

Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit
Band: 71 (1980)
Heft: 1

Artikel: Der Nährwert: Charakterisierung und Bestimmung
Autor: Bickel, H. / Schürch, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-983495>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

H. Bickel und A. Schürch, Institut für Tierproduktion, Eidg. Technische Hochschule, Zürich

Der Nährwert: Charakterisierung und Bestimmung

Der Begriff des Nährwertes

Der Nährwert ist als quantitativer Ausdruck für die Wirkung eines Nahrungs- oder Futtermittels im menschlichen oder tierischen Organismus zu verstehen. Er ist gegenüber dem Genußwert und dem diätetischen Wert, aber auch gegenüber dem ökonomischen Wert abzugrenzen. Diese Abgrenzung bedeutet nicht, daß die verschiedenen Wertvorstellungen voneinander vollständig unabhängig sind. Ein hoher Genußwert führt zum Beispiel zu einem hohen Speichelfluß und beeinflusst die Verdauung der Nahrung und damit deren Nährwert. Das dürfte sowohl für den Nichtwiederkäuer als auch für den Wiederkäuer (mikrobielle Verdauung im Pansen) gelten. Unter dem Begriff des diätetischen Wertes ist der Wert der Nahrung im Zusammenhang mit dem Wohlbefinden des Organismus zu verstehen. Es ist beispielsweise bekannt, daß sowohl der Mensch als auch das Tier eine gewisse Menge an pflanzlichen Gerüstsubstanzen in der Nahrung benötigt, obwohl diese Substanzen (Zellulose, Hemizellulose, Lignin, Pektine usw.) einen verhältnismäßig geringen Nährwert aufweisen. Ein hoher diätetischer Wert kann somit mit einem geringen Nährwert verbunden sein.

Die stoffliche Bewertung der Nahrung

Bei der stofflichen Bewertung der Nahrung steht der Proteingehalt im Vordergrund, da das körpereigene Protein nur aus N-haltigen Nahrungsbestandteilen gebildet werden kann. Der Wert des Nahrungsproteins ist durch die Absorbierbarkeit im Darm und durch die Verwertbarkeit des absorbierten Proteins im Intermediärstoffwechsel gekennzeichnet. Beim Nichtwiederkäuer wird für die Bewertung vereinfachend das verdauliche Protein anstelle des absorbierbaren Proteins herangezogen. Die Unterscheidung zwischen absorbierbarem und verdaulichem Protein dürfte nur dann vernachlässigt werden, wenn die endogenen N-Ausscheidungen im Kot proportional zur N-Zufuhr wären. Das ist nicht der Fall. Die Bewertung des Nahrungsproteins aufgrund der Verdaulichkeit bzw. der «Unverdaulichkeit», d. h. der N-Menge im Kot bezogen auf die N-Menge in der Nahrung, hat sich aber trotzdem bewährt. Beim Wiederkäuer wird ein wesentlicher Teil des Futterproteins im Pansen abgebaut und in Mikroorganismen-

protein umgewandelt. Dieser Vorgang ist mit N-Verlusten verbunden und von Menge und Art der übrigen Nährstoffe im Futter abhängig. Seit einiger Zeit sind daher Bestrebungen vorhanden, bei der Bewertung des Proteins die Vorgänge im Pansen und in den nachfolgenden Abschnitten des Verdauungstraktes besser zu berücksichtigen als das mit der Bestimmung der Verdaulichkeit geschehen kann (1).

Will man die eingangs angeführte Definition des Nährwertes auf das Nahrungsprotein anwenden, so muß die Wirkung des Proteins in Form von körpereigenem Protein gemessen werden. Diese Wirkung wird durch die Verwertbarkeit des absorbierten Proteins bestimmt, die vom Aminosäuremuster, vor allem vom Anteil an essentiellen Aminosäuren und vom Proteinbildungsvermögen des Organismus abhängig ist. Ein bekanntes Maß für die Verwertbarkeit des Proteins ist die biologische Wertigkeit nach *Thomas* und *Mitchell* (2) oder der Stickstoffnettowert nach *Bender* und *Miller* (3). Beide Maßstäbe geben den Anteil des absorbierten bzw. gesamten Nahrungsproteins, der als N-Ansatz im Organismus erscheint, unter Berücksichtigung der unvermeidlichen N-Verluste (endogener Harnstickstoff und Darmverluststickstoff) an. Da das Proteinbildungsvermögen des Organismus begrenzt ist, sollte die biologische Wertigkeit der Nahrungsmittel nur am jungen Organismus (wachsende Ratte) bei knapper Proteinzufuhr gemessen werden. Für die Bewertung des Futterproteins ohne in vivo Versuche schlagen *Block* und *Mitchell* (4) bzw. *Oser* (5) vor, den Gehalt des Nahrungsproteins an einzelnen essentiellen Aminosäuren durch besondere Maßzahlen zu charakterisieren (Tabelle 1).

