



Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

BAND 99 | Ausgabe 3

Agrarwissenschaft
Forschung

Praxis

Futteraufnahme und Futtereffizienz bei hochleistenden Milchkühen korrekt bewerten

Teil 3: Milchfettsäuren als mögliche Biomarker für das Energiedefizit von hochleistenden Milchkühen in der Frühlaktation

von Wilfried Brade (Hannover)

1 Einleitung

Zu Beginn der Laktation können hochleistende Kühe ihren Energiebedarf für die Milchleistung nicht ausreichend über ihre Futteraufnahme decken. Um das Energiedefizit auszugleichen, müssen Kühe regelmäßig Energie aus ihren Körperreserven mobilisieren. Eine negative Energiebilanz (NEB) ist die Folge.

Obwohl eine NEB für die heutigen hochproduzierenden Kühe für einige Wochen in der frühen Laktation akzeptabel ist, kann eine intensive und langanhaltende NEB zahlreiche Gesundheits- und Reproduktionsprobleme verursachen (BRADE, 2013). Eine Möglichkeit dem zunehmenden metabolischen Stress in der Frühlaktation - infolge einer zunehmend weiteren Leistungssteigerung, speziell in der Frühlaktation entgegenzuwirken - besteht darin, die Energiebilanz (EB) in das Zuchtprogramm aufzunehmen.

Da zusätzlich zu erwarten ist, dass zukünftige Zuchtziele Merkmale der Futtereffizienz umfassen, muss die postpartale EB in besonderer Weise überwacht werden, um das Risiko einer Erhöhung des metabolischen Stresses durch eine gerichtete Selektion zu minimieren (MÄNTYSAARI ET AL., 2019).

Während der postpartalen NEB kommt es zu einem hormonell gesteuerten bevorzugten Nährstofffluss in das Euter. Eine Schlüsselrolle nimmt dabei Insulin ein. Die stark erniedrigte Insulinkonzentration löst einen ‚*Glucosesparmechanismus*‘ im insulinabhängigen Körpergewebe (= Insulinresistenz) aus. Glucose wird nun verstärkt dem Euter zugeführt und dient dort u.a. der Lactosesynthese (ROSSOW, 2004, MÜLLER ET AL., 2007, BRADE, 2013). Dabei kommt der Ernährung der hochtragenden Kuh bereits während der Trockenstehperiode eine wichtige Bedeutung für das Ausmaß und die Dauer der Mobilisation von Körper-Energiereserven (nach der Kalbung) zu.

Während der *Mobilisierung* von Körperfettreserven werden verstärkt langkettige, nicht veresterte Fettsäuren (NEFA, engl.: not esterified fatty acids) in die Blutbahn abgegeben und gelangen so an die

verschiedenen ‚Ziel‘-organe. Eine hohe NEFA-Konzentration im Blut bedeutet, dass auch eine erhöhte Menge an NEFA in die Leber gelangt.

Gut bekannt ist, dass die Milchzusammensetzung in der Frühlaktation hoch leistender Milchkühe durch ihre EB beeinflusst wird (STOOP ET AL., 2009; JORJONG ET AL., 2014).

Kühe in einer NEB mobilisieren ihr Fettgewebe, was die Konzentration nicht veresterter Fettsäuren (NEFA) nachweislich im Blut erhöht (GRUMMER, 1993). Diese erhöhte Zufuhr von Fettsäuren (FS) für die Milchfettsynthese führt zu einem höheren Milchfettgehalt und einem höheren Milchfett : Protein-Verhältnis (FPR) in der Milch frischabgekalbter Kühe (FRIGGENS ET AL., 2007). Die Mobilisierung von Fettgewebe erhöht vorrangig die Versorgung mit langkettigen FS.

Eine hohe Aufnahme von langkettigen FS durch die Milchdrüse hemmt die De-novo-Synthese von kurzkettigen und mittelkettigen FS. Eine Änderung der Milch-FS-Zusammensetzung ist zu beobachten (Palmquist et al., 1993; Stoop et al., 2009). Die Milch-FS-Zusammensetzung ist somit als ein möglicher Indikator zur tierindividuellen Erfassung der EB zu charakterisieren. Der besondere Vorzug dieses EB-Indikators leitet sich vor dem Hintergrund ab, dass das FS-Profil aus routinemäßig gesammelten Milchproben vergleichsweise einfach und zu geringen Kosten gemessen kann.

Ziel dieses Übersichtsreferates ist es, neuere Erkenntnisse über bestehende Zusammenhänge zwischen der Mobilisierung von Körperreserven in der Frühlaktation, der NEFA-Konzentration im Blutplasma und ausgewählten Milch-FS aufzuzeigen.

2 Metabolische Anpassungen in der Frühlaktation

Die Regulation und Koordination des Lipidstoffwechsels zwischen Fettgewebe, Leber, Darm und Milchdrüse sind Schlüsselkomponenten der Anpassung an die Laktation (Mehtio et al., 2018, Gross et al., 2019).

Aufgrund der schnell steigenden Milchleistung und einer noch nicht ausreichenden Futteraufnahme befindet sich die Milchkuh zu Beginn der Laktation in einer negativen Energiebilanz (NEB), die durch eine Mobilisierung von Körperreserven ausgeglichen werden muss (Abbildung 1).

