



***Untersuchungsbericht
zur energetischen
Grundfutterbewertung
in Thüringen mit neuen
Schätzgleichungen***

Besuchen Sie uns auch im Internet:
www.tll.de/ainfo

Impressum

1. Auflage 2009

Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Str. 98, 07743 Jena
Tel.: (03641) 683-0, Fax: (03641) 683 390
e-Mail: pressestelle@jena.tll.de

Autoren: Elke Herzog
Dr. Friedrich Schöne
Jürgen Bargholz

Juli 2009

- Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Quellenangabe gestattet. -

1 Zielstellung

Grobfutterstoffe sind hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe und deren Verdaulichkeit heterogen. Der Futterwert hängt von der Pflanzenart, dem Vegetationsstadium und den Vegetationsbedingungen ab. Eine möglichst schnelle und genaue Schätzung der dem Tier verfügbaren Energie in den Rationen für Rinder ist von großer Bedeutung. Seit Frühjahr 2008 empfiehlt der Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie neue Schätzggleichungen zur energetischen Bewertung von Gras- und Maisprodukten (GfE, 2008).

Der Bericht soll zeigen, welche Wirkung die Umstellung der Schätzggleichungen auf die Bewertung der Futterqualität der Gras- und Maisprodukte in Thüringen hat. Dafür wurden aus Analysenergebnissen des Thüringer Silagemonitorings 2007 und 2008 die Umsetzbare Energie (ME) bzw. die Netto-Energie-Laktation (NEL) in der Berechnung nach den bisherigen und den neuen Gleichungen miteinander verglichen.

2 Grundzüge der bisherigen und der neuen Bewertung

Die bisherige Grundfutterbewertung erfolgt ausschließlich über Rohnährstoffe der Weender Futtermittelanalyse. Auf dieser Grundlage stehen allein zur Bewertung von Grasprodukten zwölf Schätzggleichungen - differenziert nach Grünfutter, Heu, Silage und dem ersten Schnitt bzw. den Folgeschnitten - zur Verfügung (Anhang I).

Bedeutsam für die dem Rind verfügbare Energie sind das Rohprotein mit positivem Vorzeichen in den Schätzggleichungen und die Rohfaser und Rohasche mit negativem Vorzeichen. Die Rohasche als Pflanzenbestandteil und Erdkontamination wirkt energieverdünnend. Die Rohfaser umfasst die schwer verdaulichen Zellwandbestandteile Lignin und Teile der Cellulose, wobei die Anteile der einzelnen Fraktionen bisher nicht differenziert werden.

Neuere Energiebewertungssysteme mit internationalem Bezug basieren auf einer erweiterten Analyse nach van Soest (Abbildung 1). Dabei beschreibt die Neutrale-Detergenzien-Faser (NDF - engl. neutral detergent fibre) den gesamten Zellwandbestandteil mit Lignin, Cellulose und Hemicellulose, wobei die Hemicellulose hochverdaulich ist. Die Säure-Detergenzien-Faser (ADF - engl. acid detergent fibre) erfasst mit Lignin weitgehend unverdauliche und mit Cellulose schwerer verdauliche Zellwandanteile. Die Nutzung dieser Parameter ermöglicht eine detaillierte energetische Bewertung der Faserfraktion.

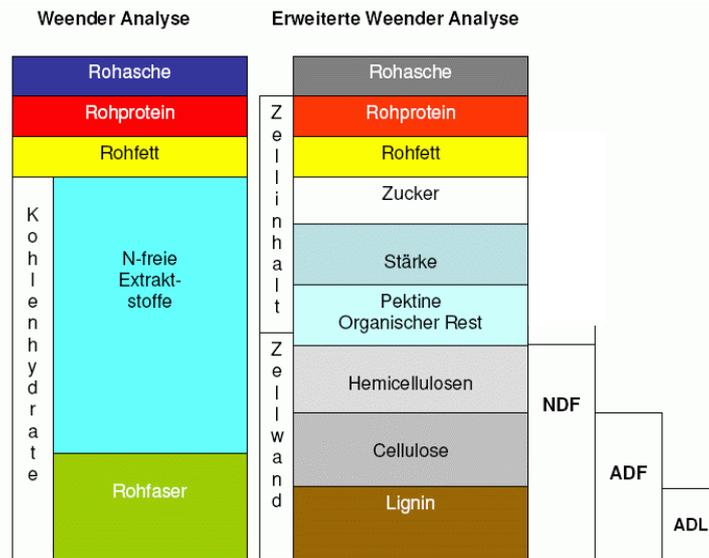


Abbildung 1: Futtermittelanalyse (nach KIRCHGEßNER, 2008)

