

Stickstoff-Bilanzbestimmung an Menschen

Bei Eiweiß-Bilanzversuchen handelt es sich um einen Vergleich der gegessenen Stickstoffmenge mit der ausgeschiedenen Stickstoffmenge. Diese verteilt sich auf den Stickstoff im Harn, im Kot und auf die Verluste durch Haarausfall und Hautabschilferung. Diese Anteile sind sehr unterschiedlich. Im Harn sind etwa 60 bis 80 % enthalten, im Kot 10 bis 30 %. Verluste durch Haut und Haar betragen etwa 7 bis 10 %.

Subtrahiert man die ausgeschiedene Stickstoffmenge von der aufgenommenen, so erhält man die Stickstoffbilanz. Würde mehr ausgeschieden als aufgenommen, läge eine negative Bilanz vor; würde weniger ausgeschieden als aufgenommen wäre die Bilanz positiv. Ist die Differenz null, so spricht man von einer ausgeglichenen Bilanz. Die kleinere Menge, mit der sich der Körper über längere Zeit ins Gleichgewicht setzen kann, heißt Bilanzminimum. Je wertvoller ein Nahrungsprotein, mit desto kleineren Mengen davon kann man einen Bilanzausgleich erzielen.

Das Bilanzminimum ist also ein Maß für die biologische Wertigkeit (BW) eines Proteins.

Die N-Bilanz ist negativ:	N-Ausscheidung > N-Aufnahme
Die N-Bilanz ist positiv:	N-Ausscheidung < N-Aufnahme
Die N-Bilanz ist ausgeglichen:	N-Ausscheidung = N-Aufnahme

Bilanzminimum: kleinste Eiweißmasse, mit der sich der Organismus über längere Zeit in einer ausgeglichenen N-Bilanz halten lässt, entspricht dem Eiweiß-Minimalbedarf.

Wie geht man bei einer Stickstoff-Bilanzbestimmung vor?

1. Nicht nur alle Ausscheidungen, sondern auch die aufgenommene Nahrung sind genau zu analysieren. Es genügt nicht, Tabellenwerte aus Nahrungsmitteltabellen zu übernehmen.
2. Der Kalorienbedarf des Körpers muss voll gedeckt sein, andernfalls wird Protein verbrannt und damit die Ergebnisse verfälscht. Das bedeutet, dass das Körpergewicht der Versuchspersonen mindestens konstant bleiben muss. Als Energieträger kommen natürlich nur stickstofffreie Nahrungsmittel in Frage wie Fett, Zucker und vor allem Stärke. Das macht die Kost so eintönig. Täglich gibt es vier Teller Stärkebrei mit 30 bis 40 % Fett. In diesen Brei sind die zu testenden Proteine eingekocht.
3. Vitamine und Mineralstoffe werden in der nötigen Höhe zugeführt. Als Maß für den Bedarf dienen die Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung.
4. Um die Darmperistaltik und damit den Stuhlgang aufrecht zu erhalten, werden in den Stärkebrei Zellulosepulver und Agar-Agar eingekocht.

Wie sieht so eine Bilanzbestimmung an Menschen praktisch aus?

Die Auswahl der Versuchspersonen muss mit besonderer Sorgfalt vorgenommen werden. Nur völlig gesunden Menschen, die willig und zuverlässig sind, kann man die oft schwierigen und lang dauernden Ernährungsformen zumuten. Über die körperliche Gesundheit gibt eine ärztliche Untersuchung Aufschluss. Sie umfasst den klinischen Allgemeinbefund, Blut-senkung, Blutbild, Harnuntersuchung, Nierenfunktionsprüfung, Grundumsatzbestimmung. Die ärztliche Kontrolle erstreckt sich über die gesamte Versuchsdauer, insbesondere werden in Abständen von wenigen Tagen Bestimmungen der Alanin-Transaminase sowie der Aspartat-Transaminase durchgeführt, weil sich schon geringe Störungen des Leberstoffwechsels an einer Erhöhung dieser Transaminasen bemerkbar machen.

