivitamine, Mineralien/Spurenelemente) zurückgegriffen werden.



### **3 Sommer-Smog (Ozon und Luftverschmutzung)**

Unter Smog versteht man eine starke Luftverunreinigung, die mit Dunstbildung insbesondere über städtischen und industriellen Ballungsräumen einhergehen kann. Wesentliche Luftschadstoffe sind Ozon (O<sub>3</sub>), Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO: Stickstoffmonoxid; NO<sub>2</sub>: Stickstoffdioxid), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), flüchtige Kohlenwasserstoffe und partikelförmige Schadstoffe. Zu den häufigsten Schadstoffquellen gehören Autoverkehr, Kraftwerke und industrielle Verbrennungsanlagen. Für die flüchtigen Kohlenwasserstoffe ist die Verwendung von Lösemitteln (z.B. Lackierungen) die häufigste Quelle. Klimatische Faktoren beeinflussen die Schadstoffkonzentration in der Luft. Durch intensive Sonneneinstrahlung wird aus sogenannten Vorläuferschadstoffen vermehrt Ozon gebildet. Man kann deshalb die einzelnen Luftschadstoffe nicht isoliert betrachten, sondern sollte das Zusammenspiel aller Schadstoffe berücksichtigen.

Sportler gelten als eine spezielle Risikogruppe für Ozon und weitere Luftschadstoffe. Aufgrund der angestiegenen eingeatmeten Luftmenge bei körperlicher Belastung werden auch vermehrt Schadstoffe inhaliert. Außerdem gelangen diese infolge der erhöhten Flussgeschwindigkeit und der zunehmenden Mundatmung auch in die unteren bzw. tiefer liegenden Atem-

---

*Sport unter besonderen klimatischen Bedingungen*

wege. Ausdauersportler sind wegen der längeren Expositionszeit am stärksten dem Smog ausgesetzt.

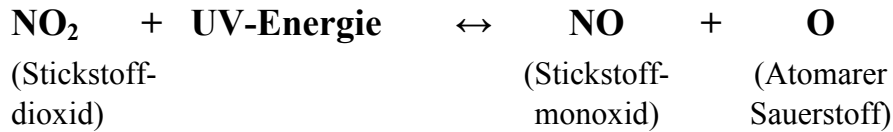
### 3.1 Ozon-Entstehung

Ozon ( $O_3$ ) ist die 3-atomige Form des Sauerstoffs ( $O_2$ ) und in niedriger Konzentration ein normaler Bestandteil der Luft. In ca. 10-40 km Höhe (Stratosphäre) befindet sich eine Ozonschicht, die das Leben auf der Erde gegenüber den ultravioletten Strahlen der Sonne schützt. Man spricht auch vom „guten“ Ozon. Durch hohe Schadstoffemissionen und verschiedene Chemikalien wie Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW) wird dieser Ozonschirm angegriffen und teilweise zerstört, so dass sogenannte Ozonlöcher entstehen. Die daraus resultierende intensivere ultraviolette Strahlung wirkt schädigend und erhöht das Hautkrebsrisiko des Menschen. Über der Südhalbkugel ist das Ozonloch am größten und betrifft beispielsweise Australien und Neuseeland.

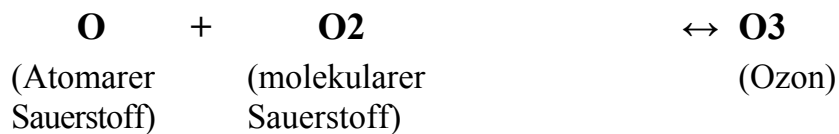
Grundsätzlich anders zu bewerten ist das Ozon in der bodennahen Luftschicht, das auch als „schlechtes“ Ozon bezeichnet wird. Dieses Ozon entsteht nicht direkt, sondern wird sekundär unter der Einwirkung von Sonnenstrahlung aus Vorläuferschadstoffen gebildet. Dabei wird zunächst von Stickstoffdioxid ( $NO_2$ ) atomarer Sauerstoff (O) abgespalten (Reaktion I). Atomarer Sauerstoff ist sehr reaktiv und bildet beim Kontakt zu

Sauerstoffmolekülen ( $O_2$ ) sofort Ozon (Reaktion II). Das Ozonmolekül ist extrem instabil. Bei nachlassender Sonneneinstrahlung wird es durch die gleichen Schadstoffe abgebaut (Reaktion III).