Weiterhin werden zur Beschreibung der Verdaulichkeit In-vitro-Parameter genutzt. So imitieren die Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) und die Gasbildung mittels Hohenheimer Futterwerttest die Verdaulichkeit der Organischen Masse (OM). Unter Einbeziehung dieser Parameter empfiehlt der Ausschuss für Bedarfsnormen der GfE drei neue Schätzgleichungen zur Bewertung von Gras- und Maisprodukten.

3 Bewertung der Grassilagen

Gras als Frischgras, Silage und Heu, ohne Differenzierung zwischen erstem Schnitt und Folgeschnitten, kann mittels der folgenden beiden Schätzgleichungen bewertet werden:

ELOS-Formel

$$ME = 5,51 + 0,00828 \cdot ELOS - 0,00511 \cdot XA + 0,02507 \cdot XL - 0,00392 \cdot ADF_{org}$$

Gas-Formel

$$ME = 7,81 + 0,07559 \cdot G_b - 0,00384 \cdot XA + 0,00565 \cdot XP + 0,01898 \cdot XL - 0,00831 \cdot ADF_{org}$$

ELOS = Enzymlösliche organische Substanz (g/kg T); XA = Rohasche (g/kg T); XL = Rohfett (g/kg T); ADF_{org} = organischer Anteil der Säure-Detergenzien-Faser (g/kg T); G_b = Gasbildung (ml/200 mg T); XP = Rohprotein (g/kg T)

An 222 Grassilagen der Ernten 2006 und 2007 wurden die ME bzw. die NEL nach der bisherigen Energiebewertung mit den beiden neuen Schätzgleichungen verglichen. Die Silagespektren wurden mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) neu berechnet und standardisiert (TILLMANN, 2008). Der Vergleich verzichtet auf die Berücksichtigung der Stoffverluste bei der Trocknung und deren Korrektur über die Trockenmasse (WEISSBACH und BERG, 1977).

Die Werte ME 1) bzw. NEL 1) repräsentieren die Ergebnisse der bisherigen Schätzgleichungen. ME 2) bzw. NEL 2) zeigen die energetische Bewertung unter Verwendung der neuen ELOS-Formel und ME 3) und NEL 3) geben die Ergebnisse unter Verwendung der neuen Gas-Formel wieder.

Unterschiede bestehen besonders zwischen den nach der bisherigen Rohnährstoffformel berechneten Energiewerten und denen aus der neuen Schätzgleichung unter Verwendung von ELOS. Diese Differenzen sind im ersten Aufwuchs am deutlichsten. Nach Berechnung mittels ELOS-Formel werden 11 % und bei Verwendung der Gas-Formel 7 % niedrigere ME-Werte erreicht.

Tabelle 1: Grassilagen der Ernten 2006 und 2007, analysiert mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS), nach verschiedenen Schätzgleichungen energetisch bewertet

| Parameter | | 1. Schnitt | | 2. Schnitt | | Gesamt | |
|------------|--------------|-----------------|-------|----------------|-------|-----------------|-------|
| | | MW (n = 129) | STABW | MW (n = 93) | STABW | MW (n = 222) | STABW |
| Rohasche | % TM | 9,59 | 1,70 | 10,40 | 1,96 | 9,93 | 1,85 |
| Rohprotein | % TM | 13,06 | 2,62 | 14,00 | 2,52 | 13,45 | 2,62 |
| Rohfaser | % TM | 26,61 | 3,69 | 26,52 | 3,70 | 26,57 | 3,68 |
| Rohfett | % TM | 3,04 | 0,63 | 3,22 | 0,59 | 3,11 | 0,62 |
| ADForg | % TM | 33,25 | 4,32 | 33,04 | 3,88 | 33,16 | 4,13 |
| Gasbildung | ml/200 mg TM | 44,66 | 5,26 | 43,16 | 5,37 | 44,03 | 5,35 |
| ELOS | % TM | 55,18 | 7,67 | 55,98 | 7,27 | 55,51 | 7,50 |
| ME 1) | MJ/kg TM | 10,20 | 0,52 | 9,60 | 0,49 | 9,95 | 0,59 |
| ME 2) | MJ/kg TM | 9,37 | 0,88 | 9,33 | 0,82 | 9,35 | 0,85 |
| ME 3) | MJ/kg TM | 9,05 | 0,91 | 9,13 | 0,82 | 9,08 | 0,87 |
| NEL 1) | MJ/kg TM | 6,09 | 0,37 | 5,68 | 0,34 | 5,92 | 0,41 |
| NEL 2) | MJ/kg TM | 5,51 | 0,61 | 5,49 | 0,56 | 5,50 | 0,59 |
| NEL 3) | MJ/kg TM | 5,29 | 0,63 | 5,35 | 0,56 | 5,32 | 0,60 |

