

## Mögliche praktische Messungen am menschlichen Körper und die Verwendung ihrer Ergebnisse zur Bestimmung der Körperfülle

- Seit mehreren Jahrhunderten schon stellen sich Anthropologen, Humanmediziner, praktische Mediziner und auch Sportmediziner das Ziel, analytische und rechnerische Methoden zu entwickeln, die es ermöglichen sollen, die Körperfülle eines Individuums zu bestimmen, möglichst objektive Vergleichswerte zwischen Individuen verschiedener Größe und Körperbeschaffenheit zu erhalten. Ein Teilgebiet dieser Forschungen befaßt sich damit, den Anteil des Fettgewebes an der Gesamtmasse eines Körpers zu bestimmen, um Einschätzungen über dessen Gesundheitszustand vornehmen zu können.
- Dazu ist ein Werkzeug vonnöten, mit dem man unabhängig von der Größe der zu untersuchenden Körper für solche mit gleichartiger figürlicher Beschaffenheit auch gleiche Werte erhält. Ich habe mit der vorgelegten Arbeit nachgewiesen, daß es dafür nur einen wissenschaftlich tragfähigen Lösungsansatz geben kann, und zwar eine Verhältniszahl der Körpermasse zum Kubik einer vorab definierten Längenausdehnung des Körpers, welches ich das Körpergrundmaß nenne.
- Dieses Verfahren hat es in der Literatur schon einmal gegeben: Der Züricher Arzt und Anthropologe Fritz Rohrer (1848 – ? 1927) veröffentlichte es im Jahre 1908. Jedoch erkannte er die Tragweite seines Ansatzes als den einzig richtigen nicht. Er stellte ihn als **eine** Möglichkeit neben alle anderen empirisch aufgestellten Verfahren. Mit keinem der anderen Verfahren sind aber die genannten Aufgaben lösbar. Auch hat er die Bedeutung eines Körpergrundmaßes nicht beschrieben, mit dem erst die vielfältigen Möglichkeiten des Verfahrens entstehen, die ich in meiner Arbeit gezeigt habe. Aus diesem und noch einigen anderen Gründen hatte sich der Lösungsansatz damals nicht durchgesetzt.
- Für den anderen Teil der genannten Forschungsarbeiten ist es unumgänglich aber nicht hinreichend, die mittlere Dichte der Körpermasse zu ermitteln, die dem Quotienten aus Körpermasse und Körpervolumen gleicht. Dabei stößt man jedoch auf einige Probleme.
  - Weniger kompliziert ist dabei die Bestimmung der Körpermasse, für die man mit einer Wägung die Schwerkraft des Körpers messen kann und daraus unter den irdischen Gravitationsbedingungen die Masse berechnet.
  - Ungleich schwieriger ist die Bestimmung des Körpervolumens, weil wegen der unregelmäßigen Umrißformen des Körpers eine rein mathematische Erfassung nicht gelingt. Außerdem ist das Körpervolumen keine Konstante. Es ist abhängig von der Lungentätigkeit und von verschiedenen Stoffwechselfunktionen. So wird man sich bei der Bestimmung des Körpervolumens mit brauchbaren Näherungswerten bescheiden und die Fehlergrößen abschätzen müssen.

