Am Anfang steht die Analyse

WER WEITER **DENKT**, WIRD WEITER KOMMEN

Sandra Hoedtke

LMS Agrarberatung GmbH – LUFA Rostock

Grundsätze zur Untersuchung von Futtermitteln

- Sicherung der hygienischen Qualität
  → LFGB, FuttMV 1981, VO [EG] 183/2005 (Futtermittelhygieneverordnung)
- genaue Kenntnis wertgebender organischer und anorganischer Inhaltsstoffe
  → Ökonomie, Ressourcenschonung, Umweltschutz
- Basis einer gezielten Rationsplanung
  → Angaben in Futterwerttabellen ≠ aktueller Futterwert
- Futtermittelanalytik
  → vorzugsweise akkreditierte Untersuchungseinrichtung (in- und externe Qualitätssicherung)
  → angewendete Analysenmethode entscheidend

  Methodenkaskade:
  VO [EG] 152/2009 > CEN/DIN > Methodensammlungen v. Interessensverbänden (z.B. VDLUFA)

Akkreditierte Futtermittelanalytik – Beispiel LUFA Rostock

- jährlich rund 20.000 Futterproben (Grund-, Einzel-, Mischfutter,…)
- akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025 (DAkkS GmbH)
  (5-jährige Akkreditierungszyklen mit 2 Überwachungsbegutachtungen)
- akkreditiert durch die Internationale Vereinigung für Saatgutprüfung (ISTA)
  (Prüfung durch Systemauditor alle 3 Jahre)
- arbeitstägliche Qualitätssicherungsmaßnahmen
  (Kalibrierung Messgeräte, Ermittlung Validierungsdaten, Qualitätskontrollkarten, etc.)
- fortlaufende Teilnahme an Ringversuchen (Laborleistungstest)
- interne Audits (kontrolliert durch QM-Beauftragten)
- Plausibilitätsprüfung (4-Augen-Prinzip) vor jeder Ergebnisübermittlung

Verband deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V. (VDLUFA)

- gemeinsame Facharbeit von Untersuchungs- und Forschungsanstalten
  - → Methodenentwicklung und Qualitätssicherung im landwirtschaftlichen Untersuchungswesen

- Fachgruppen des VDLUFA
  - → I: Pflanzenernährung, Produktqualität und Ressourcenschutz ⇐
  - → II: Bodenuntersuchung *(4 Arbeitskreise)* ⇐
  - → III: Düngemitteluntersuchung ⇐
  - → IV: Saatgut ⇐
  - → V: Tierernährung und Produktqualität ⇐
  - → VI: Futtermitteluntersuchung *(8 Arbeitskreise)* ⇐
  - → VII: Milch
  - → VIII: Umwelt- und Spurenanalytik ⇐

Mitarbeit der
LUFA Rostock
=
Wissenstransfer

Grundsätze zur Untersuchung von Futtermitteln

- Sicherung der hygienischen Qualität

  → LFGB, FuttMV 1981, VO [EG] 183/2005 (Futtermittelhygieneverordnung)

- genaue Kenntnis wertgebender organischer und anorganischer Inhaltsstoffe

  → Ökonomie, Ressourcenschonung, Umweltschutz

- Basis einer gezielten Rationsplanung

  → Angaben in Futterwerttabellen ≠ aktueller Futterwert

- Futtermittelanalytik

  → vorzugsweise akkreditierte Untersuchungseinrichtung (in- und externe Qualitätssicherung)

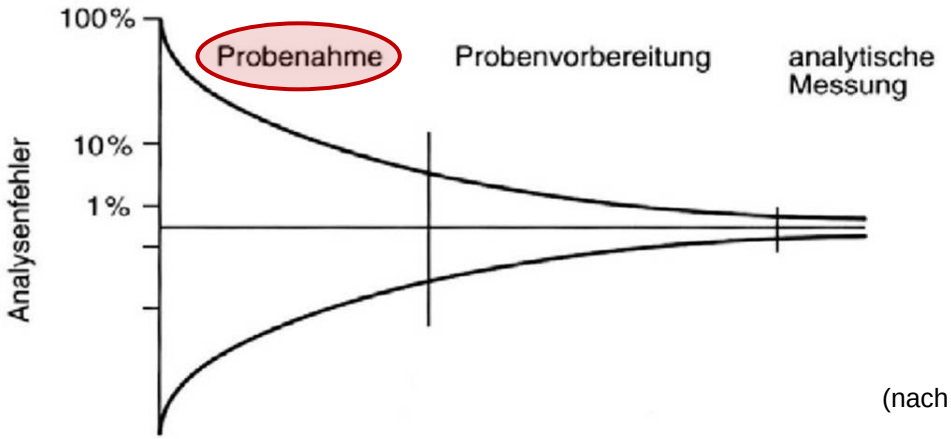
  → angewendete Analysenmethode entscheidend