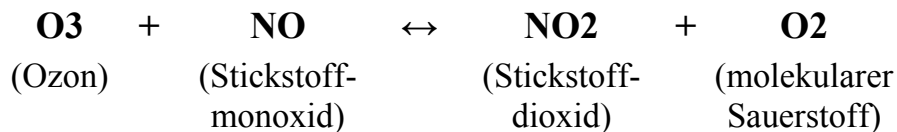
Reaktion I



Reaktion II



Reaktion III



Dementsprechend ist bei niedrigen Schadstoffkonzentrationen der Abbau von Ozon vermindert. Daraus resultiert die paradoxe Situation, dass sich sogenannte Reinluftgebiete hinsichtlich der Ozonkonzentration in der Luft nicht durchgehend günstiger verhalten als städtische oder industrielle Ballungsräume. Dies betrifft insbesondere nadelwaldreiche Höhenlagen, wo sowohl Ozon produziert als auch über Aufwinde aus verkehrsreichen

---

*Sport unter besonderen klimatischen Bedingungen*

Tälern hintransportiert wird. Wegen der reineren Luft wird Ozon aber deutlich langsamer abgebaut, so dass auch abends und nachts die Ozonkonzentrationen relativ hoch bleiben.

### **3.2 Ozon-Wirkungen**

Erhöhte Ozonkonzentrationen können zu Schleimhautreizungen und -entzündungen führen. Betroffen sind vor allem Augen und Atemwege. Es können Symptome wie Augenbrennen oder Tränen der Augen, vermehrter Sekretfluss aus der Nase, Kratzen im Hals, Husten, Atemnot, Brustkorbbeschwerden, aber auch Kopfschmerzen und Übelkeit auftreten. Die Lungenfunktion kann eingeschränkt und die körperliche Leistungsfähigkeit vermindert werden. Eine Schwächung des Immunsystems wird diskutiert.

Die Symptome werden durch körperliche Belastung verstärkt, weil eine größere Luftmenge und somit vermehrt Ozon eingeatmet wird. Da Ozon schlecht wasserlöslich ist, gelangt es auch in die tieferen und peripheren Atemwege. Zu den potentiell gefährdeten Gruppen zählen deshalb Sportler. Ob Sportler mit bekanntem Asthma besonders gefährdet sind, ist bisher nicht geklärt. Eindeutige Unterschiede der Ozonempfindlichkeit zwischen Asthmatikern und Nichtasthmatikern existieren nicht, es werden ähnliche Reaktionen beschrieben. Eine bekannte bronchiale Hyperreagibilität, also eine Überempfindlichkeit der

---

*Sport unter besonderen klimatischen Bedingungen*

Bronchien, wird möglicherweise verstärkt. In einer neueren Studie wurde bei Schulkindern, die regelmäßig in Gebieten mit hohen Ozonkonzentrationen Sport betrieben, ein vermehrtes Auftreten von Asthmaerkrankungen festgestellt.

Die Auswirkungen erhöhter Ozonkonzentrationen sind individuell unterschiedlich. Nicht alle Menschen sind gleich empfindlich. Ca. 10-15 % reagieren besonders empfindlich. Es existiert keine Untersuchungsmethode, um die individuelle Empfindlichkeit vorherzusagen. Anpassungserscheinungen bei regelmäßiger Ozonexposition werden diskutiert, da im Einzelfall auch hohe Ozonkonzentrationen toleriert werden können. Außerdem können angegriffene Schleimhäute schnell regenerieren. Für eventuelle Langzeitschäden gibt es bisher keinen sicheren Hinweis. Ein erhöhtes Krebsrisiko durch die Einwirkung von bodennahem Ozon ist bisher nicht erkennbar.

