Hinweis: Die Lösung ist jeweils in *kursiv* und in blau im Arbeitsblatt enthalten.

**Proteinbedarfsdeckung und Proteinqualität von Lebensmitteln**

**1. Stickstoffbilanz**

Um Studien mit Proteinen am Menschen durchzuführen, bietet sich als zu untersuchendes Element der Stickstoff N an, da er vorwiegend in Proteinen vorkommt und nicht in den energieliefernden Nährstoffen Kohlenhydrate und Fette.

Stickstoffbilanz = zugeführte Menge an Stickstoff (N, hauptsächlich in Form von Protein) - ausgeschiedene Menge an Stickstoff (hauptsächlich in Form von Harnstoff und Ammoniak im Urin).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ausgeglichene N-Bilanz** | **positive N-Bilanz** | **negative N-Bilanz** |
| N-Aufnahme = N-Ausscheidung | N-Aufnahme > N-Ausscheidung | N-Aufnahme < N-Ausscheidung |
| gesunde Erwachsene | Kinder/Jugendliche | durch Krankheit |
| Bei erhöhter Zufuhr wird entsprechend mehr N ausgeschieden. | zum Neuaufbau von körpereigenen Proteinen (z. B. im Muskel) | Die Zufuhr an N deckt nicht die endogenen Verluste. |

**Bestimmung: Stickstoffbilanzstudien**

Um die Stickstoffbilanz zu erfassen, ist eine mehrtägige Untersuchungsperiode notwendig. Während einer Gewöhnungsperiode von mindestens 8 Tagen wird den Testpersonen unter kontrollierten Bedingungen eine vordefinierte Nahrung gereicht. Während der anschließenden ca. 6 Tage wird der Urin und (wenn möglich) der Stuhl gesammelt. Der N-Gehalt der Nahrung als auch die N-Ausscheidung (z. B. Urin) werden durch Methoden wie z.  B. Chemilumineszenz oder nach Kjeldahl bestimmt.

Um aussagekräftige Studienergebnisse zu erreichen, muss Folgendes beachtet werden:

Bedarfsgerechte Energiezufuhr und ähnliche körperliche Aktivität der Versuchsteilnehmer - Begründung:

z. B. zu geringe Energiezufuhr führt zu einer negativen N-Bilanz (Abbau von Körperprotein) oder Aufbau von Muskelprotein führt zu positiven N-Bilanz.

Durchschnittliche obligatorische Stickstoff- (Protein-) Verluste erwachsener Männer bei proteinfreier Ernährung:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Tägliche N-Verluste  [mg/kg KG] | Proteinäquivalent  [g/kg KG] |
| Urin | 37 | 0,23 |
| Faeces | 12 | 0,08 |
| Haut | 3 | 0,02 |
| andere Verluste | 2 | 0,01 |
| Summe | 54 | 0,34 |

Mit Hilfe eines Protein-Berechnungsfaktors von 6,25, der sich daraus ergibt, dass N zu ca. 16 % in Proteinen vorkommt, kann aus dem N-Verlust das entsprechende Proteinäquivalent berechnet werden.

Berechnen Sie den täglichen Proteinverlust in g/kg KG: 0,34 g

Berechnen Sie den täglichen Proteinverlust eines 70 kg schweren Mannes: 23,8 g

(= Minimalbedarf an Protein)

Studien zur Stickstoffbestimmung werden bei der Ermittlung des Mindestbedarfs an definierten Proteinen und damit zur Bestimmung der Proteinqualität herangezogen.

**2. Tagesbedarf an Protein**

**Aufgabe:**

Füllen Sie folgende Tabellen mit Hilfe der Referenzwerte der DGE (www.dge.de) aus:

Für Erwachsene ab 19 bis unter 65 Jahren wird der Proteinbedarf mittels Daten aus Stickstoffbilanzstudien bestimmt.

Referenzwert Protein:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Alter | g/kg Körpergewicht und Tag | | g/Tag | |
| Erwachsene  19-25 Jahre | m | w | m | w |
| 0,8 | 0,8 | 57 | 48 |

Gründe für die Abweichung vom Minimalbedarf von 0,34 g/kg Körpergewicht und Tag:

|  |
| --- |
| Sicherheitszuschläge, individuelle Schwankungen, Verluste bei der Proteinverwertung, Unterschiede in der Aminosäurezusammensetzung usw. |

Proteinbedarf weiterer Personengruppen:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Kleinkinder | Senioren |
| Proteinbedarf in g/kg Körpergewicht und Tag | 1,0 | 1,0 |
| Ursachen für veränderten Bedarf | Wachstums- und  Erhaltungsbedarf | körperliche Funktionalität bzw. der  Funktionserhalt |

Übergewicht:

Berechnen Sie den Proteinbedarf für einen erwachsenen Mann mit einem BMI von 30 kg/m2. Gehen Sie von einem angestrebten BMI von 22 kg/m2 und einer Körpergröße von 1,70 m aus.

Körpergewicht in kg = BMI x (Körpergröße in m)2

22 kg/m2 x 1,70 m2 = 63,6 kg

63,6 kg x 0,8 g/kg KG = 50,8 g Protein pro Tag

Ein physiologischer Bedarf besteht strenggenommen, nicht für Protein, sondern für die unentbehrlichen Aminosäuren (Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan, Valin sowie für Säuglinge Histidin) sowie für das Element Stickstoff. Daher hängt hiervon auch die Qualität eines Lebensmittelproteins ab.