  Methodenkaskade:

  VO [EG] 152/2009 **>** *CEN/DIN* **>** *Methodensammlungen v. Interessensverbänden (z.B. VDLUFA)*

!!! Probenahme, Probenlogistik und Probenvorbereitung

Einfluss der Probenahme auf das Analysenergebnis

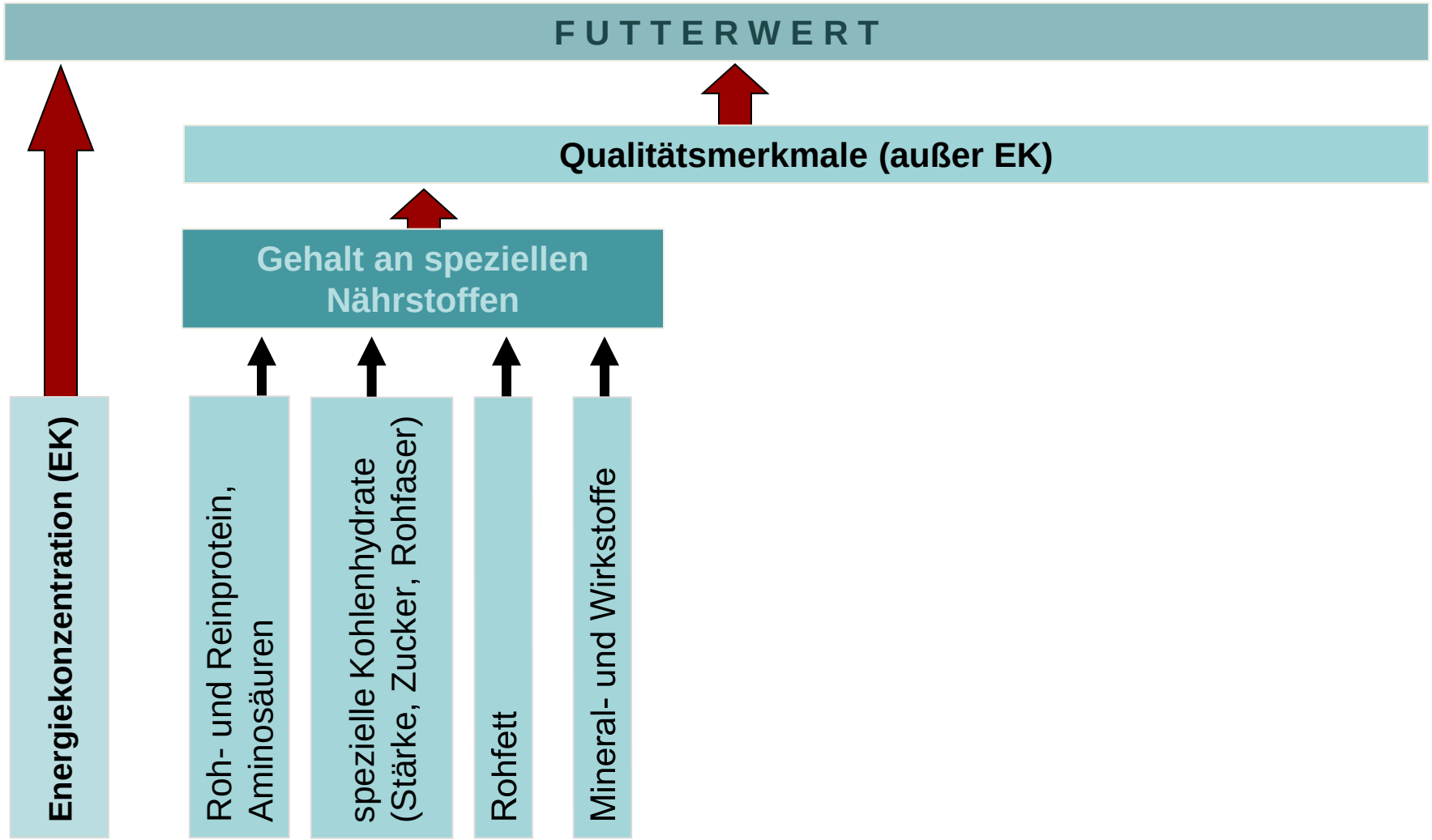


(nach Cammann, 2000)

$$\sigma^2_{Gesamt} = \sigma^2_{Probenahme} + \sigma^2_{Probenvorbereitung} + \sigma^2_{Messung}$$

Vorschriften/Empfehlungen:

- VO (EG) Nr. 152/2009 Anh. 1
- DIN EN ISO 6497:2005
- VDLUFA Methodenbücher
- QS, GMP etc.