Die Auswirkungen des Abbaus der Ozonschicht (Ozonloch) betreffen in erster Linie die Haut infolge der verstärkten UV-Strahlung. Es gilt, Sonnenbrände zu vermeiden, da nicht nur die aktuelle Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit beeinträchtigt wird, sondern auch ein erhöhtes Hautkrebsrisiko resultiert. Erkrankungen an Melanomen haben deutlich zugenommen.

### 3.3 Weitere Luftschadstoffe

Von den Stickoxiden (NO, NO<sub>2</sub>) hat Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) die größere Toxizität. Hauptquelle ist der Straßenverkehr. Wie Ozon kann es zu Reizungen der Atemwege und zur Einschränkung der Lungenfunktion führen.

Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) wird als stark wasserlösliches Gas fast vollständig durch die Schleimhäute der oberen Atemwege aufgenommen. Mit zunehmender Mundatmung bei Belastung gelangt aber eine größere Menge in die unteren Atemwege. Eine deutliche Einschränkung der Lungenfunktion mit Einengung der Bronchien wurde wiederholt beschrieben. Asthmatiker reagieren empfindlicher als Nichtasthmatiker. Beta-2-Agonisten (Asthmasprays) sind wirksam.

Kohlenmonoxid (CO) beeinträchtigt die Sauerstoffkapazität des Blutes und damit insbesondere die Ausdauerleistungsfähigkeit. Wegen seiner größeren Affinität zum rotem Blutfarbstoff Hämoglobin kann weniger Sauerstoff transportiert werden. Eine relevante Leistungseinschränkung ist in erster Linie bei Sportlern zu erwarten, die in der Nähe von verkehrsreichen Straßen trainieren. In einer Studie konnte gezeigt werden, dass Jogger, die in der Stadt laufen, ähnliche Konzentrationen an Kohlenmonoxid-Hämoglobin aufweisen wie chronische Zigarettenraucher.

### 3.4 Grenzwerte

Für die verschiedenen Schadstoffe existieren Grenzwertkonzentrationen bzw. Schwellenwerte. Einen für alle Personen und Situationen einheitlichen Grenzwert kann es nicht geben. Die Auswirkungen der Luftschadstoffe sind nicht nur von der Konzentration abhängig, sondern von weiteren Faktoren wie Dauer der Einwirkung, aufgenommene Luftmenge und individuelle Empfindlichkeit.

Tab. 3: Verbreitete Ozongrenzwert (Orientierung am Einstundenmittelwert)

150-200 µg/m <sup>3</sup>	Weltgesundheitsorganisation (WHO) - zum Schutz der Gesundheit
180 µg/m <sup>3</sup>	Warngrenzwert in Deutschland - zum Schutz der Gesundheit
240 µg/m <sup>3</sup>	Sommersmogalarm in Deutschland - Verbot des Kraftfahrzeugverkehrs auf öffentlichen Straßen
360 µg/m <sup>3</sup>	Europäische Union (EU) - Auslösung des Warnsystems

Die Ozonkonzentrationen in Mitteleuropa haben sich innerhalb des letzten Jahrhunderts verdoppelt und liegen im Mittel bei 40-80 µg/m<sup>3</sup> (entsprechend 20-40 ppb). In Tabelle 3 werden ausgewählte und weit verbreitete Ozongrenzwerte genannt, wobei es sich um Einstundenmittelwerte handelt.

Für keinen der genannten Schwellenwerte gibt es eine schlüssige Begründung. Sporttreibende werden in Deutschland bei Überschreiten einer Ozonkonzentration von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gewarnt. In den Sommermonaten können in Deutschland die Ozonkonzentrationen an manchen Tage bei  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und darüber liegen. Im Tagesverlauf sind die höchsten Ozonkonzentrationen in den Mittags- und Nachmittagsstunden zu erwarten. Gegen Abend, wenn Ozon langsam abgebaut wird, und insbesondere am Morgen liegen die Konzentrationen niedriger (Abb. 7).

Auch bei hohen Ozonwerten im Freien liegen die Konzentrationen in Räumen (z.B. Sporthallen) deutlich niedriger, da sich das reaktionsfähige Gas an Oberflächen schnell abbaut.

