



# Das Armband Kompendium

Aktivitätsmonitoring und Lebensstilanalyse  
mit dem  
Bodymedia® SenseWear® Armband  
Anwendung und Auswertung

SMT medical GmbH&Co.  
Im Kreuz 9  
97076 Würzburg  
Deutschland  
Tel. (0931) 3 29 33-0  
Fax (0931) 3 29 33-29  
eMail [info@smt-medical.com](mailto:info@smt-medical.com)  
[www.smt-medical.de](http://www.smt-medical.de)

## ***Inhaltsverzeichnis***

Inhaltsverzeichnis .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Vorbereitung .....	3
2.1 Datenaufnahme .....	3
2.2 Tragekomfort – Hygiene - Fehler.....	3
2.3 Tragedauer .....	4
2.4 Innerview Software Versionen.....	4
2.5 Versionen – Software Updates .....	4
3 Bestimmung von Grundumsatz – Ruheumsatz - Schlafumsatz .....	4
3.1 Einzelbestimmung des Ruheumsatzes.....	5
3.2 Bestimmung des Grundumsatzes im Schlaf .....	6
3.3 Bestimmung des Ruheumsatzes nach dem Aufwachen.....	7
3.4 Bedeutung des Ruhe- bzw. Grundumsatzes.....	8
3.4.1 Gewichtsmanagement.....	10
4 Bestimmung des Gesamtumsatzes - Lebensstilanalyse .....	11
4.1 Energieumsatz.....	13
4.1.1 Metabolische Einheiten (METs) .....	13
4.1.2 Durchschnitt METs.....	14
4.1.3 Gesamter Energieumsatz.....	16
4.1.4 Anzahl Schritte .....	16
4.1.5 Dauer körperlicher Aktivität .....	16
4.1.6 Aktiver Energieumsatz.....	16
4.2 Empfehlungen körperlicher Aktivität .....	18
4.3 Gewichtsreduktion .....	19
4.4 Schlaf - Liegen.....	19
Literatur .....	21

## **1 Einleitung**

Physische Aktivität und Abnahme des Körpergewichts reduziert das Risiko praktisch sämtlicher zivilisatorisch bedingter Erkrankungen. Eine seit Jahrzehnten bekannte Erkenntnis, die vor allem im Hinblick auf die kardio-vaskulären Erkrankungen und den Herzinfarkt eine breite Öffentlichkeit fand. Beherzigt und im täglichen Leben umgesetzt wurden die Empfehlungen jedoch kaum. Im Gegenteil, Übergewicht und Diabetes Typ 2 haben panepidemische Ausmaße erreicht. Inadäquater Lebensstil, eine ungute Kombination aus Bewegungsmangel und schlechter Ernährung, breitet sich in beängstigendem Maße gerade auch bei Jugendlichen und Kindern aus [Mokdad 2004].

Dabei wäre doch alles ganz einfach, denn regelmäßige, wenn auch nur moderate physische Aktivität ist in der Lage das Risikoprofil bei allen lebensstilbedingten Störungen, insbesondere bei Diabetes, nachhaltig zu verbessern [De Feo 2006]. Die Frage ist nur, wie setzt man diese grundlegenden und oft seit langem bekannten Erkenntnisse ins tägliche Leben um.

Eine grundlegende Voraussetzung zur Änderung des Lebensstils, zur Anpassung des Bewegungs- und Essverhaltens, ist eine objektive Dokumentation der Ausgangslage, nicht nur für den Betreuer oder Therapeut, sondern vor allem für den Betroffenen selbst. Nichts ist beeindruckender, als das eigene Verhalten Minute für Minute und Tag für Tag vor Augen geführt zu bekommen. Mit dem SenseWear<sup>®</sup> Armband gelingt es, die dringend benötigte Brücke zu schlagen zwischen institutioneller Betreuung und Umsetzung im täglichen Leben.

Mit der vorliegenden Broschüre möchten wir Ihnen einfache „Kochrezepte“ an die Hand geben, wie Sie SenseWear<sup>®</sup>-Daten auswerten und die Erkenntnisse daraus, in die tägliche Praxis Ihrer Beratung erfolgreich umsetzen können.

## **2 Vorbereitung**

Dieser Abschnitt enthält einige grundlegende Hinweise zur Verwendung des SenseWear<sup>®</sup> Armbandes und des Innerview-Programms.

### **2.1 Datenaufnahme**

Bevor Sie dem Probanden das Armband anlegen, sollten Sie das Armband für den Träger initialisieren und die Personendaten eingeben (siehe Gebrauchsanleitung). Bitte achten Sie dabei auf die genaue Eingabe des Körpergewichts, da die korrekte Bestimmung der Messwerte davon abhängt.

### **2.2 Tragekomfort – Hygiene - Fehler**

Erklären Sie der Testperson/dem Träger die Handhabung des Armbandes. Der Gurt sollte nur so straff angezogen sein, dass das Armband nicht vom Oberarm/Trizeps abrutscht. Wenn der Proband das Armband nach 20 Minuten Tragedauer noch spürt, ist der Gurt zu eng anliegend. Zum Abnehmen sollte der Gurt nicht geöffnet werden, sondern nur vom Arm herunter geschoben werden. Die Haut am Oberarm des Trägers sollte nicht fettig oder ölig sein. Weisen Sie den Träger an, den Oberarm nach dem Duschen nicht mit Lotion o.ä. einzucremen. Bei fettiger Haut sollte der Oberarm vor dem Anlegen des Arbands mit einem Handtuch abgerieben werden.

Stellen Sie sicher, dass die Batterie vor Gebrauch noch genügend Ladung hat. Der Träger sollte nicht den Batteriedeckel öffnen!

Nach Gebrauch sollte das Armband mit einem Desinfektionsspray behandelt und oberflächengereinigt werden. Ersetzen Sie den Gurt durch einen frisch gewaschenen oder neuen.

Hinweis: Die meisten Fehler, z.B. häufiges Ein- und Ausschalten des Arbands während des Tragens, treten durch schlechten Hautkontakt auf. Mangelnde Sauberkeit und Fettfreiheit der Innenfläche des Arbands, an der die Sensoren angeordnet sind, ist die häufigste Fehlerquelle.

## 2.3 Tragedauer

Zur Lebensstilanalyse sollte das Armband über einen Zeitraum von mindestens einem ganzen Tag und einer ganzen Nacht (mehr als 24 Stunden) getragen werden. Um eine repräsentativere Analyse zu ermöglichen, sind zwei bis drei volle Tageszyklen oder eine Woche empfehlenswert. Nachdem der Tagesablauf sich innerhalb einer Woche ändert, von Arbeit zu Freizeit, von Arbeitstagen zu Wochenenden und eventuell Reisetätigkeit hinzukommt, ermöglicht eine längere Aufnahmedauer ein detaillierteres und genaueres Abbild des Lebensstils. Für wissenschaftliche Studien empfehlen wir eine fixe Tragedauer, z.B. eine Woche, und fixe Wochentage, z.B. Montag zur Übergabe. Längere Observationszeiten, über viele Wochen oder Monate, sind beim Monitoring chronischer Erkrankungen, insbesondere bei Diabetes, COPD und Krebspatienten, angezeigt. Für bestimmte Zwecke, wie z.B. die Grundumsatzmessung, oder wissenschaftliche Fragestellungen besteht aber auch die Möglichkeit, das Armband über eine kürzere Zeitdauer, mehrere Minuten oder Stunden, zu verwenden.

Nach Benutzung durch den Träger und Rückgabe des Armbands verbinden Sie das Armband über das USB-Kabel zur Datenübertragung mit dem PC. Nach Öffnen des Innerview Programms werden die Daten analysiert und die Ergebnisse dargestellt.

## 2.4 Innerview Software Versionen

Es gibt zwei Software-Versionen. Die mit jedem Armband gelieferte „Innerview Software“ (Standard-Programm) und die „Innerview Professional Software“, mit der jeder gemessene Parameter grafisch dargestellt werden kann. Die Erläuterungen in dieser Anleitung beziehen sich im Allgemeinen auf die Standard-Version. Wird auf die zusätzlichen Funktionen der „Innerview Professional Software“ Bezug genommen, so enthalten die Erläuterungen einen entsprechenden Hinweis.

## 2.5 Versionen – Software Updates

Bitte beachten Sie, dass Sie stets die neueste Version der Innerview Software benutzen, da die Qualität und Genauigkeit der Auswertung von den in der Software enthaltenen Algorithmen abhängig ist. Die Software Versionsnummer Ihres Innerview Programms finden Sie in der Steuerleiste unter „Hilfe“ – „Über“. Die derzeitige aktuelle Version ist 5.0.0.1158 – Sie erhalten diese bei SMT medical ([info@smt-medical.com](mailto:info@smt-medical.com)) oder über Ihren autorisierten Fachhändler.

## 3 Bestimmung von Grundumsatz – Ruheumsatz - Schlafumsatz

Der Grundumsatz (Basal Metabolic Rate – BMR) ist eine der Kenngrößen des menschlichen Körpers. Er entspricht den „basalen Kosten des Lebens“ [Müller] und hängt von mehreren Faktoren ab, wovon die wichtigsten sind [Fung 2000]:

- Geschlecht, Alter, Größe
- Körperzusammensetzung (bioaktive Zellmasse)
- Hormonlage
- Supplementen
- Medikation

Unter einfachen Laborbedingungen lässt sich der Grundumsatz praktisch nicht bestimmen, da die üblichen Labormethoden die Voraussetzungen zu „basalen Bedingungen“ nicht erfüllen. Deshalb wird heute der Ruheumsatz (Resting Energy Expenditure – REE oder Resting Metabolic Rate - RMR) ermittelt. Als

Standardmethode gilt die Indirekte Kalorimetrie, die den Gasaustausch des Probanden bestimmt. Die im Innerview-Programm verwendeten Algorithmen wurden mittels Indirekter Kalorimetrie als Referenzmethode trainiert und validiert [Schütz 2006, Malavolti 2006].

Der Grundumsatz ist ca. 5 -10% niedriger als der Ruheumsatz. Der Energieverbrauch im Schlaf (Sleeping Energy Expenditure – SEE) entspricht in etwa dem Grundumsatz. Mit dem Armband besitzen wir erstmals ein Werkzeug, das sowohl Grundumsatz (BMR bzw. SEE) als auch Ruheumsatz (REE) sehr einfach und zuverlässig bestimmen kann.

Ob der Grund- oder der Ruheumsatz bestimmt und verwendet wird, ist eher eine akademische Entscheidung. In der Praxis bieten beide Werte die Basis zur Beurteilung des Metabolismus eines Menschen und sind somit von grundlegender Bedeutung bei der Lebensstil- und Ernährungsberatung.

