

M. Fürll: Laborfortbildung – Grundinformationen

Medizinische Tierklinik, Leipzig,

mfuerll@rz.uni-leipzig.de

Regeln für Stoffwechselkontrollen	2
Auswertung von Stoffwechselbefunden	2
Probenentnahme; Suchspektrum	2
Sinnvolle Kontrollzeiten für Stoffwechseluntersuchungen	3
Varianten für die stufenweise Abklären von Stoffwechselstörungen : Untersuchungskosten	3
Labordiagnostische Untersuchungsschwerpunkte, Kontrollzeiträume sowie wichtige und bewährte Laborparameter	4
Stoffwechselbedingte Einflüsse auf die Fruchtbarkeit bei Kühen sowie wesentliche Laborparameter zur Charakterisierung (Checkliste)	5
Screening für einzelne Krankheiten: Fettmobilisationssyndrom, Ketose, Gebärparese, L M V , Mastitiden und Klauenkrankheiten, Säure-Basen-Haushalt	6
Stoffwechselstörungen und Organkrankheiten	7
Laborparameter zur Frühdiagnostik der wichtigsten Rinderkrankheiten ante partum	7
Screening für längere Nutzungsdauer	8
Herdendiagnostisch nutzbare Antioxidanzien bei Rindern	8
Praktikable gerinnungsanalytische Methoden bei Rindern	9
Zusammensetzung des Bauchhöhlenpunktates	9
Physiologische Bereiche herdendiagnostischer Stoffwechselfparameter im Blutserum/-plasma von Rindern	10
Physiologische Bereiche herdendiagnostischer Stoffwechselfparameter im Harn bei Rindern	11
Herdendiagnostische Bedeutung abweichender Stoffwechselfparameter im Blut	12
Herdendiagnostische Bedeutung abweichender Stoffwechselfparameter im Harn	14
Wesentliche Charakteristika »klassischer« Spurenelemente	15
Entnahme von Haarproben	15
Eignung verschiedener Organe für den Nachweis von Spurenelementen	16
Referenzwerte für Spurenelemente in Serum/Plasma, verschiedenen Organen und schwarzem Deckhaar bei Rindern	16
Referenzwerte für Jod im Serum/Plasma	16
Bewertung der Selenversorgung	16
Relevante Veränderungen von Blutparametern kranker Kühe gegenüber gesunden Kühen	17

Regeln für Stoffwechselkontrollen

1. Für Kontrollen am stärksten belastete »**Indikatortiere**« (Kühe 1 Woche a. p./3. Tag p. p.,/2–8 Wochen p. p.) auswählen
2. **Keine kranken Tiere** zur Herdenkontrolle untersuchen.
3. Je Leistungsgruppe reichen in Großbeständen **10 Tiere** aus.
4. **Einzeltieranalysen** sind »Poolproben« vorzuziehen
(u. a. wegen gegenläufiger Veränderungen einzelner Parameter, fehlender Normalverteilung, genetischer Differenziertheit der Tiere).
5. Das entnommene Probenmaterial (Blut, Harn, Milch, Haar u. a.) muss **optimalen Informationswert** haben
6. Hohe Aussagefähigkeit der **analysierten Parameter**
7. Probenentnahme und -versand müssen die **Parameterstabilität** gewährleisten.
8. Bei Blutentnahme und -transport darf **keine Hämolyse** entstehen.
9. Die **Probenbeschriftung** muss eindeutig sein.
10. Die Analyseergebnisse sind mit einheitlichen Referenzwerten **komplex auszuwerten**
(Tierarzt, Tierhalter, Futtermittelberater).

Auswertung von Stoffwechselbefunden

»physiologische Bereiche«:	$\bar{x} \pm [2] s$ gesunder Tiere
Kontrollgrenzen entsprechen in etwa	$x \pm 0,5 s$
Toleranzgrenzen (bei Normalverteilung)	$x \pm 1,0 s$

Gesundheits- bzw. Leistungsgefährdungen liegen dann vor, wenn der analysierte Gruppenwert (Mittel-/Medianwert) außerhalb der Kontrollgrenzen liegt oder wenn sich > 20 % der Einzelwerte außerhalb der Toleranzgrenzen befinden.

Probenentnahme

Aus jedweder Vene möglich/ nicht aus „**Milchvene**“; **Analytik** innerhalb von 24 Stunden; vor **Probenversand** möglichst zentrifugieren

Suchspektrum

- Blut: **FFS, Ketonkörper** (β -Hydroxybutyrat [BHB]), **Harnstoff**, Bilirubin, Cholesterol, **Kreatinkinase**, AST, **anorg. Phosphat**, Chlorid, Leukozyten und Hämatokrit
- Harn: relative Dichte, pH-Wert, NSBA, Natrium und Kalium

Sinnvolle Kontrollzeiten für Stoffwechseluntersuchungen

	Zeitpunkt		Kontrolle
Phasen intensivster metabolischer Belastungen	1–2 Wochen vor der Kalbung		Energiestoffwechselbelastungen/Fettmobilisierung/Ketose; Gebärparesegefährdung (Säure-Basen-Haushalt)
	Frühlaktation	3. (2.-4.) Tag nach der Kalbung	Belastungen der Trockenstehphase und der Kalbung (Energie-, Leber-, Muskelstoffwechsel)/Anfälligkeit für Krankheiten in der Frühlaktation
		2–12 Wochen nach der Kalbung	höchste Milchleistung und Futtereinsatz: besondere Ausprägung von Pansenazidose/-alkalose, Fettmobilisierung, Ketose, Fruchtbarkeitsstörungen
	höchste Leistung am Tag	2–3 Stunden nach der Fütterung	Zeit höchster Verdauungsaktivität: Kontrolle auf Azidose/Alkalose, fütterungsbedingte Ketose
Phasen längster Exposition für Störeinflüsse	Ende von Fütterungs- und Laktationsperioden Ende von Weide- oder Stallhaltung, Schlachtung		Kontrolle von <ul style="list-style-type: none"> • Über- oder Unterversorgung • Wechselwirkungen im Stoffwechsel (i. d. R. in Kombination mit der intensivsten Stoffwechselbelastung)