(nach Jeroch et al., 1993)

Kenngrößen der Futterbewertung

- zentrale Aufgabe der Tierernährungsforschung
  - → Ableitung von Versorgungsempfehlungen (Energie, Protein, Mengen-/Spurenelemente, Vitamine)
  - → Ausschuss für Bedarfsnormen (AfBN) der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE)

    Mastrinder, 1995; Legehennen u. Masthühner, 1999; Milchkühe u. Aufzuchtrinder, 2001; Ziegen, 2003; Schweine, 2006; Pferde, 2014
- Energiegehalt keine analytisch fassbare Größe (Verdaulichkeitsmessungen aufwändig)
  - → für Arbeitsroutine der Untersuchungslabore Schätzgleichungen abgeleitet
  - → unter Verwendung verschiedener Rohnährstoffe, Faserfraktionen und *in vitro*-Variablen

Varianzen der Inhaltsstoffe in Futtermitteln – Energie[1]

	NEL (MJ/kg TM)			**ME_{Rind}** (MJ/kg TM)		
Futtermittel	MW	*Min-Max*	*Tabellen-wert*[2]	MW	*Min-Max*	*Tabellen-wert*[2]
Gerste (n=8)	8,0	*8,0-8,1*	*8,1*	12,8	*12,7-12,9*	*12,8*
Weizen (n=6)	8,6	*8,3-8,6*	*8,5*	13,5	*13,2-13,5*	*13,4*
Zuckerrübe (n=15)	7,1	*4,7-8,0*	*8,0*	11,3	*7,4-12,5*	*12,6*
AWS (1. Schn., n=357)	5,9	*4,5-7,4*	*6,6*	11,3	*7,9-12,0*	*10,9*
Maissilage (n=823)	6,7	*5,5-7,4*	*6,5*	11,1	*9,4-12,1*	*10,8*
Luzernesilage (n=41)	5,5	*4,8-6,3*	*5,4*	9,3	*8,3-10,5*	*9,3*
GPS (n=314)	5,0	*4,0-5,8*	*5,1*	8,6	*7,3-9,7*	*8,8*

[1] LUFA Rostock, 2017

[2] DLG, 1997

Kenngrößen der Futterbewertung

- zentrale Aufgabe der Tierernährungsforschung
  - → Ableitung von Versorgungsempfehlungen (Energie, Protein, Mengen-/Spurenelemente, Vitamine)
  - → AfBN der GfE

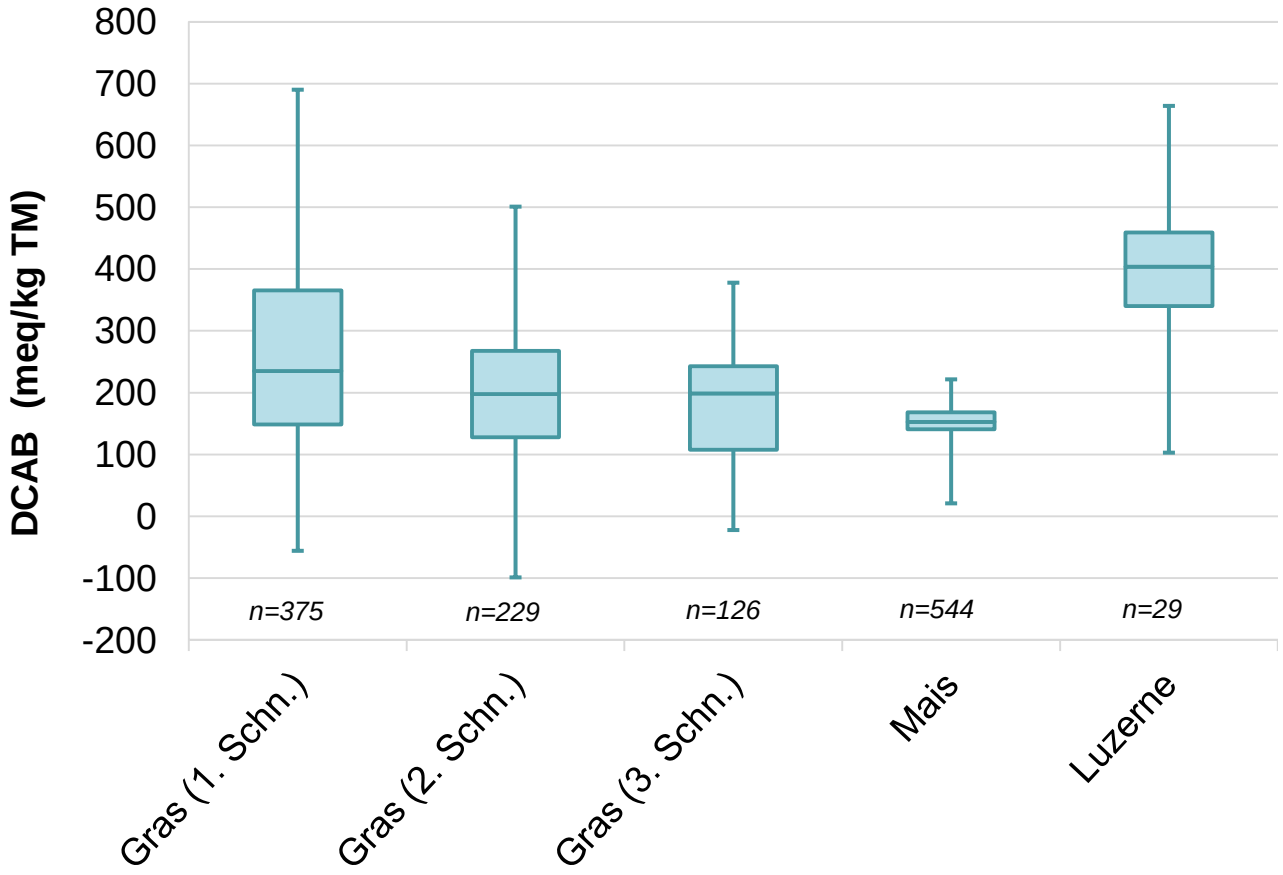
    Mastrinder, 1995; Legehennen u. Masthühner, 1999; Milchkühe u. Aufzuchtrinder, 2001; Ziegen, 2003; Schweine, 2006; Pferde, 2014
- Energiegehalt keine analytisch fassbare Größe (Verdaulichkeitsmessungen aufwändig)
  - → für Arbeitsroutine der Untersuchungslabore Schätzgleichungen abgeleitet
  - → unter Verwendung verschiedener Rohnährstoffe, Faserfraktionen und *in vitro*-Variablen
- Variabilität der Gehalte spezieller Nährstoffe

