

Dr. med. Detlef Nachtigall

Diese Seite ist für meinen Freund Detlef Nachtigall (geb.Schwarz) Er ist ein wirklich guter Freund für mich, der sogar mein Trauzeuge in Sao Paulo war. Wir sind viele, viele Kilometer gemeinsam gelaufen und haben gemeinsam unsere unterschiedlichen, universitären und beruflichen Prüfungen geschafft. So etwas schweißt für's Leben zusammen.

Detlef verbindet zwei nicht zu unterschätzende Eigenschaft. Er war ein herausragender Athlet, der alles genau plante und so seine Erfahrungen gemacht hat. Außerdem hat er in seiner medizinischen Ausbildung immer den Zusammenhang zum Leistungssport gesucht. Zu guter Letzt ist er ein gewissenhafter und genauer Arbeiter, der die Dinge bis zu Ende denkt. Alle diese Eigenschaften sollen auf dieser Seite zum Ausdruck kommen. Sie wird, wie alles andere, langsam wachsen.

Folgende Themen findet ihr auf dieser Seite:

- [Mineralstoffe und Spurenelemente](#) im Ausdauersport
 - [Kalorienverbrauch beim Laufen](#)
-

Mineralstoffe und Spurenelemente im Ausdauersport

Zur besseren Übersicht sind hier alle wichtigen Mineralstoffe und Spurenelemente aufgezählt. Ein Klick auf den jeweiligen Namen und ihr bekommt klare und verständliche Informationen. Zum Lesen natürlich auch der ganze Text.

[Zink](#)
[Magnesium](#)
[Eisen](#)
[Calcium](#)
[Phosphor](#)
[Jod](#)
[Mangan](#)
[Kupfer](#)
[Chrom](#)
[Selen](#)

Einführung

Wie häufig kommt ein Mineralstoffmangel bei Ausdauersportlern vor?

Leider viel zu häufig und er wird oft nicht als solcher erkannt.

Chronische Müdigkeit beim Training, keine Leistungsfortschritte, trotz umfangreichen Trainings, verlängerte Regenerationszeit nach intensiven Trainingseinheiten. Die Diagnose scheint eindeutig: Übertraining - oder? Könnte es sich auch um einen Eisenmangel handeln? Auch ein Zinkmangel kommt bei Ausdauersportlern häufiger vor. Nicht ungewöhnlich wäre auch eine Unterversorgung mit Jod. Ein relativer Mangel an Spurenelementen und Mineralstoffen ist häufig unter Leistungssportlern. Das Vollbild eines Eisenmangels mit Blutarmut und auffälliger Blässe, oder der Verlust des Geschmackssinnes und Wundheilungsstörungen beim ausgeprägtem Zinkmangel sind allerdings sehr selten unter Leistungssportlern. Das Erkennen eines beginnenden Magnesium- oder Eisenmangels ist schwierig. Aber genau diese relativ leichten Mangelzustände sind es, die die Formentwicklung stören und zu einer Stagnation der Leistung führen.

22 verschiedene Mineralstoffe und Spurenelemente kommen im Körper vor, machen aber zusammen nicht einmal 5% des Körpergewichtes aus. Der Bericht der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) zeigt bei der Versorgung der Normalbevölkerung mit Mineralstoffen vor allem Defizite in der Aufnahme von Calcium und Jod. Triathleten sind hingegen wesentlich häufiger von einem Magnesium- Zink- und Eisenmangel bedroht. Die enorme biologische Bedeutung von Magnesium, Zink und Eisen wird deutlich, wenn man die Vielzahl an Stoffwechselprozessen betrachtet, in den sie biologische Funktionen regulieren.

Viele Untersuchungen haben gezeigt, dass es unter intensiver Belastung zu erhöhten Verlusten von Mineralstoffen und Spurenelementen kommt. Dazu zählen Zink, Magnesium, Chrom, Kupfer und Jod. Diese Substanzen gehen

entweder über den Schweiß oder über den Urin verloren.

Diesem Problem einfach mit der Einnahme von Mineralstofftabletten zu begegnen scheint einfach, funktioniert in der Regel aber mehr schlecht als recht. Die Gründe sind die teilweise schlechte Resorption von Spurenelementen aus Tablettenform, die gegenseitige Beeinflussung der Resorption einzelnen Spurenelement in einem Multi-Mineralstoffpräparat und die Wechselwirkung mit anderen Nahrungsbestandteilen. Häufig zu beobachtende Fehler bei der Einnahme von Mineralstofftabletten sind zum Beispiel: eine Tasse Kaffee direkt nach der Einnahme einer Eisenkapsel oder die Einnahme einer Magnesiumtablette mit einem Glas Milch. Diese Kombinationen sind so wirksam, dass man sich die Einnahme der Tabletten hätte sparen können.

Ernährungsanalysen zeigen, dass viele Athleten ein Defizit in der Chrom-, Zink-, Phosphat-, und Magnesium-Aufnahme haben. Daraus folgt aber nicht zwangsläufig ein Mangelzustand, denn der Körper kann über längere Zeit eine zu geringe Aufnahme durch eine verminderte Ausscheidung über die Niere kompensieren. Vegetarierinnen leiden verschiedenen Untersuchungen zu Folge deutlich häufiger an einem Eisen und Zinkmangel als Frauen, die Fleisch essen. Eine Ernährung ohne Vollkornprodukte und mit wenig Rohkost-Anteil kann zu einer Verarmung des Körpers an Zink und Chrom führen. Auch für den Leistungssport gilt: grundsätzlich kann der Mehrbedarf an Mineralstoffen vollständig über eine ausgewogene Ernährung gedeckt werden. Eine abwechslungsreiche Ernährung mit viel frischem Obst, Gemüse, Rohkost und Vollkornprodukten stellt die Versorgung mit fast allen Spurenelementen vollständig sicher. Eine Ausnahme stellt die ausreichende Versorgung junger Frauen mit Eisen dar, vor allem dann, wenn zusätzlich das Fleisch aus dem Ernährungsplan gestrichen wurde. Ansonsten ist eine zusätzliche Substitution über Pillen und Tabletten nicht notwendig. Die Aussage: „wenn ein wenig gut ist, dann muss mehr noch besser sein“, trifft auf die Mineralstoffaufnahme nicht zu. Die Einnahme von Mineralstoffen über den individuellen Bedarf hinaus hat keine leistungssteigernde Wirkung. Das gilt für Magnesium genauso wie für Eisen, Zink oder Chrom. Die unbegründete Einnahme von Mineralstoffen über den Bedarf hinaus kann zu erheblichen gesundheitlichen Problemen führen. Ein Beispiel dafür ist die zusätzliche Einnahme von Magnesium in Mengen, die 500 mg/Tag übersteigen. Diese Menge führt oft zu Durchfall und kann den Phosphathaushalt aus dem Gleichgewicht bringen. Die zusätzliche Einnahme von Zink (50 mg/Tag) über Monate hinweg kann die Kupferaufnahme aus der Nahrung soweit stören, dass es zu einem Kupfermangel kommt. Auch die regelmäßige Substitution von Chrom ist nicht unproblematisch, es kann sich langfristig ein Eisenmangel einstellen.

Durch einen hohen Anteil von Vollkornprodukten in der Ernährung lässt sich die Zufuhr von Spurenelementen bzw. Mineralstoffen deutlich verbessern. Auf der anderen Seite gibt es Hinweise darauf, dass besonders der hohe Gehalt an Phytinsäure (z.B. in Weizenkleie) die Aufnahme von Eisen und Zink aus der Nahrung hemmt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Phytinsäuregehalt nur in unfermentierten Getreideprodukten (Kleie, Vollkornnudeln) hoch ist. Vollkornbrote enthalten relativ wenig Phytinsäure, weil während der Teigführung/Fermentierung mit Hefe oder Sauerteig ein weitgehender Abbau der Phytinsäure erfolgt. Die bisherigen Untersuchungen zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch eine Erhöhung des Anteils an Getreideballaststoffen und die damit verbundene Mehraufnahme von Phytinsäure keine Beeinträchtigung der Zink und Eisenversorgung entsteht. Der Vorteil des deutlich erhöhten Anteils an vielen Spurenelementen (u.a. Chrom, Selen, Mangan) überwiegt derart, dass diese Produkte für eine Zufuhr von Spurenelementen eine wichtige Bedeutung erlangen. Zu vermeiden sind einseitige Kostformen aus unfermentierten Getreide (z.B. nur Vollkornnudeln oder die tägliche Aufnahme von Kleie als Nahrungszusatz).

Ernährungs-Tipp: Wer sein Müsli oder den Joghurt täglich mit einem Löffel Weizenkeimen verfeinert, erreicht auf diese Weise eine höhere Zufuhr von Mangan, Zink, Eisen und Kupfer, aber auch von Phosphor und Magnesium. Grundsätzlich lässt sich die Zufuhr von Spurenelementen erhöhen, wenn an Stelle von Zucker Melasse, Ursüße oder Vollzucker (getrockneter Saft aus Zuckerrohr bzw. Zuckerrüben) zum Süßen verwendet wird.

Zink

In unserem Körper befinden sich etwa 2 Gramm Zink. Es ist das zweithäufigste Spurenelement nach Eisen im Körper. Es sind mehr als 300 Enzyme bekannt, deren Aktivität durch Zink beeinflusst wird, weiterhin hat es antioxidative Eigenschaften (vergleichbar mit Vitamin C und E) und eine wesentliche Bedeutung für die Regulation von Hormonen. Besonders wichtig ist auch die Rolle von Zink für die normale Funktion des Immunsystems.

Es gibt Untersuchungen aus den USA, die zeigen, dass 40% der untersuchten Sportler zu niedrige Zinkspiegel im Blut aufweisen. Ernährungsprotokolle bei Sportlern zeigen mit am häufigsten eine mangelhafte Aufnahme von Zink unter den essentiellen Nährstoffen.

Ursachen für einen Zinkmangel können hohe Schweißverluste, wiederholte Infekte und häufiger Wettkampfstress sein. Geringe Blutverluste über den Verdauungstrakt unter intensiven Laufbelastungen können nicht nur zu einem Eisenmangel, sondern auch zu einem Zinkmangel führen. Für Triathleten ist folgende Tatsache besonders wichtig: Neuere Studien haben gezeigt, dass es ab Trainingsumfängen von ca. 20 Trainingsstunden pro Woche zu erniedrigten Serum-Zinkspiegeln und vermehrten Verlusten von Zink über den Urin kommt. Die Diagnose eines Zinkmangels erfolgt nicht durch eine einzelne Zinkbestimmung im Serum, sondern nur durch eine wiederholte Messung erniedrigter Werte in Verbindung mit einer typischen Symptomatik.