Varianten für das stufenweise Abklären von Stoffwechselstörungen : Untersuchungskosten

Problemkreis	Wichtige Laborparameter in Blut oder anderen Körpersubstraten	P r o g r a m m				
		I	II	III	IV	V
„Energieversorgung“	BHB (oder FFS), Bilirubin	X	X	X	X	X
	FFS, Cholesterol			X	X	X
„Proteinversorgung“	Harnstoff,	X	X	X	X	X
	Protein (Albumin)			X	X	X
Uterus	CK		X	X	X	X
Leber	GLDH, GGT; AST			X	X	X
anor. Phosphat	Pi (B,H)			X	X	X
Calcium	[Ca (B,H)]				X	X
Natrium	Na (H)		X	X	X	X
Kalium/ SBH	K(H), NSBA, pH-Wert(H)		X	X	X	X
Spurenelemente	Cu(B, Ha), Se (B), GPX, (Voll-B), J (B, Ha), Mn(Voll-B, Ha), Zn (Ha)					X
β-Carotin,	β-Car. (B, L),				X	X
Vitamine	Vit. A (B, L), Vitamin E, Vitamin C					X
Antioxidanzien	TEAC,(ACW, ACL)				(X)	X
Untersuchungskosten der einzelnen Varianten (V = 100%)		7	17	34	51	100

Labordiagnostische Untersuchungsschwerpunkte, Kontrollzeiträume sowie wichtige und bewährte Laborparameter (B=Blut, H=Harn, Ha=Haare)

Problemkreis	Fragestellungen	Kontrollschwerpunkte			wichtige Laborparameter in Blut oder anderen Substraten
		Wochen			
		1 a.p	1 p.p.	3-4 p.p.	
Energieversorgung	1) gesteigerte Lipolyse 2) Energieunterversorgung	X	X	X	FFS, Bilirubin, BHB, Cholesterol
Proteinversorgung	1) Proteinübersorgung 2) Energieunterversorgung		X	X	Harnstoff, Protein, (Albumin)
Leberstoffwechsel	„Leberstatus“	X	X	X	GLDH, GGT, AST (CK) Albumin
Uterus	Endometritis		X	X	CK, K (B)
anorg. Phosphat (Pi)	1) Verdauungsstörung(en) 2) Azidosen		X	X	Pi (B,H)
Calcium	1) Verfügbarkeit 2) Ionisationsgrad		X	X	[Ca (B,H)]
Natrium	Versorgungsstatus			X	Na (H)
Kalium/Alkalose	1) K-Versorgungsstatus 2) Stoffwechselalkalisierung	X	X	X	K(H) NSBA (H)
Azidose	akute/ chronische Azidose				pH-Wert (H)
Jod	Versorgungsstatus	Frühlaktation (2 bis 8 W. p.p.)			J (B, Ha)
Mangan					Mn (Voll-B, Ha), AP(B)
Kupfer					Cu (B, Ha)
Selen					Se (B), GPX (Voll-B)
Zink					Zn (Ha)
Vitamin A		2 bis 4 W. p.p. 4-8 W. p.p.			Vitamin A (B, L)
β-Carotin					β-Carotin (B, L)
Vitamin E					Vitamin E
Vitamin C					Vitamin C
Antioxidantien	Status an Pro-/Antioxidantien, Futterqualität				TEAC, (ACW, ACL, SOD, GPX)
Phytoöstrogene	Futterbelastung, -qualität	je			Östrogene
Zearalenon	Futterverpilzung, -qualität	nach Anamnese (2 bis 8 W. p.p.)			„Mykotoxine“
Pilzinfektionen	Futterverpilzung, -qualität				
strumigene Substanzen	Futterbelastung, -qualität				Thyreoidea-Status
Mutterkornalkaloide	Futterbelastung, -qualität				Mykotoxine
„Giftpflanzen“	Futterzusammensetzung, -qualität				Botanik

Stoffwechselbedingte Einflüsse auf die Fruchtbarkeit bei Kühen sowie wesentliche Laborparameter zur Charakterisierung (Checkliste)

Einflussfaktoren	Ovulation (Eisprung)		Konzeption (Befruchtung)		Trächtigkeit/ Umrindern /Abort		wichtige Laborparameter im Blut o.a. Substraten
	allgemeine Bedeutung		allgemeine Bedeutung		allgemeine Bedeutung		
Energieversorgung	▼	+++	▼	+++	▼	+	BHB, FFS, Bilirubin
Proteinversorgung			▲	++			Harnstoff, Protein, Albumin
	▼	++	▼	++	▼	+	
anorg. Phosphat	▼	+	▼	+	▼	+	Pi (B,H)
Calcium	▼	+	▼	+	▼	+	[Ca (B,H)]
Natrium	▼	+++	▼	+++	▼	+++	Na (H)
Kalium/Alkalose	▼	+	▼	+++	▼	+++	K(H), NSBA u. pH-Wert(H)
Azidose	▼	+	▼	+	▼	+	
Jod	▼	++	▼	+	▼		J (B, Ha)
Mangan	▼	+++	▼	+	▼		Mn(Voll-B, Ha)
Kupfer	▼	++	▼	++	▼	++	Cu(B, Ha)
Selen	▼	+++	▼	++	▼		Se, GPX
Vitamin A	▼	++	▼	++	▼	+++	Vit. A (B,L)
β-Carotin	▼	++	▼	+	▼	+++	β-Car. (B, L)
Vitamin E	▼	+++	▼	+++	▼	+++	Vitamin E
Vitamin C	▼	+	▼	++	▼	+++	Vitamin C
Antioxidantien	▼	++	▼	++	▼	+++	TEAC,ACW, ACL
Phytoöstrogene		++	▼	++	▼	+++	Östrogene
Zearalenon		++	▼	++	▼	+	„Mykotoxine“
Pilzinfektionen		+	▼	+	▼	++	
Strumigene Substanzen		+	▼	+	▼	+	Thyreoidea-Status
Mutterkornalkaloide			▼		▼	+	Mykotoxine
„Giftpflanzen“			▼		▼	+	Botanik

