10. Seminar Futterproduktion
2. März 2016
Todendorf

Mecklenburg Vorpommern

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei



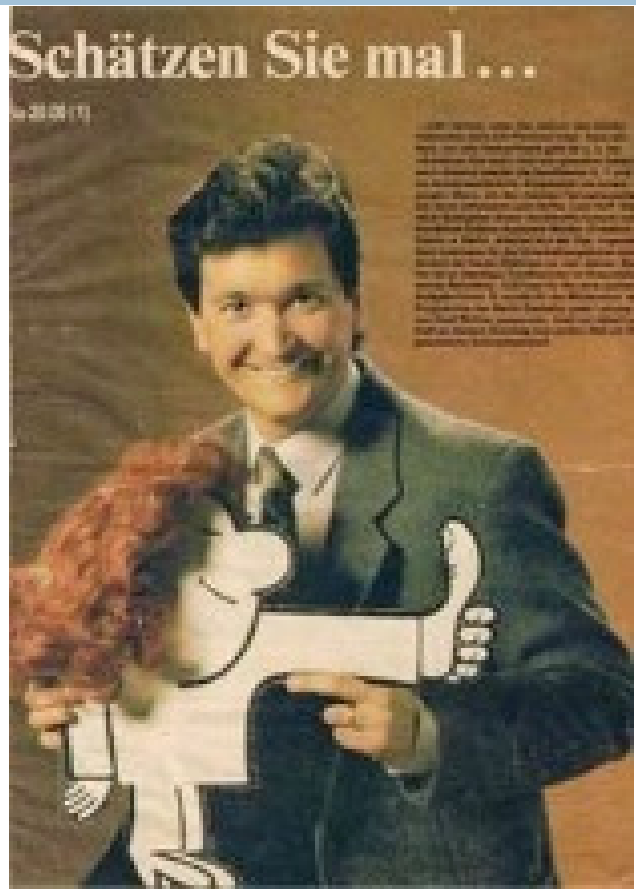
Energieschätzgleichungen – was gibt es Neues (und Altes)?

Bernd Losand

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

- Warum Schätzgleichungen?
- Wofür Schätz(gleichungen)? Und wofür nicht?
- Etwas Geschichte
- Was haben wir derzeit zur Verfügung?
- Neuentwicklungen?
- Ausblick





Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

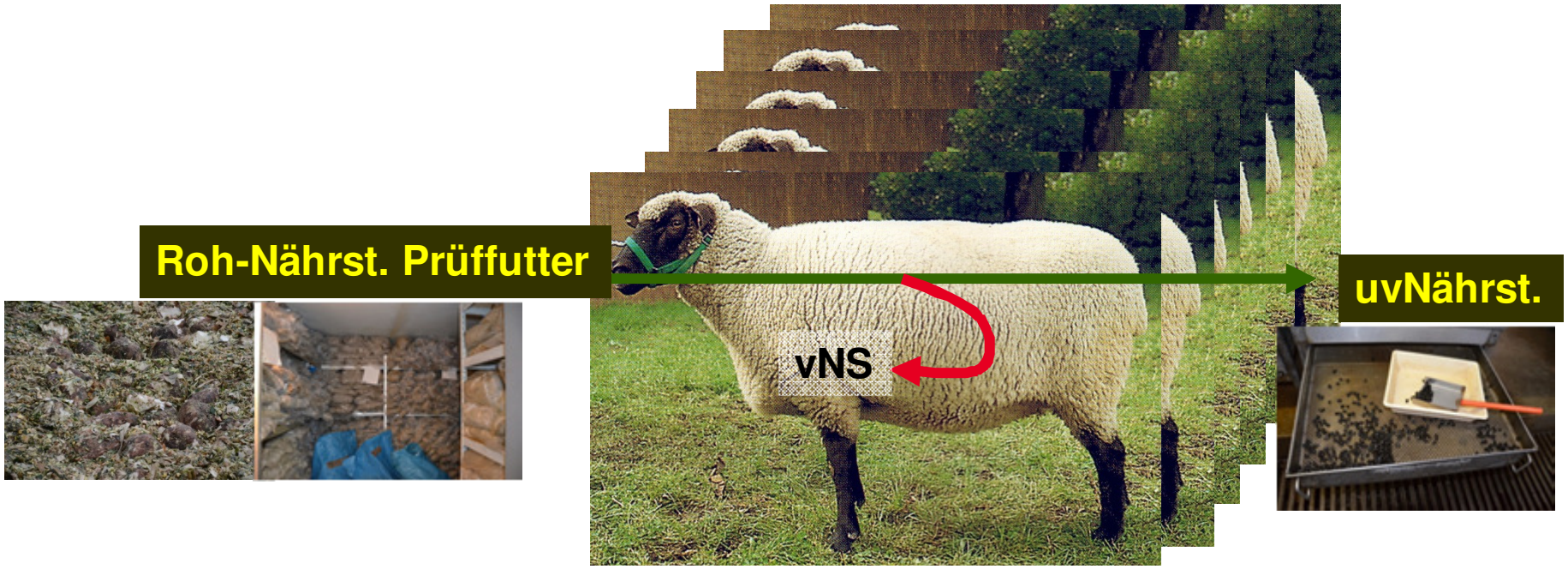
- **Bestimmung des Futterwertes wäre immer für eine konkrete Leistung und am gleichen Tier vorzunehmen**
  - **Individualität auch am „Versuchstier“ → Parallele Bestimmung an mehreren Tieren unter gleichen und standardisierten Bedingungen**
  - **Mindestens drei Wochen Bestimmungszeit**
  - **Bestimmung des Nettoenergiegehaltes würde immer einen Leistungsversuch voraussetzen, d.h. auch Respirationskammer**
- **Tierversuch (böses Wort)**
- **Teuer → keine Nachfrage**
- **Zeitverzug → Aktualität**
- **Hohes Probenaufkommen ist nicht zu bewältigen**
- **Hohes Leistungsvermögen erfordert definierte Fütterung**
- **Hoher Produktionsaufwand für hochwertige Futtermittel bzw. Handelsfähigkeit erfordert deren qualitätsgerechten Einsatz → genaue Charakterisierung**
- **Preisbildung**