### 3.1 Einzelbestimmung des Ruheumsatzes

Die Messung findet in Ruhe am liegenden und wachen Probanden statt.

Die (klinischen) Voraussetzung zur Herstellung von Grundumsatzbedingungen sind:

- Liegende Position, wach
- Ruhige, abgedunkelte Umgebung, angenehme Zimmertemperatur
- Keine Nahrungsaufnahme (4 Stunden)
- Keine (anstrengende) physische Aktivität (4 Stunden)
- Kein Konsum von Koffein, Alkohol (4 Std), Nikotin, (1 Std)
- Keine aufputschenden Supplemente (Ephedrin, Synephrin)
- Keine Akutmedikamente (OTC), ärztlich verordnete Dauermedikation zulässig

Für praktische Zwecke sind Kompromisse erforderlich und zulässig, soweit sie nicht die Anforderungen an Ruhe, Temperatur und Nüchternheit in erheblicher Weise stören. Günstig ist es, den Ruheumsatz morgens nüchtern zu bestimmen.

Nach Anlegen des Armbands sollte der Proband mindestens 30-40 Minuten ruhen, wovon die letzten 20-30 Minuten ausgewertet werden.

Durch Ziehen der Hanteln im Zeitfenster (siehe Pfeile in Abbildung 3.1.) mit der Maus legen sie den Auswertungsbereich fest, z.B. einen Bereich von 20 Minuten. Nach grobem Ziehen der Hantel können Sie diese mit den Pfeiltasten (rechts/links) bewegen und die Auswertedauer minutengenau festlegen.

In der nachfolgenden Grafik sehen Sie eine Messung, die ausschließlich der Ruheumsatz-Bestimmung diene. Der Auswertebereich wurde auf den 20minütigen Zeitraum der Ruhephase eingestellt. Am Bildschirm links wird der „Gesamte Energieumsatz“ in kcal und rechts die „Durchschnitt METs“, also der mittlere MET-Wert über die gezoomte Zeitdauer ausgegeben.

Der Ruheumsatz wird üblicherweise in kcal/d (Kilokalorien proTag) oder in METs angegeben, wobei

**1 MET = 1 kcal pro Stunde und pro kg Körpergewicht = 1 kcal/h/kg**

bedeutet.

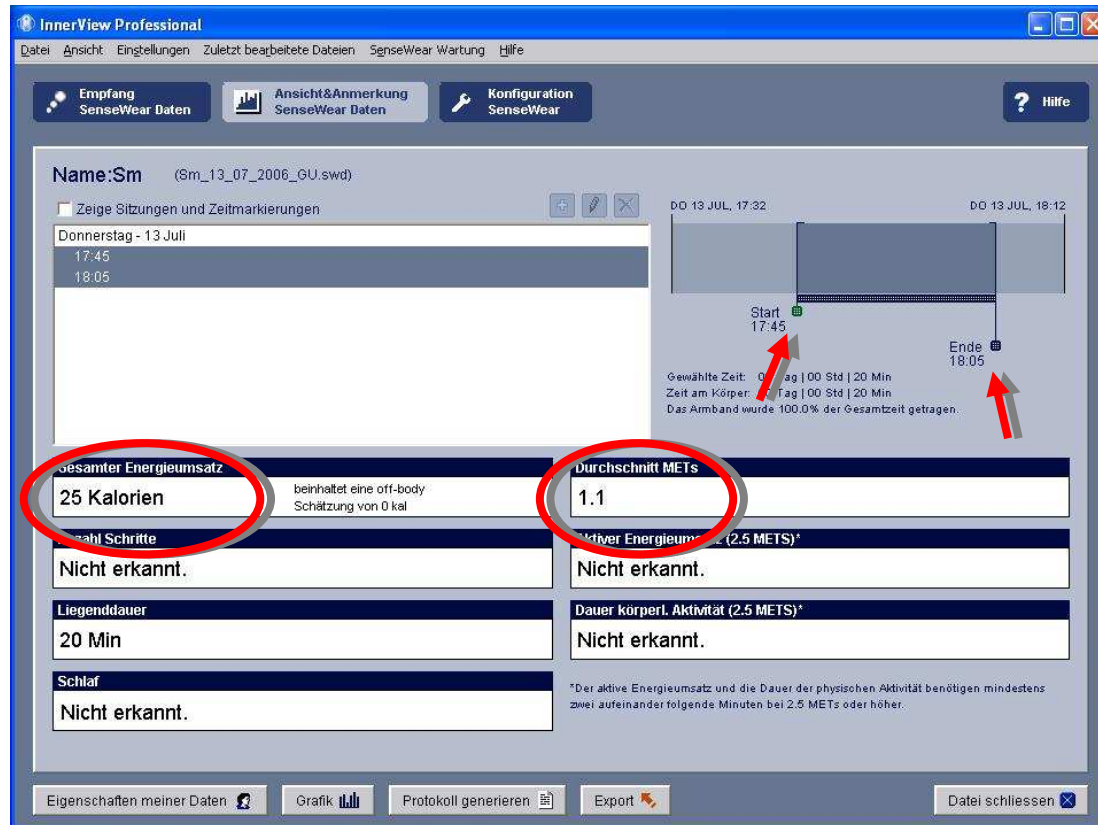


Abb 3.1.: Ruheumsatzbestimmung über einen Zeitraum von 20 Minuten.

Um den Ruheumsatz in kcal pro Tag zu erhalten, müssen Sie noch den angezeigten Wert auf 24 Stunden hochrechnen. Multiplizieren Sie den angezeigten kcal-Wert mit dem Faktor  $x=24 \cdot 60/t$  [ $h \cdot \text{min}/\text{min}$ ], wobei  $t$  die Auswertedauer bedeutet. Im oben gezeigten Beispiel also  $x=24 \cdot 60/20=72$ . Demnach ist der Ruheumsatz gleich angezeigter Wert mal Zeitfaktor, also  $25 \text{ kcal} \cdot 72 = 1800 \text{ kcal/d}$ . Den Ruheumsatz in METs können Sie direkt ablesen, da der Wert bereits auf Zeit (und Körpergewicht) normiert ist. Er beträgt hier 1.1 und ist somit normal. Natürlich können Sie auch den Ruheumsatz in kcal/24h aus dem MET-Wert errechnen:  $1.1 \text{ METs} \times 70 \text{ kg} \times 24 \text{ h} = 1848 \text{ kcal/d}$ . Der Unterschied entsteht durch Rundungsfehler aufgrund der kurzen Auswertzeit.

Drucken Sie die Ergebnisse für den Ruheumsatz am besten aus (Knopf „Protokoll generieren“) und tragen Sie den Tageswert des Ruheumsatzes von Hand ein.

Wenn Sie es ganz elegant machen möchten, gehen Sie vor dem Ausdruck auf den Knopf „Eigenschaften meiner Daten“. Wenn sich das entsprechende Fenster öffnet, gehen Sie auf den Reiter „Notizen“ und geben dort „Ruheumsatz“ und den ermittelten Wert in kcal/d ein. Die Notiz erscheint dann am Ende des ausgedruckten Protokolls.

### 3.2 Bestimmung des Grundumsatzes im Schlaf

Wird das Armband mehrere Tage, z.B. im Rahmen einer Lebensstilanalyse, getragen, kann der Grundumsatz, genauer gesagt der Schlafumsatz, in einer (frühen) Schlafphase bestimmt werden. Diese Art der Bestimmung hat viele Vorteile, denn Sie benötigt keinerlei Aufwand, weder die Mitarbeit des Probanden, noch weiß der Proband, wann (genau) diese Messung gemacht wird und es besteht somit keine Rückwirkung auf die Messung. Verwenden Sie für die Auswertung einen Zeitbereich in einer frühen Schlafphase. Sie eignet sich besser als eine späte, die eher durch hormonbedingte Aktivität der Organe, durch Unruhe und Wachphasen geprägt ist, wodurch der Metabolismus in dieser Phase beeinflusst wird. Eigene Auswertungen haben gezeigt, dass späte Schlafphasen und auch die Phase unmittelbar nach dem Aufwachen mit einem bis zu 15% höheren kalorischen Verbrauch verbunden sind.

Stellen Sie sicher, dass der Proband die in 3.1 genannten Voraussetzungen zur Grundumsatz-Bestimmung erfüllt, insbesondere vier Stunden vor der Bettruhe nicht gegessen hat.

Das nachfolgende Beispiel soll die Vorgehensweise zur Auswertung verdeutlichen.

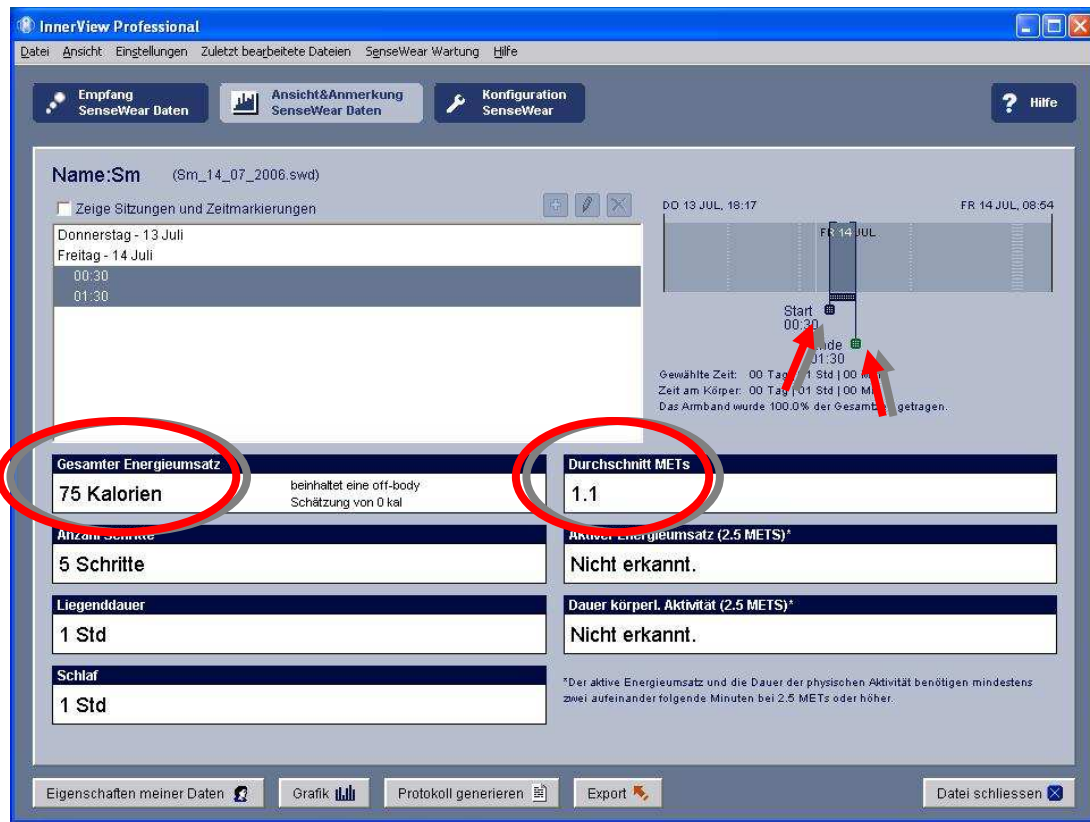


Abb 3.2.: Grundumsatzbestimmung im Schlaf

Das Zeitfenster in obiger Abbildung zeigt, dass das Armband von Do. 18:17 Uhr bis Fr. 8:54 Uhr getragen wurde. Die linke Hantel im Zeitfenster wurde auf 0:30 nachts, die rechte auf 1:30 Uhr gezogen. Sie können eine Hantel durch Ziehen mit der Maus erst grob positionieren. Wenn Sie eine Hantel nur anklicken, können Sie diese mittels der Pfeiltasten der Tastatur minutengenau in beiden Richtungen bewegen.