B=Blut, Ha=Haare, L=Leber, BHB=β-0H-Butyrat, FFS=freie Fettsäuren, NSBA=Netto-Säure-Basen-Ausscheidung, GPX=Gluthationperoxidase, TEAC/ ACW=wasserlösliche Antioxidantien, ACL=fettlösliche Antioxidantien

Screening für einzelne Krankheiten

Fettmobilisationssyndrom:

Frage nach stärkerer Lipolyse und Ketogenese, Organstörungen (Leber), Endotoxämien.

Blut: < 1 Woche ante partum 3 (2-4) Tage post partum

BHB (mmol/l)	< 0,62	< 0,85
Bilirubin (µmol/l)	< 5,00	< 5,7
AST (IU/l)	< 80	< 100
Cholesterin (mmol/l)	(> 2,0)	> 2,0
FFS (mmol/l)	< 0,150	< 0,620
Leukozyten (G/l)	5–10	5–10

Milch: Fett-Eiweiß-Quotient, Harnstoff (Harnstoffbewertungsklassen), Protein

Ketose

Frage nach alimentärer, Energiemangel-bedingter Ketose sowie Endotoxämien.

	Energiemangel	alimentär	endotoxämisch
β-OH-Butyrat (BHB)	↑	↑	↑
Bilirubin	↑	~	↑
Glukose	↓	~	↑
Leukozyten	~	~	↓
FFS	↑	~	↑

Gebärparesegefährdung

Frage nach Ca-, kationen- und energiereichem Futter in der Trockenstehzeit, höherem Alter und Osteozytenaktivität a.p.

Blut: Kühe mit Gebärparesegefährdung haben signifikant erniedrigte AP-Aktivität: < 45U/l.

Harn: 2 bis 1 Woche(n) ante partum: NSBA: < 250 mmol/l, Basen: < 300 mmol/l, Basen-Säure-Quotient (BSQ): < 4,2, Kalium: < 300 mmol/l, pH-Wert: < 8,4 (8,0)

Ergänzung durch Futtermittelanalysen (Kationen-Anionen-Differenz, Ca, anorg. Phosphat)

Prädisposition für Labmagenverlagerungen (LMV) (Bestandscharakteristik)

Frage nach Energiemangel vor und nach der Kalbung und Stresseinflüsse bei der Kalbung.

Milch: ↑ FEQ, ↑ Harnstoff

Blut: ↑ FFS, ↓ Cholesterin, ↑ CK, □ Bilirubin, ↑ Ketonkörper, ↓ Chlorid,

Harn: ↓ NSBA

Screening am 3. Tag p.p. (Blut): ↑ FFS, ↑ Ketonkörper, ↓ Cholesterin, ↑ CK, ↓ Leukozyten

Mastitiden und Klauenkrankheiten

Frage nach Azidosen, starke Fettmobilisierung, Ketosen und Mangel an Antioxidanzien

Blut: Parameter des Energie- und Eiweißstoffwechsels, Leukozyten, Selen u.a. Antioxidanzien (TEAC, SOD, GPX, ACL, ACW)

Harn: pH-Wert, fraktionierte NSBA, K, relative Dichte

Hygiene- und Haltungsverhältnisse unbedingt prüfen!

Störungen des Säure-Basen-Haushaltes

Frage nach lokalen (Pansen) oder systemischen Azidosen/Alkalosen

Blutuntersuchungen nur bei stärkeren Störungen sinnvoll (Schock, starke Durchfälle, Dyspnoe). Analyse chronischer Belastungen z.T. über Harn (Netto-Säure-Basen-Ausscheidung). Gleiche Veränderungen treten aber auch bei Anorexie auf!

Blutserum: Pi, Ca, Cl, Laktat

Vollblut: pH-Wert, BE, pCO₂

Milch: pH-Wert, Soxhlet-Henkel-Zahl

Harn: pH-Wert, NSBA fraktioniert, BSQ, K, Na, Pi, Ca, relative Dichte

Pansensaft: pH-Wert, Gesamtazidität, Laktat, Ammoniak

Stoffwechselstörungen und Organkrankheiten

	Fruchtbarkeit	Mastitis	Klauenkrankheiten	Indigestion Enteritis	LMV	Gebärparese
Fettmobilisierung	+++	+++	++	+	+++	?
Ketose	+++	+++	++	+++	+++	-
↑Harnstoff	+++	++	++	++	+	-
Azidose	+	+++	+++	+++	-	-
Alkalose	+++	+++	++	+++	-	+++
Mengenelemente	+++ (Na)	++	++	+	+	+++
Spurenelemente	+++	+++ (Se)	+++	++	+	++
Vitamine	+++	+++	+++	++	+	-
Antioxidantien	+++	+++	++	++	+	-
weitere wichtige Faktoren	Beobachtung, Spermium, Klima, Haltung	Melktechnik, Hygiene etc.	Haltung, Hygiene Klauenpflege etc.	Hygiene, Seuchenstatus etc.	Stressoren Futterstruktur,-qualität	Alter