ME 1) - ME Rohnährstoffformel; ME 2) - ME Gas-Formel neu; ME 3) - ME ELOS-Formel neu; NEL1) - NEL Rohnährstoffformel; NEL 2) - NEL Gas-Formel neu; NEL 3) - NEL ELOS-Formel neu; TM - Trockenmasse; ADForg - organischer Anteil der Säure-Detergenzien-Faser

Die Darstellung der Ergebnisse in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt bestätigt die Differenzen zwischen der bisherigen und der neuen Bewertung, die sich zudem mit steigendem Rohfasergehalt bzw. Pflanzenalter vergrößern (Abbildung 2).

Hochwertige Silagen im Rohfaserbereich <25 % TM (SPIEKERS, 2004) werden mittels Gas-Formel um 0,3 ME MJ/kg TM bzw. 3 % schlechter bewertet als bisher. Rohfaserreiche Silagen werden um 0,8 ME MJ/kg TM bzw. 8 % niedriger bewertet. Die Gleichung unter Verwendung von ELOS liegt im Vergleich zu den bisherigen Gleichungen zwischen 0,6 und 1,0 ME MJ/kg TM niedriger.

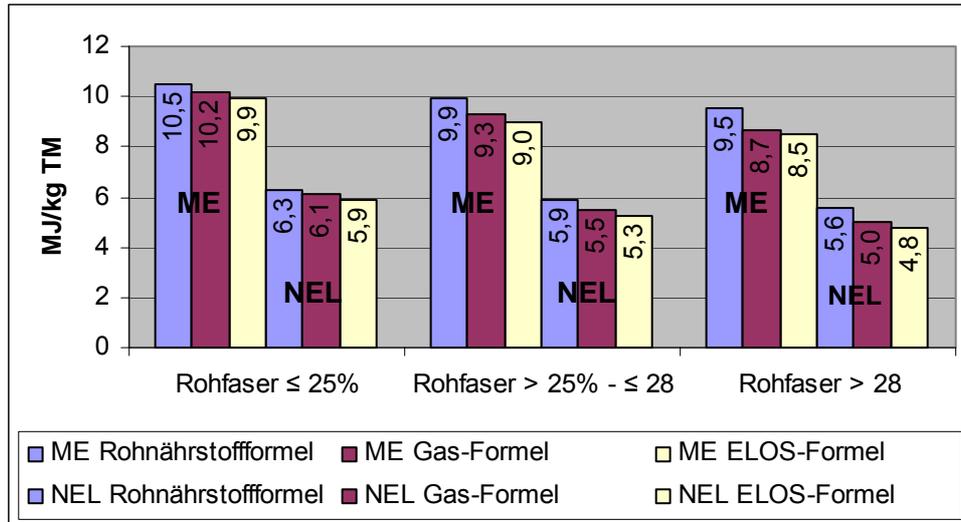


Abbildung 2: Energetische Bewertung von Grassilagen, klassifiziert nach Rohfasergehalten

Im Vergleich zu den im Verdauungsversuch mit Hammeln bestimmten Energiegehalten ergibt sich für die neuen Formeln eine wesentliche Verbesserung der Schätzgenauigkeit. Dabei erzielt die Gas-Formel mit einem Bestimmtheitsmaß von 82,4 % zum Verdauungsversuch die besseren Werte (GfE, 2008).