Inhaltsstoffe verschiedener Silagearten (LUFA, 2018)

	Gras *(1. Schn.)*	Gras *(2. Schn.)*	Gras *(3. Schn.)*	Mais	Luzerne	GPS
n	*444*	*304*	*169*	*2509*	*53*	*280*
TM (g/kg)	347 (*187 - 780*)	375 (*217 - 681*)	369 (*179 - 730*)	354 (*186 - 539*)	346 (*130 - 576*)	354 (*179 - 517*)
XA (g/kg TM)	96 (*64 - 200*)	103 (*34 - 227*)	106 (*50 - 340*)	33 (*17 - 109*)	105 (*72 - 162*)	56 (*27 - 121*)
XP (g/kg TM)	159 (*82 - 248*)	159 (*56 - 243*)	152 (*76 - 238*)	67 (*29 - 197*)	180 (*109 - 308*)	90 (*41 - 215*)
$aNDF_{om}$ (g/kg TM)	528 (*362 - 648*)	533 (*435 - 675*)	539 (*406 - 681*)	402 (*296 - 589*)	478 (*386 - 586*)	438 (*292 - 666*)
ADF_{om} (g/kg TM)	294 (*176 - 385*)	292 (*213 - 402*)	286 (*179 - 402*)	234 (*163 - 370*)	343 (*213 - 457*)	320 (*219 - 470*)
Gb (ml/200 mg TM)	45,9 (*23,8 - 66,0*)	43,3 (*18,8 - 58,4*)	43,7 (*18,4 - 55,0*)	n.b.	n.b.	n.b.
ELOS (g/kg TM)	n.b.	n.b.	n.b.	718 (*389 - 830*)	n.b.	n.b.

Gb – Gasbildung (Hohenheimer Futterwerttest); n.b. – nicht bestimmt

DCAB verschiedener Silagearten (LUFA, 2018)



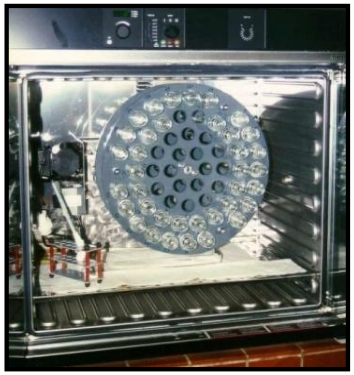
Kenngrößen der Futterbewertung

- zentrale Aufgabe der Tierernährungsforschung
  - → Ableitung von Versorgungsempfehlungen (Energie, Protein, Mengen-/Spurenelemente, Vitamine)
  - → AfBN der GfE