Die Auswertung erfolgt im obigen Beispiel also über einen Zeitraum von 1 Stunde. Der Proband hat dabei einen Grundumsatz von 75 kcal, was einem Tageswert von  $75 \times 24 = 1800$  kcal entspricht. Der zugehörige MET-Wert ist 1.1. Auch hieraus kann der Grundumsatz in kcal/d abgeleitet werden:  $GU = 1.1 \text{ METs} \times 70 \text{ kg} \times 24 \text{ Std} = 1848 \text{ kcal}$  mit einem Rundungsfehler von 48 kcal verursacht durch die kurze Auswertedauer.

### 3.3 Bestimmung des Ruheumsatzes nach dem Aufwachen

Eine weitere Möglichkeit zur Ruheumsatz-Bestimmung besteht darin, einen Zeitraum nach dem Aufwachen vor dem Aufstehen zu betrachten. Die Voraussetzungen sind optimal: Es herrschen sehr gute Ruhebedingungen in der häuslichen Umgebung, der Proband ist nüchtern und hat keine Akutmedikation genommen. Bitten Sie den Probanden nach dem Aufwachen, die Bettdecke ein wenig zur Seite zu schieben, damit kein Wärmestau entsteht und einige Minuten zu warten. Anschließend soll er den Markierungsknopf am Armband drücken und ruhig, aber wach liegen bleiben. Nach mindestens 20-30 Minuten soll er den Markierungsknopf des Armbands nochmals drücken. Danach kann er aufstehen und seiner üblichen Routine nachgehen.

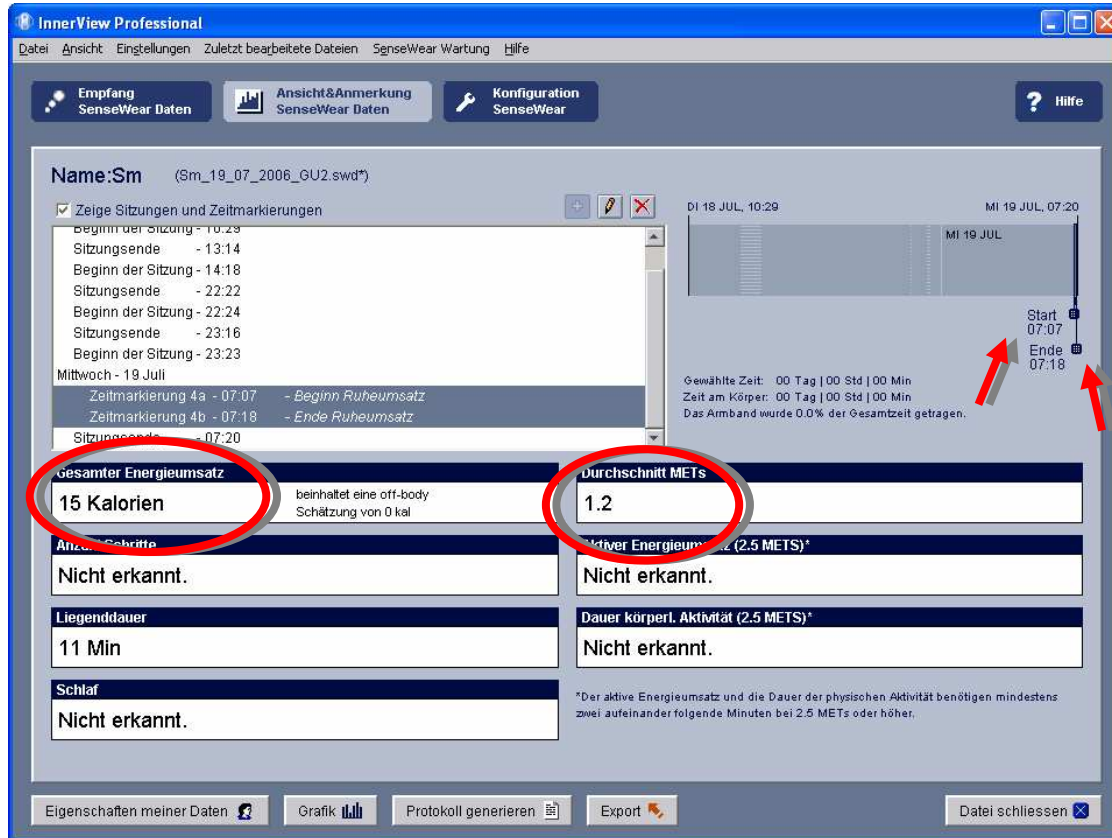


Abb. 3.3: Bestimmung des Ruheumsatzes nach dem Aufwachen

Das obige Beispiel verdeutlicht das Vorgehen. Haken Sie oben links das Feld „Zeige Sitzungen und Markierungen“ durch Mausklick an. Jetzt können Sie (optional) die Markierungen bezeichnen. Hierzu klicken Sie die betreffende Zeitmarkierung an. Die Hanteln im Zeitfenster springen sofort auf die entsprechenden Zeitwerte. Klicken Sie auf das Plusfeld „Markierungen editieren“ rechts oben über dem Laufbalken. Es öffnet sich eine Aktivitätenliste. Beim ersten Mal müssen Sie auf „Liste editieren“ klicken, den Begriff „Ruheumsatz“ eingeben und auf „Hinzufügen“ klicken, um die Anmerkung einzufügen. Anschließend können Sie die neu erstellte Anmerkung auswählen, die im Sitzungsfenster ausgegeben wird.

Die beiden Zeitmarkierungen wählen Sie an, indem Sie zunächst auf die eine klicken, die Shift-Taste gedrückt halten und die zweite anklicken.

Im obigen Beispiel wurde die Zeitdauer zur Messung des Ruheumsatzes mit 11 Minuten zu kurz gewählt, wodurch Rundungsfehler auftreten. Wir lesen ab: Der Ruheumsatz über 11 Min (7:07-7:18 Uhr) beträgt 15 kcal, d.h. hochgerechnet auf einen Tag beträgt der Ruheumsatz =  $15 \text{ kcal} \times 24 \times 60 \text{ min} / 11 \text{ min} = 1963 \text{ kcal/d}$  oder 1.2 METs.

### 3.4 Bedeutung des Ruhe- bzw. Grundumsatzes

Der Grundumsatz (GU) ist die metabolische Basisgröße unseres Körpers. Er wird im Wesentlichen von der bioaktiven Zellmasse, also von der Muskelmasse und der Masse der anderen Organe bestimmt. Ob zur Beurteilung der Grund- oder der Ruheumsatz herangezogen wird, hat lediglich akademische Bedeutung. Deshalb wird im Weiteren von Ruheumsatz (RU) gesprochen, wobei alle Ausführungen in gleicher Weise auf den Grundumsatz und den Schlafumsatz angewandt werden können. Entscheidend ist die Einhaltung der in 3.1 genannten Voraussetzungen für eine qualitativ gute Messung.

Wenn Sie auf einen Blick erkennen wollen, in welchem metabolischen Zustand sich Ihr Proband befindet, wie er „brennt“ und wie sich sein RU im Vergleich mit Normalpersonen einordnen lässt, betrachten Sie den MET-Wert seines RU.

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Einteilung der metabolischen Typen:

Typ	MET
Hypometabolischer Zustand, Adipositas	0.7-0.9
Normalperson	1.0 (0.9-1.1)
Hypermetabolischer Zustand, Mangelernährung, Kachexie	1.1-1.3
Athlet Bodybuilder	1.3-1.7

Tabelle 3.4: Ruheumsatz, Einteilung der metabolischen Typen

Normalpersonen haben einen RU von 1 MET, d.h. jedes kg Körpergewicht der Normalperson verbrennt durchschnittlich 1 kcal pro Stunde. Zur Erinnerung: 1 MET = 1 kcal pro Stunde und pro kg Körpergewicht = 1 kcal/h/kg.

Abweichungen des RU von 1.0 MET deuten auf einen abnormalen oder „hypernormalen“ Zustand hin. Letzterer wird erreicht bei sportlich aktiven Menschen, vor allem bei solchen mit hoher Muskelmasse und geringem Fettanteil. Mangelernährte, kachektische Patienten haben aufgrund ihres geringen Körpergewichts einen relativ hohen Energiebedarf pro kg. Umgekehrt „brennen“ Übergewichtige auf viel geringerem Niveau; anders ausgedrückt, ihr Ruheenergieverbrauch pro kg Körpergewicht ist deutlich niedriger als der einer Normalperson. Denn Fettzellen verbrauchen wesentlich weniger Energie als bioaktive Zellen (Organe/Muskeln).

An den RU-METs lässt sich ein hypo-oder hypermetabolischer Zustand leicht ablesen, wie in Tabelle 3.4 dargestellt.

Eine Abschätzung des RU-Sollwertes ist mit Hilfe der Harris-Benedict-Gleichungen [Harris, 1919] möglich:

$$\begin{aligned} \text{Männer: } GU &= 66 + (13,7 \times \text{Gewicht}) + (5 \times \text{Größe}) - (6,8 \times \text{Alter}) \text{ [kcal/d]} \\ \text{Frauen: } GU &= 655 + (9,6 \times \text{Gewicht}) + (1,8 \times \text{Größe}) - (4,7 \times \text{Alter}) \text{ [kcal/d]} \end{aligned}$$

(Gewicht in kg, Größe in cm, Alter in Jahren)

Die Problematik der Anwendung dieser Formel ohne tatsächliche Messung ist offensichtlich. Aus der Literatur ist bekannt, dass Übergewichtige und Kranke erhebliche Abweichungen von diesen „Normalwerten“ aufweisen [Forster 1988]. Gerade bei Adipösen ist deshalb eine Bestimmung des RU unabdingbar.

