

Ernährungs- und Verbraucherbildung  
Berichte aus Forschung und Praxis

Band 2

**Elmar Schlich**

**Über den Area Mass Index (*AMI*)  
zur Energiebilanz des Menschen**

Shaker Verlag  
Aachen 2014

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

**HERAUSGEBERIN:**

Dr. Michaela Schlich (AOR)  
Universität Koblenz-Landau, Campus Koblenz  
Fachgebiet Ernährungs- und Verbraucherbildung  
Universitätsstr. 1  
56070 Koblenz  
Kontakt: [Schlich@uni-koblenz.de](mailto:Schlich@uni-koblenz.de)

Copyright Shaker Verlag 2014

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-3202-4

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen  
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9  
Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## VORWORT DER HERAUSGEBERIN

Die vorliegende Reihe dient der Herausgabe von wissenschaftlichen Schriften, die für die aktuelle Ernährungs- und Verbraucherbildung von großer Bedeutung sind. Die hier als Band 2 der Reihe „Ernährungs- und Verbraucherbildung“ publizierte Abhandlung „Über den Area Mass Index (*AMI*) zur Energiebilanz des Menschen“ befasst sich mit Fragen, die viele Menschen in unserer westlichen Gesellschaft betreffen: Warum bleiben die Einen so schlank wie sie sind, während die Anderen nicht abnehmen können? Warum führt der *BMI* bei bestimmten Gruppen systematisch in die Irre, z.B. bei Sportlern? Und was hat die menschliche Ernährung mit Thermodynamik zu tun?

Menschen sind als gleichwarme (= homoiotherme) Lebewesen aus der Klasse der Säugetiere auf die Aufrechterhaltung ihrer Körpertemperatur in engen Grenzen angewiesen. Überschüssige Energie, die wegen der Fettpolster nicht als Wärme an die Umgebung abgegeben werden kann, speichern wir - genetisch so programmiert - als zusätzliches Fett für schlechtere Zeiten. Dieser Effekt ist selbstverstärkend, denn je weniger Wärmeabgabe, desto mehr Fett und je mehr Fett, desto weniger Wärmeabgabe - ein Teufelskreis, den viele aus ihrer täglichen Praxis kennen.

Skaleneffekte sind bei Säugetieren wohlbekannt. So steigt die Herzschlagfrequenz in der Regel mit abnehmender Größe der Spezies, um die höhere Wärmeabgabe kleinerer Säugetiere wegen ihrer spezifisch größeren Körperoberfläche auszugleichen. Vor diesem thermodynamischen Hintergrund gewinnt die Definition des *AMI*, an der ich 2010 wissenschaftlich beteiligt war<sup>1</sup>, und der daraus abgeleiteten Formeln für die Energiebilanz des Menschen größere Bedeutung. Typische Phänomene, denen jeder in seiner täglichen Praxis schon begegnet sein dürfte, werden hier in einen thermodynamischen Gesamtzusammenhang gestellt und somit besser verständlich.

Gleichzeitig bietet die vorliegende Schrift Erklärungen an, warum der traditionell genutzte *BMI*, der auf den Mathematiker Quetelet (1832) zurückgeht, sowie die phänomenologisch entstandenen Grundumsatzformeln nach Harris & Benedict (1918) oder Mifflin-St.Jeor (1990) in vielen Fällen in die Irre führen. Wegen der zunehmenden Bedeutung der Ernährung des Menschen habe ich mich entschieden, diesen innovativen Ansatz zum Verständnis ernährungswissenschaftlicher Phänomene in der vorliegenden Reihe zu publizieren und so einer größeren Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen.

Koblenz, im Oktober 2014

Dr. Michaela Schlich

---

<sup>1</sup> Schlich E, Schumm M, Schlich M: 3D-Body-Scan als anthropometrisches Verfahren zur Bestimmung der spezifischen Körperoberfläche. Ernährungs Umschau 57 (2010) 4, 178-183.



## VORWORT DES AUTORS

Warum können Schlanke essen „wie ein Scheunendrescher“ und bleiben trotzdem schlank? Und warum nehmen Dicke zu, wenn sie die Sahnetorte „nur ansehen“? Die Thermodynamik liefert die Antwort, denn 60 – 80 % der chemisch gebundenen Energie, die wir per Lebensmittel zu uns nehmen, benötigen wir als gleichwarme (homoiotherme) Lebewesen zur Aufrechterhaltung unserer Körpertemperatur. Diese Energie geben wir letztlich als Wärme wieder in die Umgebung ab. Daraus folgt, dass jemand, der viel Wärme abgeben kann, eher nicht oder nur langsamer zunimmt, während ein Individuum, das wenig Wärme abgeben kann, die überschüssige Energie letztlich im Fettdepot abspeichert. Die Fähigkeit, Wärme zu erzeugen, hängt von der Muskelmasse eines Individuums ab, während die Fähigkeit, Wärme abzugeben, von der individuellen Oberfläche und den Wärmeübergangsbedingungen des Menschen abhängig ist.