    Mastrinder, 1995; Legehennen u. Masthühner, 1999; Milchkühe u. Aufzuchtrinder, 2001; Ziegen, 2003; Schweine, 2006; Pferde, 2014
- Energiegehalt keine analytisch fassbare Größe (Verdaulichkeitsmessungen aufwändig)
  - → für Arbeitsroutine der Untersuchungslabore Schätzgleichungen abgeleitet
  - → unter Verwendung verschiedener Rohnährstoffe, Faserfraktionen und *in vitro*-Variablen
- hohe Variabilität der Gehalte spezieller Nährstoffe
- tierartenabhängig nicht nur absolute Nährstoffgehalte relevant, sondern Verfügbarkeit der Nährstoffe (v.a. beim Monogaster)
  - → praecaecal verdauliche Aminosäuren
  - → verdaulicher Phosphor (Nicht-Phytin-Phosphor)
- UDP – tabellierte Werte? → *in vivo*/*in situ* vs. *in vitro*- bzw. chemische Schätzung

Methoden zur Ermittlung der Proteinqualität (nach Südekum, 2004)

1. *in vivo* (Duodenalkanüle)
2. *in situ* (Nylonbeutel-Technik)
3. *in vitro* (Inkubation in Pansensaft/Puffer oder Enzymlösung)
4. *in vitro* (modifizierter Hohenheimer Futterwerttest, HFT)
5. chemisch (Proteinfraktionierung nach CNCPS)



	Proteinfraktion	enzym. Abbau	Bestimmung
A	NPN	-	A=lösl. Protein-B_1
B_1	pufferlösliches Reinprotein	schnell	Fällung mit TCE
B_2	pufferunlösliches Reinprotein	mittel	B_2=XP-A-B_1-B_3-C
B_3	zellwandgeb. lösl. Reinprotein	mittel/langsam	B_3=NDFIP-ADFIP
C	zellwandgeb. unlösl. Reinprotein	unverdaulich	C=ADFIP

(nach Licitra et al., 1996)

Berechnung von z.B. UDP2, UDP5, UDP8 (Shannak et al., 2000; Westreicher-Kristen, 2013)

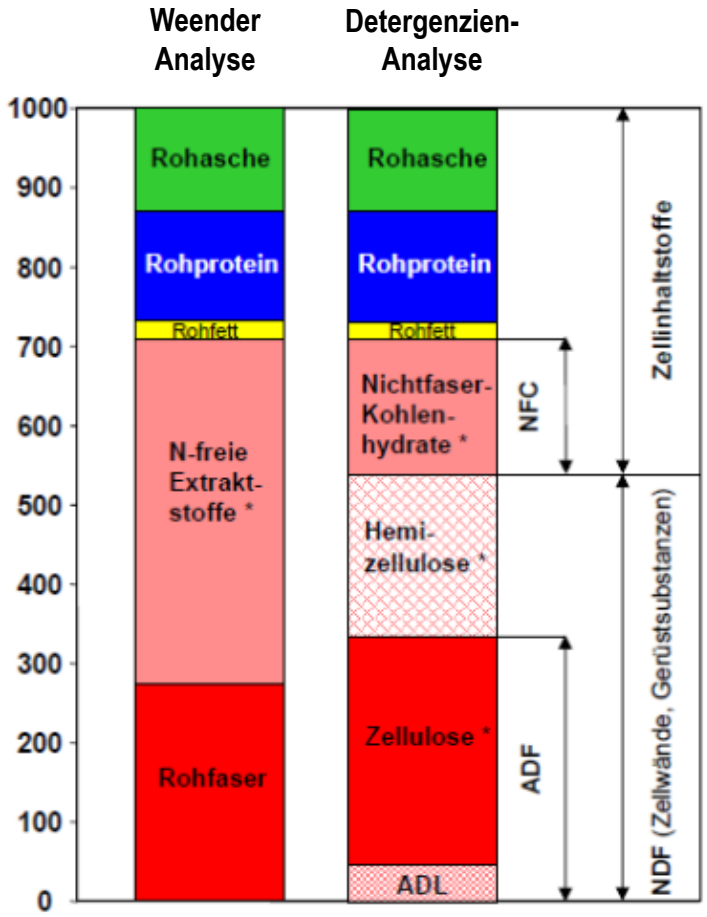
Vor- und Nachteile einzelner Methoden zur Bestimmung der Proteinqualität

- modifizierter HFT
  - → für viele Futtermittel geeignet
  - → berücksichtigt Effekte „geschützter“ Proteine
  - → *in vitro*-Test aufwändig, nicht von vielen Laboren durchführbar
  - → keine Referenzmethode zur Absicherung der Ergebnisse

- XP-Fraktionierung
  - → „nur“ chemische Analyse, jedoch aufwändig
  - → Gleichungen zur Berechnung des UDP gelten nicht für alle Futtermittel
  - → Effekte „geschützter“ Proteine?

Die Methoden der UDP-Feststellung sind in ihrer Anwendbarkeit weiter vergleichend zu prüfen und weiterzuentwickeln.

Kenngrößen der Kohlenhydratversorgung



*durch Differenz berechnet

NFC = lösliche Kohlenhydrate

= v.a. Zucker, Stärke, Pektin

verdaulicher Anteil?