Eine Abweichung des gemessenen RU in Höhe von 10-15% im Vergleich mit dem Ergebnis der Harris-Benedict-Gleichung wird als noch normal angesehen. Außerhalb dieses Toleranzbereichs muss man von einem hypo- bzw. hypermetabolischen Zustand sprechen. Auch wenn anzunehmen ist, dass Adipositas in der Regel mit einem verlangsamten Stoffwechsel einhergeht, so ist dies im Einzelfall weder von vornherein klar noch zwingend notwendig. Dies kann jedoch durch eine Messung leicht nachgewiesen und in seiner Größenordnung und Bedeutung eingeschätzt werden.

In unserem „modernen“ Leben, insbesondere bei Bürotätigen, macht der RU typisch 60-80% des Gesamtumsatzes aus [Müller 2006, Malavolti 2006]. Eine Erhöhung des RU um „nur“ 10% hat deshalb eine relativ große Auswirkung, nämlich 6-8%, auf den Gesamtumsatz, da dieser sich aus dem Grundumsatz und dem für diesen Lebensstil typischen geringen Leistungsumsatz zusammensetzt (siehe auch Abschnitt 4.1).

In der Bewegungs-, Ernährungs- und Lebensstilberatung kommen zwei Parametern eine wesentliche Bedeutung zu, nämlich der **bioaktiven Körperzellmasse (BCM) und dem Grundumsatz**. Diese sind bei gesunden, normalgewichtigen Personen eng miteinander verknüpft, aber bei Übergewichtigen und Kranken weichen sie, wie bereits erwähnt, erheblich vom Sollwert ab und können deshalb kaum abgeschätzt werden. Deshalb ist heute zur Beurteilung der Ausgangslage einer Beratung oder Therapie die

Messung dieser beiden Parameter unabdingbar. (Die BCM kann mittels Bioimpedanzmethode bestimmt werden.) Die Erhöhung der Zellmasse zur Steigerung des RU und damit des Gesamtumsatzes ist die Grundvoraussetzung eines erfolgreichen Gewichtsmanagements. Da die Muskelmasse einen Großteil der Körperzellmasse (BCM) ausmacht, sollte vor Beginn und während einer Gewichtsreduktion ein Therapie-regime eingesetzt werden, das die Erhöhung der BCM zum Ziel hat. Bei einem gesunden normalgewichtigen Mann macht die Körperzellmasse ca. 50 % des Körpergewichts aus, bei einer Frau nur unwesentlich weniger. In der Regel findet sich jedoch bei Übergewichtigen eine verringerte Zellmasse, bis hin zur adipösen Sarkopenie, also einer Erhöhung des Fettanteils bei stark erniedrigter Zell- und Muskelmasse. Die Bestimmung des Fettanteils ist von untergeordneter Bedeutung, da der Aufbau der Muskelmasse durch Aktivitätssteigerung bei angepasstem Essverhalten mit reduzierter kalorischer Zufuhr zwangsweise zu einer Abnahme des Fettanteils führt.

### 3.4.1 Gewichtsmanagement

Während der kalorischen Einschränkung sollte der RU kontrolliert werden, um einen Verlust an BCM zu vermeiden. Ansonsten kommt es nach Aufnahme der üblichen Essgewohnheiten zum bekannten Jo-Jo-Effekt.

Die nachfolgende Grafik zeigt den Verlauf einer Gewichtsreduktion.

In diesem Beispiel sind neben den Kalorien (pro Tag) auch die METs angegeben. Der bereits geringe Ausgangswert von 0.78, der jedoch typisch für Übergewicht ist, fällt während der Gewichtsabnahme, die vorwiegend durch kalorische Restriktion herbeigeführt wurde, weiter ab. Im Gegensatz hat die Kombination von Hochproteingabe und Bewegungsprogramm hat eine besonders günstige Wirkung auf die Erhaltung der BCM [Layman 2005]. Dadurch kommt es zu einem verbesserten Metabolismus und Zunahme des GU.

Bezüglich Gewichtsreduktion beachten Sie bitte auch die Ausführungen im Abschnitt 4.3

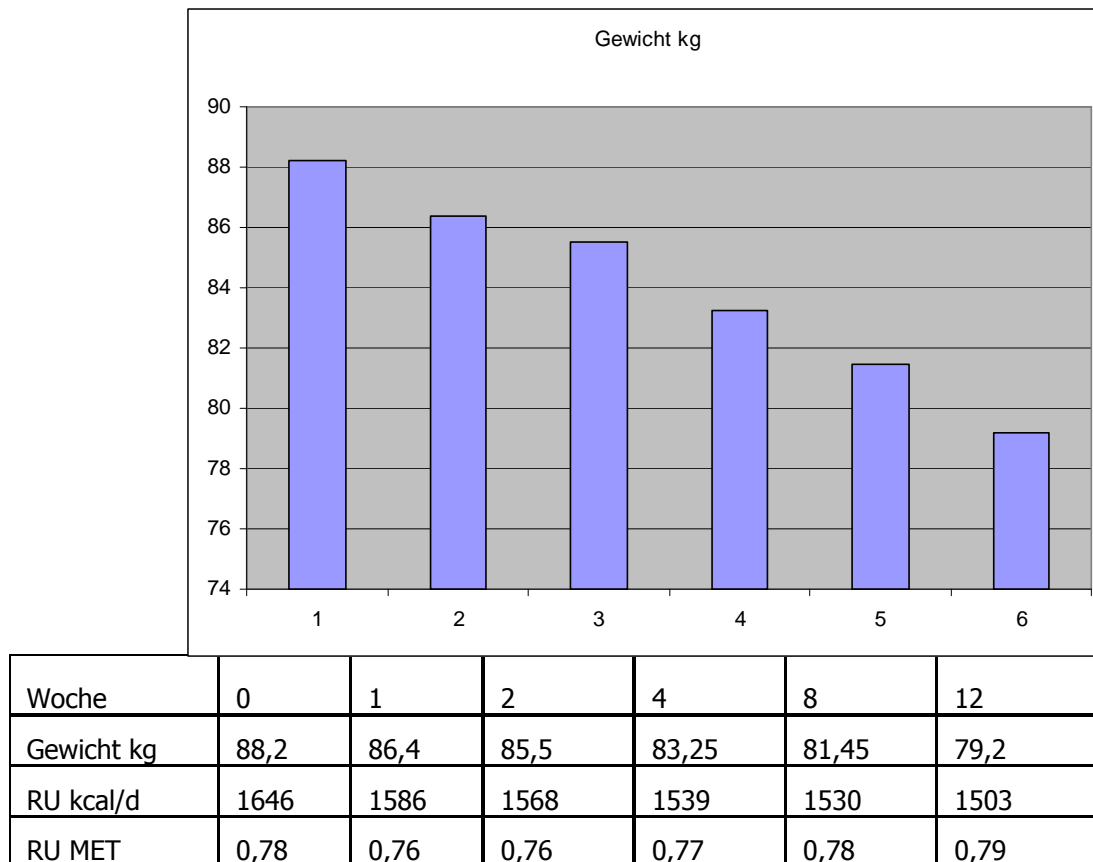


Abb. 3.4: Beobachtung des Ruheumsatzes während Gewichtsreduktion

## 4 Bestimmung des Gesamtumsatzes - Lebensstilanalyse

Anhand des nachfolgenden Beispiels soll zunächst das Vorgehen in der Auswertung der Daten aus der Innerview Software (Standartprogramm) erläutert werden.

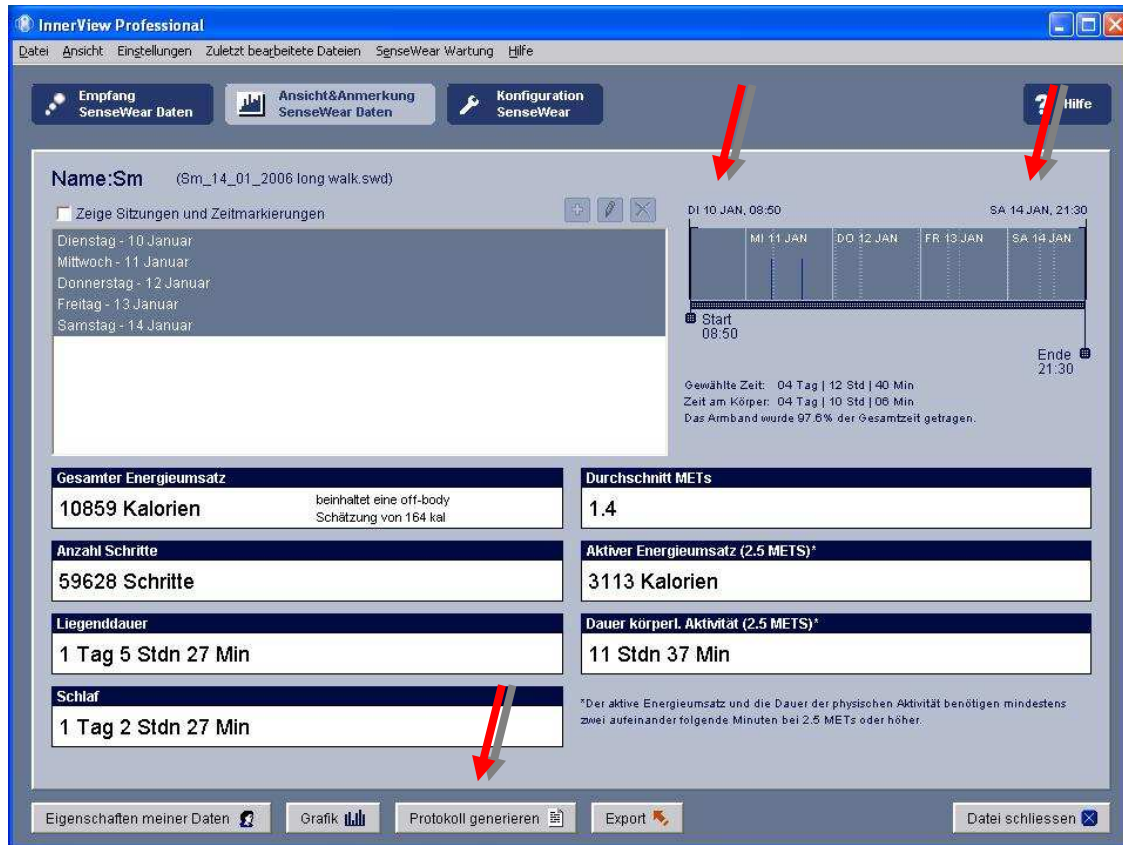


Abb.4.0.1: Beispiel einer Messung über fünf Tage

Am Zeitfenster erkennen Sie, dass das Armband von Dienstagvormittag 8:50 Uhr bis Samstagabend 21:30 Uhr getragen wurde (rote Pfeile oben). Die angezeigten Werte gelten für die gesamte Tragedauer und haben zunächst wenig spezifische Aussagekraft. Generieren Sie jetzt ein Protokoll, indem Sie auf den entsprechenden Knopf am Innerview Fenster unten drücken (roter Pfeil unten). Es öffnet sich das Programm „Acrobat Reader“ und zeigt das Protokoll an, das Sie nachfolgend sehen und natürlich auch ausdrucken können.