Bei der Entstehung von indirekten Muskelverletzungen spielen wahrscheinlich freie Sauerstoffradikale eine entscheidende Rolle. Da Zink auch antioxidative Eigenschaften besitzt, kann es auch Muskelmembranen vor den Wirkungen freier Sauerstoffradikale schützen. Die Annahme einer erhöhten muskulären Belastbarkeit durch einen verbesserten antioxidativen Schutz ist daher berechtigt. Ein ausgeglichener Zinkhaushalt ist ein wichtiger Baustein beim Aufbau eines antioxidativen Schutzes.

Empfohlene Aufnahme:

Die von der DGE empfohlene Aufnahme liegt für Männer bei 10 mg und für Frauen bei 7 mg/Tag.

Typische Mangelsymptome:

Ein unspezifischer Hinweis auf einen Zinkmangel kann eine depressive Stimmungslage, ein Appetitverlust, aber auch die Einschränkungen des Geschmacks- oder Geruchssinns sein. Auch eine neu aufgetretene Infektanfälligkeit kann als Hinweis auf einen Zinkmangel gewertet werden. Weitere Symptome eines Zinkdefizits: verzögerte Wundheilung, weiße Flecken auf den Fingernägeln, Nachtblindheit, Haarausfall, allgemein verschlechterte Muskelfunktion

Zinkreiche Lebensmittel sind Hülsenfrüchte, Nüsse, Fleisch, Käse, Vollkornbrote, Weizenkeime, Haferflocken.

Wechselwirkung mit anderen Mineralstoffen und Nahrungsmitteln :

Die Zinkresorption wird durch Kaffee und Tee, aber auch durch Wein gehemmt. Zink aus Fleisch und Eiern wird wesentlich besser resorbiert als aus pflanzlichen Nahrungsmitteln. Die Resorptionsquote von Zink aus Fleisch ist um den Faktor 3 größer als aus einem Vollkornmüsl.

Die Zinkaufnahme im Darm wird durch die gleichzeitige Anwesenheit von Phytaten, vor allem aus Getreide, gestört. Die Folge ist, dass Getreideprodukte, ausgenommen Vollkornbrot, trotz ihres hohen Zinkgehaltes keine guten Zinklieferanten darstellen.

Der Zinkstatus hat eine enge Beziehung mit der Versorgung an Kupfer. Eine lang anhaltende Zinkeinnahme kann zu einem Kupfermangel führen. Die Zinkaufnahme wird durch die Anwesenheit von Eiweiß im Darm verbessert. Die Zinkaufnahme wird negativ beeinflusst durch die gleichzeitige Aufnahme von Calcium, Eisen, Mangan, Selen und Kupfer.

Magnesium

Der Magnesiumgehalt des Körpers beträgt zwischen 20g und 28 g, der größte Teil davon ist in den Knochen enthalten. Magnesium ist an mehr als 320 enzymatischen Reaktionen beteiligt, in denen Nahrung verstoffwechselt wird und neue Stoffe entstehen. Einige wichtige Beispiele sind die Glykolyse (Abbau von Kohlenhydraten), der Fett- und Eiweißstoffwechsel. Auch für die Muskelkontraktion ist Magnesium von großer Bedeutung.

Empfohlene Aufnahme:

Die Empfehlung der DGE für die Magnesiumaufnahme liegt bei Männern bei 350 mg/Tag und bei Frauen bei 300 mg/Tag.

Typische Mangelsymptome:

Allgemein bekannt ist, dass es bei einem Magnesiummangel deutlich häufiger zu Muskelkrämpfen kommt. Aber auch eine Muskelschwäche kann ein Mangelsymptom sein. Eine allgemeine muskuläre Übererregbarkeit kann als deutliches Symptom eines Magnesiummangels gewertet werden. Weitere Symptome bei fortgeschrittenen Mangelzuständen sind Übelkeit, Appetitverlust und Müdigkeit.

Eine Untersuchung an über 500 Amerikanern zeigte, dass durchschnittlich nicht einmal 2/3 der empfohlenen Magnesiumzufuhr von 350 mg erreicht wurden. Auf der anderen Seite gibt es eine Reihe von Fachleuten, die die derzeitige empfohlene Tagesdosis von 350 mg noch für deutlich zu niedrig halten. Die einmalige Bestimmung von Magnesium im Serum gilt nicht als zuverlässige Methode zum Nachweis eines Magnesiummangels. Etwas zuverlässiger ist der wiederholte Nachweis von erniedrigten Magnesiumwerten im Blut. Es ist auffällig, dass bei Sportlern überzufällig häufig ein erniedrigter Magnesiumspiegel im Serum gemessen wird. Ein Übertrainingszustand und eine vermehrte Stressbelastung geht mit erhöhten Magnesiumverlusten einher. Intensives Training mit hohen Schweißverlusten (z.B. bei länger andauernden Hitzeperioden) kann durch die Magnesiumverluste über den Schweiß zu einem Magnesiumdefizit führen. Treffen mehrere der oben aufgeführten „Stressfaktoren“ zusammen, so kann der tägliche Magnesiumbedarf deutlich über den empfohlenen 350 mg liegen. Ein Beispiel: ein 70 kg schwerer Triathlet, Kaffeetrinker, relativ regelmäßiger Biertrinker, intensives Training von 2-4 Stunden täglich. Im August bei Temperaturen, die wochenlang die 30°C-Marke erreichen, wird er einen täglichen Magnesiumbedarf von 500 bis 700 mg haben. Sollte dieser Athlet dann noch wenig auf Vollkornbrot, Nüsse und grünes Blattgemüse stehen, ist

langfristig ein Magnesiummangel vorprogrammiert.

Eine Reihe von Studien hat konkret gezeigt, dass eine Substitution von Mineralstoffen über den Bedarf hinaus keine leistungssteigernde Wirkung hat. In einer Studie an Marathonläufern wurde die Wirkung einer Magnesiumgabe von täglich 365 mg über einen Zeitraum von 4 Wochen vor und 6 Wochen nach einem Marathon auf das Wettkampfergebnis und die muskuläre Regeneration untersucht. Die Magnesiumeinnahme führte zu keinem besseren Wettkampfergebnis als die Placeboeinnahme. Auch die üblicherweise deutlich ausgeprägten Muskelschäden wurden durch die Magnesiumgabe nicht positiv beeinflusst.

Magnesiumreiche Nahrungsmittel:

Gute Magnesiumquellen sind Nüsse, Vollkornbrote, grünes Blattgemüse: Grünkohl, Löwenzahn, Spinat. Aber auch Erbsen, Broccoli, grüne Bohnen und Kartoffeln haben einen hohen Magnesiumgehalt. Obst: Bananen, Himbeeren, getrocknete Früchte: Feigen, Datteln, Aprikosen, Rosinen, Sultaninen.

Wechselwirkung mit anderen Mineralstoffen und Nahrungsmitteln:

Ein hoher Calciumgehalt der Nahrung hemmt die Magnesium-Aufnahme. Die Magnesiumresorption wird weiterhin durch die gleichzeitige Aufnahme von Phosphor, Fett, Protein und Alkohol gehemmt. Alkohol- und Kaffeekonsum führen zu Magnesiumverlusten des Körpers. Die Magnesiumresorption wird durch Vitamin D gesteigert.

Ein hoher Kohlenhydratanteil in der Nahrung soll den Magnesium-Bedarf erhöhen. Bei einem Magnesium-Defizit besteht die Gefahr, dass vermehrt Kalium und Calcium über den Urin verloren gehen. Magnesium soll eine Schutzfunktion gegenüber der Schwermetalltoxizität von Quecksilber und Blei haben. Die Einnahme der „Pille“ kann zu einem erniedrigtem Magnesiumspiegel im Serum führen.

Was tun, wenn ein Mangelzustand besteht?

Sollte ein Magnesiummangel nachgewiesen sein, ist es wichtig, dass bei der Einnahme von Tabletten bestimmte Regeln eingehalten werden. Keine Einzeldosen von mehr als 300 mg einnehmen. Die Tagesdosis auf 2 bis 4 Einzeldosen zwischen 100 bis 200 mg verteilen. Dadurch lässt sich der resorbierte Anteil deutlich erhöhen. Bei einem nachgewiesenem Mangel wird zur Zeit eine tägliche Magnesiumgabe von 5 mg pro Kg Körpergewicht für mindestens einen Monat empfohlen. Für eine 60 kg schwere Athletin bedeutet das eine tägliche Gesamtdosis von 300 mg, am besten verteilt auf drei Einzelgaben von 100 mg über den Tag verteilt. Magnesium bitte nicht zusammen mit calciumreichen Milchprodukten einnehmen. Außerdem sollte es niemals abends eingenommen werden, weil das zu Einschlafstörungen führen kann. Bei typischen Magnesiummangel-Symptomen kann es teilweise Monate dauern, bis das Magnesiumdefizit ausgeglichen ist und die Symptome verschwinden. Die zusätzliche Einnahme von mehr als 500 mg Magnesium am Tag kann zu Durchfall führen.

Ernährungstipp: Eine Umstellung der Trinkgewohnheiten auf eine magnesiumreiches Mineralwasser (> 100 mg/l, z.B. Gerolsteiner, Apollinaris) kann die Magnesiumversorgung enorm verbessern. Auch der Austausch von normalen Zucker gegen Ursüße oder Vollzucker (getrockneter Saft aus Zuckerrohr bzw. Zuckerrüben) verbessert die Magnesiumzufuhr.