Tabelle 1. Definitionen einiger Bewertungskriterien für Nahrungsprotein

Biologische Wertigkeit (BW, biological value) nach Thomas und Mitchell

$$BW = \frac{\text{Unvermeidbare N-Verluste} + \text{N-Ansatz}}{\text{im Darm absorbiertes Nahrungs-N}} \times 100$$

Stickstoffnettowert (NNW, net protein utilization) nach Bender und Miller

$$NNW = \frac{\text{Unvermeidbare N-Verluste} + \text{N-Ansatz}}{\text{Gesamtes Nahrungs-N}} \times 100$$

Unter den unvermeidbaren N-Verlusten wird die Menge N im Harn (endogener Harnstickstoff) und im Kot (Darmverluststickstoff) bei N-freier Ernährung verstanden.

Eiproteinverhältnis (EPV, chemical score) nach Block und Mitchell

$$EPV = 100 \text{ minus größtes Defizit einer essentiellen Aminosäure im Nahrungsprotein gegenüber dem Gehalt dieser Aminosäure im Volleiprotein (in \%)}$$

Eiproteinindex, (EAAI, essential amino acid index) nach Oser

$$EAAI = \sqrt[n]{EAA_1 \times EAA_2 \times EAA_3 \times EAA_4 \times \dots \times EAA_n}$$

$$EAA_{1,2,\dots,n} = \frac{\text{Anteil essentielle Aminosäure}_{1,2,\dots,n} \text{ im Nahrungsprotein}}{\text{Anteil essentielle Aminosäure}_{1,2,\dots,n} \text{ im Volleiprotein}} \times 100$$

Die energetische Bewertung der Nahrung

Für die energetische Bewertung der Nahrung wird von einem die Vorgänge im Organismus beschreibenden Schema (Abb. 1) ausgegangen. Rubner (6) erkannte, daß der physikalisch definierte Energiesatz bzw. der 1. Hauptsatz der Thermodynamik auf die Vorgänge im Organismus angewendet werden kann und leitete daraus ein Modell zur energetischen Bewertung der Nahrung ab (Abb. 2). Obwohl das Modell die Energieumsetzungen stark vereinfachend darstellt, bildet es allgemein eine gute Grundlage für eine systematische Bewertung der Nahrung.

Mit der «verdaulichen» Energie (VE) der Nahrung, d. h. dem Energiegehalt der verdaulichen Nährstoffe, werden die unterschiedlichen anatomisch-physiologischen Verhältnisse im Verdauungstrakt der verschiedenen Lebewesen weitgehend berücksichtigt. Die nächste energetische Bilanzstufe, die umsetzbare Energie (UE) der Nahrung, Rubners «physiologischer Nutzwert», ist jedoch der eigentliche Ausgangspunkt der energetischen Bewertungssysteme. Mit ihr wird weitgehend jener Teil der Nahrung erfaßt, der den im Darm absorbierten und verwertbaren Nahrungsbestandteilen entspricht. Die Übereinstimmung zwischen dem Energieinhalt der absorbierten Nahrungsbestandteile und der UE der Nahrung ist nicht vollständig, da z. B. der Harn aus den intermediären Umsetzungen der absorbierten Nährstoffe entsteht und ein Teil der gebildeten Körperwärme beim Wiederkäuer eine Folge der mikrobiellen Prozesse im Pansen ist.