Bitte beachten Sie die nachfolgende Abbildung eines Protokolls. Der Gesamte Energieumsatz (siehe ❶) der einzelnen Tage wird in Säulen dargestellt und numerisch ausgegeben. Zusätzlich wird das tägliche Mittel über die dargestellten Tage bzw. über die gesamte Tragedauer gebildet. Bitte beachten Sie, dass die Teiltage Di und Sa auch Tage, an denen das Armband nicht 24 Stunden getragen wurde (in diesem Beispiel Di u. Sa.) in die Mittelwertbildung eingehen und diese „verfälschen“ können. Aus diesem Grund betrachten wir zuerst die drei Tage (Mi. bis Fr.), an denen das Armband 24 Std. getragen wurde. Der gesamte Energieumsatz des Probanden beträgt ca. 2000 kcal/d, das einem durchschnittlichen MET-Wert von 1.2 bis 1.3 METs (siehe ❷) entspricht und somit nur 20-30% über dem Grundumsatz einer Normalperson liegt. (siehe auch Abschnitt 3.4). Dieser Wert wird auch als Physical Activity Level oder PAL (physisches Aktivitätsniveau) bezeichnet. Am Freitag ist der Energieumsatz etwas höher, resultierend aus der höheren Schrittzahl von über 10.000 Schritten (siehe ❸).

<b>Arzt/Berater</b>		<b>Krankenhaus/Institut</b>			<b>Praxis/Abteilung</b>		
<b>Name</b> Sm	<b>Alter</b> 55	<b>Geschlecht</b> männlich	<b>Gewicht</b> 69.9 kg	<b>Größe</b> 175 cm	<b>Händigkeit</b> Rechts	<b>Raucher</b> Nein	<b>BMI</b> 22.82
<b>Start</b> Di 10 Jan 2006 08:50		<b>Stopp</b> Sa 14 Jan 2006 21:30		<b>Anzeigedauer</b> 4 Tage 12 Stdn 40 Min		<b>Tragedauer</b> 4 Tage 10 Stdn 6 Min (97.6%)	



Abb. 4.0.2: Protokoll zu Lebensstilanalyse

Die Dauer der körperlichen Aktivität (über der eingestellten Schwelle von 2.5 METs) beträgt am Mi nur 58 Min., am Do 1 Std 18 Min. und am Fr. 2 Std. (siehe ④). Zugehörig ist ein aktiver Energieumsatz (über der gesetzten Schwelle von 2.5 METs) von 228 bis 459 kcal an den Arbeitstagen (siehe ⑤). Während der im Büro tätige Proband unter der Woche vergleichsweise nur wenig physisch aktiv ist, hat er am Samstag deutlich mehr Bewegung, wie an den durchschnittlichen METs von 2.0, den fast 32.000 Schritten und der Aktivitätsdauer von 5.35 Stunden zu erkennen ist.

Deshalb beträgt der gesamte Energieumsatz des Probanden im Mittel 2172 kcal, was einem durchschnittlichen MET-Wert von 1.5 entspricht und somit 50% über dem GU einer Normalperson liegt.

Das Schlafverhalten ist unauffällig, die Schlafdauer (Ⓢ) beträgt 6-8 Stunden und liegt nur relativ wenig unter der Liegedauer (Ⓣ).

#### 4.1 Energieumsatz

Der gesamte Energieumsatz setzt sich aus Ruheumsatz (RU) und Leistungsumsatz zusammen, wie die nachfolgende Grafik zeigt.

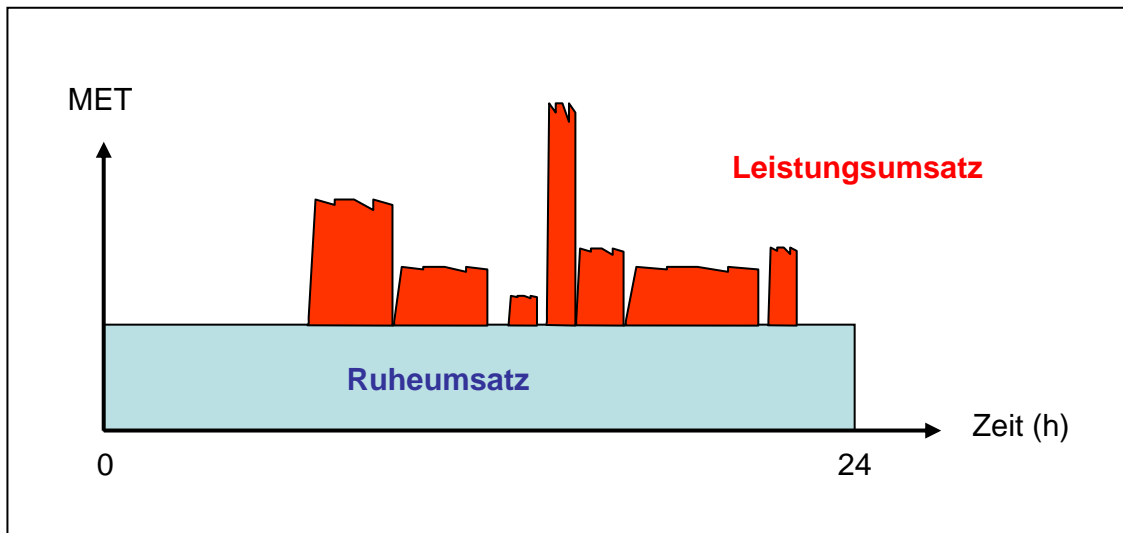


Abb. 4.1: Gesamter Energieumsatz bestehend aus Ruhe- und Leistungsumsatz

##### 4.1.1 Metabolische Einheiten (METs)

Nochmals zur Begriffsdefinition und Verdeutlichung der Bedeutung der METs:

$$1 \text{ MET} = 1 \text{ kcal pro Stunde und pro kg Körpergewicht} = 1 \text{ kcal/h/kg}$$

Eine Normalperson hat einen Ruheumsatz von 1 MET. Abweichungen hiervon lassen sich leicht erkennen und gewähren uns eine einfache Beurteilung der metabolischen Konstitution der zu beurteilenden Person. Ausgehend vom MET-Wert können wir eine normale, hypernormale, hypermetabolische, und vor allem hypometabolische Situation klar erkennen. Bitte beachten Sie hierzu die Ausführungen in Kapitel 3, insbesondere Abschnitt 3.4.

Während der Energieumsatz in kcal, egal ob in Ruhe oder Belastung, für jede Person unterschiedlich ist, ist der MET-Wert eine von Zeit, Körpergewicht (und Geschlecht) unabhängige, standardisierte Größe.

Eine bestimmte Aktivität ist mit einem bestimmten MET-Wert gekoppelt. Das „Compendium of Physical Activity“ [Ainsworth 2000] listet alle möglichen physischen Aktivitäten und deren MET-Werte. Die Tabelle 4.1 zeigt einige Beispiele aus diesem Compendium.

Zur Beschreibung der Intensität einer Aktivität verwendet man am besten eine Leistungseinheit. METs sind physikalisch gesehen ‚Leistung‘, wie PS oder KW [KiloWatt] beim Auto. Niemand käme auf die Idee, den Energieverbrauch eines Fahrzeugs in Kilowattstunden oder in Litern Benzin pro Tag, nämlich in verbrauchter Energie für eine erbrachte ‚Arbeit‘ anzugeben. Kcal sind physikalisch ‚Arbeit‘; nur durch den Zeitbezug, z.B. pro Tag oder pro Stunde, werden sie zu ‚Leistung‘.

Aktivität	METs	Aktivität	METs
Gehen (5-6 km/h, eben)	4.1	Autofahren	1.1
Gartenarbeit	4.3	Hausarbeit	2-4
Fernsehen	1.0	Skilanglauf	7-14
Bürotätigkeit	1.2	Marathonlauf (Amateur)	9.5
Rad fahren, langsam	4.0	Hochleistungssportler	20

Tab. 4.1: Beispiele von Aktivitäten und MET-Werten, aus dem ‚Compendium of Physical Activities‘

Da die in der Nahrung enthaltene Energie in kcal angegeben wird, kann auf einfache Weise eine individuelle Umrechnung eines Nahrungsprodukts oder einer Mahlzeit in ein persönliches Belastungsäquivalent erfolgen. Nehmen wir als Beispiel einen Schokoriegel mit 200 kcal und einen Probanden mit einem Körpergewicht von 80 kg. Der kalorische Verbrauch dieser Person bei 5 km/h Gehen in der Ebene beträgt ca. 4 METs (siehe Tabelle 4.1). Daraus errechnen wir einen Verbrauch von 4 METs \* 80 kg=320 kcal/h. Die Person muss also 200 kcal/320 kcal\*60 min = 37.5 Minuten, also eine gute halbe Stunde gehen, um den Schokoriegel zu verbrennen.

Eine weitere Maßeinheit für kalorischen Verbrauch stellen die MET-Stunden (MET.h) dar, wobei 1 MET.h = 1 kcal/kg ist; d.h. 1 MET.h ist die Arbeit, für die eine Person 1 MET über einen Zeitraum von 1 Stunde leisten muss. Gehen in der Ebene über einen Zeitraum von 2 Stunden bedeutet eine Arbeit von 4 METs x 2 Stunden = 8 MET.h, was für eine Person mit 80 kg einen Verbrauch von 640 kcal bewirkt. Der Vorteil, MET.h statt kcal zu verwenden, liegt in der einfachen Vergleichbarkeit zwischen Personen unterschiedlichen Körpergewichts.

Energieverbrauch kann also in unterschiedlichen physikalischen Größen und Einheiten ausgedrückt werden, die sich entweder auf Arbeit (kcal oder MET.h) oder auf Leistung (MET) beziehen.