NDF = ADF + Hemizellulose

= analytisch meist aNDFom

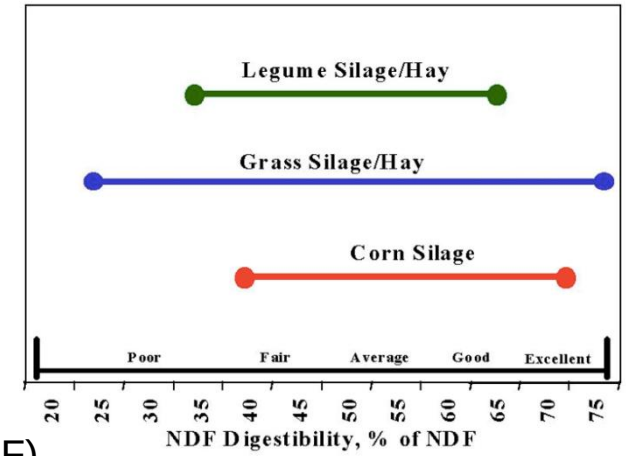
ADF = ADL + Zellulose

= analytisch meist ADFom

(Häusler, 2014)

Kenngrößen der Kohlenhydratversorgung – verdauliche NDF (dNDF)

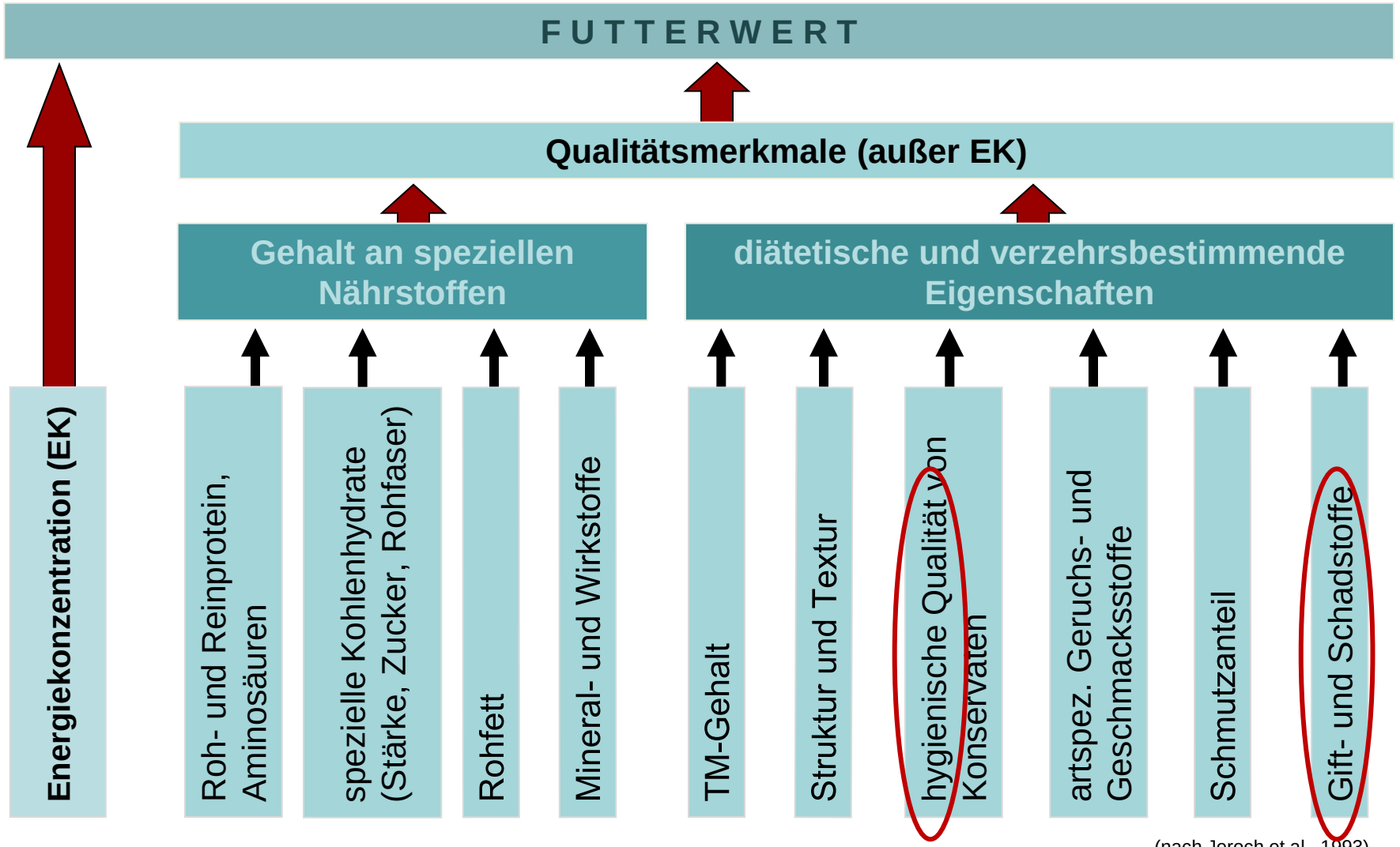
- NDF-Abbaubarkeit im Pansen
  → Höhe abhängig u.a. von Passagerate und Futtermittel
- Einfluss auf Futteraufnahme, E-Liefervermögen und Milchfettsynthese (Bereitstellung von Essigsäure)
- Ermittlung *in vivo*/*in situ* oder *in vitro*
  → z.B. nach 30, 120 oder 240 h (240 h = potentielle dNDF)