„die einzig wahre Methode“

Hammel ist das „Modelltier“ für Wiederkäuer

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

Referenzmethode zur Bestimmung des Verdaulichkeit von Wiederkäuerfutter ist die Bestimmung der Nährstoffverdaulichkeit im Hammelversuch



Verdaulichkeit Roh-Nährst. (%) = (g Roh-Nährst. – g uvNährst.) * 100 / g Roh-Nährst.

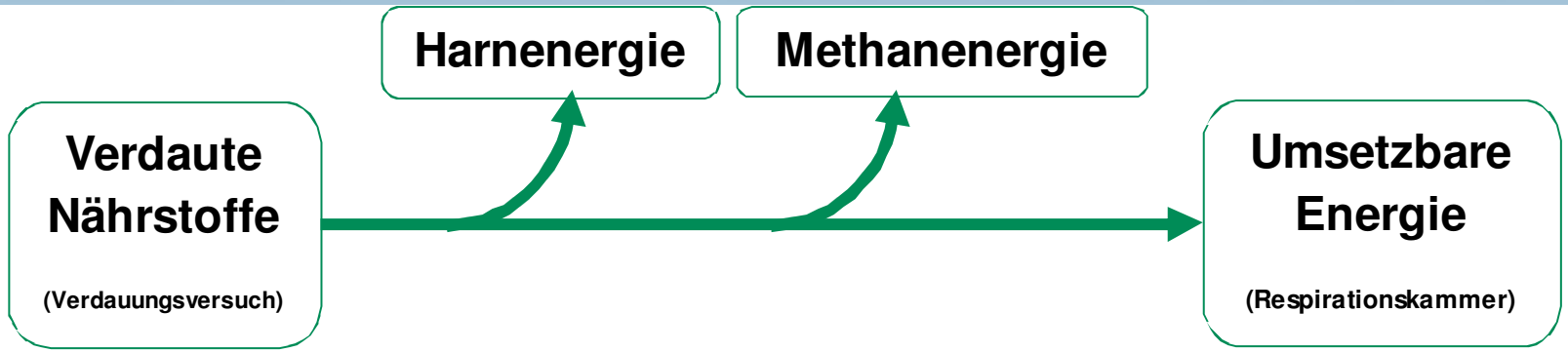
Ich will Ihnen keine Angst machen, aber die energetische Wirkung von Futtermitteln bekommt man nur …

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei



Referenzmethode:
Energiegehalt wird aus den verdaulichen Nährstoffen berechnet!
Aber, auch das ist noch zu aufwändig!

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei



verd. Rohfett (vXL)	x 0,0312
verd. Rohfaser (vXF)	x 0,0136
verd. (OM-XL-XF)	x 0,0147
Rohprotein	x 0,00234

= MJ ME

Grundlage dafür waren die Untersuchungen aus den 1950er und 1960er Jahren am OKI in Rostock

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

Rohnährstoffe im Prüffutter ⟷ **Schätzformel** → **MJ ME** berechnet aus verd. Nährstoffen und deren Faktoren



Dafür ist der Verdauungs-versuch zwingend erforderlich!