#### 4.1.2 Durchschnitt METs

Nach Beurteilung des GU, der wie in Kapitel 3 dargestellt bestimmt wird, sollte Ihr erster Blick auf den durchschnittlichen MET-Wert für den Gesamtumsatz gehen. Dieser mittlere MET-Wert gibt Ihnen sofort Auskunft über das mittlere Aktivitätsniveau des Probanden, wie die nachfolgende Abbildung verdeutlichen soll.

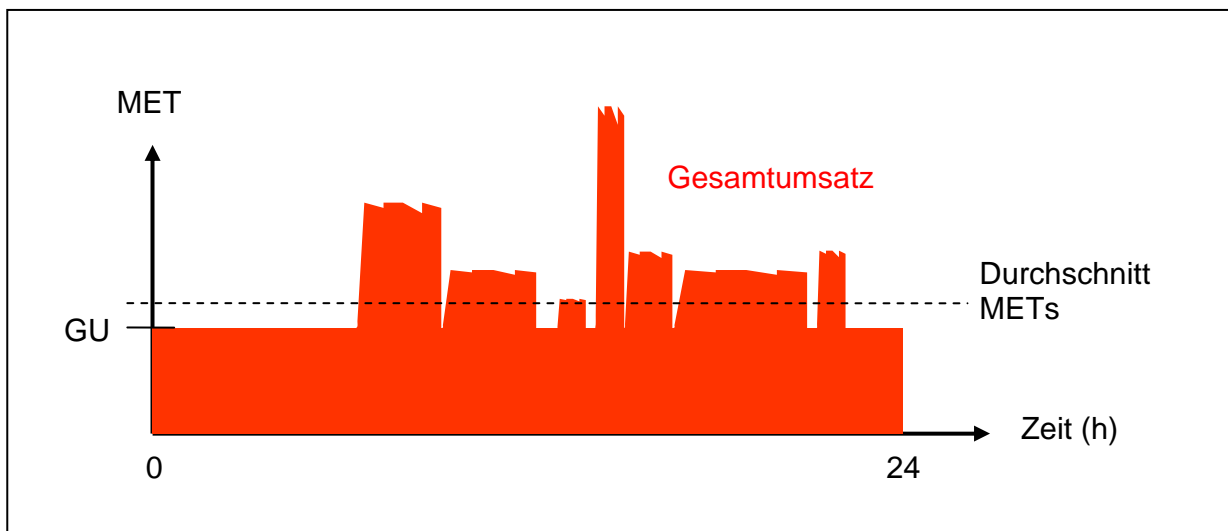


Abb. 4.1.2 Durchschnittlicher täglicher MET-Wert bzw. Physical Activity Level (PAL)

Der mittlere MET lässt sich mit dem mittleren Benzinverbrauch (Liter/100 km) eines Autos vergleichen, wie er bei manchen Autos am Bordcomputer abgelesen werden kann. Besitzt ein Fahrzeug einen hohen Spritverbrauch bei Leerlauf (entspricht Ruheumsatz RU), z.B. bedingt durch einen großen Motor (Zellmasse), und weist es eine hohe Fahrdauer- und Geschwindigkeit (viel Aktivität, hohes Aktivitätsniveau) auf, so ergibt sich ein hoher durchschnittlicher Benzinverbrauch. Hat ein Auto hingegen einen kleinen Motor, was einer kleinen Zellmasse entspricht, und verbraucht dadurch wenig Benzin im Leerlauf, und wird zudem nur wenig bei niedriger Geschwindigkeit gefahren, so ergibt sich ein niedriger (mittlerer) Spritverbrauch.

Der Gesamtumsatz kann in kcal angegeben werden - wie im Innerview Programm (siehe auch Abschnitt 4.3.1) - oder in MET.h. Aber er kann auch als Mittelwert, also als mittlere METs, über einen bestimmten Zeitraum, über eine Stunde oder einen Tag, ausgedrückt werden.

Der Physical Activity Level (PAL) ist als (dimensionsloses) Verhältnis von Gesamtumsatz zu Ruheumsatz definiert, wobei Gesamt- und Ruheumsatz jeweils in kcal oder MET.h angegeben werden können. PAL kann allerdings auch in mittleren METs ausgedrückt werden:

$$PAL = \frac{TEE}{REE} \left[ \frac{kcal}{kcal} \right] = \frac{TEE}{REE} \left[ \frac{MET \cdot h}{MET \cdot h} \right] = \frac{avgMETs}{REE} \left[ \frac{kcal / kg / h}{kcal / kg / h} \right]$$

wobei TEE (Total Energy Expenditure) der Gesamtumsatz und REE (Resting Energy Expenditure) der Ruheumsatz bedeuten. Beträgt der Ruheumsatz 1.0 MET, so entspricht der mittlere MET-Wert des Gesamtumsatzes aus dem Innerview-Programm (numerisch) exakt dem PAL. Hat eine adipöse Person einen Ruheumsatz von 0.8 METs, dann ist der PAL gleich 1.25 mittleren METs Gesamtumsatz. Demgegenüber entspricht der PAL 1/1.2 = 0.83 mittleren METs, wenn eine athletische Person einen RU von 1.2. Da der Begriff PAL in der wissenschaftlichen, vor allem epidemiologischen Literatur weit verbreitet ist, war es notwendig, seinen Bezug zu den Parametern des Innerview-Programms zu erläutern. Im Vergleich zu PAL ist die Information aus Ruhe-, Gesamtumsatz und mittleren METs für die Lebensstilanalyse prägnanter, wie unten weiter ausgeführt wird.

Die WHO [WHO 2000] empfiehlt einen PAL größer 1.75 (also 75% über Grundumsatz!), den nur ein Viertel der (bayerischen) Frauen und ein Drittel der (bayerischen) Männer erreichen [Schaller 2005]. Werte unter 1.4-1.5 lassen auf eine sitzende, bewegungsarme Tätigkeit schließen. Sportlich aktive Menschen erreichen PAL-Werte über 2 METs. Es zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen ruhigen, bewegungsarmen Konstitutionstypen und „Zappeligen“ [Levine 2000]. Zappeln, im Englischen „Figdeting“ genannt, führt zu spontaner Aktivität, die mit einem höheren PAL einhergeht. Auch wenn die Zappeligen keinerlei geplante Bewegung oder gar Sport im Tagesverlauf durchführen, liegt ihr PAL typisch über 1.5 METs, wesentlich höher als die Werte von „Ruhigen“, die typisch bei 1.2-1.3 liegen. Kranke hingegen zeigen ein sehr niedriges durchschnittliches MET-Niveau, oft nur 5-10% über RU, also nur 1.0-1.1 METs. Da Aktivität und Bewegung mit Lebensqualität einhergeht, ist ein hoher MET-Wert Ausdruck eines aktiven, selbst bestimmten Lebens. Die nachfolgende Tabelle gibt nochmals einen Überblick über die Aktivitätsniveaus einzelner Typen.

Typ	tägliche mittlere METs
Adipöser, inaktiver Mensch	0.8 - 1.1
Sitzend arbeitend, wenig aktiver Mensch	1.2 - 1.4
Normalperson	1.4 - 1.6
Sportlich Aktiver, Athlet	> 1.7

Tabelle 4.1.2: Mittlere METs verschiedener Aktivitätstypen

#### 4.1.3 Gesamter Energieumsatz

Der gesamte Energieumsatz pro Zeiteinheit (z.B. pro Tag, also die rote Fläche in Abb. 4.1.2.) kann sowohl in kcal oder MET.h (Arbeit) oder in mittleren METs (Leistung) angegeben werden. Beide Werte zeigen den gleichen Sachverhalt aus unterschiedlichen Blickwinkeln, die rechnerisch zum gleichen Ergebnis führen. In Abbildung 4.0.2 wird für den Donnerstag ein gesamter Energieumsatz von 2095 kcal angezeigt. Nachdem der Proband ein Körpergewicht von 69.9 kg hat und am Donnerstag 24 Stunden gemessen wurde, können wir umrechnen:  $2095/24/69.9 \text{ [kcal/h/kg]} = 1.25 \text{ METs}$  (im Schnitt über 24 Stunden). Im Protokoll unter ‚Durchschnitt METs‘ findet sich dieser Wert gerundet auf 1.3. D.h. der Proband hat am Donnerstag pro kg Körpergewicht durchschnittlich eine Leistung von 1.3 kcal/Std. erbracht, wofür er insgesamt 2095 kcal oder  $2095/69.9 = 30 \text{ MET.h}$  Energie verbrauchte. Der Gesamtumsatz lässt sich auch aus  $1.25 \text{ METs}$  (im Schnitt über 24 Stunden)  $\times$  24 Stunden = 30 MET.h berechnen.

#### 4.1.4 Anzahl Schritte

Die Anzahl der Schritte wird eher aus historischen Gründen ausgegeben, denn Schrittzähler sind weit verbreitete, preiswerte Geräte. Die Schrittzahl korreliert jedoch nur in geringem Maß mit dem Energieumsatz und eignet sich somit nicht zu dessen Vorhersage. Dies wird auch aus Abbildung 4.0.2 ersichtlich: Obwohl an den Tagen Mi, Do, Fr sehr unterschiedliche Schrittzahlen vorliegen (4510, 7814, 10128), unterscheiden sich die MET-Werte kaum (1.2, 1.3, 1.3). Dies liegt an der sehr geringen Intensität dieser vorwiegend in der Büroumgebung durchgeführten Schritte, extrem unterschiedlicher Länge.

#### 4.1.5 Dauer körperlicher Aktivität

Angegeben wird die Dauer körperlicher Aktivität (in der Fachliteratur als ‚Physical Activity Duration‘ bzw. PAD bezeichnet), die über einer bestimmten Leistungsschwelle, in unserem obigen Beispiel oberhalb von 2.5 METs, erbracht wurde. Der Schwellenwert lässt sich im Innerview Programm unter ‚Eigenschaften meiner Daten‘ und dem Reiter ‚METS‘ individuell einstellen. Für eine Normalperson ist 2.5 METs ein sinnvoller Basiswert bei minimaler Aktivität, also z.B. sehr langsamem Gehen. Die Tageswerte werden über den Säulen angezeigt, zusätzlich wird der Mittelwert gebildet.

Der PAD-Wert ist hilfreich bei Trainings- und Therapiemaßnahmen. So kann ein bestimmter PAD-Wert im Zusammenhang mit einer empfohlenen Aktivität wie Gehen vorgegeben werden. Mit Hilfe des Armbandes kann der Trainer das Einhalten der von ihm gemachten Vorgaben kontrollieren.