Laborparameter zur Frühdiagnostik der wichtigsten Rinderkrankheiten ante partum

	Ovarzysten	Endometritis	Mastitis	Laminitis	LMV	GP
FFS	+	+	+	+	+++	-
BHB	+	++	+	+	++	-
Glucose	+	+	-	+	+	-
IGF1	+++	-	-	+++	-	-
Insulin	+	-	-	-	-	-
CK	-	+	-	-	+	-
TEAC	-	+++	+++	-	-	-
Leukozyten	-	-	+	-	-	-
Haptoglobin	-	-	-	+	-	-
Bilirubin	-	-	-	-	+	-
AP	-	-	+	-	-	+++
NSBA	-	-	-	-	-	+

(Hädrich 2008)

Screening für längere Nutzungsdauer

Jungkühe mit längerer Nutzungsdauer haben peripartal bessere klinische Befunde, weniger metabolische Belastungen, einen stabileren Energiestoffwechsel, aber eine schlechtere Fruchtbarkeitsleistung (RZ, ZKZ, ZKZ, BI). Keine Veränderungen zeigen die Parameter Protein, Harnstoff, Kreatinin, BHB, Cholesterol, GGT, GLDH, AST, CK, Fe, Ca, Pi, Mg, Na, K, Cl im Blut sowie NSBA und pH-Wert im Harn um die Kalbung.

Mit einem **Screening** können Färsen bei der Kalbung mit günstiger Prädisposition für längere Nutzungsdauer selektiert werden:

Klinik: 3. Tag post partum niedrige Rückenfettdicke und geringere Belastungsreaktionen (↓ Temperatur, ↑ Puls- und Atemfrequenzen)

Blut: ↓ Haptoglobin, ↓ Lactat, ↓ FFS, ↑ Insulin, ↑ Östrogen, ↓ Leukozytenzahlen

Herdendiagnostisch nutzbare Antioxidanzien bei Rindern

	Antioxidanzien	Bestandteile	Referenzbereich
SOD	Superoxiddismutase	mehrere Isoenzyme	500 – 980 U/ml E
GPX	Gluthationperoxidase	mehrere Isoenzyme, - Se-abhängig	122 – 630 U/mg Hb
TEAC¹⁾	Trolox Equivalente of Antioxidative Capacity	Trolox, Ascorbinsäure, Harnsäure, Cystein, Glutathion, Albumin, Bilirubin	180 – 320 µmol/l
ACW¹⁾	Antioxidant Capacity of Water-soluble antioxidants	Ascorbinsäure, bilirubingebundenes Albumin, Harnsäure, Coeruloplasmin	12 – 140 µmol/l
ACL¹⁾	Antioxidant Capacity of Lipid-soluble antioxidants	Vitamin E, β-Carotin, Vitamin A, Steroide, aromatische Verbindungen	1 – 45 µmol/l

¹⁾Summenparameter

Praktikable gerinnungsanalytische Methoden bei Rindern

Test	Bedeutung	Referenzbereich	Abweichungen		
			Hyperkoagulabilität	Verbrauchs-koagulopathie (DIC)	Thrombosen
Quick-Test (TPZ)	endogenes Gerinnungssystem (Thromboplastinzeit Prothrombinzeit)	7 – 9“ (80-130 %)	↓	↑	↑
Antithrombin III	bindet an Thrombin und Faktor Xa und hemmt so die Gerinnung	0.15 - 0.39 g/l (75-125%)	↑	↓	↓
Fibrinogen	Fibrinogen (Faktor I) Vorstufe von Fibrin	1,6- 4,4 g/l	↑	↑ / ↓	↓
D-Dimere	Fibrinspaltprodukte: bei Thromben erhöht	60-130 mg/l	↑	↑	↑
Thrombozyten	Blutplättchen	100-800 G/l	↓	↓	↓

Zusammensetzung des Bauchhöhlenpunktes bei gesunden Kühen, bei Kühen mit links- und rechtsseitiger Labmagenverlagerung (LMV) sowie bei Peritonitis (1. und 3. Quartil; fett: diagnostisch wertvoll) (Wittek et al. 2010)

	gesund	linksseitige LMV	rechtsseitige LMV	Peritonitis
Protein (g/l)	20,5-26,5 ^a	22,8-37,6 ^a	28,9-52,7 ^b	34,1-45,5
Albumin (g/l)	11,6-15,3 ^a	10,0-17,5 ^a	14,3-21,1 ^b	13,3-21,2
L-Lactat (mmol/l)	0,30-0,41 ^a	0,69-2,68 ^b	3,55-12,89 ^c	0,79-4,76
Cholesterol (mmol/l)	0,61-0,86	0,36-0,87	0,80-1,44	0,66-0,97
Glucose	3,9-5,6			0,1-5,2
CK (U/l)	37,8-54,5 ^a	37,6-85,9 ^a	84,0-230 ^b	63-196
AP (U/l)	11,3-42 ^a	18,5-44,7 ^a	35,9-120 ^b	17-194
LDH (U/l)	739-913 ^a	974-1886 ^{a,b}	1199-2878 ^b	613-1157
Haptoglobin (g/l)	0,04-0,13 ^a	0,08-0,50 ^b	0,11-0,57 ^b	
Fibrinogen (g/l)	0,10-0,90 ^a	0,09-0,44 ^b	0,00-0,25 ^{a,b}	1,41-4,41
D-Dimere (mg/l)	0,20-0,40 ^a	0,22-1,28 ^a	0,00-1,85 ^b	0,90-1,60
Leukozyten (G/l)	1,40-3,45	1,88-4,15	1,60-5,35	3,93-9,38
Neutrophile (%)	39,3-73,1	56,5-73,9	53,9-72,6	65,0, 84,0
Monozyten (%)	11,5-17,4 ^a	13,0-25,8 ^b	13,5-36,0 ^{a,b}	
Lymphozyten (%)	11,3-26,7	9,0-19,0	7,6-19,7	8,0, 22,0