Die UE ist als Bewertungsmaßstab sowohl für Nahrungs- als auch für Futtermittel vor allem dann anzuwenden, wenn die Ernährung auf das Erhaltungsgleichgewicht des Organismus ausgerichtet wird. Der sog. «Kalorienwert» der Nahrung für den Menschen bezieht sich deshalb auf die UE. Das trifft mehr

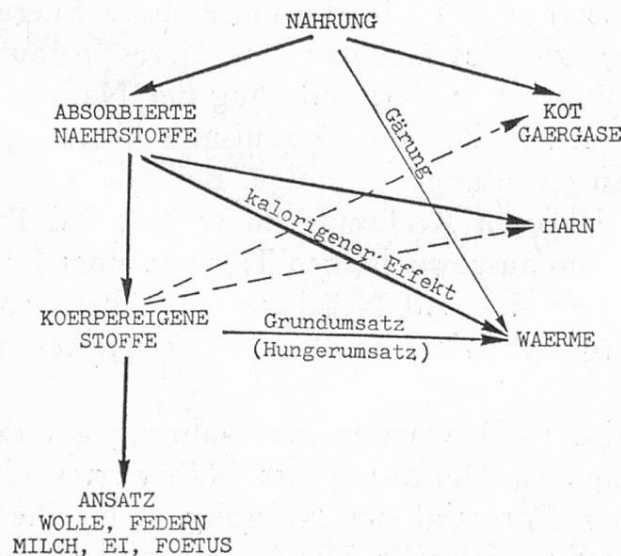


Abb. 1. Schema der Nahrungsverwertung

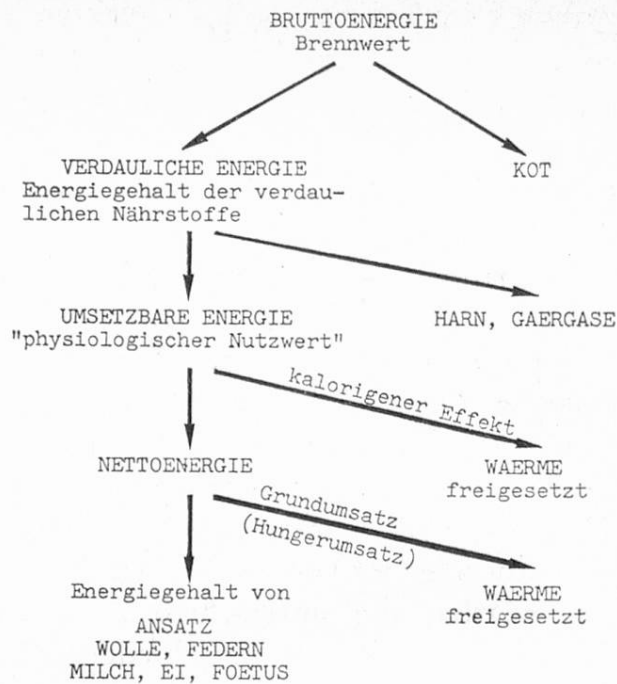


Abb. 2. Modell der energetischen Bewertung der Nahrung

oder weniger genau auch auf den in der Tierernährung verwendeten Begriff des «Gesamtnährstoffs» (total digestible nutrients, TDN) zu (7). Beide Begriffe sollten möglichst vermieden werden, da damit unter Umständen das einfache und klare Begriffskonzept verwischt wird.

Gemäß dem internationalen Einheitensystem für die Maßeinheiten (Système international d'unités, SI) ist das Joule (J) die Einheit der Energie, Arbeit und Wärmemenge. Ab 1. Januar 1983 ist die Kalorie in der Schweiz als gesetzliche Energieeinheit nicht mehr zulässig. Im schweizerischen Bundesgesetz über das Meßwesen vom 9. Juni 1977 wird empfohlen, die Umrechnung der thermochemischen Kalorie in Joule mit $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$ vorzunehmen.

Es ist bekannt, daß die Umsetzbarkeit der Nahrungsenergie, d. h. die Ueberführung der Bruttoenergie (BE) in die umsetzbare Energie (UE) beim Tier von der Nahrungsmenge, gleiches Gewicht des Tieres vorausgesetzt, abhängt. Hohe Nahrungsmengen können zur Verminderung der Nährstoffverdaulichkeit führen. Außerdem hat eine den Bedarf des Organismus übersteigende Proteinzufuhr eine Erhöhung der N-Ausscheidung zur Folge. Bei der Bestimmung der umsetzbaren Energie ist diesen Faktoren Rechnung zu tragen. Bei Futtermitteln wird daher die UE in der Regel am ausgewachsenen Tier mit einer Futterzufuhr bestimmt, die möglichst zu einer Energie- und N-Bilanz = 0 führt. Abweichende Bedingungen werden entsprechend korrigiert (z. B. «N-korrigierte» umsetzbare Energie für Geflügelfutter (8)).