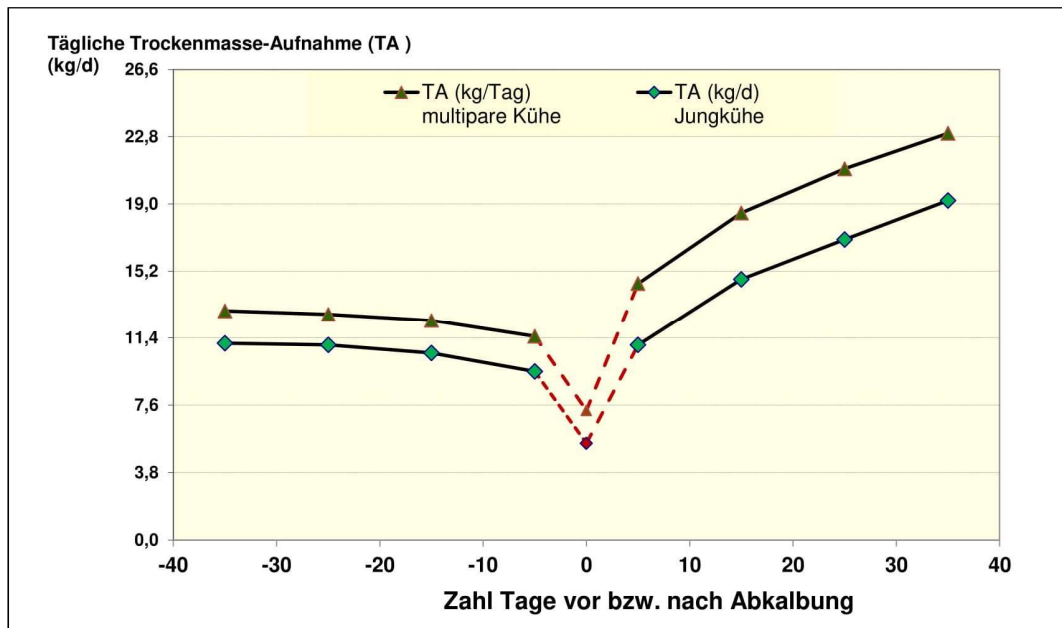


Abbildung 1: Futteraufnahme bei hochleistenden Holsteinkühen vor und nach der Kalbung (eigene Grafik; erstellt nach Abgaben von Shonka et al., 2015)

Durch die Mobilisierung von Körperfettreserven werden verstärkt langkettige, nicht veresterte Fettsäuren (NEFA) in die Blutbahn abgegeben. Zum einen dienen sie der Energiegewinnung in den verschiedenen Körpergeweben, zum anderen werden sie im Euter für die Milchfettsynthese genutzt. Eine hohe NEFA-Konzentration im Blut bedeutet, dass auch eine erhöhte Menge an NEFA in die Leber gelangt.

Die Rinderleber hat allerdings nur eine begrenzte Fähigkeit, NEFA zu verstoffwechseln. Sie werden entweder vollständig zur Energiegewinnung oder eben nur unvollständig abgebaut. Beim unvollständigen Abbau entstehen beispielsweise Ketonkörper (Abb. 2).

Zur ‚Ausschleusung‘ gebildeter Stoffwechselprodukte aus der Leber sind drei Wege zu nennen (Rossow, 2004):

1. vollständige Oxidation zu CO_2 ;
2. Bildung von Ketonkörpern;
3. Einbau in Lipoproteine (VLDL oder Transportlipide) und Abgabe der VLDL in die Blutbahn (Abbildung 2).

Der Abbau der Fettsäuren in verwertbare Energie findet vor allem im Mitochondrium im Rahmen der sogenannten β -Oxidation der Fettsäuren statt (Abbildung 2). Ein alternativer Weg zur hepatischen Oxidation von NEFA besteht zusätzlich in den sogenannten *Peroxisomen*, bei denen es sich um subzelluläre Organellen in den Leberzellen (Hepatozyten) handelt. Die *peroxisomale Oxidation*

beinhaltet einen alternativen biochemischen Abbaumechanismus für FS, der zum Einsatz kommt, wenn die normalerweise bevorzugte β -Oxidation nur begrenzt realisiert werden kann (DRACKLEY, 1999).

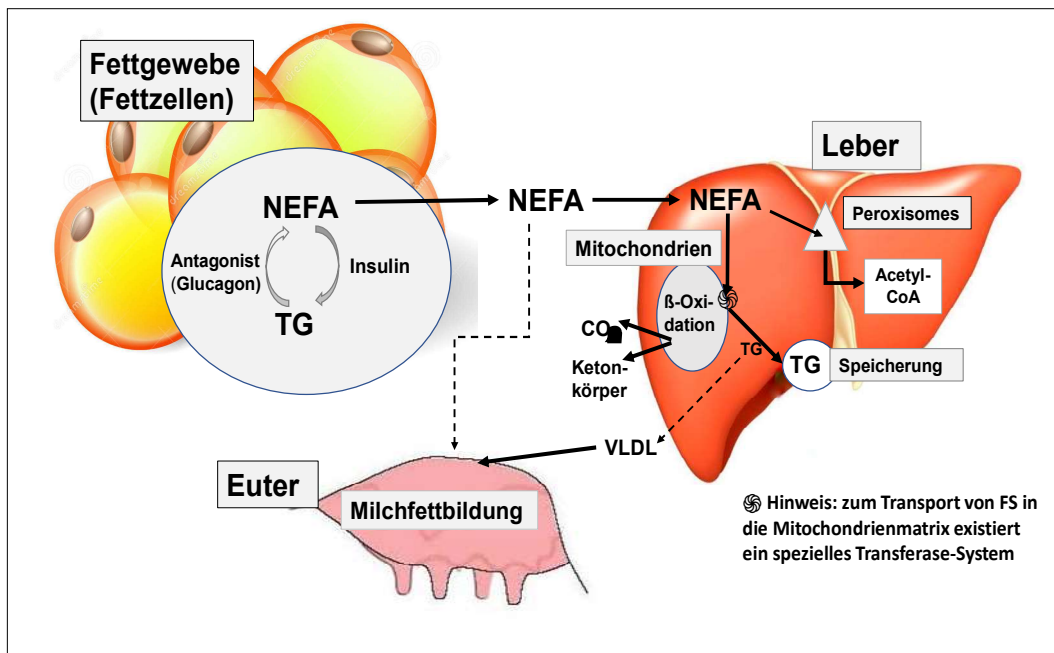


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Beziehungen zwischen dem Stoffwechsel im Fettgewebe, in der Leber sowie der Milchdrüse (eigene Grafik).