#### 4.1.6 Aktiver Energieumsatz

Der ‚Aktive Energieumsatz‘ repräsentiert den über dem eingestellten Schwellenwert (siehe 4.1.5, Dauer körperlicher Aktivität) erzielten Energieumsatz, wie die nachfolgende Grafik verdeutlicht. Der Wert kann wiederum zur Trainingssteuerung dienen. Darüber hinaus ergeben sich aber viele interessante Aspekte bei genauerer Betrachtung dieses Wertes.

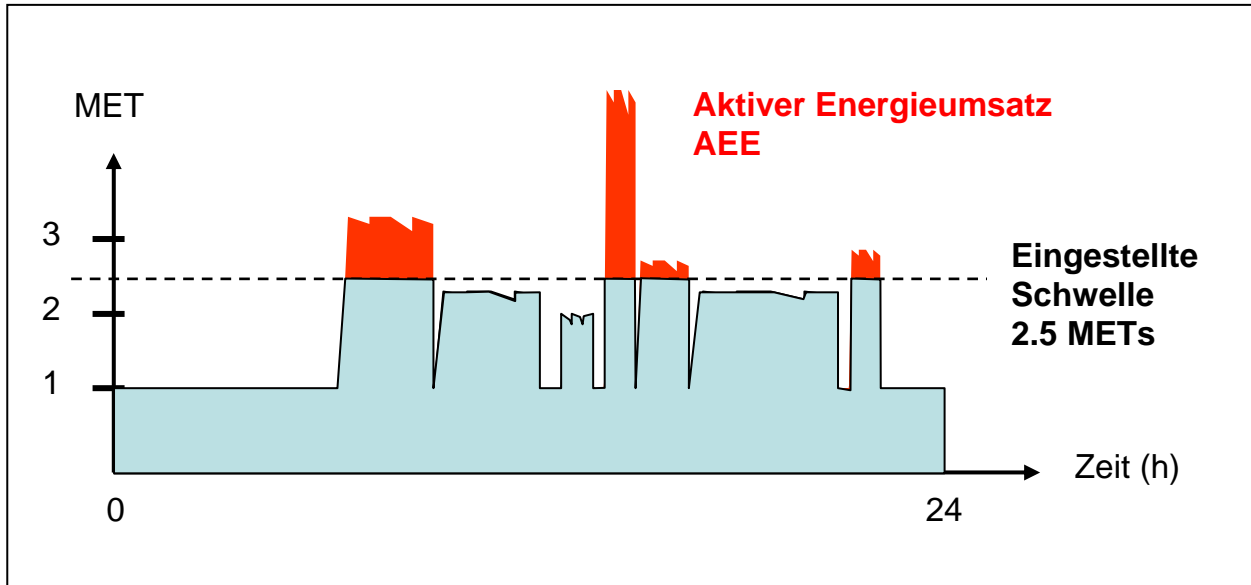


Abb.: 4.1.6: Aktiver Energieumsatz über 2.5 METs (rote Fläche)

Die in der Abbildung rot dargestellte Fläche entspricht dem Aktiven Energieumsatz (AEE oder Active Energy Expenditure) über 2.5 METs. Bei chronisch Schwerkranken, wie z.B. Personen mit schwerem Emphysem, korreliert dieser Wert besser mit Lebensqualität als der PAL, der eher etwas über den Lebensstil aussagt. Beim Kranken ist der Lebensstil kompromittiert; gegenüber einem Gesunden lebt er zwangsweise auf einem niedrigeren durchschnittlichen Leistungsniveau. Der AEE zeigt beim Gesunden und Personen mit einer zivilisatorischen Erkrankung die Bereitschaft und beim Schwerkranken die Fähigkeit zu höherer und länger andauernder Leistung. Gerade bei Personen mit niedrigem PAL, wird der AAE empfindlicher auf eine Therapiemaßnahme reagieren als der PAL selbst.

Der AAE wird in der Auswertung in kcal angegeben. Zusammen mit der Dauer physischer Aktivität (PAD) lassen sich weitere Parameter bilden, die auch in der Literatur bereits benutzt werden. Zum einen bietet es sich an, in MET-Stunden (MET·h) umzurechnen. Nehmen wir als Beispiel wieder das Protokoll in Abbildung 4.0.2. Für Mittwoch wird ein PAD von 58 min über der Schwelle von 2.5 METs ausgegeben, zugehörig ein AEE von 228 Kalorien. Nachdem der Proband ein Körpergewicht von 69.9 kg aufweist, können wir jetzt die MET·h errechnen:  $228 \text{ kcal} / 69.9 \text{ kg} * 58 \text{ min} / 60 = 3.15 \text{ MET·h}$ . Der Proband hat demnach am Mittwoch eine „aktive Arbeit“ von 3.15 MET·h erbracht. Für Do, Fr und Sa ergeben sich Werte von 5.7, 13.1 und 133.9, also sehr unterschiedliche Werte. Sie hängen allein davon ab, welche Arbeit – im wahrsten Sinn des Wortes – der Proband erledigen musste oder zu erbringen bereit war. Der Wert MET·h repräsentiert also die „Menge an Aktivität“, die über einem bestimmten Niveau liegt. Wenn wir nochmals die Grafik in Abbildung 4.1.6 betrachten, sind die MET-Stunden die Gesamtheit aller roter Flächen.

Wir können auch die mittlere Leistung über dem eingestellten Schwellenwert von 2.5 METs angeben. Im vorgenannten Beispiel ergeben sich für Mittwoch  $228 \text{ kcal} / 70 \text{ kg} * 60 / 58 \text{ min} = 3.4 \text{ METs}$ . Für Do, Fr und Sa können wir Werte von 3.4, 3.3 und 4.3 METs ausrechnen. Bei dieser gesunden Person ist die mittlere Leistung an den Arbeitstagen ziemlich gleich – am Mi und Do unterscheiden sich die Werte erst in der 3. Nachkommastelle, da der Arbeitsprozess, in diesem Fall die Büroarbeit, einen gleich bleibenden täglichen Leistungsbedarf zur Folge hat. Am Samstag hingegen wird länger dauernde Aktivität durchgeführt, was durch den PAD und die hohe Schrittzahl belegt wird. Gleichzeitig findet die Aktivität auf einem wesentlich höheren Niveau statt. Die mittlere Leistung gibt also die Intensität der Aktivität wieder. In unserem Beispiel sind die Arbeitstage trotz unterschiedlicher physischer Arbeitsmenge von gleicher physischer Arbeitsintensität geprägt. Nur der Samstag zeigt eine andere Intensität.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass die Werte ‚Dauer physischer Aktivität‘ (PAD), ‚Aktiver Energieumsatz‘ (AEE) und vor allem MET·h am besten für Trainingsmaßnahmen im Rahmen von Bewegungsprogrammen und zur Therapiekontrolle geeignet sind.

## 4.2 Empfehlungen körperlicher Aktivität

Aus medizinischer Sicht wird ein Minimum von 30 min moderater körperlicher Aktivität pro Tag empfohlen [Pate 1995, Saris 2003]. Nur gut die Hälfte der (bayerischen) Bevölkerung erreicht dieses Aktivitätsniveau [Schaller 2005]. Eine Dauer physischer Aktivität unter 30 min pro Tag weist auf eine sehr geringes Aktivitätsniveau, häufiges Sitzen, lange Liegezeiten hin. Gleichzeitig dürfte klar sein, dass dieses bescheidene Niveau keineswegs den entwicklungsgeschichtlichen körperlichen Anforderungen entspricht. Unser Körper ist weder zum Liegen noch zum Sitzen, sondern zum Gehen konstruiert. Wir können davon ausgehen, dass unsere Vorfahren bis Ende des 19. Jahrhunderts auf einem PAL von über 2.0 lebten. Die Empfehlungen der WHO [WHO 2000] eines PAL von 1.75, d.h. 75 % über Ruheumsatz, sind ein hehres Ziel, das aber an der Wirklichkeit meist vorbeigeht (siehe auch 4.1.1). Wenn wir davon ausgehen, dass ein Bürotätiger, der keinerlei geplante (sportliche) Aktivität wie Gehen, Laufen oder Joggen ausführt, einen PAL von 1.2 bis 1.4 hat, so würde er ca. 0.4 METs pro Tag zusätzlich benötigen, um auf empfohlene 1.75 METs zu kommen. Um über 24 Stunden das Leistungsniveau um 0.4 METs durchschnittlich zu erhöhen, muss eine zusätzliche Aktivität von 6 METs über eine Stunde erbracht werden ( $0.4 \text{ METs} \times 24 = 6 \text{ MET}\cdot\text{h}$ ). Dies entspricht schnellem Gehen über eine Dauer von 1 ½ Stunden (s. Tabelle 4.1).

Die Forschungen der Bewegungs- und Ernährungswissenschaftler haben sich deshalb in den letzten Jahren darauf konzentriert, herauszufinden, wie viel, besser gesagt wie wenig physische Aktivität gebraucht wird, um eine optimale Wirkung zu erzielen und wie diese Aktivität ins tägliche Leben integriert werden kann. Die Ergebnisse unzähliger Veröffentlichungen und Positionspapiere der verschiedenen Fachgesellschaften zusammengefasst empfehlen eine über das sonst übliche Maß an Aktivität hinausgehende moderate physische Aktivität auf dem energetischen Niveau von Gehen (5 km/h) über eine Dauer von mindestens einer halben Stunde an jedem Tag der Woche. „Personen, die eine Aktivität moderater Intensität von 30 Minuten täglich ausüben, erzielen wahrscheinlich weitere gesundheitliche Vorteile, wenn sie sich mehr bewegen. Zusätzlich zu aerober Aktivität sollten sie Resistance-Training und Dehnungsübungen mindestens zwei Mal in der Woche durchführen, wodurch die fettfreie Körpermasse aufrecht erhalten, die Muskelkraft und Ausdauer verstärkt und die Erhaltung der (körperlichen) Funktionen bewirkt werden kann, wodurch insgesamt die langfristige Teilnahme an normaler physischer Aktivität und die Erhaltung der Lebensqualität ermöglicht wird“ [Blair 2004]. Nachhaltige Wirkung auf das Körpergewicht und auf bestehende zivilisatorische Erkrankungen wie Diabetes bringt ein höheres Aktivitätsniveau von mindestens einer Stunde Dauer pro Tag oder etwas wissenschaftlicher ausgedrückt von mindestens 20, besser 25-30 MET-Stunden pro Woche [De Feo 2006]. Die Empfehlung entspricht also einer dem schnellen Gehen (5 km/h in der Ebene) äquivalenten Leistung über eine Dauer von 5-7 Stunden pro Woche, also rund einer Stunde pro Tag. Natürlich kann die wöchentliche „Ration“ an Bewegung auch durch andere Aktivitäten wie mäßig schnelles Radfahren (6 METs) oder Nordic Walking (6.5 METs), Tanzen (4-5), Golfspielen (5-6 METs) bewirkt werden.