Mit der energetischen Bewertung der Nahrung auf der Stufe der UE ist der eingangs vorgeschlagenen Definition des Nährwertes nicht vollständig Genüge getan, da die UE ein Potential der Nahrung, d. h. eine mögliche Wirkung und nicht die Wirkung selbst, darstellt. Die Umwandlungswärme (kalorigener Effekt) der Nahrung wird nicht berücksichtigt. Wenn die Umwandlungswärme zur auf-

genommenen *UE* in einem konstanten Verhältnis steht, entspricht zwar die *UE* der Wirkung der Nahrung. Ein konstantes Verhältnis ist aber aufgrund der Kenntnisse über die Stoffwechselfvorgänge in der Zelle nicht zu erwarten. Beim Nichtwiederkäuer und somit auch beim Menschen scheint sich die Verschiedenartigkeit der Stoffwechselfvorgänge auf das Ausmaß der Umwandlungswärme allerdings verhältnismäßig wenig auszuwirken. Die Kenntnisse darüber sind lückenhaft, weshalb weitere Forschung notwendig und auch im Gange ist. Es dürfte daher zur Zeit nicht sinnvoll sein, die energetische Bewertung der Nahrung für den Nichtwiederkäuer, einschließlich den Menschen, auf der energetischen Bilanzstufe der Nettoenergie (*NE*) durchführen zu wollen. Der energetische Wert des Wiederkäuerfutters wird dagegen vor allem in Europa seit langem durch die *NE* ausgedrückt. *Kellner* (9) schlug z. B. vor, den Nährwert des Futters am ausgewachsenen Ochsen als Fettansatz zu messen (Nettoenergie Fett), wobei er Relativwerte einführt (Stärkewert). Seit kurzem wird der energetische Wert von Wiederkäuerfutter in verschiedenen Ländern, u. a. auch in der Schweiz, in Nettoenergie Milch (*NEL*) und in Nettoenergie Wachstum (*NEW*) angegeben (10). Damit wird der energetische Wert direkt durch den Brennwert des erzeugten Produktes, d. h. der Milch oder des Ansatzes, ausgedrückt.

Wenn der energetische Wert von 1 kg Heu beispielsweise 4,7 MJ *NEL* entspricht, so bedeutet dies, daß mit dieser Heumenge 1,5 kg Milch erzeugt werden können, da der Brennwert von 1 kg Milch mit genormten Fettgehalt 3,14 MJ beträgt ($4,7 : 3,14 = 1,5$). Bei der Uebertragung einer derartigen Berechnung auf den Vorgang in der Kuh ist wie bei jeder Bewertungsart zu berücksichtigen, daß ein Teil des Futters nicht in Form von Milch zur Wirkung kommt, sondern unproduktiv für die Erhaltung der Lebensfunktionen (Grundumsatz, Erhaltungsumsatz) notwendig ist.

Die Bestimmung des energetischen Nährwertes

Zur Bestimmung des energetischen Nährwertes ist in jedem Fall vom Brennwert der Nahrung und von der Verdaulichkeit (*v*) der Nahrungsenergie auszugehen. Die Bestimmung der Verdaulichkeit erfordert, daß die dem Tier verabreichte Futtermenge und die daraus resultierenden Exkrememente quantitativ erfaßt werden. Anstelle der quantitativen Bestimmungen kann die Verdaulichkeit auch aus der Konzentrationsänderung eines möglichst unverdaulichen Stoffes (Indikator) im Kot und im Futter erfaßt werden (Tabelle 2). Als Indikator wird beispielsweise Chromoxid (Cr_2O_3) angewendet. Am Institut für Tierproduktion wird die in 4 n-HCl unlösliche Asche als Indikator routinemäßig angewendet (11).