Anm.: NEFA = nichtveresterte FS, TG = Triglyceride; VLDL = Lipoproteine mit geringer Dichte; Hinweis: gestrichelte Linien zeigen Prozesse an, die vorrangig in bestimmten physiologischen Zuständen (NEB, Stress) ablaufen

Wenn die Lipidinfiltration in der Leber und damit eine Triglycerid(TG)-Akkumulation schwerwiegend wird, tritt zusätzlich das Syndrom der Fettleber auf. Sie führt oft zu weiteren Gesundheitsproblemen (ADEWUYI ET AL., 2005, BRADE, 2013).

Festzuhalten bleibt: Die Konzentration der NEFA im Blut ist summa summarum ein wertvoller Metabolit für das tierindividuelle Ausmaß der Fettmobilisation.

3. Endokrine Regulation

Hormone sind für die Regulierung und Koordination der metabolischen Anpassungen unerlässlich. Die endokrine Regulation beginnt bereits vor dem Kalben (Rossow, 2004, Gross et al., 2019): die Insulin-Konzentrationen (und die Konzentration weiterer Hormone: IGF-1, Leptin) nehmen ab; bei gleichzeitiger Zunahme der Konzentration des Wachstumshormons (und weiterer Hormone: Prolaktin, Glukagon, Cortisol).

Der Konzentrationsabfall von Insulin bzw. auch IGF-1 sowie der zirkulierenden Schilddrüsenhormone, Leptin, Adiponectin, initiiert eine Lipolyse (= Mobilisierung von Fettgewebe). Die Mobilisierung von Fettgewebe beginnt (GROSS ET AL., 2019).

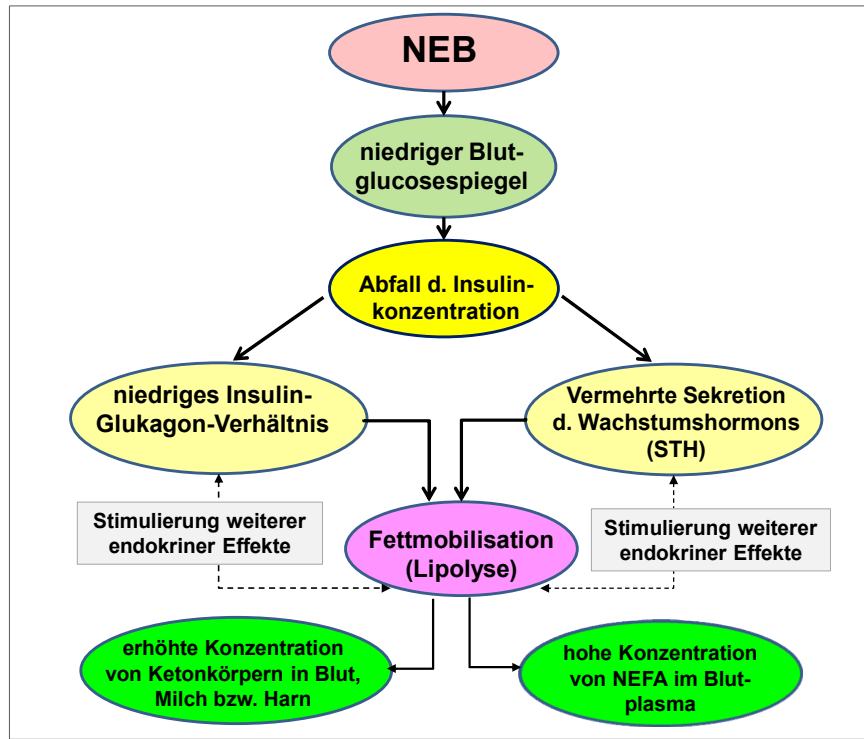


Abbildung 3: Vereinfachte schematische Darstellung bestehender Zusammenhänge zwischen NEB und Fettmobilisation (eigene Grafik)

Die Abnahme des Insulinspiegels im Blutplasma ist der *zentrale* Initiator für die Aktivierung hormonempfindlicher Lipasen im Fettgewebe und damit für die Fettmobilisierung (Abbildung 3).

Gleichzeitig erfolgt eine Modifikation der Plasmakonzentration des Wachstumshormons.

Während die Plasma-Insulinkonzentrationen niedrig sind, induzieren die hohen Wachstumshormonkonzentrationen zusätzlich eine Insulinresistenz in den peripheren Geweben (ROSSOW, 2004, GROSS ET AL., 2019).

4. Fettsäuremuster in der Milch

Fettsäuren (FS) unterscheiden sich durch die Anzahl der C-Atome (Kettenlänge) sowie - bei ungesättigten Fettsäuren - in der Anzahl und Position von Doppelbindungen.

FS können aufgrund ihrer Kettenlängen in:

- kurzkettige FS (≤ 8 C-Atome) (in der Literatur auch bekannt als: SCFA; von engl. *Short Chain Fatty Acids*),
- mittelkettige (8 bis 12 C-Atome) (MCFA; von engl. *Middle Chain Fatty Acids*) und
- langkettige (13 bis 21 C-Atome) FS (LCFA; von engl. *Long Chain Fatty Acids*)

eingeteilt werden.

Fettsäuren mit mehr als 22 C-Atomen werden auch als VLCFAs (engl.: *Very Long Chain Fatty Acids*) bezeichnet. Ungesättigte FS besitzen mindestens eine C=C-Doppelbindung (MUFA, von engl. *Monounsaturated fatty acids*). Mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA, von engl. *Polyunsaturated fatty acids*) weisen zwei oder mehr Doppelbindungen zwischen den Kohlenstoffatomen (innerhalb der Kette) auf.

Milchfett ist äußerst komplex zusammengesetzt und besteht aus mehr als 400 verschiedenen Fettsäuren (FS). Die meisten FS sind jedoch nur in Spuren vorhanden (BAUMAN ET AL., 2010). Nur etwa ein Dutzend FS sind quantitativ bestimmend; vor allem gesättigte Fettsäuren. Besonders hoch ist der Anteil der langkettigen, gesättigten Palmitinsäure (C16:0) (Tabelle 1).