**Physiologische Bereiche (obere und untere Kontroll- sowie Toleranzgrenzen) her-
dendiagnostischer Stoffwechselfparameter im Blutserum/-plasma von Rindern**

Blutserum/-plasma		Adulte			
Parameter	Maßeinheit	K _u	K _o	T _u	T _o
Ketonkörper gesamt	mmol/l		0,60		0,70
β-Hydroxybutyrat	mmol/l	(0,42)	0,53	(0,34)	0,62
Glukose	mmol/l	2,61	3,10	2,22	3,30
Laktat	mmol/l			0,66	2,20
Bilirubin	μmol/l	(3,8)	4,6	(3,3)	5,3
Cholesterin	mmol/l	2,0		1,5	
freie Fettsäuren – a.p.	μmol/l		90		150
- 1. Woche p.p.	μmol/l	40	500	10	620
- > 1 Woche p.p.	μmol/l				350
Triglyzeride	mmol/l			0,2	0,5
Gallensäuren	μmol/l			15	88
Protein	g/l	72	79	68	82
Albumin	g/l	33	38	30	39
Harnstoff	mmol/l	2,5	5,0	2,0	6,8
Haptoglobin	g/l				0,25
Fibrinogen	g/l			1,6	4,4
β-Globuline	g/l	19,4	27,0	16,4	30,4
Kreatinin	μmol/l			55	150
NH ₃	mmol/l			45	75
AST	IU/l		69		80
GLDH	IU/l		30		41
β-GT	IU/l		25		50
CK - a.p.	IU/l				100,
- 1 Woche p.p.					200 ²
AP ¹ seit 2006 ⁵	IU/l			40	120
LDH seit 2006 ⁵	IU/l			700	1400
Ca	mmol/l	2,12	2,46	2,00	2,54
Pi - > 1 Woche p.p.	mmol/l	1,71	2,13	1,55	2,29
Pi - 1. Woche p.p.	mmol/l	1,45	1,94	1,26	2,13
Mg	mmol/l	1,00	1,23	0,90	1,32
Na	mmol/l			135	157
K	mmol/l			3,9	5,2
Cl	mmol/l			95	110
Cu	μmol/l			12,5	32,8
Se	μmol/l	0,50	0,80	0,40	0,88
Zn	μmol/l			12	25
Mn (Vollblut) ⁶	μmol/l			>0,4	
	μg/l			75	
Fe	μmol/l			13	33
I	μmol/l			0,39	0,87
BEI ⁷	nmol/l		200		240
Thyroxin	nmol/l			25	75
β-Carotin	μmol/l			4,02 ²)	
	μmol/l			7,4	
Vitamin A	μmol/l			1,00	
Vitamin E	μmol/l			7,2	21,0
SOD	U/ml E ⁸			500	980
GPX	U/mg Hb			122	630
TEAC	μmol/l			180	320
ACW	μmol/l			12	140
ACL	μmol/l			1	45
Quick-Test	sec.			7	9
Antithrombin	g/l			0,15	0,39
D-Dimere	mg/l			60	130

1 stark altersabhängig; 2 Frischabkalber (1 Woche p. p.); 3 2. Lebensmonat; 4 24. Lebensmonat; 5 2006 Methodenumstellung; 6 Mn-Untersuchung im Serum (T_u 0,36 μmol/l) für Kontrolle der Versorgungslage ungeeignet; 7 butanolextrahierbares Iod () Untergrenze biologisch wenig sinnvoll; 8 U/ml Erythrozytenlysat

**Physiologische Bereiche (obere und untere Kontroll- sowie Toleranzgrenzen)
herdendiagnostischer Stoffwechselfparameter im Harn bei Rindern**

Harn		Adulte			
Parameter	Maßeinheit	K _u	K _o	T _u	T _o
relative Dichte	kg/l			1,025	1,045
Kreatinin	mmol/l			2,2	7,1
Kreatinin-Quotient (Harn : Serum)				18	64
pH-Wert		7,0	8,2	7,8	8,4
NSBA	mmol/l	107	193	83	215
NSBA ¹	mmol/l			0	60
Basen	mmol/l			150	250
Basen ¹	mmol/l			20	250
Säuren	mmol/l			50	100
Säuren ¹	mmol/l			20	120
NH ₄	mmol/l				< 10
NH ₄ ¹	mmol/l				< 25
BSQ		2,6	3,8	1,8	4,6
BSQ ¹				1,5	4,2
AST; AST/Kreatinin	U/l				< 7,5; < 2,0
ALT; ALT/ Kreatinin	U/l				< 10,0; < 2,0
GGT; GGT/Kreatinin	U/l				< 5,0; < 2,0
AP; AP/Kreatinin	U/l				< 1,2; < 0,2
Ca	mmol/l				2,5
FE Ca	%			0,2	0,9
Pi	mmol/l			0,1	3,3
FE Pi	%			0,05	3,00
Mg	mmol/l			3,7	16,5
FE Mg	%			3,00	27,00
Na	mmol/l	8,7		2,2	
FE Na	%			0,01	0,45
K	mmol/l			150	300
FE K	%			35	100
Cl	mmol/l			40	160