Zur Bestimmung der Umsetzbarkeit der Nahrung muß neben dem Kot auch die Harnmenge und beim Wiederkäuer die Gärgasmenge bestimmt werden. Das Verhältnis der umsetzbaren Energie (*UE*) zur verdaulichen Energie (*VE*) beträgt beim Nichtwiederkäuer, unter der Voraussetzung einer angepaßten Proteinzufuhr, rund 0,95 zu 1 und ist verhältnismäßig konstant. Die *UE* wird daher oftmals aus der *VE* mit dem Faktor 0,95 berechnet ($UE = 0,95 \times VE$). Beim Wiederkäuer

Tabelle 2. Bestimmung der Verdaulichkeit v_E der Energie anhand eines Indikators. Ableitung der anzuwendenden Formel [3]

	Nahrung	Kot	Dimension
Menge	F	K	kg
Indikator			
absolute Menge	I_F	I_K	kg
relative Menge	i_F	i_K	g/kg
Wiederauffindungsrate		a	
Energie			
absolute Menge	E_F	E_K	MJ
relative Menge	e_F	e_K	MJ/kg
<p>[1] $v_E = \frac{E_F - E_K}{E_F} = 1 - \frac{E_K}{E_F} = 1 - \frac{K \cdot e_K}{F \cdot e_F}$</p> <p>[2] $I_K = a \cdot I_F \quad \text{und} \quad K \cdot i_K = a \cdot F \cdot i_F$</p> <p>[3] $v_E = 1 - \frac{a \cdot i_F \cdot e_K}{i_K \cdot e_F}$</p>			

ist der Anteil Energie in Form von Harn und Gärgasen wesentlich größer und beträgt rund 18% der VE ($UE = 0,82 VE$). Bei einzelnen Futtermitteln für den Wiederkäuer, z. B. pektinreichen oder rohfaserarmeren Stoffen, können wesentliche Abweichungen vom Normfaktor auftreten.

An die Stelle der Bestimmung der Verdaulichkeit der Nährstoffe in vivo treten wegen des wesentlich geringeren Zeit- und Arbeitsaufwandes oft in vitro Methoden, wobei jene Nahrungsbestandteile chemisch-analytisch zu bestimmen sind, welche die Verdaulichkeit der Nahrung in hohem Maße beeinflussen. Das sind vor allem die Zellwandbestandteile (Tabelle 3). Eine der verbreitetsten, konventionellen Methoden zur Bestimmung der nicht- oder schwerabbaubaren Nahrungsbestandteile ist die Rohfaserbestimmung nach den Vorschriften der seinerzeitigen Landw. Versuchsstation Weende bei Göttingen. Obwohl diese Methode keine eindeutige Trennung der Kohlenhydratfraktion in Zellwand- und Zellinhaltsstoffe ermöglicht (Tabelle 4) ist das Ergebnis für die Schätzung der Verdaulichkeit der organischen Substanz und damit der Energie von Tierfutter recht brauchbar (Tabellen 5 und 6). Das bedeutet nicht, daß eine eingehende Analyse der unverdaulichen organischen Substanz (Ballast), z. B. nach Schweizer (15), im Hinblick auf den diätetischen Wert der Nahrung vernachlässigt werden darf. Verbesserungen der Schätzmethode werden erneut von der Anwendung analytischer Methoden erwartet, bei denen die Nahrungsbestandteile in vitro enzymatisch abgebaut werden (16, 17).

Tabelle 3. Unterteilung der Kohlenhydrate und anderer N-freier Nichtfettverbindungen

<i>Zellwandbestandteile</i> , vor allem Gerüstsubstanzen	
Zellulose	Gerbstoffe
Hemizellulose	Kutin
Lignine	Korkstoffe
Pektine	Mucopolysaccharide
Chitin	
<i>Zellinhaltsstoffe</i> , vor allem Reservestoffe	
Monosaccharide	Pentosane
Disaccharide	Pektine
Trisaccharide	Gummen
Polysaccharide	Schleimstoffe
Stärke, Glykogen	Organische Säuren
Hexosane	Alkohole

Tabelle 4. Löslichkeit von Nahrungsbestandteilen bei der Rohfaserbestimmung in fettfreier Substanz (12)

	1. Kochen in 1,25% H ₂ SO ₄	2. Kochen in 1,25% NaOH
Protein	teilweise	vollständig
Stärke und Zucker	vollständig	
Zellulose	gering	unterschiedlich
Hemizellulose	unterschiedlich	weitgehend (unterschiedlich)
Lignin	gering	weitgehend (sehr unterschiedlich)