Eisen

Von einem Eisenmangel sind in der Normalbevölkerung besonders junge Frauen betroffen. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass fast 40 % der Frauen im Alter zwischen 18 und 45 Jahren vollständig entleerte Eisenspeicher und damit einen Eisenmangel aufweisen. Ursache dafür ist in der Regel eine Kombination aus einer zu geringen Zufuhr über die Nahrung und erhöhten Verlusten durch Menstruationsblutung und Schwangerschaft. Unter den Sportlern sind besonders Mittel- und Langstreckenläufer und Läuferinnen von einem Eisenmangel bedroht. Wettkämpfe und ein intensives Tempotraining führen zu geringen Blutverlusten über den Darm und können dadurch einen Eisenmangel verursachen. Kommt zu diesem intensiven Lauftraining noch eine zu geringe Eisenzufuhr über die Nahrung, z.B. durch einen Verzicht auf Fleisch hinzu, oder bei Frauen eine auffällig starke Menstruationsblutung, so ist die Entwicklung eines Eisenmangels sehr wahrscheinlich.

Typische Mangelsymptome:

Typische Symptome eines Eisenmangels bei Leistungssportlern sind die Unfähigkeit, auf einem hohen Niveau zu trainieren, eine Stagnation der Leistung, trotz intensiven Trainings, aber auch die Neigung zu Muskelkrämpfen. Die Symptomatik kann sehr der eines Übertrainingszustandes gleichen. Allgemeinsymptome sind Müdigkeit und Mattigkeit, manchmal Kopfschmerzen, aber auch Mundwinkelrhagaden können auftreten.

Empfohlene Aufnahme:

Die empfohlene tägliche Aufnahme an Eisen beträgt für Frauen 18 mg und für Männer 12 mg.

Eisenhaltige Nahrungsmittel:

Mit Abstand am meisten Eisen nimmt der Körper aus Fleischprodukten auf. Gute pflanzliche Eisenquellen sind z.B. Hirse und Amaranth-Getreide, aber auch Zuckerrübensirup und getrocknete Aprikosen.

Wechselwirkung mit anderen Mineralstoffen und Nahrungsmitteln:

Eisen aus Fleisch wird vom Darm wesentlich besser resorbiert als Eisen aus pflanzlichen Quellen. Das erklärt auch die Tatsache, dass der Eisenmangel unter Sportlern, die sich vegetarisch ernähren, wesentlich häufiger vorkommt. Eine Langzeitsubstitution von Eisen kann zu einem sekundären Zinkmangel, Chrommangel und Manganmangel führen. Die Eisenaufnahme wird durch ein gleichzeitig hohes Magnesium- oder Zinkangebot im Darm gestört. Ein hoher Calciumgehalt der Nahrung hemmt die Eisenaufnahme. Die Eisenresorption wird durch Mangan direkt gehemmt, auch schon durch kleinste Mengen.

Die Substitution von Eisen über längere Zeit bleibt nicht ohne Auswirkung auf den übrigen Mineralhaushalt. Nach einer 12-wöchigen Eisentherapie bei nachgewiesenem Eisenmangel konnte ein Abfall von Zink und Magnesium im Serum nach Ende der Eisentherapie beobachtet werden. Die Einnahme der Pille kann zu erhöhten Ferritinwerten führen und damit ein falsches Bild von den tatsächlich zu Verfügung stehenden Eisenreserven geben. Die starke Wechselwirkung von Eisen mit anderen Nahrungsbestandteilen hat zu der Empfehlung geführt, Eisen nur auf nüchternem Magen mit einem Mindestabstand von einer halben Stunde zur nächsten Mahlzeit einzunehmen.

Was tun, wenn ein Mangelzustand besteht?

Bei einem nachgewiesenem Eisenmangel (Ferritinwerte von $< 35 \mu\text{g/l}$ bei Sportlern !) ist die Substitution von täglich 100 mg Eisen über einen Zeitraum von 12 Wochen notwendig.

Calcium

Calcium ist der am häufigsten vorkommende Mineralstoff im Körper. 99% des Calciums befinden sich im Knochen und in den Zähnen. Die Calciumversorgung einzelner Bevölkerungsgruppen ist unzureichend. Hierzu zählen besonders junge Frauen. Da Calcium für den Aufbau der Knochenstruktur besonders wichtig ist, kann eine langfristige Unterversorgung an Calcium besonders bei jungen Athletinnen enorme Folgen haben.

Empfohlene Aufnahme:

Die tägliche Calciumaufnahme sollte bei mindestens 800 mg liegen.

Typische Mangelsymptome:

Unter intensiven Trainingsbelastungen drohen Ermüdungsfrakturen. Diese feinen Haarrisse in der Knochenstruktur werden oft erst nach einem langen Leidensweg diagnostiziert. Eine länger bestehende, belastungsabhängige Schmerzsymptomatik im Bereich des Unterschenkelknochens oder im Vorfußbereich kann Hinweise auf eine Ermüdungsfraktur sein.

Wechselwirkung mit anderen Mineralstoffen:

Die Calciumresorption wird durch die Anwesenheit von Vitamin D verbessert und durch ein Zuviel an Magnesium verschlechtert.

Calciumreiche Nahrungsmittel:

Gute Calciumquellen sind im Prinzip alle Milchprodukte.

Was tun, wenn ein Mangelzustand besteht?

Bei der zusätzlichen Einnahme von Calcium-Tabletten ist es wichtig, die Einnahme auf mehrere kleine Einzeldosen zu verteilen. Aus einer einmaligen Tagesdosis von 2000 mg resorbiert der Körper z.B. 280 mg. Aus einer Tagesdosis von 500 mg, die Aufnahme aber verteilt auf drei Einzeldosen, resorbiert der Körper fast genauso viel, nämlich 200 mg. Sollte eine Calciumsubstitution über Tabletten notwendig sein (z.B. im Rahmen einer Ermüdungsfraktur, die u.a. auf ein länger bestehendes Calciumdefizit zurückgeführt werden kann), dann ist besonders Calciumcitrat geeignet. Weniger geeignet ist hingegen Calciumcarbonat, da es die Aufnahme anderer Mineralstoffe (z.B. Phosphor) stören kann und die „Verdauung“ der Nahrung im Magen durch die Neutralisation von Magensäure negativ beeinflusst.

Phosphor

Wie bereits erwähnt, hat die Substitution von Mineralstoffen ohne das Vorliegen eines Mangelzustandes keinen positiven Einfluss auf die Leistungsfähigkeit. Phosphor stellt eine Ausnahme dar. Es ist der einzige Mineralstoff, dessen kurzzeitige Substitution einen günstigen Effekt auf die Leistungsfähigkeit hat, ohne, dass vorher ein Mangelzustand bestanden haben muss. Der entscheidende Nachteil einer hohen Zufuhr von Phosphor z.B. als Phosphat ist, dass es zu einer Störung des Calciumhaushaltes mit abfallenden Calciumwerten im Blut kommt.

Jod

Jod ist ein wichtiges Spurenelement für die Funktion der Schilddrüse. Ein länger bestehendes Defizit in der Jodaufnahme führt zu Veränderungen im Hormonhaushalt der Schilddrüse. Dieses Defizit wird in der Regel durch eine zu geringe Aufnahme von Jod über die Nahrung verursacht. Es ist aber durchaus möglich, dass auch hohe Schweißverluste bei Sportlern einen Mangelzustand mit verursachen können. Die Schweißkonzentration von Jod liegt bei etwa 40 µg/l, d.h. bei einem Schweißverlust von 4 Litern täglich, ist der Jodbedarf eines Sportlers im Vergleich zum Normalbürger bereits verdoppelt.

Empfohlene Aufnahme

Die empfohlene Tagesdosis an Jod beträgt 150 - 200 µg.

Jodreiche Nahrungsmittel sind bestimmte Fischarten, wie z.B. Seelachs, Schellfisch, Kabeljau. Eine wichtige Quelle, für diejenigen die keine Fisch mögen, ist Vollmilch.

Ernährungs-Tipp: Grundsätzlich nur jodiertes Speisesalz verwenden.

Mangan

Mangan ist in Verbindung mit Kupfer wichtig für eine normal Knochenstruktur. Mangan ist für die Funktion einer Reihe von Enzymen in den Mitochondrien (den Kraftwerken der Zelle) wichtig. Der Schweiß enthält geringe Mengen an Mangan. Trotzdem wurde bisher noch nicht über ein gehäuftes Auftreten eines Mangankmangelzustandes unter Sportlern berichtet.

Empfohlene Aufnahme:

Die empfohlene tägliche Aufnahme von Mangan liegt bei 4 mg. Hauptlieferant ist die pflanzliche Nahrung.

Typische Mangelsymptome:

Mangelsymptome können Übelkeit, Erbrechen, Gewichtsverlust, aber auch ein verlangsamtes Haarwachstum und ein Pigmentierungsverlust der Haare sein.

Kupfer

Ein Kupfermangel ist in der Normalbevölkerung äußerst selten und auch über ein häufigeres Auftreten unter Sportlern ist bisher nicht berichtet worden.

Typische Mangelsymptome:

Kupfermangel kann zu einer Anämie führen, die nur schwer von einer Eisenmangelanämie zu unterscheiden ist. Ein Mangel geht mit erhöhten Cholesterinwerten einher.

Wechselwirkung mit anderen Mineralstoffen:

Die Kupferresorption wird durch Calcium, Eisen und Zink verschlechtert.

Chrom

Die Chrom-Aufnahme ist allgemein in der Bevölkerung grenzwertig niedrig. Es überrascht daher nicht, dass Ernährungsanalysen bei Leistungssportlern häufig eine zu geringe Aufnahme von Chrom zeigen. Darüber hinaus gilt es als gesichert, dass intensives Training mit einem erhöhten Verlust von Chrom über die Niere einher geht.

Kurzzeitig war Chrom ein Geheimtipp für Bodybuilder. Es sollte das Muskelwachstum durch Krafttraining fördern. Kontrollierte Studien haben diesen Verdacht nicht bestätigen können. Chrom ist u.a. am Glucosestoffwechsel beteiligt. Darin liegt der Grund, warum einige Sportmediziner glauben, der Bedarf bei Ausdauersportlern sei höher als in der Normalbevölkerung. Für einen höheren Bedarf spricht vielleicht folgende Tatsache: nach intensiven Belastungen verlieren Ausdauersportler vermehrt Chrom über den Urin. Auf der anderen Seite gibt es bisher keine überzeugenden Studien, die einen Chrommangel bei Ausdauersportlern festgestellt haben.

Empfohlene Aufnahme:

Die tägliche Chromaufnahme sollte im Bereich von etwa 120 µg/Tag liegen.

Chromreiche Nahrungsmittel sind Vollkornbrote, Nüsse, Pflaumen, Zuckerrübensirup, Käse, Hefe und überraschenderweise: Bier!