Stickstoff-Bilanzbestimmung an Menschen

Die am Versuch beteiligten Personen werden eingehend mit ihren Aufgaben vertraut gemacht und unterwerfen sich freiwillig der Disziplin der Versuchsanordnung, was durch einen schriftlichen Vertrag festgehalten wird. Ein besonderes Überwachungssystem gibt es nicht, denn Verstöße gegen die Versuchsbedingungen werden aus den Analysen schnell erkannt und haben die Auflösung des Vertragsverhältnisses zur Folge. Es kam nie vor, dass eine Versuchsperson sich andere Nahrung aus unkontrollierten Quellen zuführte. Hingegen kamen einige Mal Unterschlagungen von Ausscheidungen vor. Es ist nämlich außerordentlich lästig, über viele Monate mit einer Sammelflasche für Harn ausgehen zu müssen.

Eine Unterbringung der Versuchspersonen im Institutsgebäude erwies sich als unerlässlich. Die Einzelzimmer sind hübsch und zweckmäßig eingerichtet und liegen in demselben Stockwerk, in dem sich die Diätküchen, die den Küchen angeschlossenen Speiseräume sowie die Toiletten befinden. Dort muss jeder Versuchsperson eine eigene Kabine zum Sammeln der Ausscheidungen zur Verfügung stehen. Bade- und Duschräume sind vorhanden, außerdem Gemeinschaftsräume mit Fernsehgerät. Es herrscht keine Krankenhausatmosphäre, sondern eher die eines Studentenheimes. Mit den Versuchspersonen werden Verträge über 6 oder 12 Monate abgeschlossen, die die gegenseitigen Verpflichtungen, das Honorar und die Hausordnung genau festlegen.

Die Definition der BW nach Kofranyi

Die BW berechnet sich jetzt also nach „Kofranyi“ aus dem Minimalbedarf an dem jeweiligen Nahrungsprotein bei ausgeglichener N-Bilanz, wobei die Wertigkeit des Vollei-Proteins (als biologisch hochwertigstes Protein mit geringstem Minimalbedarf) durch Definition gleich 100 gesetzt wird.

Die Definition der BW nach Kofranyi:

Die BW ist die auf das Vollei bezogene Größe des Eiweißminimalbedarfs eines Nahrungseiweißes:

$$BW = \frac{\text{EW-Minimalbedarf an Volleiprotein (mg/kg Körpergewicht)}}{\text{EW-Minimalbedarf an Nahrungsprotein (mg/kg Körpergewicht)}} \times 100$$

z. B. BW von Kartoffelprotein

$$BW = \frac{500 \text{ mg/kg Körpergewicht} \times 100}{512 \text{ mg/kg Körpergewicht}} = 98$$

Stickstoff-Bilanzbestimmung an Menschen

Die folgende Tabelle zeigt den mit dieser Methodik ermittelten Minimalbedarf an Proteinen aus verschiedenen Nahrungsmitteln bezogen auf kg Körpergewicht (KG) und der daraus bestimmten BW:

Nahrungsmittel	Minimalbedarf [mg/kg KG]	BW
Vollei	500	100 (Definition)
Kartoffel	512	98
Rindfleisch	547	91
Milch	568	88
Weizenmehl	665 – 866	75 – 59
Bohnen	685	73
Mais	699	72

Es wird deutlich, dass der Minimalbedarf eher mit tierischem als mit pflanzlichen Protein zu decken ist. Eine Ausnahme bildet das Kartoffelprotein.

Da zur menschlichen Ernährung nie das Protein eines Nahrungsmittels benutzt wird und die Verwendung nur tierischer oder nur pflanzlicher Eiweißträger in den Industriestaaten kaum vorkommt, hat die Kenntnis der biologischen Wertigkeit einzelner Nahrungsproteine nur einen begrenzten theoretischen Wert, zu unseren Verzehrsgewohnheiten gehört die gemischte Kost tierischer und pflanzlicher Herkunft. Deshalb kommt die Bestimmung des Minimalbedarfs an Eiweiß aus Gemischen verschiedener Nahrungsmittel der Praxis näher. Mischungen von Nahrungsmitteln mit bekannter biologischer Wertigkeit wurden getestet. Dazu wurden die Nahrungsmittel in unterschiedlichen Verhältnissen kombiniert und der Minimalbedarf der Eiweißmischung wie oben ermittelt. Dabei stellte man u.a. folgende Ergebnisse fest.

Proteingemisch aus:	Proteinprozent	Minimalbedarf [mg/kg KG]	BW
Vollei + Kartoffel	36 + 64	369	135
Vollei + Soja	60 + 40	405	123
Milch + Weizen	76 + 24	455	110
Bohnen + Mais	51 + 49	501	100