Die Brauchbarkeit der Schätzung des energetischen Wertes anhand der Bestimmung einer Fraktion der Zellwandbestandteile oder der Zellinhaltsstoffe ist für Futtermittel allgemein anerkannt. Bei Nahrungsmitteln wird dagegen der Kohlenhydratanteil vielfach als Differenz zum Protein- und Fettgehalt der organischen Substanz berechnet. Hierauf wird der energetische Wert anhand von Standardfaktoren nach *Atwater* und *Bryant* (18) geschätzt (Tabelle 7). Dieses Vorgehen führt, wie *Southgate* und *Durnin* (19) bestätigen, für ganze Rationen zu zuverlässigen Ergebnissen. Für einzelne Nahrungsmittel, insbesondere für solche mit einem hohen Anteil an pflanzlichen Gerüstsubstanzen und damit an unverdaulicher organischer Substanz (Ballast), sind dagegen jene Faktoren anzuwenden, mit denen der unterschiedlichen Verdaulichkeit der Nahrung Rechnung getragen wird. Das war auch von *Atwater* und *Bryant* 1899 (18) so vorgesehen gewesen,

Tabelle 5. Berechnung der Verdaulichkeit der Energie der Nahrung aus dem Gehalt an pflanzlichen Gerüstsubstanzen
Versuche am Schwein (13)

	<i>r</i> bzw. <i>R</i>
$VK_E = 96,3 - 2,98 RF$	- 0,93
$VK_E = 92,4 - 2,20 ADF$	- 0,94
$VK_E = 96,7 - 0,89 NDF$	- 0,96
$VK_E = 96,3 - 1,39 ADF - 0,56 (NDF - ADF)$	0,96

VK_E = Verdauungskoeffizient der Energie in %
 RF = Rohfaser
 ADF = Acid-Detergent Fiber (Van Soest)
 NDF = Neutral-Detergent Fiber (Van Soest) } in % der lufttrockenen Substanz
 r = Korrelationskoeffizient
 R = Multipler Korrelationskoeffizient

Tabelle 6. Berechnung der Verdaulichkeit der organischen Substanz des Dürrfutters
Versuche am Schaf (14) $n = 100$

	<i>r</i> bzw. <i>R</i>	<i>s</i>
$v_{OS} = 0,921 - 0,798 RF_{OS}$	- 0,76	0,0251
$v_{OS} = 1,127 - 2,093 RF_{OS} + 2,011 RF_{OS}^2$	0,76	0,0250
$v_{OS} = 0,576 - 0,683 RF_{OS} + 0,413 LKP$	0,88	0,0183

v_{OS} = Verdaulichkeit der organischen Substanz
 RF_{OS} = kg Rohfaser je kg organische Substanz
 LKP = Pepsin-HCl-Löslichkeit des Proteins
 r = Korrelationskoeffizient
 R = Multipler Korrelationskoeffizient
 s = Standardabweichung

geriet aber offenbar teilweise in Vergessenheit (20). In den Nährwerttabellen beispielsweise von *Watt* und *Merrill* (21) und von *Högl* und *Lauber* (22) wird die unterschiedliche Verdaulichkeit der Nahrung durch Anwendung von individuellen, auf das einzelne Nahrungsmittel zugeschnittenen Faktoren jedoch weitgehend berücksichtigt (Tabelle 8).

Tabelle 7. Energetischer Wert der Nährstoffe

	Atwater-Standard*				
	Brennwert kJ/g	Brennwert kJ/g	v_E	E_H kJ/g	UE kJ/g
Kohlenhydrate	15,6—17,6	17,4	0,97		16,9
Fett (Triglyzeride)	37,4—39,0	39,3	0,95		37,3
Protein	22,0—24,6	23,6	0,92	5,23	16,5

v_E = Verdaulichkeit der Energie

E_H = Energiegehalt des Harnes je g verdauliches Protein

UE = Umsetzbare Energie

Berechnung der UE :

$$\text{kJ/g Kohlenhydrate} = 17,4 \times 0,97$$

$$\text{kJ/g Fett} = 39,3 \times 0,95$$

$$\text{kJ/g Protein} = 23,6 \times 0,92 - 5,23$$

* cit. nach *Maynard* (20) bzw. *Crampton* und *Harris* (7)

Tabelle 8. Faktoren zur Berechnung der umsetzbaren Energie (UE) von Nahrungsmitteln

	Tabellenwerte		Versuch* Southgate/ Durnin (19) kJ/g
	Atwater (Tab. 7) kJ/g	Högl/ Lauber (22) kJ/g	
Kohlenhydrate	16,9	14,9—17,4	16,2—17,0
Fett	37,3	35,0—37,7	35,9—38,3
Protein	16,5	10,2—17,9	14,7—18,1