1 angepasst kafffutterreich gefütterte Hochleistungskühe

Herdendiagnostische Bedeutung abweichender Stoffwechselfparameter im Blut

Parameter		Bedeutung
Ketonkörper gesamt, β-Hydroxybutyrat	↑	1) (längerer) Energiemangel im Futter oder eingeschränkte Futterraufnahme bei Krankheiten (Energiemangelketose) 2) ↑ Buttersäure in Silage, hohe Kraftfuttergaben (alimentäre Ketose)
Glukose	↓	Energiemangel im Futter oder eingeschränkte Futterraufnahme bei Krankheiten (hpts. Ketose)
	↑	1) starke Belastungen (z. B. Transport), 2) Endotoxämie 3) metabolisches Syndrom
FFS	↑	Energiemangel im Futter oder eingeschränkte Futterraufnahme bei Krankheiten, Stress (Kalbung, Transport), Fettmobilisationssyndrom, metabolisches Syndrom
Bilirubin	↑	1) Energiemangel im Futter oder eingeschränkte Futterraufnahme bei Krankheiten (Inanitionsikterus!), 2) Leberbelastung, 3) Erythrozytenzerfall (Anämie), häufig als Mikrohämolysen bei Septikämien; korreliert immer signifikant mit FFS
Cholesterin	↓	eingeschränkte Futterraufnahme (Transitphase!) und Darmverdauung (Diarrhö); systematischer Anstieg p.p. ist Zeichen für gutes Futtermanagement: 1 Woche p.p. > 2 mmol/l, 4 Wochen p.p. > 3 mmol/l, 8 Wochen p.p. > 4 mmol/l
Protein	↑	1) wichtiger Entzündungsmarker (Mastitis, Metritis, Klauen, Fremdkörper, Pneumonien), 2) Proteinübersorgung
	↓	1) Proteinverlust (Nieren, Darm, Bauchhöhle, Uterus), 2) starker Proteinmangel im Futter (Unterernährung)
Harnstoff	↑	1) Energiemangel im Futter, 2) Kreislaufstörungen (Schock!), 3) Nierenkrankheiten (hpts. prärenal)
	↓	1) Proteinmangel im Futter, 2) reduzierte Futterraufnahme bei Krankheiten, 3) chronische Krankheiten
Kreatinin	↑	1) Nierenkrankheiten, 2) starker Körpermasseabbau und Unterernährung
Fibrinogen	↑	Akute-Phasen-Reaktion/Entzündungen
	↓	Blutgerinnungsstörungen/Thrombosen
Haptoglobin	↑	Akute-Phasen-Reaktion/Entzündungen, bes. bei Pneumonien und Enteritiden; wesentlich sensibler als Fibrinogen
AST	↑	Muskel- (Uterus-!!!, Labmagen-), Leberschäden; akute Endometritis
GLDH	↑	1) Leber-, (starke) Nierenschäden 2) intensiver Stoffwechsel- und Harnstoffumsatz
γ-GT	↑	↑ Leberschäden, - korreliert eng mit Leberfett und -volumenzunahme
	↓	unzureichende Kolostrumaufnahme (Kälber)
CK	↑	Muskel-, (Uterus-!!!, Labmagen-) schäden; akute Endometritis
AP	↑	1) Knochenweiche (Rachitis); 2) Gebärpareserisiko wenn < 45 U/l

	↓	Mangan-, Zinkmangel, azidotische Belastungen
LDH	↑	sensibler Indikator für Störungen im Körper (ohne genauere Lokalisation)
Ca	↓	Gebärparese, (Rachitis), subklinisch: Retentio sec, LMV, Mastitis
Pi	↑	Pansen- u. a. Azidosen, Kalzinose
	↓	1) chronische Pansen- u. a. Azidosen, 2) starke Belastungen, 3) gestörte Verdauung, z. B. Diarrhö oder Ileus, 4) Pi-Binder (Zeolith)
Mg	↑	starke Stressreaktion
	↓	1) Weide-, Stall-, Transporttetanie, Tetanie der Kälber, 2) Gebärparese
Na	↓	starker Diarrhö; ↓Versorgungslage → Harn!, ↓ Fruchtbarkeit
K	↓	Diarrhö, eingeschränkte Futtermittelaufnahme bei Krankheiten, ↑ Stress
Cl	↓	Dislocatio abomasi, Diarrhö, Stase des Vormagen-Labmagens-Systems (Indigestionen), Labmagengeschwüre
Cu	↓	Unterversorgung, ↓ Leistung, ↓ Fruchtbarkeit, Anämie, Abmagerung, Bewegungsstörungen, Haarveränderungen, Herzschwäche
Se	↓	Unterversorgung, ↓ Leistung, ↓ Fruchtbarkeit, Abmagerung, Bewegungsstörungen/Muskeldystrophie, Herzschwäche
Zn	↓	Unterversorgung, ↓ Leistung, Haar- und Hautveränderungen (Parakeratose), Horninstabilität
Mn	↓	Unterversorgung, ↓ Leistung, ↓ Fruchtbarkeit, Abmagerung, Bewegungsstörungen, ↑ männliche Kälber
Fe	↓	Unterversorgung, ↓ Leistung, ↓ Resistenz, Kümern, Anämie
β-Carotin	↓	Unterversorgung, schlechte Fruchtbarkeit und Resistenz (Diarrhöen)
Vitamin A	↓	Unterversorgung, schlechte Fruchtbarkeit und Resistenz (Diarrhöen)
Vitamin E	↓	Unterversorgung, analog wie bei Se
SOD	↓	Antioxidantienmangel, chronische Belastungen, z.B. linksseitige LMV
	↑	akute Belastungen, z.B. rechtsseitige LMV
GPX	↓/ ↑	i. d. Regel invers zu SOD bei Rindern; bei Se-Mangel ↓;
TEAC	↓/ ↑	analog wie SOD für Summe wasserlöslicher Antioxidantien und Vitamin-E; ↓ z.B. bei Retentio sec., Mastitiden, LMV
ACW	↓	chronischer Mangel wasserlöslicher Antioxidantien, z.B. bei Mastitiden
ACL	↓	chronischer Mangel lipidlöslicher Antioxidantien