Tabelle 1:
Fettsäuremuster (FS-Muster) im Milchfett bei Holstein-Kühen

Merkmal/FS-Muster	Mittelwert* (g FS/100 g FS)
gesättigte FS (engl. SFA)	67,2
einfach ungesättigten FS (engl. MUFA)	29,7
mehrfach ungesättigten FS (engl. PUFA)	2,9
gesättigte FS: C6:0 bis C14:0	19,6
C16:0 (Palmitinsäure)	29,0
C18:0 (Stearinsäure)	12,2
C18:1 (Ölsäure)	26,4
C18:2 (Linolsäure)	2,8

Quelle: BOBE ET AL., 2008

Bekanntermaßen haben die Fütterung oder die Rasse der Milchkuh erhebliche Auswirkungen auf den Milchfettgehalt und gleichzeitig auch auf die FS-Zusammensetzung (Palmquist et al., 1993; Reist et al., 2002, Friggens et al., 2007, Stoop et al., 2009, Brade et al., 2016). Zusätzlich ist das FS-Profil im Milchfett von der EB der Milchkuh (sowie weiteren physiologischen Einflüssen) abhängig.

Die Milch-FS stammen aus zwei Quellen (Bauman et al., 2010):

- aus einer De-novo-Synthese;
- aus der Aufnahme von ‚vorgeformten‘ FS aus dem Blut im Euter.

Substrate für die de novo Synthese sind vor allem Acetat und β -Hydroxybutyrat aus der Fermentation im Pansen. Sie werden vorrangig zur Synthese von kurz- und mittelkettigen FS (C4:0 bis C14:0) einschließlich eines Teils der C16:0 in den Euterepithelzellen genutzt (BAUMAN ET AL., 2010). Der Rest des C16:0 und weitere FS entstehen im Euter aus zirkulierenden langkettigen FS, die aus der Resorption aus dem Verdauungstrakt und/oder der Mobilisierung von Körperfettreserven stammen (BAUMAN ET AL., 2010).

Die Mobilisierung von Fettgewebe in der Frühlaktation erhöht - wie bereits dargestellt - vor allem die Versorgung mit langkettigen FS. Die hohe Aufnahme von langkettigen FS durch die Milchdrüse hemmt die De-novo-Synthese von kurzkettigen und mittelkettigen FS. Eine Änderung der Milch-FS-Zusammensetzung ist zu beobachten (PALMQUIST ET AL., 1993; STOOP ET AL., 2009).

Vergleichsweise frühzeitig haben mehrere Studien die Milchzusammensetzung und insbesondere das Milch-FPR (Milchfett : Protein-Verhältnis, FPR) untersucht und gleichzeitig das Milch-FS-Profil in Abhängigkeit von der EB untersucht (REIST ET AL., 2002; FRIGGENS ET AL., 2007).

So zeigten bereits STOOP ET AL. (2009), dass in der Phase der NEB die zu beobachtenden Anteile der gesättigten FS C16:0 und C18:0 deutlich erhöht sind.

Der Studie von JORJONG ET AL. (2014) ist wiederum zu entnehmen, dass auch der Anteil der einfach ungesättigten FS C18:1 *cis*-9 (= chemische Bezeichnung: *cis*-9-Oktadecensäure) im Milchfett in einer signifikanten Beziehung zur NEFA-Konzentration im Blutplasma der laktierenden Kühe in der Frühlaktation steht. Sie schlussfolgern, dass der C18:1 *cis*-9-Anteil im Milchfett ein geeigneter Biomarker zur Frühwarnung besonders gefährdeter Milchkühe hinsichtlich ihres metabolischen Status ist.

Sie empfehlen eine Bewertung der C18:1-*cis*-9-Konzentration in der Milch speziell in der 2. Laktationswoche, um eine selektive Behandlung gefährdeter Kühe frühzeitig vornehmen zu können (JORJONG ET AL., 2014).

5. Gleichzeitige Bewertung der Milch-FS im Zusammenhang mit weiteren NEB-Indikatoren

MÄNTYSAARI ET AL. (2019) haben neben den Milch-FS gleichzeitig weitere Körper- und Milchleistungsmerkmale (allein oder zusammen) genutzt, zugehörige Assoziationen zur NEFA-Konzentration im Blutplasma und damit zur tierindividuellen EB hoch leistender Milchkühe zu bestimmen.

Eine Plasma-NEFA-Konzentration von mehr als 0,6 mmol / l in der frühen Laktation wird häufig als Schwellenwert für eine schwere negative EB und als Indikator für ein höheres Risiko für die Entwicklung von Stoffwechselstörungen angesehen (ADEWUYI ET AL., 2005).

Zusätzlich ist zu beachten, dass bei Verwendung der NEFA-Konzentration im Blut als EB-Marker, zugehörige Konzentrationen im Tagesverlauf variieren (BLUM ET AL., 2000).

Die jüngste Studie von MÄNTYSAARI ET AL. (2019) bestätigt, dass die NEFA-Konzentration (im Blutplasma der Milchkühe) eine deutliche Abhängigkeit vom Laktationsstadium und dem Alter der Kühe aufweist (Abbildung 4).