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

- **Futtermittel mit von Natur aus variablen Eigenschaften**
  - **Grobfuttermittel**
    - **Schnittzeitpunkt**
    - **Aufwuchsnummer**
    - **Klimaeinfluss**
    - **Bodeneinfluss**
    - **Düngung**
  - **Nebenprodukte**
    - **Rohstoffverwendung**
    - **Verarbeitungstechnologie**
    - **Verarbeitungsstufe**
  - **Mischfuttermittel**
    - **Rohstoffe**
    - **Verwendungszweck bestimmt die Zusammensetzung**
  - **Samen**
    - **Jahreseinfluss**
    - **Bodeneinfluss**
    - **Düngung**

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

- Graserntеprodukte (inkl. Gras-Leguminosengemenge)
- Luzerne, Rotklee (Grobfutterleguminosen)
- Maisernteprodukte
  - Frisch oder siliert
  - Ganzpflanzensilage
  - Kolbenprodukte und Restpflanzen
- Getreideganzpflanzensilage GPS
- Mischfuttermittel Rind
- Nebenprodukte mit veränderlicher Charakteristik
  - Schlempen
  - (Sojaschrot?)
- Für die Verfütterung genutzte Samen mit veränderlicher Charakteristik
  - Hafer, Mais, Lupine, Erbse
- Mischrationen für Wiederkäuer

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

- **Genaue Wiedergabe der Realität**
- **Robustheit der notwendigen Analysen (Analysemethode, Laboreinfluss?)**
- **Robustheit gegenüber extremer Qualitätsausprägung**
- **Möglichst einfach zu ermittelnde Parameter für die Schätzung**
- **Routinefähig**
- **Plausibler und möglichst direkter (sachlogischer) Zusammenhang zwischen den verwendeten Parametern und dem Futterwert**
- **kostengünstig**

Geschichte der Entwicklung von Schätzgleichungen

Enge Beziehung der Faserstoffe zur Verdaulichkeit der organischen Masse

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

Tabelle 5: Regressionsgleichungen zur Schätzung der Verdaulichkeit der organischen Substanz in Prozent (y) aus dem Rohfasergehalt in Prozent der Trockensubstanz (x)

Futtermittel	Regression	S_R	r	Autor
Futtermittel	y = 90,1 - 0,879x	-	-	Axelsson, 1938
Futtermittel	y = 92,6 - 0,96x	5,2	-0,94	Mc Meekan, 1943
Gräser	y = 108,1 - 1,53x	3,1	-0,8	UK, ARC, 1976
Gräser	y = 110,0 - 1,29x	4,1	-	Bosman, 1967

Wiesengras, Weidelgras und Rohrglanzgras gemeinsam aufgestellte Regressionsgleichungen an:

Nehring 1976

$$y = 118{,}3 - 1{,}79\ x_1 \quad \pm 2{,}14 \quad r = -0{,}978 \quad n = 14 \qquad (15)$$

$$y = 121{,}7 - 1{,}94\ x_2 \quad \pm 4{,}18 \quad r = -0{,}911 \quad n = 14 \qquad (16)$$

$$y = 98{,}4 - 4{,}17\ x_3 \quad ; \pm 4{,}31 \quad ; r = -0{,}906 \quad ; n = 14 \qquad (17)$$

Dabei stellt y die Verdaulichkeit der organischen Substanz in Prozent und x_1, x_2 sowie x_3 den prozentualen Anteil der Rohfaser, Rohzellulose bzw. des Lignins an der Trockensub-

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

Formeln zur Schätzung der Gehalte an ME und NEL aus den Rohnährstoffgehalten (Ges. für Ernährungsphysiologie, 1998):

Formel (Einheiten: MJ/kg T; % i. T)		$S_{y.x}$ (%)
Frischgras 1.Schn.	ME = 14,06 - 0,137XF + 0,048XP - 0,098XA	4,9
Frischgras Folgeschn.	ME = 12,47 - 0,068XF + 0,039XP - 0,134XA	5,6
Grassilage 1.Schn.	ME = 13,99 - 0,119XF + 0,039XP - 0,118XA	5,7
Grassilage Folgeschn.	ME = 12,91 - 0,100XF + 0,069XP - 0,155XA	6,3
Heu 1.Schn.	ME = 13,69 - 0,162XF + 0,069XP - 0,067XA	6,3
Heu Folgeschn.	ME = 14,05 - 0,178XF	5,3
Maissilage	ME = 14,03 - 0,139XF - 0,102XA	4,5

Tilley and Terry(1963):
zweistufige in vitro-Verdaulichkeitsbestimmung mit Pansenflüssigkeit und Pepsin-HCL:

"… A simple technique for the determination *in vitro* of the dry- or organic-matter digestibility of small (0·5 g) samples of dried forages is described. It involves incubation first with rumen liquor and then with acid pepsin. Using 146 samples of grass, clover and lucerne of known *in vivo* digestibility (*Y*), the regression equation $Y = 0{\cdot}99\,X - 1{\cdot}01$ (S.E. ± 2·31) has been calculated, where *X*=*in vitro* dry-matter digestibility. This technique has been used for the study of the digestibilities of plant breeder's material, of the leaf and stem fractions of herbage and of herbage consumed by animals…."