* Ermittlung der Verdaulichkeit ganzer Rationen am Menschen ($n = 49$)

Zusammenfassung

Der Nährwert ist als quantitativer Ausdruck für die Wirkung von Nahrungs- und Futtermitteln im menschlichen bzw. tierischen Organismus zu verstehen und gegenüber dem Genußwert und dem diätetischen Wert abzugrenzen. Er kann stofflich und energetisch umschrieben werden. Die stoffliche Bewertung bezieht sich vor allem auf den Proteingehalt der Nahrung und auf die Verwertbarkeit der Aminosäuren. Die energetische Bewertung der Nahrung erfolgt für den Nichtwiederkäuer und den Menschen auf der energetischen Bilanzstufe der umsetzbaren Energie, teilweise auch der verdaulichen Energie. Der energetische Wert von Wiederkäuerfutter wird in Nettoenergie ausgedrückt, d. h. durch den Brennwert des mit dem Futter erzeugten tierischen Produktes, z. B. Netto-

energie Milch (*NEL*) und Nettoenergie Wachstum (*NEW*). Als Energieeinheit ist international das Joule festgelegt ($1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$).

Die Bestimmung des energetischen Wertes beruht hauptsächlich auf dem Verdauungsversuch am Tier. An dessen Stelle können chemisch-analytische Methoden treten, wobei vor allem einzelne Kohlenhydratfraktionen (Zellwandbestandteile) zu analysieren sind. Hieraus läßt sich die Verdaulichkeit der Nahrung und damit die Umsetzbarkeit der Energie schätzen.

Résumé

La valeur nutritive doit être considérée comme une expression quantitative de l'action des aliments et des fourrages dans l'organisme humain, respectivement animal, et elle doit être distinguée de la valeur gustative et de la valeur diététique. Elle peut être définie à partir des différents nutriments et de l'énergie. L'évaluation se rapporte avant tout à la teneur en protéines et à la disponibilité des acides aminés de la nourriture. L'évaluation énergétique, pour les aminaux monogastriques et l'homme, a lieu au niveau de l'énergie métabolisable, partiellement aussi à celui de l'énergie digestive. Par contre, la valeur énergétique des fourrages des ruminants est exprimée en énergie nette, c'est-à-dire par le contenu énergétique (chaleur dégagée lors de la combustion) du produit animal issu de l'utilisation du fourrage. Par exemple: énergie nette pour la lactation (*NEL*) et énergie nette pour la production de viande (*NEV*). Après concertation au niveau international, le joule ($1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$) a été choisi comme seule unité énergétique.

La détermination de la valeur énergétique repose essentiellement sur l'essai de digestibilité fait sur l'animal. Cependant des méthodes de chimie analytique, consistant avant tout à analyser les différentes fractions d'hydrates de carbone (partie de la paroi cellulaire), peuvent le remplacer. Par là, la digestibilité de l'aliment et avec elle la concentration en énergie métabolisable peuvent être estimées.

Summary

The nutritional value quantitatively measures food performance in the animal and human organism. This value is used to distinguish from the sensory and dietetic effects, and can be based on the different nutrients, or as an energetic value. The protein content in the food, as well as the amino acid availability, are the most important factors when evaluating food non-energetically. The energetic value of food for non-ruminants, and man as well, is commonly expressed as a metabolizable energy term, sometimes as digestible energy. The energy value of ruminant feeds is often described as net-energy, which means the caloric value of the product of the animal, for example for Switzerland «*NEL*» refers to net energy lactation, and «*NEW*» ist net energy growth. International consensus prescribes the use of the joule instead of the calorie ($1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$) to measure energy.

The estimation of energy values are mainly based on animal digestibility trials. However, chemical analysis can be conducted, from which the carbohydrate fraction is isolated, and analyzed. Then the digestibility of the feed, and the metabolizable energy is estimated.