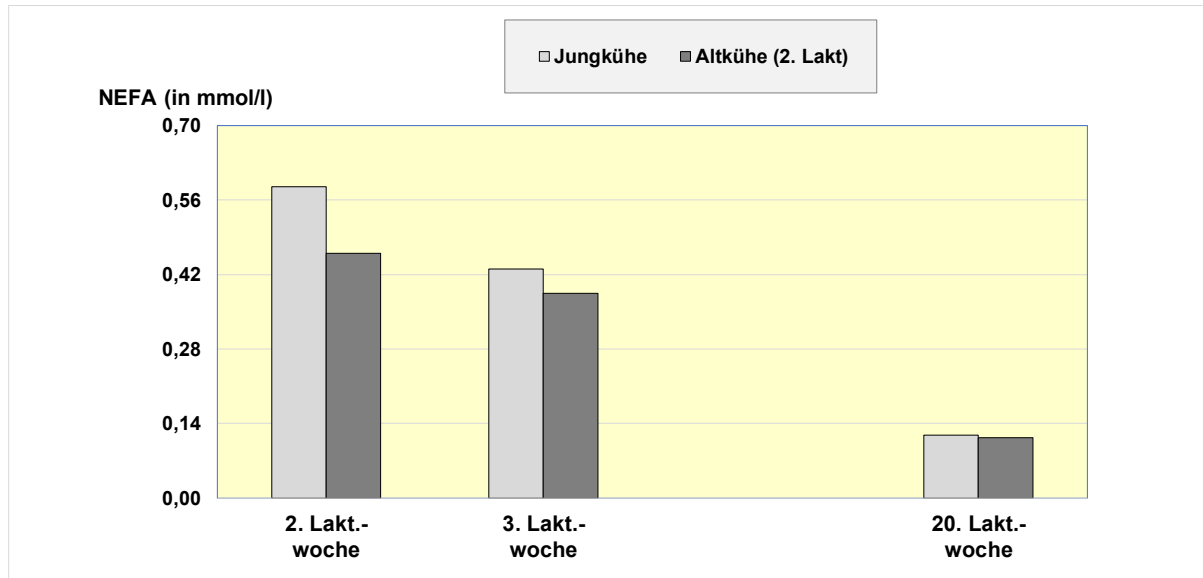


Abbildung 4: NEFA-Konzentration (im Blutplasma) in Abhängigkeit vom Laktationsstadium und Alter der Kühe

Quelle: Mäntysaari et al. (2019) - eigene Grafik

Für alle Kühe wurde die individuelle tägliche Futteraufnahme mittels automatischer Futtertröge aufgezeichnet (Tabelle 2). Die mittlere Energieaufnahme im Versuchszeitraum betrug $214 \pm 17,1$ und $257 \pm 25,7$ MJ ME / d für primipare bzw. multipare Kühe. Kühe der ersten Laktation hatten eine mittlere Körpermasse (KM) von $575 \pm 51,0$ kg, während die Kühe in der zweiten Laktation im Mittel $643 \pm 55,6$ kg wogen.

In der Tabelle 2 sind weitere Angaben bezüglich ausgewählter Merkmale in der aktuellen Studie von Mäntysaari et al. (2019) aufgezeigt.

Tabelle 2:
Beobachtete Mittelwerte (2. bis 180. Laktationstag)*

Merkmal/Kenngröße	Kuhgruppe	
	Jungkühe	Kühe in 2. Laktation
ECM, kg/d	29,6	38,9
T-Aufnahme (kg T/d)	19,7	23,4
davon als Konzentrat-Futter (kg/d)	9,7	11,1
davon als Raufutter (Silage) (kg/d)	10,0	12,3
Energieaufnahme; metabolische Energie; ME _{Input} (in MJ ME/d)	214	257
mittlere Körpermasse (kg)	575	643
tägliche Futtereffizienz (kg ECM/ME _{Input})	0,14	0,15

*Quelle: Mäntysaari et al., 2019; T-Aufnahme = Futter-Trockenmasseaufnahme

Die beobachteten Pearson-Korrelationen zwischen der Plasma-NEFA-Konzentration der Kühe und ausgewählten Milchleistungs- bzw. Körpermerkmalen sind in der Tabelle 3 zusammengestellt.

Von den untersuchten Körpermerkmalen hatte die Körpermasseveränderung in der Früh-laktation (Δ KM) die höchste Beziehung zur Plasma-NEFA-Konzentration ($r = -0,51$).

Die Assoziation zwischen der Konditionsveränderung (Δ BCS) und der Plasma-NEFA ist demgegenüber geringer ($r = -0,29$). Dies dürfte mit einer höheren Ungenauigkeit der subjektiv erfassten Δ BCS vergleichsweise gegenüber den Δ KM zusammenhängen.

Weitere interessante Zusammenhänge zwischen der Plasma-NEFA-Konzentration und der Milchfettkonzentration ($r = 0,47$) und dem Milch-FPR ($r = 0,41$) sind zu nennen (Tabelle 3).

Tabelle 3:
Korrelative Beziehungen (r) zwischen verschiedenen Beobachtungswerten und der NEFA-Konzentration*

Kenngröße	r	P-Wert**
Milchmenge, kg/d	-0,11	0,0004
Milchfettgehalt %	0,47	<0,0001
Milchproteingehalt %	0,12	0,0002
Milchlaktosegehalt, %	-0,08	0,0161
Körpermasse (KM), kg	-0,03	0,4372
Δ KM, kg/d	-0,51	<0,0001
Kondition, BCS-Noten	0,23	<0,0001
Δ BCS	-0,29	<0,0001

*Quelle: Mäntysaari et al. (2019); **Werte $\leq 0,05$ bedeuten signifikante Werte

Auch zeigt sich, dass die Plasma-NEFA-Konzentration mit spezifischen Milch-FS enger assoziiert ist als mit dem Milchproteingehalt (Tabelle 3 und 4).

Unter den verschiedenen Milch-FS- bzw. spezifischen FS-Gruppen sind die höchsten Assoziationen für die Summe von C18:1 bzw. für C18:1 cis-9 mit der Plasma-NEFA zu nennen. Diese Korrelationen sind in der Abendmilch generell höher als in der Morgenmilch (Mäntysaari et al., 2019).