### **3.5 Luftschadstoffbelastung in Athen**

#### **3.5.1 Bodennahes Ozon**

Im Vergleich zu Mitteleuropa liegen die Ozonkonzentrationen in einigen anderen Ländern deutlich höher. In Mexiko City wird an manchen Tagen sogar die Grenze von  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  überschritten.

Für Athen als Austragungsort der Olympischen Sommerspiele 2004 sind keine exakten aktuellen Angaben für Ozon und andere Luftschadstoffe zu erhalten.



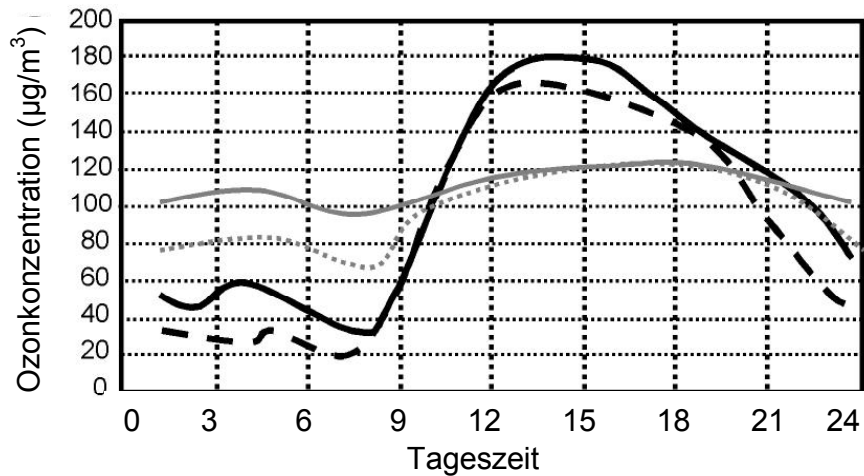


Abb. 7: In den Jahren 1987-1996 ermittelter Tagesverlauf der Ozonkonzentrationen im Juli, gemessen in den Messstationen Liossia (□□□□) und Geoniki (----) bei starkem Nordwind (grau) und südlicher Luftströmung (schwarz). Datenquelle: *Kalabokas & Repapis (2003)*

Die in den 90er Jahren in den Messstationen Liossia (12 km nördlich der Innenstadt) und Geoniki (3 km westlich der Innenstadt) ermittelten Werte zeigen in den Sommermonaten eine starke Windabhängigkeit (Abb. 7). Dabei gingen südliche, aus der Innenstadt herziehende Luftströmungen in diesen beiden Stationen häufig mit nachmittäglichen 1-Stundenspitzenwerten über  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  einher.

Die beim Rheinischen Institut für Umweltforschung der Universität zu Köln abrufbare Ozonprognose für Europa bestätigt, dass

---

*Sport unter besonderen klimatischen Bedingungen*

im Großraum Athen im Monat August mit Werten von 180-240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für den maximalen Einstundenwert gerechnet werden kann, dies aber in Südeuropa nicht ausschließlich eine auf Athen begrenzte Beobachtung darstellt. Damit kann der Warn-grenzwert zum Schutze der Gesundheit (180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) überschriten und der Grenzwert zum Sommersmogalarm (240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) erreicht werden. Da diese Ozonprognose bei einer Rastergrösse von 125 x 125 km aber eine noch relativ geringe Auflösung aufweist, ist unklar, wie repräsentativ diese für Athen selbst und die dortigen Stadtbezirke anzusehen ist.

### 3.5.2 *Weitere Luftschadstoffe*

Athen liegt in einem Bassin, welches von Bergen und nur von einer Seite her vom Meer begrenzt ist. Diese topographische Lage begünstigt eine geringe Luftbewegung, was infolge der hohen Schadstoffbildung durch Industrie und Verkehr sowie unter Einfluss und der starken Sonneneinstrahlung die Grundlage für hohe Immissionskonzentrationen bietet. Entsprechend ist über Athen häufig ein gelblich-brauner Smogschleier, die sogenannte nefos-Wolke sichtbar, die sich aus Stickoxiden und partikelförmigen Schadstoffen zusammensetzt. Für Schwefeldioxid, Stickoxiden und Partikel ist im Vergleich zu etwa Berlin mit um den Faktor 2-3 höheren Immissionskonzentrationen zu rechnen.