Dabei ist es nicht entscheidend, welche Aktivität durchgeführt wird, sondern dass ein möglichst hohes Niveau erreicht wird. Das NEAT-Konzept (Non-Exercise Activity Thermogenesis – nicht-sportliche Aktivitäts-Thermogenese) [Levine 2000, 2005] empfiehlt das Einbringen spontaner Aktivität. Statistisch gesehen verbringt eine Person mit BMI 33 täglich 2.5 Stunden mehr im Sitzen als eine Person mit BMI 23. Nachdem der kalorische Unterschied zwischen Sitzen und Stehen 50% beträgt, akkumuliert sich der Energieumsatz für den 2.5-Stundenunterschied auf 350 kcal pro Tag. Dies macht einen Gewichtsunterschied von immerhin ca. 15 kg pro Jahr aus.

Wie kann mehr physische Aktivität ins tägliche Leben eingebracht werden? Für die meisten Zivilisationsgeschädigten, vor allem solche die zusätzlich übergewichtig sind und/oder unter Diabetes leiden, heißt die Antwort sicherlich nicht unbedingt Sportverein oder Fitnessclub. Sinnvoll ist hingegen eine sehr individuelle Anpassung des Lebensstils, die Integration physischer Aktivität abgestimmt auf die persönlichen Interessen und die Lebensumstände. Dies könnte zum Beispiel das Ausführen des Hundes sein, das auf eine Stunde ausgedehnt wird, Treppensteigen statt Lift fahren, zum Einkaufen zu Fuß zu gehen, das Auto in der Garage zurück zu lassen. Ein weiteres Ziel sollte sein, dass ruhige Konstitutionstypen des Verhalten der „Zappeligen“ annehmen: Weniger Sitzen, mehr Stehen, Telefonieren im Stehen – auch und gerade im Büro, zwischendurch hin- und hergehen, mehr Körpersprache, Gestikulieren. Auch kleine Aktivitätseinheiten, über den Tag hinweg ausgeführt, steigern den PAL und ergeben mehr METh!

### 4.3 Gewichtsreduktion

Um eine ausgeglichene kalorische Balance herzustellen, darf der kalorische Ernährungswert, also die über Nahrung täglich zugeführten Kalorien, den Energieumsatz nicht übersteigen, ansonsten ist Gewichtszunahme die Folge. Ein Programm zur Gewichtsreduktion zielt darauf ab, die kalorische Zufuhr zu vermindern und den Energieumsatz, also den kalorischen Verbrauch zu erhöhen, um eine negative kalorische Bilanz herzustellen.

In der Ernährungsberatung wird das Essverhalten des Klienten evaluiert und die täglich aufgenommenen Kalorien erfasst. Das Gewichtsmanagement zielt zum einen auf eine kalorische Restriktion und eine Substitution von Nahrungsanteilen durch eine mit Proteinen angereicherte Nahrung. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen unmissverständlich, dass körperliche Aktivität die Wirkung eines solchen Gewichtsmanagements nicht nur deutlich erhöht, sondern vor allem zu nachhaltigeren Ergebnissen führt, um den Jojo-Effekt zu vermeiden.

Mit dem SenseWear® Armband ist es erstmals möglich, den tatsächlichen täglichen Energieumsatz eines Probanden genau und ohne Behinderung im täglichen Leben zu erfassen. Somit lässt sich in einer Beratung ein Ernährungs- und Aktivitätsplan, eigentlich ein „Energieplan“ zugeführter und verbrauchter Energie, aufstellen. Dieser könnte folgendermaßen aussehen:

Energieumsatz täglich	2.600 kcal
Gewünschter Gewichtsverlust	500 kcal
Tägl. Kalorienbedarf zur Gewichtsabnahme	2.100 kcal
Aktivitätsprogramm täglich	300 kcal
Erlaubte tägliche Kalorienzufuhr	2.400 kcal

Tabelle 4.3: Beispiel eines Ernährungs- und Aktivitätsplans

Als Faustregel gilt:

1000 kcal/d entsprechen ca. 0.9 kg Körpergewicht/Woche oder 125 g KG/d

In unserem Beispiel in Tabelle 4.3 wurde der mit dem Armband gemessene Energieumsatz von 2600 kcal eingesetzt. Davon wird der gewünschte (tägliche) Gewichtsverlust von 500 kcal abgezogen. Der Gewichtsverlust entspricht einer wöchentlichen Abnahme von ca. 450 g. Der tägliche Kalorienbedarf beträgt demnach 2.100 kcal. Wird ein zusätzliches Aktivitätsprogramm von 300 kcal pro Tag ausgeführt, so ergibt sich die erlaubte Kalorienzufuhr von 2.400 kcal. Die zusätzliche Aktivität, also der zusätzliche Energieumsatz von 300 kcal pro Tag, lässt sich einfach personalisieren. Für ein Körpergewicht von 80 kg bedeutet dies  $300/80 = 3.75$  METs, was einem Gehen-Äquivalent von  $3.75/4 = 0.94$  Stunden also knapp einer Stunde entspricht.

### 4.4 Schlaf - Liegen

Das Innerview Programm gibt auch die Liegen- und Schlafdauer aus. Die einzelnen Werte können individuell sehr unterschiedlich sein. Dennoch lässt sich relativ leicht erkennen, ob das Schlaf-Liege-Verhalten normal oder auffällig ist. Bei einem gesunden Menschen existiert ein enger Zusammenhang zwischen Schlaf- und Liegedauer; ein Verhältnis von Schlaf- zu Liegezeit von über 0.8 wird als normal angenommen. Krankheiten, egal ob physische oder psychische Störungen, führen zu einem Auseinanderdriften der beiden Zeitdauern. Dieses Phänomen wird derzeit wissenschaftlich untersucht und ist bei solchen Krank-

heiten von Interesse, die durch geplantes körperliches Training eine bessere Lebensqualität bewirken. Als Beispiel sei hier die schwere COPD (obstruktive Lungenerkrankung) erwähnt, bei der der Quotient aus Schlaf- zu Liegezeit typischerweise deutlich unter 0.8 liegt, also einer langen durchschnittlichen Liegedauer von typisch mehr als 10 Stunden, der eine wesentlich kürzere Schlafdauer gegenübersteht.

Hinweis: In den Säulendiagrammen des Innerview Protokolls, siehe auch Abb. 4.0.2, wird die Liegendauer pro Tag, also von 0:00 bis 24:00 Uhr ausgegeben, die Schlafdauer jedoch von 12:00 bis 12:00 Uhr

Das Schlafverhalten einer Testperson lässt sich durch Verwendung der Innerview Professional Software differenzierter beurteilen. Dort können in der grafischen Darstellung die „Spuren“ für Liegen und Schlafen angewählt werden. Damit lassen sich Liegezeiten während des Tages und Schlafpausen einfach und schnell erkennen.

**Anschrift des Verfassers:**

Rolf M. Schlegelmilch, Dipl. Math.

**Bodymedia SenseWear Armband Masterdistributor:**

**SMT medical GmbH&Co.**

Im Kreuz 9  
97076 Würzburg  
Deutschland

Tel. + 49 (931) 3 29 33-0

Fax + 49 (931) 3 29 33-29

eMail: [info@smt-medical.com](mailto:info@smt-medical.com)

Web: [www.smt-medical.com](http://www.smt-medical.com)



**Literatur**

- Ainsworth B.E. et al. (2000) Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc.* 32(9 Suppl):498-504
- Blair SN, LaMonte MJ, Nichaman MZ (2004) The evolution of physical activity recommendations: how much is enough? *Am J Clin Nutr* 79:913-920.
- De Feo P. (2006) Objective Quantification of Energy Expenditure, Physical Activity and Lifestyle in Type 2 Diabetes Mellitus. *Bodymedia Publikations*
- Foster GD, Wadden TA, Mullen JL, Stunkard AJ, Wang J, Feurer ID, Pierson RN, Yang MU, Presta E, Van Itallie TB, et al. (1988) Resting energy expenditure, body composition, and excess weight in the obese. *Metabolism.* 37(5): 467-72
- Fung EB. Estimating Energy Expenditure in Critically Ill Adults and Children. *Nutrition AACN Clinical Issues* (2000) 11(4): 480-497
- Harris JA, Benedict FG. (1919) A biometric study of basal metabolism in man. Washington, DC: Carnegie Institute of Washington. Publication No.279, J. P. Lippincott, Philadelphia, PA.
- Layman Donald K., Ellen Evans, Jamie I. Baum, Jennifer Seyler, Donna J. Erickson, Richard A. Boileau (2005) Dietary Protein and Exercise Have Additive Effects on Body Composition during Weight Loss in Adult Women. *J. Nutr.* 135: 1903-1910
- Levine J. A., Schlessner S. J., Jensen M. D. (2000) Energy expenditure of non-exercise activity. *Am J Clin Nutr* 72:1451-1554.
- Levine J.A., Lorraine M. Lanningham-Foster, Shelly K. McCrady, Alisa C. Krizan, Leslie R. Olson, Paul H. Kane, Michael D. Jensen, Matthew M. Clark (2005) Interindividual Variation in Posture Allocation: Possible Role in Human Obesity. *Science* 307: 584-6.
- Malavolti M., Pietrobelli A., Dugoni M., Poli M., Romagnoli E., De Cristofaro P., Battistini N.C. (2006) A new device for measuring resting energy expenditure (REE) in healthy subjects. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases.* In press.
- Mokdad A et al. (2004) Actual causes of death in the United States, 2000. *JAMA* 291 (10) 1238-1245
- Müller MJ, Bösy-Westphal A, Dilba B, Bader N, Korth O. (2006) Energieverbrauch und Energiebedarf gesunder Menschen *Aktuel Ernaehr Med* 31: 98-109
- Pate RR, Pratt M, Blair SN, et al. (1995) Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 273:402-407
- Saris W. H. M., Blair S. N., van Baak M. A., Eaton S. B., Davies P. S. W., Pietro L. Di, Fogelholm M., Rissanen A., Schoeller D., Swinburn B., Tremblay A., Westerterp K. R., Wyatt H. (2003) How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and Consensus Statement. *Obesity Reviews*, 4: 101.
- Schaller et al. (2005) Estimated physical activity in Bavaria, Germany, and its implications for obesity risk: Results from the BVS-II Study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity.*
- Schütz T., Hoffmann I., Freudenreich M., Lochs H., Pirlich M. (2006) Ist das SenseWear®-Armband zur Messung des Ruheenergieumsatzes geeignet? Poster DGEM Kongress, Berlin
- WHO (2000) Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation.. In: WHO Technical Report Series 894