Tabelle 4:
Beziehungen zwischen dem Gehalt ausgewählter FS in der Milch (in g/100 ml Milch) und der NEFA-Konzentration*

Milchfettsäure bzw. Milchfettsäuregruppe	Korrelation (r)	P-Wert**
C4:0	0,50	<0,0001
C10:0	-0,28	<0,0001
C12:0	-0,39	<0,0001
C14:0	-0,27	<0,0001
C16:0	0,05	0,1669
Σ C18:1 <i>cis</i>	0,73	<0,0001
Σ C18:1	0,73	<0,0001
Σ SFA	0,17	<0,0001
Σ MUFA	0,71	<0,0001
Σ UFA	0,71	<0,0001
Σ SCFA	0,09	0,0134
Σ LCFA	0,70	<0,0001

*Quelle: MÄNTYSAARI ET AL. (2019, gekürzt; hier nur Abendmilchergebnisse);

**P-Werte $\leq 0,05$ belegen Signifikanz; Anm: SCFA =kurzkettige FS; LCFA =langkettige FS etc.

Kombiniert man verschiedene Indikatoren in multiplen linearen Regressionsansätzen zwecks Vorhersage der Blut-NEFA-Werte, so zeigt, dass die ausschließliche Verwendung von Milch- und Konditionsmerkmalen nur eine begrenzte Genauigkeit ermöglichen ($r^2=0,47$).

Die zusätzliche Einbeziehung der Körpermasseveränderung (Δ KM) führt zu einem leichten Informationsgewinn (Tabelle 5). Die ausschließliche Verwendung von ausgewählten FS stellt jedoch ähnliche Genauigkeiten (r^2) sicher. Fasst man Milchleistungsmerkmale, ausgewählte FS (hier: C12:0, C14:0 und C18:1 cis-9) und die Körpermasseveränderung (Δ KM) in einem Modell zur NEFA-Vorhersage zusammen, so führt dies zu einer Zuverlässigkeit von $r^2 = 0,63$ (Tabelle 5).

Tabelle 5:
Zuverlässigkeit (r^2) der Vorhersage der NEFA-Konzentration*

Merkmalskombination	r^2
Milchertrag, Milchfettgehalt; BCS, Tage in Milch (nach Kalbung), Laktationsnummer	0,47
Milchertrag, Milchfettgehalt; Δ KM; Δ BCS, Tage in Milch (nach Kalbung), Laktationsnummer	0,51
Ausgewählte FS (= Σ C18:1; Σ MUFA; Σ LCFA), Tage in Milch (nach Kalbung)	0,52
Milchfettgehalt, Δ KM, ausgewählte FS (= C12:0, C14:0, C18:1 cis-9); Tage in Milch (nach Kalbung)	0,63

**Quelle: MÄNTYSAARI ET AL. (2019, stark gekürzt)

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen somit, dass die EB von Milchkühen in der Früh-laktation mittels einer routinemäßigen Bestimmung des Milch-FS-Profiles - möglichst in Kombination mit weiteren Körpermerkmalen (Δ KM) - mit hinreichend Genauigkeit überwacht werden kann (Mäntysaari et al., 2019).

6 Diskussion

Die hoch leistende Milchkuh deckt ihren Nährstoff- und Energiebedarf in der Früh-laktation regelmäßig über:

- das aufgenommene Futter und
- durch Mobilisation von Körperreserven.

Die Trockenmassen-Aufnahme ist der Eckpfeiler einer maximalen und effizienten Milchleistung, denn nur Kühe, die in der Lage sind, große Mengen Futter zu fressen, erreichen auch eine hohe Milchleistung über viele Laktationen (Brade, 2016 und 2017).

Der Stoffwechsel der Milchkuh ist zu Laktationsbeginn durch Umschaltung auf die vermehrte Oxidation langkettiger Fettsäuren (NEFA) aus dem Depotfett und von Ketonkörpern aus der Leber sowie durch eine verminderte Oxidation von Glucose und Aminosäuren gekennzeichnet.

Die Energiebilanz in der Früh-laktation hat sich in den letzten 25 Jahren - bedingt durch eine konsequente Selektion beispielsweise der Deutschen Holsteins (DH) auf weitere Zunahme der Milchleistung und damit schnelle Leistungssteigerung in der Früh-laktation in Verbindung mit der regelmäßigen Bevorzugung *von sehr edlen, sehr großen Kühen mit einem extrem scharfen Widerrist etc* - weiter verschlechtert. Zwischenzeitlich beträgt die NEB im Mittel über *1900 MJ NEL* in den ersten 90 Laktationstagen bei Kühen in der 3. Laktation (BRADE, 2020 A,B).

Moderne Holsteinkühe müssen - bedingt durch die enorme Leistungsverbesserung - heute ca. 90 bis 100 kg Körpermasse nach der Abkalbung verstoffwechseln (BRADE, 2020 A,B).

EBERT ET AL. (2017) haben das Energiedefizit in der Früh-laktation bei Jungkühen und älteren Kühen (>1. Laktation) in der Hochleistungsherde der Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung Neumühle (Rheinland-Pfalz) untersucht (Abbildung 5). Erwartungsgemäß zeigte sich, dass die NEB bei älteren Kühen - aufgrund ihrer relativ größeren Milchleistung in Verbindung mit einem schnelleren Leistungsanstieg nach der Abkalbung (p.p.) - generell größer als bei Jungkühen ist.