(Hoffman et al., 2001)

aber

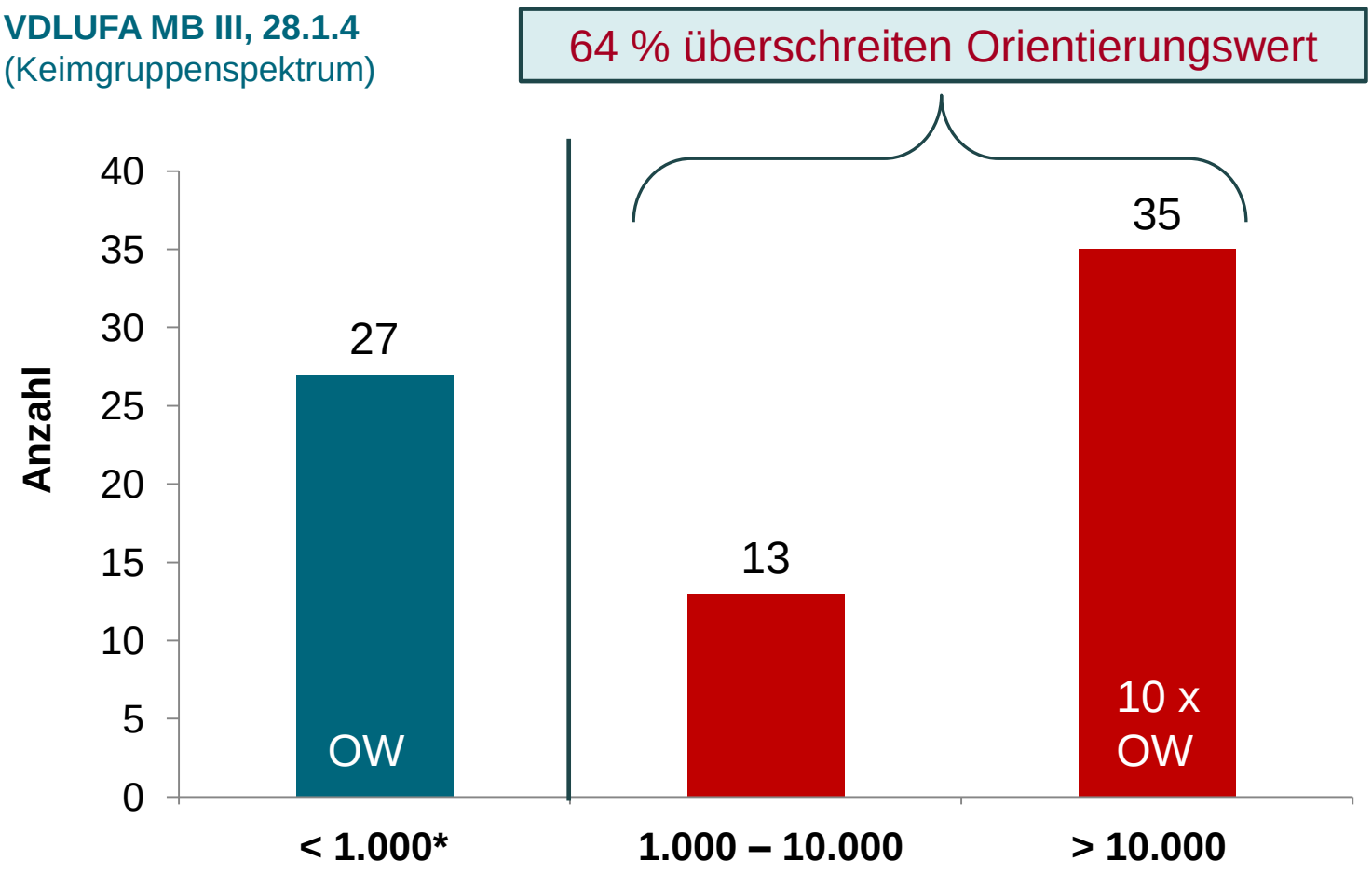
- Vergleichbarkeit verschiedener Laborergebnisse fraglich
- derzeit keine Methodenvalidierung vorhanden
- es besteht weiterer Forschungsbedarf