Bei allen Spekulationen ist zu beachten, dass zum Zeitpunkt der Olympischen Spiele die teilweise oder sogar vollständige Sperrung des privaten Personenverkehrs geplant ist, was zu einer deutlichen Reduzierung der Konzentration der Luftschadstoffe führen würde.

### **3.6 Konsequenzen für Sportler**

Die möglichen Auswirkungen von Sommer-Smog, insbesondere Ozon, stehen im Gegensatz zu den erbrachten Spitzenleistungen bei früheren internationalen Meisterschaften oder Olympischen Spielen, die teilweise unter extremen Umweltbedingungen stattfanden. Persönliche Erfahrungen bei der ärztlichen Betreuung deutscher Olympiamannschaften, Spitzenleichtathleten, Rudern und der Fußballnationalmannschaft bei Welt- und Europameisterschaften zeigen, dass hochtrainierte Athleten auch äußerst widrige Umstände tolerieren können. Da seit 10-15 Jahren ein zunehmendes Problembewusstsein für Ozonbelastungen entstanden ist, wurde im Rahmen der ärztlichen Betreuung auf mögliche Gesundheitsstörungen, die durch Ozon verursacht sein könnten, besonders geachtet.

Diese Problematik soll an zwei internationalen Sportveranstaltungen beispielhaft dargestellt werden. Bei den Leichtathletik-Weltmeisterschaften in Stuttgart 1993 wurde in den örtlichen Medien ständig vor sportlicher Betätigung im Freien gewarnt, weil die zulässigen Ozonwerte überschritten waren. Zur glei-

---

*Sport unter besonderen klimatischen Bedingungen*

chen Zeit fanden Ausdauerwettbewerbe wie 50-km-Gehen und der Marathonlauf statt. Bei keinem dieser Teilnehmer, wie auch bei anderen der oben genannten internationalen Meisterschaften, wurden akute ozonverdächtige Gesundheitsstörungen beobachtet. Eine besondere Erfahrung brachte ein Fußball-Länderspiel zwischen Mexiko und Deutschland, das kurz vor Weihnachten 1993 im Aztekenstadion in Mexiko City stattfand. In der Halbzeitpause husteten die meisten Spieler und klagten über Atembeschwerden sowie teilweise Übelkeit. Die Ozonkonzentration in der Luft betrug über  $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , für Mexiko City eher niedrig, für mitteleuropäische Verhältnisse aber weit oberhalb jener Werte, die an heißen Sommertagen gemessen werden. Obwohl die Höhenbedingungen von Mexiko City möglicherweise die Symptomatik mit verursacht hatten, war wohl die ungewohnt hohe Ozonkonzentration der entscheidende Faktor für die geschilderten Beschwerden.

Die offensichtlich geringe Häufigkeit von Gesundheitsstörungen bei Hochleistungssportlern, die an bedeutsamen internationalen Wettbewerben unter ungünstigen Umweltbedingungen teilgenommen haben, weist darauf hin, dass Anpassungserscheinungen des Organismus durch entsprechende Exposition möglich sind. Ob besondere Schutzmechanismen entwickelt werden können, ist bisher nicht bekannt. Generell kann festgestellt werden, dass vorwiegend Kraft- und Schnellkraft-

belastungen oder Sportarten mit kurzer Belastungsdauer weniger Probleme bereiten als Ausdauersportarten.

Der typische Tagesverlauf der Ozonkonzentration und die Kumulierung des Smogs im Straßenverkehr sollte Veranlassung sein, die Trainingszeiten in die Morgen- bzw. Abendstunden fernab vom Straßenverkehr zu legen. Wenn möglich, sollte in Hallen ausgewichen werden, wo die Ozonkonzentration bis zu 50 % niedriger liegt.