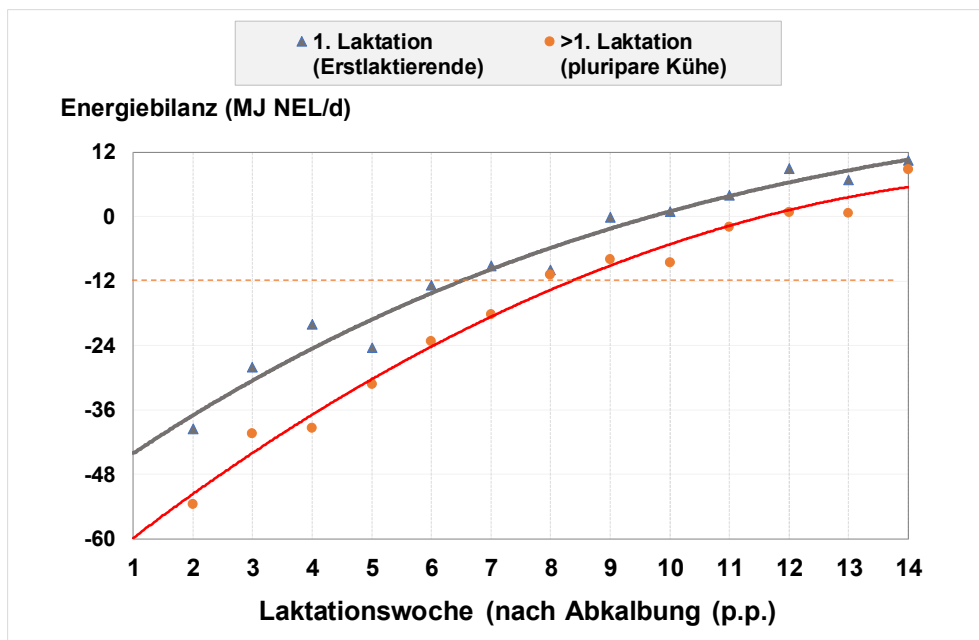


Abbildung 5: Energiebilanz (EB) hochleistender Holstein-Kühe (in Abhängigkeit vom Alter) in den ersten 14 Laktationswochen (nach Angaben von Ebert et al., 2017; eigene Grafik)

Das Vermeiden weiterer unerwünschter Entwicklungen als Folge der NEB in der Früh-laktation - sowohl im Hinblick auf deren Ausmaß als auch Dauer - erfordert deshalb eine *konsequente Beachtung der EB* bereits im Zuchtziel, speziell bei Holsteins.

Die Milch enthält wertvolle Biomarker, da sie als Sekret der Milchdrüse regelmäßig auch Substanzen aus dem Blutplasma enthält.

Zahlreiche Milchbestandteile reflektieren - wenn auch z.T. nur zeitlich begrenzt - die NEB einer Milchkuh und eine damit verbundene differenzierte Nutzung von Körperfettreserven zu unterschiedlichen Zeitpunkten (JORJONG ET AL., 2014).

Aus Sicht des Arbeits- und Kostenaufwands ist die regelmäßige Erfassung ausgewählter FS in den beiden ersten Milchproben (nach der Abkalbung) - möglichst in Kombination mit weiteren Indikatoren - im Rahmen der Milchleistungsprüfung (MLP) angezeigt. Allerdings sind dann größere und stark variierende Zeitspannen zwischen Laktationsbeginn und der Probenahme (bis ca. 56 Tage) zu akzeptieren und zusätzlich rechnerisch zu korrigieren.

Dies bedeutet einen Informationsverlust insbesondere für das Einzeltier, der jedoch durch gezielte Kombination mit weiteren ausgewählten Körpermerkmalen (z.B. Δ KM oder Δ BCS) in praxi gut ergänzt werden kann. Die zunehmende Beliebtheit automatisierter Wiege- und Körperbewertungssysteme in kommerziellen Betrieben sollte eine zugehörige Merkmalerfassung zukünftig erleichtern (Thorup et al., 2012).

Zusammenfassung

Futteraufnahme und Futtereffizienz bei hochleistenden Milchkühen korrekt bewerten

3. Teil: 'Milchfettsäuren als mögliche Biomarker für das Energiedefizit von hochleistenden Milchkühen in der Früh-laktation'

Kurz vor der Kalbung und mit beginnender Laktation befindet sich die hochleistende Milchkuh (individuell unterschiedlich lange) in einer negativen Energiebilanz (NEB).

In dieser Phase sind Milchkühe in der Lage, Körperfett- und Körperproteinreserven für die Milchbildung heranzuziehen.

Diese Eigenschaft ist keineswegs pathologisch, sondern eine genetisch determinierte Strategie, mit deren Hilfe die Stoffwechsellistung laktierender Muttertiere gesteigert werden kann. Die Strategie bleibt jedoch nicht ohne Risiko für die laktierende Hochleistungskuh, da sich leicht auch Störungen - vor allem des Lipidstoffwechsels - einstellen können.

Die Energiebilanz (EB) einer Kuh kann geschätzt werden, indem sie aus der Energieaufnahme und -abgabe berechnet wird. Da in der Praxis sehr oft verlässliche Kenntnisse über die Futteraufnahme fehlen, finden solche Indikatoren wie die Änderung der Körpermasse (ΔKM), die Änderung des Körperzustands (ΔBCS), die Milchfettsäuren (FA) oder das Fett: Protein-Verhältnis (FPR) zunehmendes Interesse.

Von besonderem Interesse sind vor allem leicht zugängliche Indikatoren, die mit wenig Aufwand routinemäßig erfasst werden können.

In der vorliegenden Arbeit werden solche Kenngrößen aufgezeigt und bewertet.

Schlüsselwörter: Milchkühe, postpartale Energiebilanz (EB), Milchbestandteile, Milchfettsäuren, Tierschutz

Summary

Fatty acids in milk as possible biomarkers for the energy deficit of high-yielding dairy cows in early lactation - recent findings

Shortly before calving and with incipient lactation the high-producing dairy cows (individually different duration) are in a negative energy balance (NEB).

At this stage, dairy cows are able to use body fat and protein reserves for milk production.

This property is not pathological but a genetically determined strategy, with which the metabolic performance of lactating cows can be increased. However, this strategy is not without risk for the lactating high-producing dairy cows, as metabolic disorder - especially within the lipid metabolism - can easily be caused by NEB.

The energy balance (EB) of a cow can be estimated by calculating it from the energy intake and output. Since there is often a lack of reliable knowledge about feed intake in practice, such indicators (as the change in body mass (Δ KM), the change in body condition (Δ BCS), the lactic fatty acids (FA) or the fat:protein ratio (FPR)) are in increasing interest.

Of particular interest are easily accessible markers for the routine evaluation of the energy status of high-performing dairy cows, which can be recorded with little effort.

In the present work such parameters are shown and evaluated.

Keywords: dairy cows, post partal energy balance (EB), milk components, milk fatty acids, animal welfare.