Wechselwirkung mit anderen Mineralstoffen:

Ein Zuviel an Chrom kann die Eisen und Zinkaufnahme stören. Umgekehrt kann auch eine langandauernde Eisentherapie oder Zinksubstitution zu einem sekundären Chrommangel führen.

Selen

Ein weiteres Spurenelement mit wichtiger Bedeutung ist Selen. Selen hat antioxidative Eigenschaften ähnlich wie Vitamin C und Vitamin E. Eine besondere Wirkung von Selen ist es, dass es die Toxizität (Giftigkeit) von Schwermetallen beeinflusst. Die regelmäßige Aufnahme scheint einen relativen Schutz vor einer Quecksilbervergiftung zu bieten. Selen hat für die normale Schilddrüsenfunktion eine Bedeutung.

Bisherige Untersuchungen geben keinen Hinweis darauf, dass sportliche Aktivität mit einem erhöhten Selenbedarf einher geht.

Empfohlene Aufnahme:

Die empfohlene tägliche Aufnahme liegt für Frauen bei 55 µg und für Männer bei 70 µg. Tagesdosen von mehr als 200 µg können toxisch sein.

Selenreiche Nahrungsmittel sind Fleisch, Eier, Milch und Meeresprodukte. Selenreiche Gemüse sind in Abhängigkeit vom Selengehalt des Bodens: Broccoli, Knoblauch, Pilze und Vollkorngetreideprodukte.

Bei zusätzlicher Tabletteneinnahme sollten nicht mehr als 100 – 150 µg/Tag aufgenommen werden.

Viele Athleten werden an dieser Stelle des Artikels sagen, "hab´ ich ein Glück, ich esse Vollkornbrot, Käse, Gemüse und auch Obst, mir kann nichts passieren". Bitte überprüft doch einmal, ob ihr wirklich den größten Teil Eurer Energie aus vollwertigen Getreide, frischen Gemüse und Obst gewinnt. Wer dabei feststellt, dass er einen Teil seiner Kalorien aus Schokolade, Keksen und Chips bezieht und der Gemüseanteil häufig aus der Dose stammt, der wird selbst mit einer vollwertigen Hauptmahlzeit am Tag nicht den notwendigen Bedarf an Spurenelementen decken.

Schlussfolgerungen:

Die Wechselwirkungen der einzelnen Mineralstoffe untereinander sind sehr komplex und zum Teil verwirrend. Für die optimale Versorgung mit Mineralstoffen und Spurenelementen gelten folgende Grundsätze: Vorrangig bleibt die Optimierung der Zufuhr über Nahrungsmittel. Ein Mineralstoffersatz über Tabletten sollte nicht aus Bequemlichkeit, sondern nur z.B. bei bestehenden Nahrungsmittelallergien vorgenommen werden. Auch für den absoluten Hochleistungssportler ist es möglich, alle notwendigen Spurenelemente und Mineralstoffe über die Nahrung aufzunehmen. Bei der Auswahl von Mineralwasser zur Verbesserung der Mineralstoffversorgung ist zu beachten, dass Calcium und Magnesium etwa in einem Verhältnis von 1:1, maximal jedoch im Verhältnis 2:1 zugunsten von Calcium enthalten sein sollten (Magnesiumgehalt mindestens 100mg/l). Dadurch wird sichergestellt, dass die enthaltenen Mineralstoffe auch tatsächlich vom Körper resorbiert werden können. Sollte der begründete Verdacht auf einen oder mehrere Mangelzustände bestehen, sollte über einen vorher genau festgelegten Zeitraum die Einnahme von z.B. Zink- oder Magnesiumtabletten erfolgen (z.B. 4 Wochen). Eine Dauersubstitution von Magnesium, mal mehr mal weniger, ist absolut nicht sinnvoll; das gleiche gilt für die Eiseneinnahme. Wichtig ist, dass niemals gleichzeitig zwei verschiedene Mineralstofftabletten (Magnesium, Zink, Calcium, Eisen) eingenommen werden. Es wird konsequent ein Mangelzustand zur Zeit mit Tabletten (z.B. über 4 Wochen) behandelt, und dann der nächste. Nur bei extrem ausgeprägtem Mangelzuständen, die im Leistungssport selten vorkommen, müssen z.B. Magnesium- und Eisenmangel zur gleichen Zeit behandelt werden. Dann ist es aber wichtig, dass die Tabletteneinnahme von Eisen und Magnesium zeitlich deutlich voneinander getrennt stattfindet (z.B. morgens und abends). Geringe Konzentrationen von Spurenelementen und Mineralstoffen, wie sie in den meisten vollwertigen Nahrungsmitteln vorkommen, stören sich nicht gegenseitig bei der Aufnahme durch den Körper. Das gleiche gilt für

niedrig dosierte Multi-Mineralstoffpräparate (Mineralstoffe <10 mg, Spurenelementen < 1 mg).

Kalorienverbrauch beim Laufen

Inhalt:

1. Einführung
2. Der durchschnittliche Kalorienbedarf eines Erwachsenen pro

Tag

3. Der Engergieverbrauch beim Dauerlaufen
4. Wie setzt sich der Kalorienbedarf zusammen?
 - 4.1. Grundumsatz
 - 4.2. Energieaufwand für körperliche Aktivität (Arbeits- oder Leistungsumsatz)
 - 4.3. Nahrungsinduzierte Wärmebildung (postprandiale Thermogenese)
5. Welche Faktoren beeinflussen den Energieumsatz beim Laufen
6. Laufen zur Gewichtskontrolle
7. Das metabolische Äquivalent (MET) zur Berechnung des Energieumsatzes
8. Wissenswertes zum Thema Engergieverbrauch
9. Weiterführende Literatur

1. Einführung

Bei der Mehrzahl der Erwachsenen werden nur etwa 20% des täglichen Kalorienverbrauchs durch körperliche Aktivität verursacht. Dabei bietet gerade sportliche Aktivität die Möglichkeit den Gesamtbedarf an Kalorien maßgeblich zu beeinflussen. Wie groß ist der Kalorienverbrauch beim Laufen im Verhältnis zum Gesamttagesbedarf? Ist es nur ein Tropfen auf den heißen Stein oder ist es geeignet, überflüssige Pfunde dahin schmelzen zu lassen? Von vielen Menschen mit Gewichtsproblemen wird der Kalorienverbrauch bei sportlicher Aktivität jedoch überschätzt. Reicht der Kalorienverbrauch bei einem 10 km Lauf aus, um eine zusätzliche Tafel Schokolade zu vertilgen? Wie hoch ist der Kalorienbedarf eines Leistungssportlers, der jeden Tag läuft? Warum ist es aus der Sicht des Kalorienverbrauchs nahezu gleichgültig, ob wir einen Dauerlauf über 12 km in 1:00 Stunde oder 1:15 Stunde absolvieren? Der folgende Beitrag zum Energiebedarf beim Laufen versucht auf diese und viele vergleichbare Fragen konkrete Antworten zu geben.

Der Energieumsatz bzw. der Kalorienverbrauch bei sportlicher Aktivität kann entweder in Joule oder Calorie gemessen werden. In Deutschland ist noch überwiegend die Einheit kcal

gebräuchlich, obwohl die korrekte SI-Einheit für Energie kJ lautet. 1 kcal entspricht 4,18 kJ. Im Folgenden wird die Einheit kcal für den Energieumsatz verwendet.

2. Der durchschnittliche Kalorienbedarf eines Erwachsenen pro Tag

Der Kalorienverbrauch pro Tag eines durchschnittlichen Erwachsenen mit sitzender Bürotätigkeit und ohne anstrengende Freizeitaktivitäten liegt abhängig vom Geschlecht und Körpergewicht in einem Bereich von 1600 – 2000 kcal für Frauen und 2400 bis 2900 kcal für Männer (Tab. 1) (16). Hochleistungssportler mit täglich 3 bis 4 Stunden harten Training verdoppeln etwa ihren Kalorienbedarf pro Tag.

Tab. 1: Durchschnittlicher Kalorienbedarf pro Tag bei wenig aktiven Erwachsenen (19 – 50 J.)

Körpergewicht	Frauen	Männer
50 kg	1680	-
55 kg	1736	-
60 kg	1792	2400
65 kg	1848	2480
70 kg	1904	2560
75 kg	1969	2640
80 kg	2016	2720
85 kg	-	2800
90 kg	-	2880

3. Der Energieverbrauch beim Dauerlauf

Der Dauerlauf zählt unter den Ausdauersportarten zu den Disziplinen mit dem relativ höchsten Energieumsatz. Im Vergleich zum Laufen beträgt der Kalorienverbrauch beim Inline-Skaten bei gleicher Geschwindigkeit nur maximal die Hälfte. Ein 80 kg schwerer Mann verbraucht bei einem Dauerlauf über 12 km in der Stunde (5-Minuten-Schnitt) 944 kcal. Auf Inline-Skates würde er bei gleicher Geschwindigkeit nur 390 kcal pro Stunde verbrauchen. In der Tabelle 2 und 3 ist ein Vergleich zwischen verschiedenen Ausdauersportarten dargestellt. Dabei sind die Entfernungen pro Stunde aufgetragen, die für den gleichen Kalorienverbrauch bei den einzelnen Aktivitäten zurückgelegt werden müssen. Anzumerken bleibt, dass der Energiebedarf beim Skaten und Radfahren mit höherer Geschwindigkeit im Vergleich zum Laufen überproportional ansteigt.