- Möglich wäre das Vermessen der Körperkonturen mit einem dreidimensionalen Laserscanner und nachfolgend die Errechnung des eingeschlossenen Volumens mit Programmen, die auf die Infinitesimalrechnung aufsetzen.
- Solche Geräte sind nicht üblicherweise verfügbar, zum Teil sind sie noch in der Erprobung. Zudem befinden sie sich gegenwärtig noch in 6stelligen Preiskategorien. Ich will diese Methode deshalb fallen lassen.
- Eine einfachere, aber ebenfalls effektive Methode ist folgende:
  1. Beschaffen eines Gefäßes, möglichst aus Glas, zylindrische, rechteckige oder quadratische Grundfläche, mit senkrechten Seitenwänden, in einer Größe, in die ein erwachsener Mensch bequem hineinpaßt.
  2. Antragen einer Skala in Liter (l) oder in  $\text{dm}^3$ , Nullpunkt am oberen Rand, positive Skalenrichtung nach unten. Die Abstandsberechnung der Graduierungsmarken ist elementar.
  3. Wasserwaagengenaue senkrechte Aufstellung des Gefäßes.
  4. Randvolle Auffüllung des Gefäßes mit Wasser (25 bis 28  $^{\circ}\text{C}$ ).
  5. Einsteigen eines Probanden mit folgender Handlungsanweisung:
    - Maximal einatmen.
    - Gänzlich untertauchen.
    - Warten, bis der Überlaufprozeß beendet ist.
    - Untergetaucht bleiben, maximal ausatmen.
    - Den Skalenwert des dadurch abgesenkten Wasserspiegels festhalten – das ist das aktive Lungenvolumen.
    - Auftauchen, ganz aus dem Wasser heraussteigen, warten, bis das adhäsiv am Körper anhaftende Wasser in das Gefäß zurückgelaufen ist. Dazu genügen 1 bis 2 Minuten; der Vorgang vollzieht sich nach einer e-Funktion mit negativem Exponenten, so daß durch überlange Wartezeiten keine nennenswerte Veränderung mehr erreicht wird. Dann kann der Proband das Gefäß verlassen.
    - Den nun anliegenden Wasserspiegelmeßwert festhalten – das ist das Körpervolumen bei maximaler Einatmung.
- Nun ist noch das Körpervolumen bei maximaler Ausatmung zu ermitteln – die Differenz der beiden Meßwerte).
- Jetzt können die Werte der mittleren Dichte der Körpermasse bestimmt werden, und zwar
  - a. bei maximaler Einatmung und
  - b. bei maximaler Ausatmung.
 Keiner der beiden Werte ist aber ein exakter Dichtewert der Körpersubstanz, weil bekannt ist, daß auch bei maximaler Ausatmung ein Restluftvolumen in der Lunge verbleibt.
- Die Ergebnisse sind ohne den beschriebenen Aufwand mit recht guter Genauigkeit vorhersagbar: Sie liegen zwischen 0,98 und 1,02  $\text{kg}/\text{dm}^3$ . Wodurch ist die Vorhersage möglich?

- Sie fußt auf einem Experiment, das jeder mit sich selbst in einem Schwimmbad ausführen kann, indem man folgendermaßen vorgeht:
  1. Einatmen, mit leicht angezogenen Beinen bewegungslos im Wasser treiben lassen.
  2. Dabei macht man zwei Beobachtungen:
    - 1) Der Körper dreht sich mit dem Rücken nach oben.
    - 2) Er bleibt an der Oberfläche, **schwimmt** fast völlig eingetaucht – das heißt, **die mittlere Dichte ist wenig unter 1**.
  3. Keine weitere Bewegung ausführen, ausatmen.  
Beobachtung: Der Körper **sinkt nun** langsam auf den Grund (geht unter) – das heißt, **die mittlere Dichte ist wenig über 1**.
  4. Schlußfolgerung: Stets existiert eine Atmungstiefe, bei der sich der Körper im **Schwebezustand** befindet – bei der also die mittlere **Dichte der Körpermasse gleich 1** ist.
  
- Das Experiment habe ich zu verschiedenen Zeiten und Anlässen mit einer großen Zahl Probanden ausgeführt, darunter waren:
  1. Kinder,
  2. sehr untergewichtige Erwachsene,
  3. durchschnittsfürliche Erwachsene,
  4. sehr übergewichtige Personen.
  
- Es ist erstaunlich: **Bei allen Probanden läuft das Experiment in der gleichen Weise ab.** Es gibt keine Probanden, die bei beliebiger Atmungstiefe entweder nur schwimmen oder nur sinken. Daraus ergeben sich zwei Schlußfolgerungen:
  - ❖ Schlußfolgerung 1: Der Anteil Fettgewebe an der Gesamtmasse oder das Verhältnis Fettgewebe zu Muskelgewebe oder aber andere Massenanteilverhältnisse haben auf das Ergebnis des Experiments **keinen feststellbaren Einfluß**. Daraus
  - ❖ Schlußfolgerung 2: Die Annahme, den Anteil des Fettgewebes an der Gesamtmasse des Körpers allein aus der mittleren Dichte der Körpermasse erhalten zu können, ist **ein wissenschaftlicher Irrtum**. Die durch verschiedene Körperfettanteile entstehenden Meßwertdifferenzen sind zu klein, um relevante Aussagen vornehmen zu können. Man erhält keine statistisch verwertbaren Größen. Es müssen deshalb andere Methoden durchdacht und gegebenenfalls erprobt werden.
  