4 Bewertung der Maissilagen

Zur Bewertung von Mais als Silomais, Maissilage, Mais Kornprodukten und Maisrestpflanzen empfiehlt die GfE eine Schätzung unter Einbeziehung der Parameter ELOS und organischer Anteil der Säure-Detergenzien-Faser (NDForg).

$$ME = 7,15 + 0,00580 \cdot ELOS - 0,00283 \cdot NDForg + 0,03522 \cdot XL$$

An 70 Maissilagen der Ernten 2006 und 2007 wird in Tabelle 2 der Einfluss der bisherigen Rohnährstoffformel und der ELOS-Formel auf die energetische Bewertung von Maissilage beschrieben.

Tabelle 2: Maissilagen der Ernten 2006 und 2007, analysiert mit Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) und nach verschiedenen Schätzgleichungen energetisch bewertet

| Parameter | Maßeinheit | Maissilagen (n = 70) | |
|-----------|------------|----------------------|-------|
| | | MW | STABW |
| Rohasche | % TM | 3,50 | 0,40 |
| Rohfaser | % TM | 19,80 | 2,27 |
| Rohfett | % TM | 3,20 | 0,31 |
| NDForg | % TM | 38,20 | 3,57 |
| ELOS | % TM | 66,60 | 3,20 |
| ME 1) | MJ/kg TM | 10,90 | 0,33 |
| ME 2) | MJ/kg TM | 11,10 | 0,32 |
| NEL 1) | MJ/kg TM | 6,60 | 0,25 |
| NEL 2) | MJ/kg TM | 6,70 | 0,23 |

ME 1) - ME Rohnährstoffformel, ME 2) - ME ELOS-Formel, NEL 1) - NEL Rohnährstoffformel, NEL 2) - NEL ELOS-Formel, TM - Trockenmasse, NDForg - organischer Anteil der Neutralen-Detergenzien-Faser

Die Bewertung der um ELOS und Rohfett erweiterten Schätzgleichung erhöht die ME-Gehalte der Maissilagen im Mittel um 0,12 MJ bezogen auf 1 kg Trockenmasse. Dabei weisen Silagen mit Stärkegehalten unter 30 % TM etwas höhere Differenzen zur bisherigen Bewertung auf als Silagen mit Stärkegehalten über 30 % TM (Abb. 3).

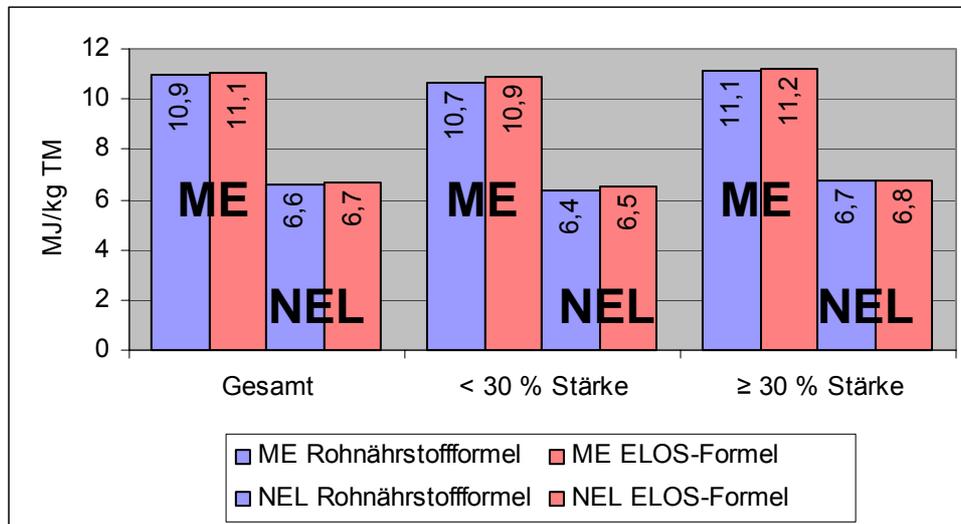


Abbildung 3: Energetische Bewertung von Maissilagen, klassifiziert nach Stärkegehalten