Literatur

1. *Landis, J.*: Die Protein- und Energieversorgung der Milchkuh. Schweiz. Landwirtsch. Monatsh. **57**, 381—390 (1979).
2. *Thomas, K.*: Ueber die biologische Wertigkeit von Stickstoffsubstanzen in verschiedenen Nahrungsmitteln. Arch. Anat. Physiol., Physiol. Abt. **219**, (1909) cit. nach D. V. Frost: Nutritive evaluation of proteins and amino acids. In: A. A. Albanese (ed.), Protein and amino acid requirements of mammals, pp. 33—74. Academic Press, New York 1950.
Mitchell, H. H.: A method of determining the biological value of protein. J. Biol. Chem. **58**, 873—903 (1924).
3. *Bender, A. E.* and *Miller, D. S.*: A new brief method of estimating net protein value. Proc. Biochem. Soc. **53**, VII (1953).
4. *Block, R. J.* and *Mitchell, H. H.*: The correlation of the amino-acid composition of proteins with their nutritive value. Nutrition Abstr. Rev. **16**, 249—278 (1946).
5. *Oser, B. L.*: An integrated essential amino acid index for predicting the biological value of proteins. In: A. A. Albanese (ed.), Protein and amino acid nutrition, pp. 281—295. Academic Press, New York 1959.
6. *Rubner, M.*: Die Quelle der tierischen Wärme. Z. Biol. **30**, 73—142 (1894).
7. *Crampton, E. W.* and *Harris, L. E.*: Applied animal nutrition, 2. Aufl. Freeman, San Francisco 1969.
8. *Scott, M. L., Nesheim, M. C.* and *Young, R. J.*: Nutrition of the chicken. M. L. Scott & Ass., Ithaca N. Y. 1969.
9. *Kellner, O.* und *Köhler, A.*: Landw. Versuchsstat. **53**, 1, (1900) cit. nach E. Mangold, Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der Landw. Nutztiere, Bd. 3, 435—477. Springer, Berlin 1931.
10. *Bickel, H.* und *Landis, J.*: Das neue System der energetischen Bewertung von Wiederkäuerfutter. Schweiz. Landwirtsch. Monatsh. **56**, 280—292 (1978).
11. *Prabucki, A. L., Rennerova, L., Vogtmann, H., Wenk, C.* und *Schürch, A.*: Die Verwendung von 4 n HCl-unlöslicher Asche als Indikator zur Bestimmung der Verdaulichkeit. Misc. Papers **11**, 113—114 (1975), Landbouwhoges. Wageningen (NL).
12. *Lloyd, L. E., McDonald, B. E.* and *Crampton, E. W.*: Fundamentals of nutrition, 2. Aufl. Freeman, San Francisco 1978.
13. *Henry, Y.* et *Etienne, M.*: Alimentation énergétique du porc. Journées rech. porcine en France **10**, 119—166 (1978).
14. *Lehmann, E.* und *Landis, J.*: Bewertung der Futtermittel. In: H. Schneeberger (Hrsg.), Fütterungsnormen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer S. 79—108. Landwirtsch. Lehrmittelzentrale, Zollikofen 1978.
15. *Schweizer, T. F.*: Die Bestimmung der Ballaststoffe. Chimia **33**, 457 (1979).
16. *Kellner, R. J.* and *Kirchgessner, M.*: Estimation of forage digestibility by a cellulase method. Z. Tierphysiol., Tierernähr., Futtermittelkde **39**, 9—16 (1977).
17. *Raab, L., Salewsky, A., Steingass, H., Schneider, W.* und *Menke, K. H.*: Gasbildung im Pansensaft in vitro als ein Maß für die Verdaulichkeit und den Gehalt an umsetzbarer Energie in Futtermittel für Wiederkäuer. Z. Tierphysiol., Tierernähr., Futtermittelkde **42**, 36—37 (1979).
18. *Atwater, W. O.* and *Bryant, A. P.*: The availability and fuel value of food materials. Conn. (Storrs) Agr. Expt. Sta. 12th Ann. Rpt. (1899) 69—110 (1900), cit. nach Watt und Merrill, Lit. 21.

19. *Southgate, D. A. T. and Durnin, J. V. G. A.*: Calorie conversion factors. *Brit. J. Nutrition* **24**, 517—535 (1970).
20. *Maynard, L. A.*: Wilbur O. Atwater — A biographical sketch. *J. Nutrition* **78**, 3—9 (1962).
21. *Watt, B. K. and Merrill, A. L.*: Composition of foods. Agr. Handbook No 8, USDA, Washington D. C. 1950.
22. *Högl, O. und Lauber, E.*: Nährwert der Lebensmittel. In: Schweiz. Lebensmittelbuch, 5. Aufl., Bd. 1, S. 713—753. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1964.

Prof. Dr. H. Bickel
Prof. Dr. A. Schürch
Institut für Tierproduktion
Gruppe Ernährung
ETH-Zentrum
CH-8092 Zürich