Tab. 2: Sportliche Aktivitäten mit gleichen Energieverbrauch pro Stunde (700 kcal)

Folgende Aktivitäten haben pro Stunde den gleichen Kalorienverbrauch*
19 km/h Inline-Skaten
23 km/h Mountainbike auf Schotterpiste
32 km/h Rennrad, Straße
10 km/h Laufen
2500 m/h Schwimmen (Freistil)
9 km/h Walking
*700 kcal für eine 70 kg schwere Person

Tab. 3 Sportliche Aktivitäten mit gleichen Energieverbrauch pro Stunde (300 kcal)

Folgende Aktivitäten haben pro Stunde den gleichen Kalorienverbrauch*
13 km/h Inline-Skaten
18 km/h Tourenrad, Straße
1250 m/h Schwimmen

6 km/h Walking
*300 kcal für eine 60 kg schwere Person

Der Kalorienverbrauch für einen 1-stündigen Dauerlauf über 12 km schlägt bei einem Mann (70 kg) zusätzlich mit 826 kcal zu Buche. Das entspricht immerhin ca. 32% des durchschnittlichen Tagesbedarfs eines vergleichbaren Erwachsenen mit überwiegend sitzender Tätigkeit (Tab. 1). Der Kalorienverbrauch beim Laufen wird im Wesentlichen durch das Körpergewicht und die Streckenlänge bestimmt. Tabelle 4 gibt einen Überblick über den Energieumsatz pro Stunde Dauerlauf in Abhängigkeit von Körpergewicht und Streckenlänge (18):

Tab. 4: Energieverbrauch in kcal pro Stunde Dauerlauf

Körpergewicht [kg]	Streckenlänge			
	8 km	10 km	12 km	15 km
50	445	507	590	757
55	490	557	649	833
60	534	608	708	909
65	579	659	767	984
70	623	709	826	1060
75	668	760	885	1136
80	712	811	944	1212

Übrigens liegt der Kaloriengehalt einer Tafel Vollmilchschokolade bei etwa 530 kcal. Demnach reicht ein Dauerlauf über 10 km für die meisten Erwachsenen, um diese zusätzliche Kalorienaufnahme zu kompensieren (Tab. 4).

4. Wie setzt sich der Kalorienbedarf zusammen?

Der gesamte Energieverbrauch pro Tag setzt sich im Wesentlichen aus drei Komponenten zusammen: 1. dem Grundumsatz, 2. dem Energiebedarf für körperliche Aktivität und 3. der nahrungsinduzierten Wärmebildung (postprandiale Thermogenese).

4.1 Grundumsatz

Den größten Anteil an unserem täglichen Kalorienbedarf hat der Grundumsatz bei körperlicher Ruhe (GU). Zwischen 60 bis 70% des Tagesbedarfs werden allein durch den Ruheenergieverbrauch bestimmt. Diese Energie benötigt der Körper für eine normale Körperfunktion: Herzschlag, Atmung, Körpertemperatur. Die Größe des Grundumsatzes lässt sich kurzfristig nur wenig beeinflussen. In der Höhe des GU liegt aber für viele Menschen die Erklärung, warum sie Gewichtsprobleme haben. Viele Faktoren beeinflussen die Höhe des GU: das Alter, das Geschlecht, Hormone (z.B. Schilddrüsenhormon) und die so genannte Lean-body-mass (fettfreie Körpermasse), die sich im Wesentlichen aus dem Gewicht der Organe und der Muskulatur zusammensetzt. Aber auch die Umgebungstemperatur oder die Frage, ob jemand gerade „auf Diät“ ist, spielt eine wesentliche Rolle für die Höhe des Grundumsatzes. Im Verlaufe einer Diät sinkt der Grundumsatz, d.h. man isst zwar weniger, verbraucht leider aber auch weniger Kalorien. Das erklärt, warum eine kalorienreduzierte Diät oft weniger Fett dahin schmelzen lässt als ursprünglich erwartet.

Im Gegensatz zur Diät, bei der der Grundumsatz sinkt, kann ein intensives Lauftraining den GU erhöhen. Dass man beim Laufen mehr Kalorien verbrennt als beim gemütlichen Lesen eines Buches ist allen bekannt. Entscheidend ist aber, dass derjenige, der intensiv Sport betreibt auch beim Lesen eines Buches in Ruhe mehr Kalorien umsetzt als sein unспортlicher Nachbar mit gleichem Körpergewicht. Ursache dafür ist zum einen die höhere Lean-body-mass und der leicht erhöhte Nachbelastungsstoffwechsel in den Stunden nach dem Sport.

Einflussgrößen auf den Grundumsatz:

Alter: Etwa mit 20 Jahren hat man den höchsten Grundumsatz, danach sinkt der GU in jeder Lebensdekade um 2%. Auch ein Grund, warum ältere Menschen weniger Essen und leichter an Gewicht zunehmen.

Größe: Je größer die Körperoberfläche, desto größer der Grundumsatz. Große, dünne Menschen haben einen höheren GU. Vergleicht man eine große Person mit einer kleinen bei gleichem Körpergewicht, so hat die große Person einen höheren GU.

Geschlecht: Männer haben im Allgemeinen einen um 10 bis 15% höheren GU als Frauen. Ein wesentlicher Grund ist die größere Muskelmasse des Mannes. Die fettfreie Körpermasse (Lean-body-mass) braucht mehr Energie als Fettgewebe. Es macht also durchaus Sinn, sich ein paar Muskeln anzutrainieren. Ein Bodybuilder auf der Couch verbraucht in Ruhe mehr Kalorien als sein gleich schwerer, aber nicht muskelbepackter Arbeitskollege.

Umgebungstemperatur: Überraschenderweise ist der Grundumsatz unter tropischen Temperaturen 5 bis 20% höher als unter Normalbedingungen. Hingegen steigt der GU bei einem Aufenthalt in milder Kälte nur um etwa 7% (7).

4.2 Energieaufwand für körperliche Aktivität (Arbeits- oder Leistungsumsatz)

Der bewegungsabhängige Energieverbrauch liegt für die meisten Menschen bei 20% - 40% des gesamten Energieverbrauchs. Dieser Anteil des Gesamtenergiebedarfs ist großen individuellen Schwankungen unterworfen. Beeinflusst wird die Höhe des Leistungsumsatzes durch die Dauer und Intensität von sportlicher Aktivität. Ganz wesentlich wird dieser Wert aber auch von den Alltagsaktivitäten, wie Aufräumen, Einkaufen gehen oder Gartenarbeit geprägt.

Grundsätzlich stellt aber körperliche Aktivität eine gut zu beeinflussende Größe dar, um den Gesamtenergieverbrauch zu erhöhen.

4.3 Nahrungsinduzierte Wärmebildung (postprandiale Thermogenese)

Nicht nur Dicke schwitzen nach einer üppigen Mahlzeit. Körpertemperatur und Wärmeabgabe an die Umgebung steigen nach der Nahrungsaufnahme. Die nahrungsinduzierte Thermogenese entspricht der Steigerung des Energieumsatzes nach Nahrungsaufnahme. Diese Wärmebildung beruht darauf, dass für Verdauung und Stoffwechsel Energie benötigt wird. Für diesen Verarbeitungsprozess werden durchschnittlich 8 - 15% des täglichen Energieumsatzes benötigt. Diese nahrungsinduzierte Wärmebildung hängt allerdings stark von der Zusammensetzung des Essens ab: Bei ausschließlicher Ernährung mit Fetten sinkt dieser Wert auf 2 - 4%. Eine reine Kohlenhydrat-Ernährung verursacht eine etwas höhere Wärmeproduktion (4 - 7%). Die extrem eiweißreiche Ernährung hat den höchsten Energiebedarf bei der Verstoffwechslung (18 - 25%).

5. Welche Faktoren beeinflussen den Energieumsatz beim Laufen

Die Höhe des Kalorienbedarfs beim Laufen wird im Wesentlichen durch das Körpergewicht des Läufers und die zurückgelegte Strecke bestimmt. Weiteren Einfluss haben die Laufgeschwindigkeit / -intensität und der Trainingszustand.

1. Der Kalorienverbrauch ist streng körpergewichtsabhängig. Während eine 50-kg-Läuferin für 10 km (6 Min/km) ca. 500 kcal benötigt, verbraucht ihr 70 kg schwerer Freund, neben ihr laufend, ca. 700 kcal (Abb.1). Deutliche geschlechtsbedingte Unterschiede sind nicht bekannt.