5 Thesen

- Die neue energetische Bewertung für Gras- und Maisprodukte bezieht an Stelle der Rohfaser die Faserfraktionen ADF_{org} und NDF_{org} ein, wodurch niedriger und höher verdauliche Faseranteile besser differenziert werden.
- Mit der Enzymlöslichkeit der organischen Substanz und der Gasbildung (nach Pansensaftinkubation im Hohenheimer Futterwerttest) beschreiben zusätzliche In-vitro-Parameter, als bestmögliche Anlehnung an In-vitro-Bedingungen, die Verdaulichkeit der organischen Masse im Pansen des Wiederkäuers.
- In der Neubewertung von Gras und Grasprodukten kommen nur noch zwei Schätzgleichungen zur Anwendung. Eine Differenzierung zwischen Gras frisch oder konserviert (Silage, Heu) bzw. nach erstem Schnitt und Folgeschnitten entfällt.
- Grassilagen werden mittels Gas-Formel im Mittel um 6 % geringer und mittels ELOS-Formel um 9 % geringer energetisch bewertet, was einer Erniedrigung der ME von 0,6 bzw. 0,9 MJ/kg TM entspricht.
- Für Gras und dessen Konservate liefert die Gas-Formel mit einem Bestimmtheitsmaß von 82,4 % zum Verdauungsversuch die genauesten Werte (GfE, 2008).
- Die Verwendung dieser Formel wird ab September 2009 für Frischgras, Silage und Heu als bevorzugte Methode vorgeschlagen.
- Eine etwas höhere energetische Bewertung von im Mittel 0,12 MJ ME/kg TM erreichen Maissilagen in der Neuberechnung. Die Nutzung der neuen Formel wird für Silomais, Maissilage, Mais Kornprodukte und Maisrestpflanze empfohlen.
- Für weitere Grundfutterstoffe gelten die durch die GfE (1998) und AIPLE (1997) vorgestellten Formeln (Anhang II).

Literatur

AIPLE, L: Gleichungen zur Schätzung des energetischen Futterwertes von Ackerfutter. Internes Arbeitsmaterial der Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim (1997)

GfE, Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie: Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 7 (1998), S. 141 - 150

GfE, Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie: Neue Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie für Wiederkäuer von Gras- und Maisprodukten. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17 (2008), S. 191 - 198

WEISSBACH, F. und BERG, K.: Untersuchungen zur vollständigen Erfassung des Trockensubstanzgehaltes von Silagen. 2. Mitteilung: Methoden zur Bestimmung und Korrektur des Trockensubstanzgehaltes. Arch. Tierernährung 27, 1977 S. 69 - 84

KIRCHGEßNER, M., ROTH, F., SCHWARZ, F., STANGL, G.: Tierernährung. 12. Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt, 2008, S. 25

SPIEKERS, H.: Tierphysiologische Anforderungen an die Silagequalität. In: Landtechnik für Profis 2004, VDI-Berichte Nr. 1814, S. 1 - 9

Anhang I:

Bisherige, nicht mehr anzuwendende Schätzgleichungen für Gras- und Maisprodukte

Formeln zur Schätzung des Energiegehaltes von Aufwüchsen des Dauergrünlandes

(ME in MJ/kg TM, Roh Nährstoffe in g/kg TM)

(Diese Formeln sind nicht anzuwenden bei späterer erster Nutzung.)

| | |
|--|--|
| Heu, Dauergrünland, 1. Schnitt | $ME = +13,69 - 0,01624 * XF + 0,00693 * XP - 0,0067 * XA$ |
| Heu, Dauergrünland, Folgeschnitte | $ME = +14,05 - 0,01784 * XF$ |
| Grassilage, Dauergrünland, 1. Schnitt | $ME = +13,99 - 0,01193 * XF + 0,00393 * XP - 0,01177 * XA$ |
| Grassilage, Dauergrünland, Folgeschnitte | $ME = +12,91 - 0,01003 * XF + 0,00689 * XP - 0,01553 * XA$ |
| Frischgras, Dauergrünland, 1. Schnitt | $ME = +14,06 - 0,01370 * XF + 0,00483 * XP - 0,0098 * XA$ |
| Frischgras, Dauergrünland, Folgeschnitte | $ME = +12,47 - 0,00686 * XF + 0,00388 * XP - 0,01335 * XA$ |

$$NEL = ME * (0,48 + 10,37 * ME / (1000 - XA))$$

Formeln zur Schätzung des Energiegehaltes von Weidelgräsern

(ME in MJ/kg TM, Roh Nährstoffe in g/kg TM)