Herdendiagnostische Bedeutung abweichender Stoffwechselfparameter im Harn

Parameter		Bedeutung
relative Dichte, Kreatinin	↑	Wassermangel, Nierenkrankheiten, NaCl-Vergiftung
	↓	Azidosen, Nierenkrankheiten, ↑ Tränkeaufnahme, ↑ Infusionen
pH-Wert	↓	1) reduzierte oder fehlende Futteraufnahme, 2) Anionenüberschuss 3) akute oder chronische Pansenazidosen (Rohfasermangel)
	↑	Kationenüberschuss, Blasen-, (Nieren-) krankheiten
NSBA	↓	1) reduzierte oder fehlende Futteraufnahme, 2) akute oder chronische Pansenazidosen (Rohfasermangel, Milchfettmangelsyndrom), 3) Anionenüberschuss
	↑	Alkalose, Kationen-, Proteinüberschuss, Blasen-, (Nieren-) krankheiten
Basen	↓/↑	analog zu Gesamt-NSBA
Säuren	↓/↑	analog invers zu Gesamt-NSBA
NH ₄	↑	akute und chronische Pansenazidosen, Nierenkrankheiten
BSQ	↓/↑	analog zu Gesamt-NSBA, aber bessere Differenzierungsmöglichkeiten und unabhängig von Harnmenge
GGT; GGT/Kreatinin	↑	Nierenkrankheiten
Ca	↑	akute und chronische Azidosen
Pi	↑	akute und chronische Azidosen, sensibler als Ca; hohe Phosphorversorgung
	↓	Phosphorunterversorgung (?), Pi-Binder (Zeolith)
Mg	↓	Mg-Unterversorgung (Tetanien), potentiell Gebärparese
Na	↓	Na-Unterversorgung (Fruchtbarkeitsstörungen!), K-Überschuss
K	↑	Alkalosen (Gebärparese, Weidetetanie u. a.)
	↓	Azidosen, eingeschränkte oder fehlende Futteraufnahme
Cl	↑	gemäß NaCl-Versorgung; ↑ NH ₄ ⁻ , KCl-Gaben

Wesentliche Charakteristika »klassischer« Spurenelemente

Spurenelement	Mangelercheinungen	Antagonisten	Labornachweis	mg/kgT Deckhaar
Mangan (Mn) Bedarf 50,0 mg/kgT	Fruchtbarkeitsstörungen (unregelmäßiger Zyklus, embryonaler Fruchttod, Umrindern, Sterilität, bevorzugt männliche Kälber, Spermiogenese); anormale Skelettentwicklung (Gelenkaufreibungen, steile Sprunggelenke), hohe Mn-Gehalte im Futter senken die Fe- und P-Absorption sowie den Mg-Gehalt im Blut	Ca, P, Fe, Mg, Co, eiweißreiches Futter	Niere, Leber, Deckhaar, Blut ±	> 6,0
Cupfer (Cu) 10,0 mg/kgT	Fruchtbarkeitsstörungen (Aborte, frühembryonaler Fruchttod, längere Zyklen), Anämie, Haardepigmentierung, Milch-(Fett-), Gewichtsabnahme, Knochenbildungsstörungen (Gelenkaufreibungen), ZNS-Störungen (enzootische Ataxie), Gefäßschäden, Lecksucht	Ca, Cd, Fe, Mo, P, S, Zn, Phytat, Wdk. (Kälber, Schafe) sind sehr empfindlich für Überversorgung	Leber, Gehirn, Deckhaar, Blutserum	> 0,1
Selen (Se) 0,20 mg/kgT	Fruchtbarkeitsstörungen , Skelett-/ Herzmuskeldegeneration (Weißmuskelkrankheit), Lebernekrosen, Wachstumshemmung, Immunsuppression (Mastitiden), Störung im Haarkleid; exsudative Diathesen Synergismus mit Vit. E + S-haltige Aminosäuren	Nitrat/Nitrit, ungesättigte Fettsäuren, Pansenazidose	Blutserum, Milch, Leber, Deckhaar	> 3,2
Jod (J) 0,50 mg/kgT	Fruchtbarkeitsstörungen (Aborte, Totgeburten, Geschlechtstrieb, Spermaqualität), Schilddrüsenunterfunktion, Kropfbildung; Haarlosigkeit; Kretinismus, Myxödem Synergismus mit Zn + Se	Ca, Ar, F, Br, Glucosinolate (Senf-, (Raps öle, Ackersef), Thiocyanate, Nitrate,	Blutserum, Deckhaar, Milch	0,08
Zink (Zn) 50,0 mg/kgT	Fruchtbarkeitsstörungen , Intermediärstoffwechselstörungen (Nukleinsäure- und Proteinbiosynthese), Parakeratose, Haarausfall, Wachstumshemmung, Milchabfall, Klauenschäden	Ca, Fe, Cd, Cu, P, S, Phytin, Glucosinolate Schilddrüsenblocker)	Skelett, Deckhaar, Blutserum ±	> 100
Molybdän (Mo)	Fruchtbarkeitsstörungen , Anämie, Durchfall und Lähmungen; Symptome ähneln dem Cu-Mangel;	Cu, S, Wo	Deckhaar, Leber, Blutserum, Milch	0,15 – 0,35