Eine allgemein akzeptierte medikamentöse Vorbeugung gegen die Auswirkungen von Ozon und Smog gibt es nicht. Bei bekanntem Asthma bronchiale, Anstrengungsasthma oder bronchialer Hyperreagibilität (überempfindliche Reaktion der Bronchien) sollten inhalative Beta-2-Agonisten (Asthmasprays) vor Belastung appliziert werden. Voraussetzung ist aber eine Genehmigung durch den Spitzenverband (oder zukünftig durch die NADA) aufgrund einer ärztlichen Bescheinigung. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei den Olympischen Sommerspielen in Athen diese ärztliche Bescheinigung auch Ergebnisse einer Lungenfunktion und eines Provokationstests einschließen muss. Bei Nichtasthmatikern ist die Verwendung von Asthmasprays vor Belastung wirkungslos. Es gibt vereinzelte Hinweise, dass Ibuprofen (nicht-steroidaler entzündungshemmender Wirkstoff) und Antioxidantien mögliche negative Auswirkungen von Ozon mildern können.

### 3.7 Hinweise für die Sportpraxis

Hohe Ozonkonzentrationen und Luftverschmutzung fordern nicht notwendigerweise die Einstellung sportlicher Aktivitäten. Im Spitzensport kommt hinzu, dass die Wettkampftermine längerfristig feststehen und eine Verschiebung um einige Stunden meist nicht möglich ist. Dennoch sollten die folgenden zusammenfassenden Hinweise beachtet werden:

- ☞ Es gibt keine generellen Grenzwerte für sportliche Betätigungen.
- ☞ Die Empfindlichkeit für Ozon ist unterschiedlich und durch Tests nicht vorherzusagen. Auch bei hohen Ozonkonzentrationen sind Spitzenleistungen möglich.
- ☞ In den ozonreichen Tagesabschnitten sollten Technik- und Schnellkrafttraining gegenüber Ausdauertraining bevorzugt werden. Dem gegenüber ist jeder Sport in der Halle unproblematisch.
- ☞ Trainingsbelastungen sollten in die Morgen- und Abendstunden verlegt werden. Ausnahme: In den Bergen ist eine Verlegung in die Abendstunden nicht sinnvoll, weil meist ohne Effekt.
- ☞ Trainingsbelastungen in der Nähe von verkehrsreichen Straßen oder auf großen freien Flächen sollten vermieden werden. Stattdessen sollten Laubwälder und Parkanlagen (oder Sporthallen) bevorzugt werden.
- ☞ Wegen des Abbaus der Ozonschutzschicht (Ozonloch) sollte man sich vor starker Sonneneinstrahlung schützen: geeignete

---

*Sport unter besonderen klimatischen Bedingungen*

Kleidung, Kopfbedeckung, Sonnenschutzmittel, Sonnenbrille.

- ☞ Bei bekannten asthmatischen Beschwerden sollten Asthmasprays vor Belastung appliziert werden (beachten: Genehmigung erforderlich). Deren Notwendigkeit und die eventuelle Anwendung weiterer Medikamente müssen mit dem Arzt besprochen werden.
- ☞ Reichliche Zufuhr von Obst und Gemüse kann wegen des hohen Gehalts an Antioxidantien möglicherweise ozonbedingte Beschwerden vermindern.
- ☞ Hitzebedingte körperliche Beeinträchtigungen sind häufiger und meist gravierender als ozonbedingte Beschwerden. Vorbeugendes Verhalten gegenüber Hitze hilft auch gegen Ozon.