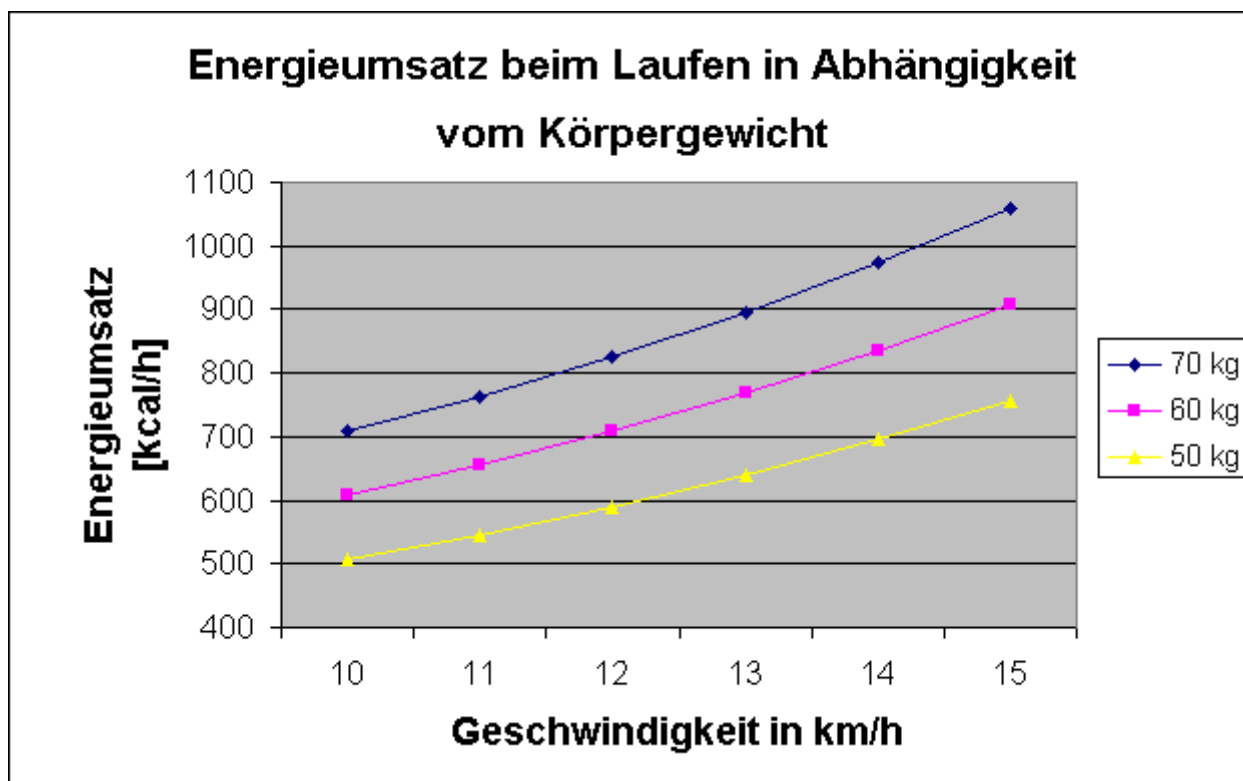
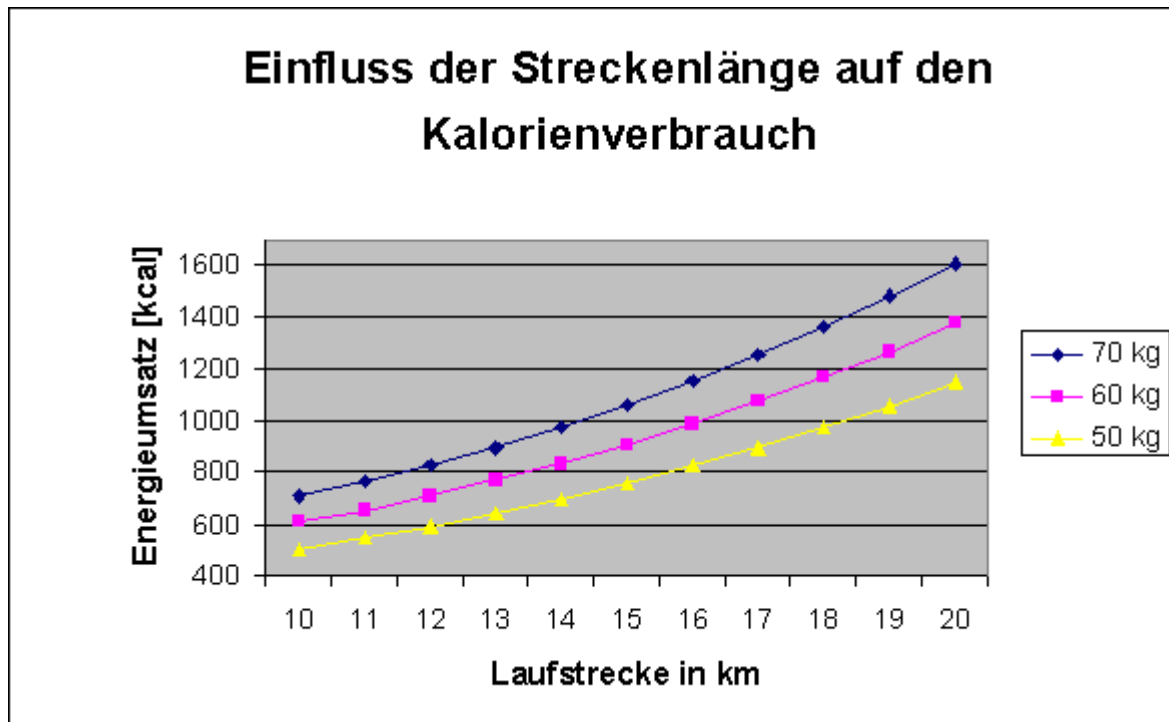


Abb. 1: Kalorienverbrauch beim Laufen in Abhängigkeit vom Körpergewicht (18)

2.



Mit zunehmender Streckenlänge steigt der Kalorienverbrauch fast linear an. In Abb. 2 ist der Zusammenhang zwischen der zurückgelegten Laufstrecke und dem Kalorienverbrauch für unterschiedlich schwere Läufer bzw. Läuferinnen dargestellt.

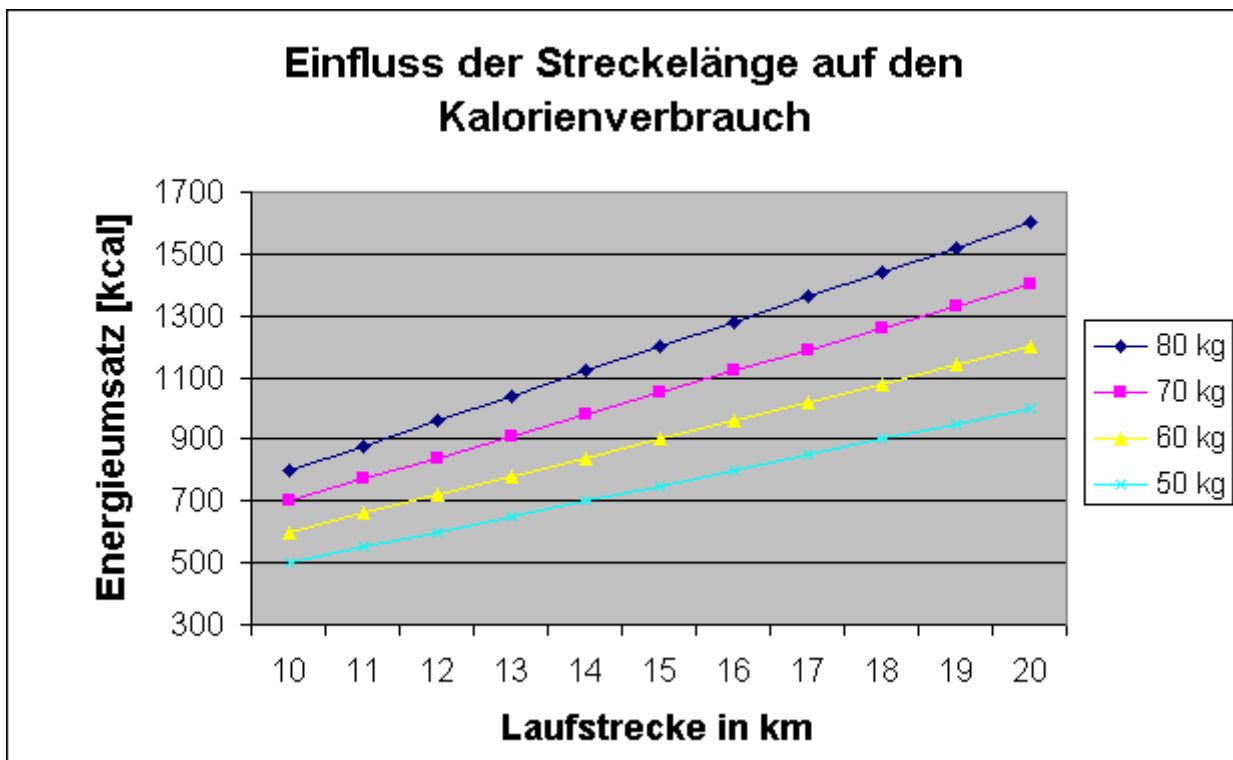


Abb. 2: Kalorienverbrauch beim Laufen in Abhängigkeit von der Streckenlänge

3. Auch die Laufintensität bzw. Laufgeschwindigkeit, d.h. die Zeit die für einen km benötigt wird, hat Einfluss auf den Kalorienbedarf. Der Unterschied wird offensichtlich, wenn ein

langsamer (6 min/km) und ein schneller Läufer (4 min/km) die gleiche Zeiteinheit, z.B. 1 Stunde laufen. Dabei legt der langsame Läufer 10 km und der schnelle Läufer 15 km in einer Stunde zurück. Der Kalorienverbrauch des schnellen Läufers (70 kg) liegt bei ca. 1050 kcal, der des langsamen Läufers (70 kg) bei etwa 700 kcal. In der Praxis laufen beide aber eher die gleiche Streckenlänge, z.B. 12 km, als die gleiche Zeiteinheit. Der schnelle Läufer hat dann allerdings eine deutlich kürzere Belastungszeit (48 min vs. 1:12 h). In diesem Fall ist der Energieverbrauch bei beiden Läufern nahezu identisch (850 kcal). Daraus ergibt sich eine ganz wesentliche Schlussfolgerung für den Kalorienverbrauch beim Laufen: Die Laufgeschwindigkeit hat keinen Einfluss auf den Energieverbrauch solange zwei Läufer mit unterschiedlicher Geschwindigkeit die gleiche Entfernung zurücklegen. Das gilt für Laufgeschwindigkeiten von 10 km/h (6 min pro km) bis 15 km/h (4 min pro km) ohne Einschränkung. Am Beispiel des Energieverbrauchs beim Marathonlauf wird dies deutlich. Die folgende Tabelle 5 zeigt, dass der 3-Stunden-Läufer einen ähnlichen Kalorienverbrauch aufweist, wie ein Läufer der nach ca. 4 Stunden ins Ziel kommt.

Tab. 5: Kalorienverbrauch beim Marathon in Abhängigkeit von der Laufzeit

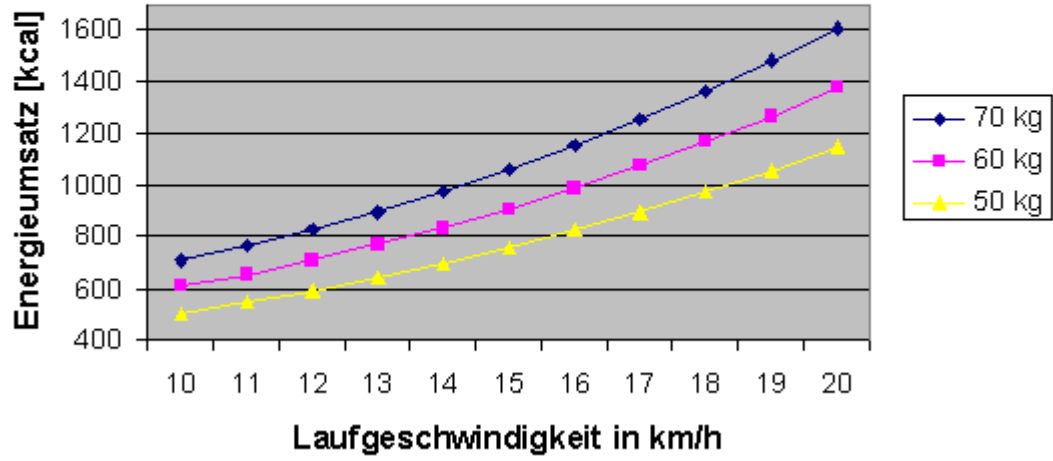
Marathonzeit [Stunden]	Kalorienverbrauch [kcal]		
	60 kg	70 kg	80 kg
2:48	2544	2969	3393
3:00	2506	2923	3341
3:30	2479	2892	3305
4:12	2553	2979	3404

Merke: Wesentlich für den Kalorienverbrauch beim Laufen ist die zurückgelegte Laufstrecke, nicht die Laufgeschwindigkeit.