Hier kommt der Area Mass Index (*AMI*) ins Spiel, der das Verhältnis von Körpermasse (ugs.: Körpergewicht) zur Oberfläche eines Individuums darstellt. Schlanke und muskulöse Staturen unterscheiden sich thermodynamisch grundsätzlich von gedrungenen fettreicheren Staturen. Mit Hilfe des individuellen *AMI* und weiterer anthropometrischer Parameter können die mittlere Wärmeleistung eines Menschen und im nächsten Schritt die täglich notwendige Energiezufuhr per Lebensmittel berechnet werden. Erst diese Statusanalyse stellt eine plausible, innovative Basis für erfolgreiche Strategien zur mittel- und langfristige angelegten Zu- oder Abnahme dar.

Die vorliegende Abhandlung öffnet den für Medizin, Ernährungswissenschaft und Ernährungsberatung notwendigen Einblick in die thermodynamischen Grundlagen, unter Anwendung auf das thermodynamische System Mensch. Beispiele, Berechnungen und Diagramme erläutern anschaulich den täglichen Energieumsatz des Menschen. Gleichzeitig wird deutlich, warum der traditionelle Body Mass Index (*BMI*) und die herkömmlichen Grundumsatzformeln versagen, wenn es um die vergleichende Beurteilung des Ernährungsstatus von Individuen geht. Denn ein Mensch mit fettreicher Statur weist eine vollständige andere Energiebilanz als ein Mensch mit muskulöser Statur auf, auch wenn Geschlecht, Größe, Alter und Körpermasse der Individuen übereinstimmen.

Insoweit verknüpft die vorliegende Schrift die Fachgebiete der menschlichen Ernährung und der Lebensmittelwissenschaft mit der Thermodynamik, um auf diese Weise zu einer thermodynamisch umfassenden Betrachtung des menschlichen Lebens zu gelangen.

**INFORMATIONEN ZUM AUTOR**

Prof. Dr.-Ing. Elmar Schlich, geboren 1951 in Bonn, studierte von 1969 bis 1974 Verfahrenstechnik an der RWTH Aachen und promovierte 1977 im dortigen Lehrgebiet für Energie- und Stofftransport zum Doktor-Ingenieur. Nach sechsjähriger Industrietätigkeit nahm er 1983 einen Ruf an die Hochschule Trier auf die dortige Professur für Maschinen- und Gerätetechnik im Fachbereich Ernährungs- und Haushaltstechnik an.

Von 1993 bis 2014 vertrat er als Universitätsprofessor die Forschung und Lehre im Fach Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben an der Justus-Liebig-Universität Gießen. Mit Energie- und Stofftransport im thermodynamischen Sinn befasst er sich phänomenologisch und wissenschaftlich seit 1974.

Die Anwendung der thermodynamischen Grundlagen auf die Energiebilanz des Menschen führte in den Jahren 2008 bis 2010 zum innovativen Ansatz des Area Mass Index (*AMI*), dessen Herleitung und weitere Entwicklungslinien von 2011 bis 2014 zur heute vorliegenden *AMI*-Formel in diesem Buch dargelegt werden.

Kontakt: [E\\_SCHLICH@evb-koblenz.de](mailto:E_SCHLICH@evb-koblenz.de)

## ÜBER DEN AREA MASS INDEX (*AMI*) ZUR ENERGIEBILANZ DES MENSCHEN

### INHALT

<b>EINLEITUNG</b>	<b>9</b>
Thermodynamik	9
Ernährung als Teil der Thermodynamik des Menschen	12
Hinweis zur Verwendung von Größen und Einheiten	14
<b>GRUNDLAGEN DER SYSTEMTHEORIE</b>	<b>17</b>
Modellbildung und Bilanzierung	17
Der Mensch als offenes thermodynamisches System	22
<b>ERGOMETRIE MIT DEM FAHRRAD-ERGOMETER</b>	<b>47</b>
Grundlagen	47
Energieumsatz und physiologischer Wirkungsgrad	49
Leistungsdiagnostik mit dem Fahrradergometer	51
Berechnung und Messung des Energieumsatzes	54
<b>AREA MASS INDEX, WÄRMEABGABE UND ENERGIEBILANZ DER MENSCHEN</b>	<b>57</b>
Grundlagen des Area Mass Index ( <i>AMI</i> )	57
3D-Body-Scan als anthropometrische Methode	58
<i>AMI</i> -Bestimmungsgleichungen für Frauen und Männer	60
Schlussfolgerungen und Vergleich von <i>AMI</i> und <i>BMI</i>	61
Energiebilanz des Menschen – Grundlagen und typische Beispiele	63
Datenerhebung	63
Hinweise zu Berechnungsformeln und Ausschlusskriterien	64
Berechnungsbeispiele für Frauen	67
Berechnungsbeispiele für Männer	72
Über die Wärmeleistung zum täglichen Bedarf an Lebensmitteln	76
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>83</b>
<b>QUELLEN</b>	<b>85</b>
<b>ANHANG A: GRÖßEN UND EINHEITEN IM SI-SYSTEM</b>	<b>87</b>
<b>ANHANG B: THERMODYNAMISCHE SYSTEME</b>	<b>93</b>
<b>ANHANG C: VERZEICHNISSE</b>	<b>99</b>