- Dazu einige Beispiele: Man verwende als Körpergrundmaß nicht die Körperhöhe, stelle also den Raumparameter nicht als Kubik der Körperhöhe dar. An seiner Statt setze man das Produkt aus drei verschiedenen Größen in die Rechnung, zum Beispiel
  1. Körperhöhe • Schulterbreite • Bauchdurchmesser (vom Nabel bis zum Rücken) oder
  2. Körperhöhe<sup>2</sup> • Bauchdurchmesser. Durch die Einführung des Bauchdurchmessers in die Rechnung wird der entstehende Index signifikante Unterschiede für Personen mit unterschiedlichem Leibesumfang ausweisen.

3. Länge von der Schädeldecke bis zum Steiß • Beckenbreite • Bauchdurchmesser. Hierbei werden zum Beispiel die Beine aus der Beurteilung herausgelöst, die naturgemäß nicht den Löwenanteil des Körperfettes enthalten. Auf ähnliche Weise könnte man auch den Kopf herausrechnen.
- Eine Bemerkung ist hierzu noch unumgänglich: Das beschriebene Experiment gelingt nicht in Wasser mit erhöhtem Salzgehalt, z. B. im Meer. Durch den höheren Auftrieb wegen der vergrößerten Dichte schwimmt der Körper auch im ausgeatmeten Status. Dieser Umstand bietet aber erweiterte Möglichkeiten zur Bestimmung der mittleren Körperdichte im ausgeatmeten Status, indem die Dichte des Salzwassers mit dem Salzgehalt gemessen wird, bei der der Körper bei maximaler Ausatmung gerade noch schwimmt, das heißt, sich in der Schwebelage befindet.
  - Es entstehen dabei ganz verschiedene Figurparameter, die untereinander nicht vergleichbar sind, jedoch innerhalb der Parametergruppen wieder Vergleiche ermöglichen und vor allem unter Anwendung von Analogiegesetzen Umrechnungen zulassen.
  - Andere Maßzusammensetzungen sind denkbar. Es ist lediglich darauf zu achten, daß stets **drei Längenmaße multiplikativ** in die Rechnung geführt werden, damit die Raumstruktur für die Berechnung des Faktors nicht verletzt wird. Das ist die Grundvoraussetzung, ohne die ein Körperfülle-Index überhaupt keine Aussage hat und keinerlei Vergleichsoptionen ermöglicht.
  - Dabei entsteht das vermutlich einleuchtendste geometrische Traktat, wenn die drei Längenparameter ein räumliches kartesisches Koordinatensystem ergeben, das heißt, wenn sie in den drei Raumdimensionen senkrecht aufeinander stehen.
  - Das alles ist nichts endgültiges, es sind mögliche Lösungsansätze, die theoretisch zu durchdenken und praktisch zu erproben wären.
  - All diese Beurteilungen, Berechnungen und Auswertungen sind mit dem BMI in keiner Weise ausführbar, weil er die Körpermasse auf eine Fläche bezieht. Eine Fläche jedoch hat keine Masse. Die entstehende Maßeinheit  $\text{kg/m}^2$  entspräche eher einem Druck als einem Körperfüllemaß, für das man eine Masse zwingend auf einen in geeigneter Weise normierten Raum beziehen muß.
  - Mit dem BMI scheitert man bereits an der Frage, wieviel denn ein 1,60 m großer Mensch wiegen müßte, der die gleiche Figur hat, wie ein 1,80-m-großer Mensch mit einer Masse von 80 kg.
  - Würde man zum Beispiel für einen Acker die Menge des einzubringenden Saatgutes in Abhängigkeit von der Breite des Ackers berechnen und dessen Länge unberücksichtigt lassen, wäre das ein ganz ähnlicher wissenschaftlicher Fehlschritt. Oder, um noch ein anderes Beispiel zu nennen, würde man den Preis für ein Brot nach dessen Länge bestimmen, ohne zu beachten, wie dick das Brot ist, so würden sich je nach Lage der Dinge ungerechtfertigte Gewinne oder Verluste einstellen. Bei diesen Beispielen schlägt uns jedoch die Offenkundigkeit des Fehlers

sofort ins Gesicht, bei der Körperberechnung für Menschen ist es etwas unübersichtlicher. Und doch kann man es verständlich machen: Der BMI will die Körperfülle aus einer Art Projektionsfläche Länge • Breite des Körpers berechnen, ohne zu beachten, daß in der anderen Projektionsebene noch eine Tiefe vorliegt.