Für Laufgeschwindigkeiten von ≥ 16 km/h ist dieser einfache Zusammenhang nicht mehr gültig. Aus der Abb. 3 wird ersichtlich, dass ab einer Laufgeschwindigkeit von 16 km/h der Energieumsatz überproportional ansteigt. Deutlich wird dies auch am Kalorienverbrauch eines Marathonlaufs im Bereich des Weltrekordes (2:05:38 Std.): Ein 60 kg leichter Kenianer wird nach 2:06 Std. am Ende des Marathons etwa 2891 kcal umgesetzt haben und damit mehr als ein 4-Stunden-Läufer bei gleichem Körpergewicht, obwohl dieser gut 2 Stunden länger auf den Beinen war (Tab. 5).

Abb. 3: Kalorienverbrauch beim Laufen in Abhängigkeit von der Laufgeschwindigkeit

Einfluss der Laufgeschwindigkeit auf den Kalorienverbrauch



4. Als Ergebnis eines regelmäßigen Trainings wird die Laufbewegung ökonomischer, d.h. es wird bei gleicher Geschwindigkeit weniger Energie verbraucht. Da viel Athleten aber immer mit dem gleichen Grad subjektiver Anstrengung laufen, erhöht sich mit dem besseren Trainingszustand in der Regel auch die Laufgeschwindigkeit und damit steigt der Energieverbrauch wieder. Im Allgemeinen kann man davon ausgehen, dass eine verbesserte Laufökonomie den Kalorienverbrauch um ca. 10 bis 15% reduziert (Abb. 4). Davon abzugrenzen ist jedoch die Zunahme der absoluten Leistungsfähigkeit (gemessen als maximale Sauerstoffaufnahme VO_{2max}) als Ergebnis eines eher langfristigen Trainingsprozesses. Diese Veränderungen gehen weit über einen rein ökonomischeren Bewegungsablauf hinaus. Bei einer Zunahme der VO_{2max} beim Laufen hat der Betreffende das Gefühl, der 4-Minuten-Schnitt, der vor 2 Monaten noch richtig anstrengend war, geht jetzt fast wie von selbst. Das bedeutet aber nicht, dass der Energieverbrauch im gleichen Maße sinkt. Auch mit einer als Folge des Trainings erhöhten Leistungsfähigkeit wird der Energiebedarf bei einem 15-km-Lauf im 4-Minuten-Schnitt pro km noch bei etwa 950 kcal (± 100 kcal) für einen 70 kg schweren Läufer liegen.

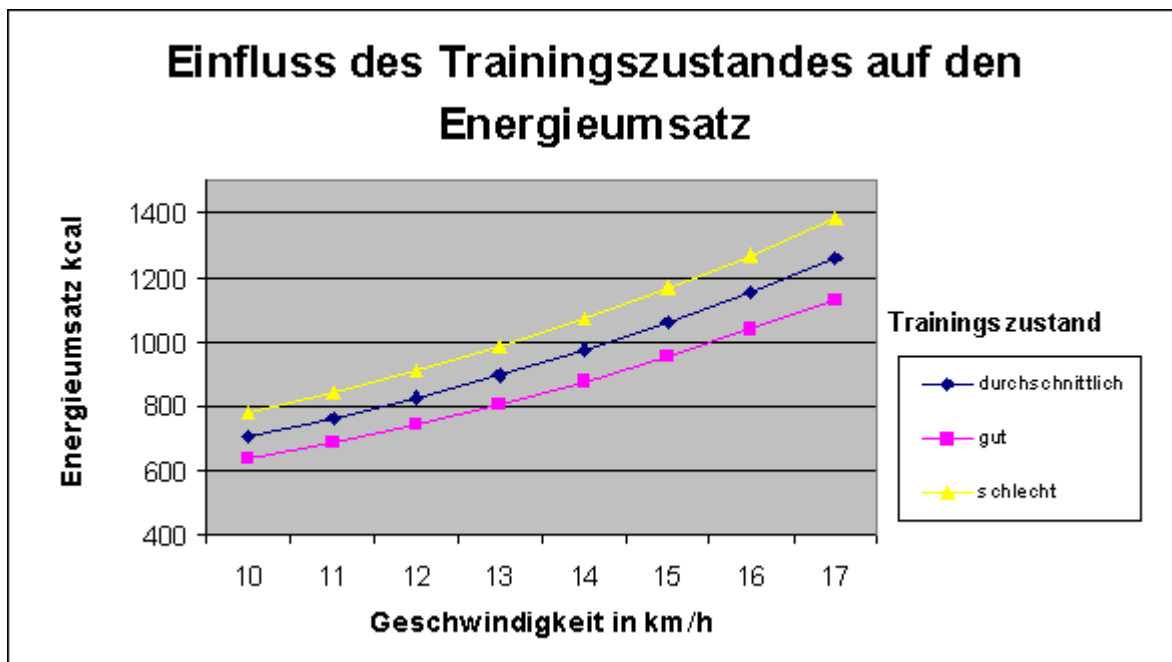


Abb. 4: Einfluss des Trainingszustandes eines Läufers (70 kg) auf den Energieumsatz

Die bisherigen Ausführungen macht deutlich, dass pauschale Angaben zum Energieverbrauch bei sportlicher Aktivität mit großen Fehlern behaftet sein können. Eine undifferenzierte Angabe, z.B. „1 Std. Dauerlauf verbrennt 700 kcal“ ist für die Mehrzahl der Erwachsenen zu ungenau. Eine grobe Abschätzung des Kalorienverbrauchs beim Laufen ermöglicht eine einfache Formel, die das Körpergewicht berücksichtigt:

Energieumsatz: 1 kcal pro Kilometer und Kilogramm Körpergewicht

Beispiel: Ein Läufer mit 78 kg Körpergewicht läuft 13 km: $13 \text{ km} \times 78 \text{ kg} = 1014 \text{ kcal}$

Es gibt noch weitere Einflussfaktoren, die aber im Vergleich zum Körpergewicht den Kalorienverbrauch nur gering

beeinflussen. Beispielsweise erhöht eine Mahlzeit (mind. 1000 kcal) bis zu einer Stunde vor dem Laufen eingenommen den Kalorienverbrauch (7). Allerdings ist das Laufen mit vollem Bauch auch kein Vergnügen!

6. Laufen zur Gewichtskontrolle

Wer das Laufen im Wesentlichen aus der Motivation heraus betreibt, sein Kalorienverbrauch zu erhöhen, sollte beachten, dass es leichter ist den Kalorienverbrauch über eine zunehmende Streckenlänge als über eine erhöhte Laufintensität / Laufgeschwindigkeit zu steigern. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: Ein Läuferin mit einem Körpergewicht von 60 kg verbraucht bei einem Dauerlauf in einem Tempo von 5:30 /km über eine halbe Stunde 330 kcal. Um 430 kcal zu verbrauchen, müsste die Frau ihr Lauf-Tempo auf 4:17 /km erhöhen, oder, und das scheint für viele leichter, einfach die gleiche Geschwindigkeit etwa 9 Minuten länger laufen (entsprechend ca. 1,7 km).

Merke: Um das Körpergewicht zu reduzieren, ist es leichter die Laufstrecke zu verlängern als die gleiche Strecke schneller zu laufen.

Um das Körpergewicht durch Laufen zu reduzieren benötigt man mehr Zeit als es auf dem ersten Blick zu vermuten wäre. Geradezu beeindruckend scheint es, wenn man sich am Ende eines 1-stündigen Dauerlaufs auf die Waage stellt. Im Sommer ist ein Gewichtsverlust von einem Kilogramm Normalität. Bei diesem Gewichtsverlust handelt es sich aber zum aller größten Teil um einen Flüssigkeitsverlust, der durch eine entsprechend erhöhte Trinkmenge wieder ausgeglichen werden muss. Um ein Kilogramm Gewicht (überwiegend Fett) abzunehmen, ist bei gleichbleibender Ernährung ein zusätzlicher Kalorienverbrauch von ca. 7700 kcal notwendig (15).

Wie lange dauert es durch ein Lauftraining diese 7700 kcal zu verbrennen? Ein älterer Läufer (79 kg) entschließt sich bei gleichbleibender Ernährung dreimal pro Woche zusätzlich 7 km in 42 min zu laufen (560 kcal x 3). Er verbraucht beim Laufen demnach 1680 kcal pro Woche mehr als üblich. Hätte sich dieser Mann statt dessen die gleiche Zeit (insgesamt ca. 2 Std.) entspannt vor den Fernseher gelegt, läge der Kalorienverbrauch in der gleichen Zeit bei etwa 160 kcal. Nur wenn wir diesen Ruhe-Energieverbrauch vom Energieumsatz beim Laufen abziehen, erhalten wir den Kalorienanteil, der wirklich zusätzlich verbraucht wird (1680 – 160 = 1520). Das bedeutet, dass dieser Läufer 5 Wochen regelmäßig dreimal pro Woche zusätzlich laufen müsste, um sein Körpergewicht um 1 Kilogramm zu reduzieren. Ganz korrekt ist diese Rechnung nicht, denn es wird dabei nur der erhöhte Energieumsatz für die Zeit des Laufens betrachtet (in diesem Beispiel 560 kcal). Nicht berücksichtigt wurde dabei der nach Belastungsende noch bis zu Stunden anhaltende leicht erhöhte Kalorienverbrauch (15). Neben dem Auffüllen von entleerten Energiespeichern wird auch zusätzliche Energie benötigt für die trainingsinduzierten Aufbauvorgänge in der Muskulatur. Dieser erhöhte Nachbelastungs-Stoffwechsel verbraucht in der Regel weniger als 10% des Energieumsatzes der eigentlichen sportlichen Belastung. Soweit die Theorie. In der Praxis erzeugt das zusätzliche Laufen auch ein vermehrtes Hungergefühl, sodass sich die notwendige Zeit, um 1 Kilogramm abzunehmen, nicht exakt bemessen lässt .