#### **4 Weiterführende Literatur**

- Aoyagi, Y., McLellan, T.M. & Shepard, R.J. (1997). Interactions of physical training and heat acclimation. *Sports Med*, 23, 173-210.
- Braumann, K.-M. & Urhausen, A (2002). Gewichtmachen. *Dtsch Z Sportmed*, 53, 254-255.
- Carlisle, A.J. & Sharp N.C.C.( 2001). Exercise and outdoor ambient air pollution. *Br J Sports Med*, 35, 214-222.
- Cheung, S.S., McLellan, T.M. & Tenaglia, S. (2000). The thermophysiology of uncompensable heat stress. *Sports Med*, 29, 329-359.
- Dennis, S.C. & Noakes, T.D. (1999). Advantages of a smaller bodymass in humans when distance-running in warm, humid conditions. *Eur J Appl Physiol*, 79, 280-284.
- Deutscher Sportbund (Hrsg.) (1993). *Ozon und Sport*. Frankfurt am Main.
- Galloway, S.D.R. & Maughan, R.J.( 1997). Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Med Sci Sports Exerc*, 29, 1240-1249.
- Gong, H. Jr., McManus, M.S. & Linn, V.W.( 1997). Attenuated response to repeated daily ozone exposures in asthmatic subjects. *Arch Environ Health*, 52, 34-41.



- Grievink, L., Jansen, S.M.A., van't Veer, P. & Brunekreef, B. (1998). Acute effects of ozone on pulmonary function of cyclists receiving antioxidant supplements. *Occup Environ Med*, 55, 13-17.
- Huonker, M. (2003). Hitzeerkrankungen beim Sport – Prophylaxe und Therapie. *Dtsch Z Sportmed*, 54, 122-123.
- Kalabokas, P.D. & Repapis, C.C. (2003). A climatological study of rural surface ozone in central Greece. *Atmos Chem Phys Discuss*, 3, 4989-5018.
- Nielsen, B., Hales, J.R.S., Strange, S., Juel Christensen, N. & Saltin, B. (1993). Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. *J Physiol*, 460, 467-485.
- Noakes, T.D. (1998). Fluid and electrolyte disturbances in heat illness. *Int J Sports Med*, 19, 146-149.
- Speedy, D.B., Noakes, T.D. & Schneider, C. (2001). Exercise-associated hyponatremia. *Emerg Med*, 13, 17-27.
- Taylor, N.A.S. (2003). Strategies to enhance performance in the heat. IOC-Kongress Athen, 8<sup>th</sup>-11<sup>th</sup> Oct. 2003.

***Internetadressen***

National Technical University of Athen:

<http://www.ntua.gr/weather/>

Europaweite Wetter- und Luftschadstoffprognose Eurad Uni-Köln:

<http://db.eurad.uni-koeln.de/index.html?/prognose/>

Pro-Cumulus Europaweite Wetterprognose:

<http://www.procumulus.de/html/index.html>

Wetterprognose Deutscher Wetterdienst:

<http://www.wetter.com/home/>

---

*Sport unter besonderen klimatischen Bedingungen*

***Anschrift der Autoren***

Prof. Dr. W. Kindermann, Prof. Dr. A. Urhausen  
Institut für Sport- und Präventivmedizin  
Bereich Klinische Medizin der Universität des Saarlandes  
Postfach 15 11 50  
66041 Saarbrücken

Prof. Dr. H.-H. Dickhuth  
Abteilung Rehabilitative und Präventive Sportmedizin  
Medizinische Universitätsklinik Freiburg  
Hugstetter Str. 55  
79106 Freiburg

Prof. Dr. A.M. Nieß  
Abteilung Sportmedizin  
Department für Innere Medizin  
Universitätsklinikum Tübingen  
Silcher Str. 5  
72074 Tübingen

**BISp**  
Bonn

Bundesinstitut für Sportwissenschaft  
Graurheindorfer Straße 198, 53117 Bonn  
Telefon 0 18 88 640-0, Telefax 0 18 88 640 90 07  
E-Mail: [info@bisp.de](mailto:info@bisp.de), <http://www.bisp.de>

*Wir helfen dem Sport...*

**DEUTSCHER  
SPORTBUND**

Deutscher Sportbund  
Geschäftsbereich Leistungssport  
Otto-Fleck-Schneise 12, 60528 Frankfurt am Main  
Telefon 0 69 670 00, Telefax: 069 67 49 06  
E-Mail: [info@dsb.de](mailto:info@dsb.de), <http://www.dsb.de>

ISBN 3-89001-114-4