| | |
|---------------------------------------|--|
| Weidelgras, Grünfutter, 1. Schnitt | $ME = 12,80 - 0,1136 * XF + 0,0452 * XP$ |
| Weidelgras, Grünfutter, Folgeschnitte | $ME = 14,35 - 0,1694 * XF$ |
| Weidelgras, Silage, 1. Schnitt | $ME = 14,88 - 0,1845 * XF$ |
| Weidelgras, Silage, Folgeschnitte | $ME = 12,93 - 0,1414 * XF - 0,1011 * XA + 0,1264 * XP$ |
| Weidelgras, Heu, 1. Schnitt | $ME = 17,16 - 0,2076 * XF - 0,1570 * XA$ |
| Weidelgras, Heu, Folgeschnitte | $ME = 13,51 - 0,1443 * XF$ |

$$NEL = ME * (0,46 + 12,38 * ME / (1000 - XA))$$

Formeln zur Schätzung des Energiegehaltes von Frischmais und Maissilagen

(ME in MJ/kg TM, Roh Nährstoffe in g/kg TM)

$$ME = +14,03 - 0,01386 * XF - 0,01018 * XA$$

$$NEL = ME * (0,45 + 13,4 * ME / (1000 - XA))$$

Anhang II:

Bisherige, weiterhin anzuwendende Schätzgleichungen

Formeln zur Schätzung des Energiegehaltes von Silagen aus Getreide-Ganzpflanzen (Gerste, Hafer, Weizen)

(ME in MJ/kg TM, Rohnährstoffe in g/kg TM)

$$ME = +11,57 - 0,00977 * XF - 0,00711 * XA + 0,00621 * XP$$

$$NEL = ME * (0,46 + 12,38 * ME / (1000 - XA))$$

Formeln zur Schätzung des Energiegehaltes von Luzerne

| | |
|------------------------------------|---|
| Luzerne, Grünfutter, 1. Schnitt | ME = 9,21 - 0,0619 * XF - 0,0831 * XA + 0,1350 * XP |
| Luzerne, Grünfutter, Folgeschnitte | ME = 13,55 - 0,1501 * XF |
| Luzerne, Silage, 1. Schnitt | ME = 14,40 - 0,13 * XF - 0,15 * XA |
| Luzerne, Heu, 1. Schnitt | ME = 12,60 - 0,1024 * XF - 0,0881 * XA |
| Luzerne, Heu, Folgeschnitte | ME = 11,26 - 0,1005 * XF |

$$NEL = ME * (0,46 + 12,38 * ME / (1000 - XA))$$

Formeln zur Schätzung des Energiegehaltes von Rotklee

| | |
|------------------------------------|---|
| Rotklee, Grünfutter, 1. Schnitt | ME = 11,78 - 0,0026 * XF ² - 0,1713 * XA + 0,0912 * XP |
| Rotklee, Grünfutter, Folgeschnitte | ME = 11,65 - 0,0031 * XF ² - 0,2225 * XA + 0,1182 * XP |
| Rotklee, Silage, 1. Schnitt | ME = 12,60 - 0,1138 * XF |
| Rotklee, Silage, Folgeschnitte | ME = 13,23 - 0,1424 * XF |
| Rotklee, Heu, 1. Schnitt | ME = 11,23 - 0,0023 * XF ² |

$$NEL = ME * (0,46 + 12,38 * ME / (1000 - XA))$$

Formeln zur Schätzung des Energiegehaltes von Leguminosengemenge

(Klee gras, Luzernegras, Landsberger-Gemenge)

| | |
|---|--|
| Leguminosengemenge, Grünfutter, 1. Schnitt | ME = 14,91 - 0,1415 * XF - 0,1235 * XA |
| Leguminosengemenge, Grünfutter, Folgeschnitte | ME = 11,76 - 0,0503 * XF - 0,1883 * XA + 0,0605 * XP |
| Leguminosengemenge, Silage, 1. Schnitt | ME = 16,66 - 0,1781 * XF - 0,1590 * XA |
| Leguminosengemenge, Silage, Folgeschnitte | ME = 14,65 - 0,1307 * XF - 0,1308 * XA |

$$NEL = ME * (0,46 + 12,38 * ME / (1000 - XA))$$