7. Das metabolische Äquivalent (MET) zur Berechnung des Energieumsatzes

Vielen Menschen ist die Berechnung von verbrauchten Kalorien zu kompliziert. Auch der Vergleich zwischen den verschiedenen Formen körperlicher Aktivität (Laufen, Schwimmen, Radfahren) erfordert oft Detailkenntnisse. Um eine Vergleichbarkeit des Energieverbrauchs verschiedener Aktivitäten zu ermöglichen, wurde das Konzept des metabolischen Äquivalents (MET) entwickelt (1,2).

Den Kalorienverbrauch bei körperlicher Aktivität kann man als ein Vielfaches des Ruheumsatzes darstellen. Der Ruheumsatz liegt etwa 10% über dem Grundumsatz. Beispielsweise wird das entspannte Spaziergehen (etwa 4 km/h) mit dem Faktor 3 bewertet, d.h. pro Stunde werden dreimal so viel Kalorien verbraucht wie beim gemütlichen Fernsehgucken. Laufen mit einer Geschwindigkeit von 4:15 /km über eine Stunde wird hingegen mit dem 14fachen bewertet. Im amerikanischen Sprachraum wird dieser Ruheumsatzes als MET's bezeichnet (metabolisches Äquivalent, 1 MET = entspricht etwa 1 kcal pro Stunde und kg Körpergewicht). Viele Amerikaner sprechen jetzt nicht mehr davon, wie viele Kalorien sie bei welcher Sportart verbraucht haben, sondern werfen sich nur noch gegenseitig ihre MET's um die Ohren: „Ich hab' heute 1 Stunde mit 10 MET's geschafft.“ In dem Moment ist es egal, ob derjenige Laufen oder Schwimmen oder Radfahren war, was zählt, ist der Energieverbrauch und der lag bei 10 mal dem Ruheumsatz pro Stunde, d.h. etwa bei 10 kcal pro Stunde und Kg Körpergewicht.

Für den Durchschnitts-Mann mit 70 kg wären das $70 \times 10 \text{ Kcal} = 700 \text{ kcal}$.

Für diese 10 MET's müsste man in einer Stunde entweder 10 km laufen oder 2,5 km schwimmen. Mit dem Rennrad sind in der gleichen Zeit 32 km zu fahren, mit Inline-Skates immerhin noch 19 km zurückzulegen. Es existieren umfangreiche Tabellen mit der Angabe von MET's für die unterschiedlichsten Aktivitäten des Alltags (siehe Tab. 7 und 8). Wichtige Voraussetzung, um mit den MET's den eigenen Kalorienverbrauch abzuschätzen, ist die Kenntnis des eigenen Ruheumsatzes (1 MET). Der Ruheumsatz liegt für Männer im Alter von 19 bis 50 Jahren etwa bei 1 kcal pro kg Körpergewicht in der Stunde. Für unseren Standard-Mann (70 kg) berechnet sich der Ruheumsatz pro Stunde wie folgt:

$70 \text{ kg} \times 1 \text{ kcal} = 70 \text{ kcal pro Stunde} = 1 \text{ MET}$.

Diese einfache Formel gilt für normalgewichtige Erwachsene. Für Übergewichtige liegt dieser Wert eher bei 0,9 kcal pro kg und Stunde. Der Ruhe-Energieverbrauch eines Bodybuilders mit geringem Körperfettanteil weicht aufgrund seiner großen Muskelmasse ebenfalls von dieser einfachen Formel ab: Der Ruheumsatz für diesen Athleten beträgt etwa 1,4 kcal pro kg und Stunde. Für Frauen im Alter von 19 bis 50 Jahren liegt der Ruheumsatz bei etwa 0,9 kcal pro kg Körpergewicht in der Stunde (z.B.: $60 \text{ kg} \times 0,9 \text{ kcal} = 54 \text{ kcal pro Stunde} = 1 \text{ MET}$). In der folgenden Tabelle 6 ist eine Übersicht zum Ruheumsatz bei unterschiedlichem Körpergewicht dargestellt. Der Ruheumsatz pro Tag

entspricht etwa dem Kalorienbedarf eines Menschen mit einem Knochenbruch, der den ganzen Tag nicht aufstehen darf und daher fast 16 Stunden am Tag Bücher lieft oder Fernsehen guckt.

Tab. 6: Ruheumsatz pro Tag in Abhängigkeit vom Körpergewicht

Frauen		1 MET = 0,9 kcal
Gewicht in kg	Ruheumsatz pro Std. = 1 MET	Ruheumsatz pro Tag
50	45,0	1080
55	49,5	1188
60	54,0	1296
65	58,5	1404
70	63,0	1512
75	67,5	1620
Männer		1 MET = 1 kcal
65	65,0	1560
70	70,0	1680
75	75,0	1800
80	80,0	1920
85	85,0	2040
90	90,0	2160

Tab. 7: Intensität sportlicher Aktivität gemessen in MET's* (metabolisches Äquivalent)

Sportart	MET's
Golfspielen	3
Tischtennis	4
Walking 5 km/h	4
Inline-Skatzen 13 km/h	5
Schwimmen 1500 m pro Stunde	6
Tanzen (intensiv)	7
Radfahren: Tourenbike 24 km/h	8
Laufen: 11 km/h	11
Squash	12
Laufen: 14 km/h	14
*modifiziert nach Ainsworth (1)	

8. Wissenswertes zum Thema Energieverbrauch

Das Tragen von gut gedämpften Laufschuhen im Vergleich zu Schuhen mit harten Sohlen reduziert den Energieumsatz beim Laufen um 2,4% (19). Ab einer Geschwindigkeit von 8 km/h ist es ökonomischer zu Laufen statt zu Walken (9). Ab dieser Geschwindigkeit steigt der Energieumsatz beim Walken überproportional an.

Das Windschattenlaufen in einem Wettkampf hinter einem anderen Athleten kann den Energieumsatz um bis zu 9% reduzieren (19). Einen Marathon konsequent im Windschatten gelaufen, reduziert den Energieaufwand um durchschnittlich 5%. Bei einem Läufer mit einer Endzeit von 2:48 Std. sind das mehr als 8 Minuten, die er mit gleichem Energieaufwand schneller laufen könnte.

9. Weiterführende Literatur

Das Konzept des metabolischen Äquivalents (MET) wurde von Ainsworth und Mitarbeitern entwickelt. Die Original-Publikation von 1993 „Compendium of Physical Activity“ bietet einen sehr ausführlichen Überblick zum Energiebedarf von Aktivitäten des alltäglichen Lebens (1,2).

Die Literaturliste enthält zusätzlich Publikationen, die sich mit der Belastungsintensität und dem Energieumsatz einzelner Sportarten befassen:

Radfahren (3, 5, 8, 13), Running und Walking (9, 11), Basketball (12) und Krafttraining im Alter (6).

Zwei Arbeiten beschäftigen sich mit den Faktoren, die den Energieverbrauch im Alltag beeinflussen (7,10). Wichtige Aspekte zum Einfluss von Sport auf die Ernährung und den Kalorienbedarf werden in den folgenden Publikationen diskutiert: (4, 14, 15, 17).

1. Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs DR Jr, Montoye HJ, Sallis JF, Paffenbarger RS Jr. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc.* 1993 Jan;25(1):71-80.
2. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett DR Jr, Schmitz KH, Emplaincourt PO, Jacobs DR Jr, Leon AS. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc.* 2000 Sep;32(9 Suppl):S498-504.
3. Benecke R, di Prampero PE. Mechanische und metabolische Belastung beim Radfahren – eine Analyse aus physiologischer und biomechanischer Sicht. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 2001; 52 (1): 29-32.
4. Burke LM. Energy needs of athletes. *Can J Appl Physiol.* 2001;26 Suppl:S202-19. Review.
5. Burke LM. Nutritional practices of male and female endurance cyclists. *Sports Med.*

2001;31(7):521-32. Review.

6. Campbell WW, Crim MC, Young VR, Evans WJ. Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in older adults. *Am J Clin Nutr.* 1994 Aug;60(2):167-75.
7. Dauncey MJ. Activity and energy expenditure. *Can J Physiol Pharmacol.* 1990 Jan;68(1):17-27. Review.
8. Francescato MP, Di Prampero PE. Energy expenditure during an ultra-endurance cycling race. *J Sports Med Phys Fitness.* 2002 Mar;42(1):1-7.
9. Greiwe JS, Kohrt WM. Energy expenditure during walking and jogging. *J Sports Med Phys Fitness.* 2000 Dec;40(4):297-302.
10. Levine JA, Schleusner SJ, Jensen MD. Energy expenditure of nonexercise activity. *Am J Clin Nutr.* 2000 Dec;72(6):1451-4.
11. Maldonado S, Mujika I, Padilla S. Influence of body mass and height on the energy cost of running in highly trained middle- and long-distance runners. *Int J Sports Med.* 2002 May;23(4):268-72.
12. McInnes SE, Carlson JS, Jones CJ, McKenna MJ. The physiological load imposed on basketball players during competition. *J Sports Sci.* 1995 Oct;13(5):387-97.
13. Neumann G. Physiologische Grundlagen des Radsports. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.* 2000; 51 (5): 169-175.
14. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J Am Diet Assoc.* 2000 Dec;100(12):1543-56.
15. Swain DP. Energy cost calculations for exercise prescription: an update. *Sports Med.* 2000 Jul;30(1):17-22. Review.
16. Vinken AG, Bathalon GP, Sawaya AL, Dallal GE, Tucker KL, Roberts SB. Equations for predicting the energy requirements of healthy adults aged 18-81 y. *Am J Clin Nutr.* 1999 May;69(5):920-6.
17. Westerterp KR. Alterations in energy balance with exercise. *Am J Clin Nutr.* 1998 Oct;68(4):970S-974S. Review.

Internet-Adressen:

18. Formelsammlung zur Berechnung des Energieverbrauchs bei unterschiedlichen Sportarten. (International Arctic Research Center University of Alaska-Fairbanks):

<http://www.frontier.iarc.uaf.edu/~cswingle/misc/exercise.phtml>

19. Rice University Homepage, Houston, Texas USA (c) 2002

Inhalt einer Vorlesungsreihe zur Sportphysiologie. Gute Übersicht zum Thema Sport und Ernährung und zu den Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch bei sportlicher Aktivität.

<http://www.ruf.rice.edu/~kines/KINE321LectureNotes.html>