(nach Jeroch et al., 1993)

Hefekeimzahlen in Maissilagen (LUFA Rostock, 2018)

VDLUFA MB III, 28.1.4
(Keimgruppenspektrum)



* in Tsd. KbE/g

OW = Orientierungswert, n = 75

Überschreitung von Grenzwerten im Rahmen QS-Futtermittelmonitoring

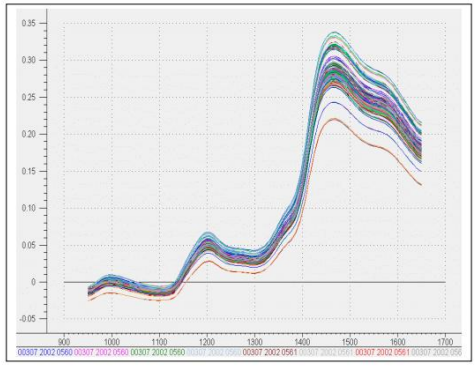
(07/2021 – 06/2022)

	Proben	**Überschreitung** gesetzl. Höchstgehalt, Aktionsgrenzwert oder EU-Orientierungswert	**Überschreitung** QS-Richtwert	**vorwiegend in**
Aflatoxin B_1	4.088	2	139	Mais/-nebenprod. (38), RES (5), MLF (8), Grobfutter (18)
Deoxynivalenol (DON)	5.376	11	-	Eigenmischungen Sauen u. Mastschweine (10)
AWS[1]	15.582	15	-	Eigenmischungen Rindermast, Sauen u. Mastgeflügel (13)
Dioxine, dl-PCB	Σ 7.410	0	-	
Salmonellen	9.454	30	-	Ergänzungs-FM Kälber, Rinder, Schafe, Schweine (5), Lege-hennenfutter (4), MLF(8), RES (5)
PSM[2]-Rückstände	426.534	10	-	Weizen (2), Dinkel, Triticale (je 1)
tier. Bestandteile	1.740	1	-	Ergänzungs-FM Milchvieh

[1]antibiotisch wirksame Substanzen; [2]Pflanzenschutzmittel

Schnellverfahren in der Futtermittelanalytik (physikalische Verfahren)

- Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS)
  - → Bestrahlung der Probe bei 800-2500 nm, Messung des reflektierten Strahlungsanteils
  - → Intensität des reflektierten Lichtes: Quantität der Inhaltsstoffe



Vorteile
- → geringe Probenmenge, schnelle Analytik
- → Vielzahl quantifizierbarer Stoffe in einer Messung
- → geringe analytische Kosten

Nachteile
- → exakte Kalibrierung mit Referenzmethoden
- → anorganische Bestandteile können nicht bestimmt werden

- Röntgen-Fluoreszenz-Analyse (RFA)
  - → Konzentration der Elemente beruht auf atomeigener charakteristischer Strahlung
  - → keine Anwendung für Elemente leichter als Bor

Schnellverfahren für antinutritive Inhaltsstoffe (Auswahl)

- Glucosinolate
  - → 00-Raps-Sorten nicht zwangsläufig glucosinolatfrei (EU-Höchstwert 25 mmol/kg)
  - → NIRS möglich (amtliche Methode mittels HPLC)
  - → Streubreiten zwischen 5 und 26,5 mmol/kg in Rapskuchen (Weiß und Schöne, 2010)

- Trypsin-Inhibitor-Aktivität
  - → indirekt über Bestimmung der Ureaseaktivität (Asam et al., 2014)
  - → Mikrotiterplatten, jedoch hohe Messungenauigkeit (Župunski et al., 2018)

- Phytinsäure
  - → kolorimetrisch (Costa-Bauza et al., 2012)
  - → chromatographisch (Talamond et al., 1998)

Fazit

- „Weg“ der Probe bis zur Ermittlung des Futterwertes von großer Bedeutung !

- Futterwert ist Komplex von Merkmalen
  - → Gehalte wertgebender Inhaltsstoffe
  - → diätetische und verzehrsbestimmende (v.a. hygienische) Eigenschaften !

- tabellierte Werte spiegeln oft nicht Futterwert betrieblicher Futtermittel wider
  - → Notwendigkeit regelmäßiger laboranalytischer Bestimmungen für zielgerichteten Einsatz der Futtermittel !

- Forderung nach analytischen Schnellverfahren wird zunehmen
  - → Verfügbarkeit - für alle Einzelkomponenten des Futterwertes?
  - → Verlässlichkeit - Ersatz der klassischen Analysemethoden?
  - → Laboranalytik im Spannungsfeld ‚Zeit – Kosten – Qualität‘