Literatur

1. ADEWUYI A, GRUYS E, VAN EERDENBURG F (2005): Non esterified fatty acids (NEFA) in dairy cattle. A review. *Veterinary Quarterly* 27, 117-126.
2. BAUMANN DE, CURRIE WB (1980): Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63, 1514-1529.
3. BAUMAN DE, LOCK AL (2010): Milk fatty acid composition: challenges and opportunities related to human health. XXVI World Buiatrics Congress, Nov 14-18, 2010, Santiago, Chile: 278–289.
4. BLUM, JW, BRUCKMAIER RM, VACHER PY, MUNGER A, JANS F (2000): Twenty-four-hour patterns of hormones and metabolites in week 9 and 19 of lactation in high-yielding dairy cows fed triglycerides and free fatty acids. *J. Vet. Med. A Physiol. Pathol. Clin. Med.* 47,43-60.
5. BOBE G, MINICK BORMANN JA, LINDBERG GL, FREEMAN AE, BEITZ DC (2008): Estimates of genetic variation of milk fatty acids in US Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 91, 1209-1213.
6. BRADE W (2013): Die Energiebilanz hochleistender Milchkühe aus der Sicht der Züchtung und des Tierschutzes. *Prakt. Tierarzt* 94, 536-544.
7. BRADE W (2016): Ausgewählte genetisch-züchterische Aspekte im Holstein-Zuchtprogramm. Vortrag, AVA-Fachtagung am 13. und 14. Oktober 2016 zu Hochleistung, Tiergesundheit und Tierwohl unserer modernen Milchviehherden. Uslar, 13.10.2016.
8. BRADE W (2017): Bewertung der Früh-laktation hochleistender Milchkühe aus züchterischer Sicht. Vortrag. 44. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 05.04.2017, HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Österreich).
9. BRADE W (2020A): Milchproduktion. Auf die Kondition achten! *Bauernzeitung*, 61. Jg., Heft 30/2020, 24.7.2020, 44-46.
10. BRADE W (2020B): Trends in der Milcherzeugung. Teil 3: Bewertung der Körperkonditionszuchtwerte. *Bauernblatt*, 74/170 Jg., 25.07.2020, S. 36-38.

11. BRADE W, NÜRNBERG K (2016): Fettsäuren in der Milch: Biosynthese und mögliche Verwendung als spezifische Biomarker. *Züchtungskunde*, 88, 216–232.
12. DRACKLEY JK (1999): Biology of Dairy Cows During the Transition Period: the Final Frontier? *J. Dairy Sci.*, 82, 2259-227.
13. EBERT T, KOCH CH, ROMBERG F-J, HOY ST (2017): Untersuchungen zur negativen Energiebilanz bei Milchkühen. *Züchtungskunde*, 89, 321-332.
14. EDMONSON AJ, LEAN IJ, WEAVER LD, FARVER T, WEBSTER G (1989): A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72,68-78.
15. FRIGGENS, NC, RIDDER C, LOVENDAHL P (2007): On the use of milk composition measures to predict the energy balance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90,5453-5467.
16. GROSS J, BRUCKMAIER R (2019): Herausforderungen an den Stoffwechsel der Milchkuh in der Transitphase. Vortrag, 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2019, 5-14. ISBN: 978-3-902849-65-6
17. JORJONG S, VAN KNEGSEL A, VERWAEREN J, VAL LAHOZ M, BRUCKMAIER R, DE BAETS B, KEMP B, FIEVEZ V (2014) Milk fatty acids as possible biomarkers to early diagnose elevated concentrations of blood plasma nonesterified fatty acids in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97:7054-7064.
18. MÄNTYSAARI P, MÄNTYSAARI EA, KOKKONEN T, MEHTIÖ T, KAJAVA S, GRELET C, LIDAUER P, LIDAUER MH (2019): BODY AND MILK TRAITS AS INDICATORS OF DAIRY COW ENERGY STATUS IN EARLY LACTATION. *J. DAIRY SCI.* 102:7904–7916 <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15792>
18. MEHTIO T, NEGUSSIE E, MANTYSAARI P, MANTYSAARI EA, LIDAUER MH (2018): Genetic background in partitioning of metabolizable energy efficiency in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101:4268-4278.
19. MÜLLER KE, WEBER CN (2007): Die Energieleistung der Milchkuh. http://www.fu-berlin.de/presse/publikationen/fundiert/archiv/2007_01/07_01_mueller_weber/muellerund_weber.pdf (Zugriff am 12.12.2011).
20. PALMQUIST DL, BEAULIEU AD, BARBANO DM (1993): Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 76,1753-1771.
21. REIST M, ERDIN D, VON EUW D, TSCHUEMPERLIN K, LEUENBERGER H, CHILLIARD Y, HAMMON HM, MOREL C, PHILIPONA C, ZBINDEN Y, KUENZI N, BLUM JW (2002): Estimation of energy balance at the individual and herd level using blood and milk traits in high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 3314-3327.
22. ROSSOW N (2004): Die Energiebilanzsituation der Milchkuh in der Frühlaktation. http://www.portal-rind.de/data/artikel/49/artikel_49.pdf (Zugriff am 10.10.2011).
23. Shonka BN, Tao S, Dahl GE, Spurlock DM (2015): Genetic regulation of prepartum dry matter intake in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 98:8195-8200. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9675>.
24. STOOP WM, BOVENHUIS H, J. HECK JM, VAN ARENDONK J (2009): Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 92,1469-1478.
25. SUTTON JD, HART IC, MORANT SV, SCHULLER E, SIMMONDS AD (1988): Feeding frequency for lactating cows: Diurnal patterns of hormones and metabolites in peripheral blood in relation to milk-fat concentration. *Br. J. Nutr.* 60, 265-274.
26. THORUP VM, EDWARDS D, FRIGGENS NC (2012): On-farm estimation of energy balance in dairy cows using only frequent body weight measurements and body condition score. *J. Dairy Sci.* 95,1784-1793.

Anschrift des Autors

Prof. Dr. habil. Wilfried Brade,
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo) und
Norddeutsches Tierzucht-Beratungsbüro
18181 Graal-Müritz

E-Mail: wilfried.brade@t-online.de