Entnahme von Haarproben

- Geschlecht: weibliche Rinder
- Alter: > 30 Monate
- Laktation: 2.–6.
- Haarart: pigmentiertes Deckhaar zwischen Schulter und Becken
- Schnitttiefe: 0,1–1 mm
- Jahreszeit: Mai bis Februar (nicht während des Haarwechsels)

Eignung verschiedener Organe für den Nachweis von Spurenelementen

Spurenelement	Indikatororgane	Blut	Harn
Se (GPX)	Niere, Deckhaar	+	-
Fe	Milz	+	-
Cu	Gehirn, Leber, Deckhaar	+ (↓)	-
Zn	Skelett, Deckhaar	?	-
Mn	Niere, Leber, Deckhaar	Vollblut (?)	-

geeignet = +, fraglich = ?, nicht geeignet = -

Referenzwerte für Spurenelemente in Serum/Plasma, verschiedenen Organen und schwarzem Deckhaar bei Rindern

Spurenelement	Serum/Plasma (µmol/l)	Leber (mg/kg TS)	Großhirn (mg/kg TS)	Milz (mg/kg TS)	Niere (mg/kg TS)	Deckhaar (mg/kg TS)
Eisen	13–33	> 540		> 410		
Zink	12–25					> 100
Kupfer	12,5–32,8	> 35	> 9			> 0,1
Kobalt	0,36–1,82	> 0,19				> 0,12
Mangan	1,37 (Vollblut)	8–12			4–6	> 6
Jod						0,08
Selen	0,40–0,88	> 1,25			> 2,7	> 3,2
Molybdän						0,15–0,35

Referenzwerte für Jod im Serum/Plasma

	J (µmol/l)	BEI (nmol/l)	PBI (µmol/l)	Thyroxin (nmol/l)
Kalb		> 300	120 ± 20	> 100
Kuh	0,39–0,87	> 200		49–106

BEI = butanolextrahierbares Jod, PBI = proteingebundenes Jod

Bewertung der Selenversorgung

Selenstatus	Se (µg/l) Serum	Se (µmol/l) Serum	Vitamin E (mg/l) Serum	Se (µg/l) Vollblut	GPX (IU/ml) Hämatokrit
Übersorgung	> 70	> 0,88		> 120	ungeeignet
Optimalversorgung	40–70	0,50–0,88	3–10 ¹	70–120	50–130
Unterversorgung	25–40	0,32–0,50	< 3	40–70	20–60
subklinischer Mangel	< 25	< 0,32		25–40	10–20
Muskeldystrophie	< 10	< 0,13		< 25	< 10

¹ Kälber: 0,8–1,2 mg/l, Jungrinder: 1,2–2,4 mg/l

Piktogramm relevanter Veränderungen von Blutparametern kranker Kühe gegenüber gesunden Kühen (n = 969)

	gesund				Mastitis				LMV				Gebär- parese				Klauen- krankheiten				Endometritis- Lochiometra				Retentio sekundin.				Ovar- zysten				Tot- geburt				Schwer- geburt				Früh- geburt				Zwillinge			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Leukozyten																								↓																				↓				
BHB	↑			↑			↑				↑	↑	↑		↑	↑			↑	↑	↑		↑	↑	↑		↑	↑			↑	↑	↑		↑	↑			↑	↑								
FFS					↑	↑	↑				↑	↑			↑	↑			↑	↑			↑	↑			↑	↑	↑	↑	↑				↑	↑			↑	↑								
Glucose		↑			↑				↑	↑			↑	↑			↑	↑			↑	↑					↑	↑	↑	↑	↑		↑	↑	↑				↑	↑								
Insulin																																																
Bilirubin			↑			↑					↑		↓	↓	↑				↑		↓		↑				↑				↑		↓	↓	↑				↑									
Cholesteroll		↓			↓	↓					↓				↓				↓				↓				↓				↓		↓	↓	↓				↓									
Protein							↑				↑	↑			↑	↑																																
Harnstoff																			↑																													
Creatinin																																																
GLDH												↑																																				
GGT																																																
AST				↑							↑				↑									↑			↑								↑					↑								
Cl																																																
Ca			↓			↓					↓								↓				↓				↓				↓				↓				↓									
P _i	↑											↓			↓								↓				↓				↓				↓				↓									
Fe	↑											↑													↑																							
CK				↑			↑	↑			↑	↑			↑	↑	↑	↑		↑			↑		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			↑	↑								
AP				↓	↓	↓	↓	↓			↓	↓	↓	↓	↓	↓							↓				↓				↓				↓				↓									
IGF-1			↓	↓		↓	↓	↓			↓	↓			↓	↓							↓	↓			↓	↓			↓	↓			↓	↓	↓	↓	↓	↓								

1 = 28. d a.p.; 2 = 10. d a.p.; 3 = 03. d p.p.; 4 = 28. d p.p.

↑↓ Mediane außerhalb der Referenzwerte

↑↓ Mediane stark außerhalb der Referenzwerte

↑↓ Mediane außerhalb der Referenzwerte und signifikant different (p≤0,05) gegenüber der gesunden Gruppe

↑↓ Mediane stark außerhalb der Referenzwerte und signifikant different (p≤0,05) gegenüber der gesunden Gruppe