**3. Qualität eines Proteins**

Je ähnlicher die Zusammensetzung der unentbehrlichen Aminosäuren in einem Lebensmittelprotein der Zusammensetzung eines Körperproteins des Menschen entspricht, desto höher ist seine Qualität.

Die Proteinqualität hängt daher ab von:

1. der Menge an unentbehrlichen Aminosäuren im Lebensmittel. Das Verhältnis von unentbehrlichen zu entbehrlichen Aminosäuren ist ebenso von Bedeutung.

2. der Verdaulichkeit: der Anteil der Aminosäuren aus dem Nahrungsprotein, der nach Verdauung und Absorption den Zellen zur Verfügung steht.

Bei einer höheren Qualität ist eine geringere Proteinaufnahme bedarfsdeckend.

Eine direkte Bewertung der Proteine in einem Lebensmittel erfolgt über die Anteile der unentbehrlichen Aminosäuren im Vergleich mit dem idealen Aminosäuremuster eines Referenzproteins (entwickelt von der WHO/FAO).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aminosäuremuster  (Angaben in mg AS/g Protein)** | | | | | | | | | | | | |
|  | CYS | MET | | LYS | ILE | LEU | PHE | TYR | | THR | TRY | VAL |
| Referenzprotein | 25 | | | 58 | 28 | 66 | 63 | | | 34 | 11 | 35 |
| Ei | 23 | | 32 | 53 | 66 | 88 | 58 | | 42 | 50 | 17 | 72 |
| Sojabohne | 19 | | 13 | 64 | 53 | 77 | 55 | | 37 | 40 | 14 | 53 |
| Kuhmilch | 9 | | 27 | 83 | 64 | 104 | 52 | | 53 | 51 | 14 | 68 |
| Rindfleisch | 33 | | | 79 | 42 | 77 | 70 | | | 42 | 10 | 45 |
| Erbse | 10 | | 9 | 73 | 42 | 70 | 44 | | 31 | 38 | 15 | 47 |
| Weizen | 40 | | | 25 | 33 | 76 | 88 | | | 30 | 10 | 40 |
| Wachtelbohne | 21 | | | 70 | 42 | 80 | 90 | | | 44 | 9 | 50 |

Entscheidend für die Beurteilung der Qualität eines Proteins ist die Bestimmung der limitierenden Aminosäure, der Aminosäure, von der – bezogen auf den Bedarf – am wenigsten im Testprotein enthalten ist.

**Aminosäuren-Score (Amino Acid Score, AAS)**

Mit dem AAS-Score wird die limitierende Aminosäure eines zu beurteilenden Proteins bestimmt. Diese limitierende Aminosäure weist den niedrigsten AAS auf und begrenzt damit die körpereigene Proteinsynthese.

AAS = Konzentration einer AS im Testprotein (mg pro g Protein) /Konzentration der entsprechenden AS im Referenzprotein (mg pro g Protein)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **AAS - Score** | | | | | | | | | | |
|  | CYS | MET | LYS | ILE | LEU | PHE | TYR | THR | TRY | VAL |
| Referenzprotein | 25 | | 58 | 28 | 66 | 63 | | 34 | 11 | 35 |
| Wachtelbohne | 21 | | 70 | 42 | 80 | 90 | | 44 | 9 | 50 |
| AAS-Score | 0,8 | | 1,2 | 1,5 | 1,2 | 1,4 | | 1,3 | 0,8 | 1,4 |

Limitierende Aminosäure in der Wachtelbohne mit dem niedrigsten AAS:

Tryptophan mit 0,8

**PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score)**

Der AAS berücksichtigt nicht die individuell unterschiedliche Verdaulichkeit der Nahrungsproteine. Die Verdaulichkeit der Aminosäuren kann durch küchentechnische Verarbeitungsschritte, welche die Proteinstruktur verändern, beeinflusst werden. Dazu gehören z. B. Keimen und Erhitzen. Lebensmittelbestandteile, welche die Absorption von freigesetzten Aminosäuren einschränken, können die Verdaulichkeit vermindern. Dazu gehören z. B. Tannine in Getreide und Hülsenfrüchten.

Daher wurde der PDCAAS-Wert entwickelt, der die Verdaulichkeit einbezieht. Dieser Wert wird über Tierversuche ermittelt.

Verdaulichkeit bei:

tierischen Proteinen: meist > 90 % (0,9), pflanzlichen Proteinen: meist < 90 % (0,9)

z. B. Wachtelbohne 73 % (0,73), Weizen 85 % (0,85)

PDCAAS = AAS × Verdaulichkeit

Beispiel:

PDCAAS (Wachtelbohne) = 0,8 x 0,73 = 0,58

Der maximale PDCAAS-Wert beträgt 1,0. Alle darüber liegenden Werte werden abgerundet.

Die Berechnung des Proteinbedarfs richtet sich an den Bedarfswerten für Kinder im Alter von 2-5 Jahren aus, da diese aufgrund von Wachstumsvorgängen einen sehr hohen Aminosäurenverbrauch aufweisen.

|  |  |
| --- | --- |
|  | PDCAAS |
| Ei | 1,00 |
| Sojamehl | 0,99 |
| Kuhmilch | 0,85 |
| Rindfleisch | 0,87 |
| Erbse | 0,61 |
| Weizen | 0,34 |
| Wachtelbohne | 0,58 |