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

Gasbildung (Hohenheimer Futterwerttest nach Menke und Steingass, 1986)
Die Futterprobe wird in Kolbenprobern mit gepuffertem Pansensaft bei 39 °C 24 Stunden inkubiert. Die bei der Fermentation freigesetzte Gasmenge (CO_2 und CH_4 wird volumetrisch gemessen

Zellulasemethode nach Nehring und Friedel (1979, 1990)

were found to be ADL. For in vitro investigations, the pepsin-cellulase method by *Nehring* (1979) in a modification according to *Friedel* (1990) was used to measure the amount of OMid in the feed. The qualification of in vitro OMid alone or

Zellulasemethode nach DeBoever (1986) hat sich in der deutschen Futtermittelanalytik (VDLUFA-Methodenbuch) durchgesetzt
Erstmalige Empfehlung für die Energieschätzung durch den AfB (Ausschuss für Bedarfsnormen) der GfE 1998:

Futtermittel □ Zellulasebehandlung □ Pepsinbehandlung = Rückstand EuLOS

Erstmalig offizielle Schätzgleichung (AfB der GfE, 1998) unter Verwendung der Kennzahl EuLOS (enzymunlösliche organische Substanz) für Maisernteprodukte herausgegeben:

$$ME = 14,27 - 0,147XA - 0,120EuLOS + 0,0234XP$$

$s_{y.x}$ = 3,0%

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

- **Labormethoden, d.h. gleicher Zeitaufwand**
- **Deutlich näher an der Realität, d.h. genauer Restfehler ($s_{y.x}$ in % ist niedrig**
- **Umrechnung auf Energiegehalt über Regressionsgleichungen (Schätzung)**
- **Genauigkeitsvergleich verschiedener Methoden der ME-Schätzung nach Lang (1988) 89 Grund- und Kraftfuttermittel**

Methode	Verwendete Kenngrößen	$S_{y.x}$ %
Gastest 24 h (Menke und Steingaß, 1987)	Gb, XP, XL	5,1
Gastest 48 h (Lang, 1988	Gb, XP, XL	4,3
Zweistufenmethode (Tilley Terry, 1963)	dOS, XL, XA	5,0
Pepsin-Zellulase (Jones Hayward, 1975)	dOS, XP, 1/XP, XA	7,0
NDF-Zellulase (Dowman Collins, 1982)	dOS, XP, 1/XP, XA	8,5
Rohnährstoffe (Lang, 1988)	XF, XA, XX	12,4

Seit 2008 Schätzung des Energiegehaltes in Gras- und Maiserntеprodukten ausschließlich über die beiden in vitro-Methoden ELOS (Pepsin-Zellulaselöslichkeit der organischen Substanz) **und Gasbildung** (Hohenheimer Futtertest auf Basis der Gasbildung von Futterproben, die mit frischem Pansensaft inkubiert wurden)

Vorteil:

- **nur eine Gleichung für alle Graserntеprodukte (Aufwuchsnummer, Konservierung) hohe Sicherheit (Basis 500 Verdauungsversuche)**
- **Verringerung des Schätzfehlers (höhere Genauigkeit)**
- **Gleichung für Maiserntеprodukte sehr robust von Kolbenprodukten über Ganzpflanze bis Restpflanze ohne Kolben**

Seit 2009 Schätzung des Energiegehaltes in Mischfuttermitteln für Rinder ausschließlich über die Gasbildung (Hohenheimer Futtertest auf Basis der Gasbildung von Futterproben, die mit frischem Pansensaft inkubiert wurden) **futtermittelrechtlich relevant**

Wie ist der Stand der Dinge, was ist offiziell empfohlen?