- Betrachten wir doch einmal die folgende kleine Geschichte. Da sitzen zwei Leute, vor ihnen liegen zwei Eisenstangen, eine dünne und eine dickere. Die beiden messen den Durchmesser der Stangen und berechnen damit ihre Querschnitte. Nun diskutieren sie die Frage, wie man daraus die Masse der Stangen berechnen könne. Jetzt komme ich hinzu und äußere die Behauptung, die dünne Stange sei schwerer als die dicke. Die beiden schauen mich verständnislos an, weil sie sich in die Berechnung der Masse aus dem Querschnitt verbissen haben. Aus ihrer Sicht können sie nicht erkennen, daß die dünnere Stange durchaus schwerer sein kann, wenn sie nur genügend lang ist.
- Stets kommt es darauf an, die richtigen Maßeinheiten zu finden, mit denen objektive Vergleiche verschiedener zu beurteilender Kategorien möglich sind.
- Wohlgermerkt, die beim Raumbezug meiner Körperfülleberechnung entstehende Maßeinheit  $\text{kg/m}^3$  ist **keine Dichte, sondern ein relatives Maß** für die Körperfülle, weil nicht der tatsächliche Raum der vorliegenden Masse, sondern ein fiktiver Raum verwendet wird, der die Berechnung unkompliziert ermöglicht, ja, erst durchführbar macht. Es geht ja auch nicht um eine Dichte, sondern um ein Vergleichsmaß, um die Möglichkeit, unterschiedlich gestaltete Körper verschiedener Größe miteinander vergleichen zu können.
- Die Schöpfer und auch die Anwender des BMI wissen alle durch empirische Feststellungen um die Unzulänglichkeiten dieses Systems, denn alle führen sachlich nicht belegbare Korrekturen ein, wie zum Beispiel eine Abhängigkeit des BMI von der Größe oder sogar vom Alter oder andere willkürliche Eingriffe. Es ist nicht möglich, mit derart empirischen Abwandlungen die Unordnung in dem System aufzuheben. Die Objektivität der Maßzahl ist wegen ihrer falschen Berechnungsbasis in keiner Weise gegeben. Alle geben zu ihren berechneten BMI-Werten umfangreiche und umständliche Tabellen oder Grafiken hinzu, mit denen die Rechenwerte dann manipuliert, diskutiert, interpretiert und verändert werden, bis vom ursprünglichen Rechenwert nichts mehr übrig ist; oder sie schließen bestimmte Personengruppen von vornherein aus, wie zum Beispiel Kinder.
- Einigen Anwendern habe ich in Gesprächen geraten, doch einmal ihre Tabellen und Grafiken beiseite zu lassen, und ihren berechneten BMI einfach durch die Körperhöhe zu dividieren. Wenige, die das taten, haben festgestellt, daß ja dabei verblüffend gute Ergebnisse entstehen. Was Wunder! Sie haben es sicher bemerkt: Teilt man den BMI durch die Körperhöhe, erhält man den Rohrer-Index oder den Figurfaktor, wie ich ihn dargestellt habe. Der logische Kreis ist damit geschlossen.
- Bliebe nun zu hoffen, daß sich auf diesem Gebiet am Ende doch noch wissenschaftlich tragfähige Methoden durchsetzen. Die Schwierigkeit dabei ist, daß man weltweit eingefahrene Praktiken zum Einsturz bringen müßte. Zum Beispiel rech-

nen alle amerikanischen Versicherungsgesellschaften, die sich mit Lebensversicherungen befassen, nach dem fehlerhaften BMI, in der Absicht, gesundheitliche Risiken erfassen zu können. Die auf dieser Grundlage variierten Versicherungsprämien gehen den Kunden ans Geld – und sie sind falsch.

- Diesen Prozeß des Umdenkens kann ich ganz sicher nicht allein auslösen. Deshalb benötige ich die Unterstützung einer großen Gemeinschaft von Wissenschaftlern, die die Idee erkennen und sie zu verbreiten helfen. Deshalb bin ich hier und verteidige meine vorgelegte Arbeit.