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

Material	Schätzgleichung	$S_{y.x}$	B
2008: Graserntеprodukte einschließlich Gras-Leguminosen-Gemenge	$ME = 5{,}51 + 0{,}00828 * ELOS - 0{,}00511 * XA + 0{,}02507 * XL - 0{,}00392 * ADFom$	5,2	0,81
	$ME = 7{,}81 + 0{,}07559 * Gb - 0{,}00384 * XA + 0{,}00565 * XP + 0{,}01898 * XL - 0{,}00831 * ADFom$	4,7	0,82

Material	Schätzgleichung	$S_{y.x}$	B
2008 Maisernteprodukte	$ME = 7{,}15 + 0{,}0058 * ELOS - 0{,}00283 * aNDFom + 0{,}03522 * XL$	3,8	0,83

Vom AfB der GfE für dieses Jahr vorgesehen:

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

Material	Schätzgleichung	$S_{y.x}$	B
(2016) Grobfutterleguminosen (in Vorbereitung) • **Luzerne** • **Rotklee** • **andere Kleearten in Reinsaat**	1. Aufwuchs $ME = 11{,}91 - 0{,}01304 * ADFom + 0{,}00389 * XP + 0{,}0187 * XL + 0{,}00191 * ELOS$	2,9	0,90
	Folgeaufwüchse $ME = 9{,}83 - 0{,}0101 * ADFom + 0{,}00039 * XP + 0{,}00802 * XL + 0{,}00571 * ELOS$	4,3	0,85
	1. Aufwuchs $ME = 12{,}49 - 0{,}0114 * ADFom + 0{,}00425 * XP + 0{,}0269 * XL + 0{,}01683 * Gb$	3,3	0,89
	Folgeaufwüchse $ME = 11{,}09 - 0{,}0104 * ADFom + 0{,}00497 * XP + 0{,}0075 * XL + 0{,}0351 * Gb$	4,7	0,86

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

Material	Schätzgleichung	$S_{y.x}$	B
2009 Mischfuttermittel Wiederkäuer	$\boldsymbol{ME = 7,17 - 0,01171 * XA + 0,00712 * XP + 0,01657 * XL + 0,002 * XS - 0,00202 * ADFom + 0,06463 * Gb}$ [1)]	1,9	0,79
	$ME = 9,67 - 0,01698XA + 0,0034XP + 0,01126XL + 0,00123XS - 0,00097aNDFom + 0,0036ELOS$	2,0	0,76
2003 Mischrationen für Wiederkäuer	$ME = 6,0756 + 0,19123XL + 0,02459XP - 0,000038XF * XF - 0,002139XL * XL - 0,00006XP * XP$	(2,3)	0,83

1) lt. Futtermittelverordnung Anlage 4 futtermittelrechtlich vorgeschrieben

(Vom AfB der GfE) empfohlene Schätzformeln für Grobfutter

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

Material	Schätzgleichung	$S_{y.x}$	B
1998 GPS Getreideganz-pflanzensilage (Südekum u. Arndt)	$ME = 11{,}57 - 0{,}0977 * XF - 0{,}0711 * XA + 0{,}0621 * XP$	5,6	0,55

aber …

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

Beitrag auf dem Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung 2015 in Fulda

17. GPS unterschiedlicher Getreidearten und Schnitthöhen – Pries u.a., LWK Niedersachsen

Futterwertvariation durch Veränderung der Stoppelhöhe von 10 auf 30 cm

Neue Datengrundlage geschaffen, daher aktuell in Überarbeitung

		Weizen-GPS	Roggen-GPS	Triticale-GPS	Mittlere Abweichung
XA	g/kg TS		-53	-18	-31
aNDFom		-27	-30	-15	-24
ADFom		-31		-15	-27
Stärke		+46	+34	45	+42
dOM	%Punkte	+5,2	-0,4		+3,4
NEL	MJ/kg TS	+0,59	±0	+0,57	

Energieberechnung nach Südekum u. Arndt (1998) führt zu Unterschätzung im Mittel !!!
-0,7 NEL/kg TS bei Weizen-GPS
-0,65 MJ NEL/kg TS bei Triticale GPS
tendenziell zur Unterschätzung bei Roggen-GPS

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

- **Schätzung des Energiegehaltes auf Basis einfach und kostengünstiger Kennzahlen des Futters ist für die praktische Nutzung unabdingbar**
- **Sie beruht auf vielen am Tier ermittelten Futterwertdaten**
- **Schätzformeln werden entwickelt für Gruppen von Futtermitteln und in D vom Ausschuss für Bedarfsnormen der GfE geprüft und zugelassen (empfohlen)**
- **Schätzformeln können nur an Ergebnissen aus Verdauungsversuchen validiert werden**
- **Regelmäßige Validierungen sind erforderlich**
- **Ständige Arbeit an Einrichtungen der angewandten Forschung, engere Zusammenhänge aufzudecken, die genauere Schätzungen ermöglichen**