

Open Access

Berl Münch Tierärztl Wochenschr (135)
DOI 10.2376/1439-0299-2022-5
1–9

© 2022 Schlütersche Fachmedien GmbH
Ein Unternehmen der Schlüterschen
Mediengruppe
ISSN 1439-0299

Korrespondenzadresse:
lydiastaufenbiel@freenet.de

Eingegangen: 03.03.2022
Angenommen: 11.08.2022
Veröffentlicht: 27.09.2022

<https://www.vetline.de/berliner-und-muenchener-tieraerztliche-wochenschrift-open-access>

Zusammenfassung

Summary



CC BY-NC-ND 4.0

Klinik für Pferde, Freie Universität Berlin¹; Anne-Frank-Straße 7/2, 71701 Schwieberdingen²

Methodische Untersuchungen zur Variation der Mengen- und Spurenelementkonzentrationen in Pferdekotproben im Tagesverlauf und über einen 15-Tages-Zeitraum

Methodical investigation of concentration of macro and micro minerals in equine faeces in diurnal profile and 15-days-long-term study

Lydia Staufenbiel¹, Anja-Elvira Müller², Heidrun Gehlen¹

Um Kotproben für die Beurteilung der Mineralstoffversorgung von Pferden nutzen zu können, bedarf es methodischer Untersuchungen zur Standardisierung der Probenentnahme. Untersucht wurden der Einfluss des Entnahmezeitpunktes sowie die Konzentrationsentwicklung von 28 Mengen- und Spurenelementen über einen 15-Tages-Zeitraum. Als Probanden standen sechs Pferde zur Verfügung, die in drei Fütterungsgruppen eingeteilt waren und Rationen mit unterschiedlichen Mineralstoffkonzentrationen (ohne Ergänzung, mit definierter Zulage und mit freiem Zugang zu einer Mineralleckmasse) erhalten haben. Die Kotproben wurden über 15 Tage an jedem dritten Tag um 7 Uhr und an Tag 6 alle sechs Stunden aus der Ampulla recti gewonnen. Die Analyse der 28 ausgewählten Elemente in den zuvor getrockneten Kotproben erfolgte mithilfe von optischer Emissionsspektrometrie mittels induktiv gekoppelten Plasmas (ICP-OES) bzw. durch Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS). Zur statistischen Auswertung wurde das Verfahren des linearen gemischten Modells einer Varianzanalyse mit festen Effekten (Tiernummer und Entnahmezeitpunkt bzw. Tag) gewählt, nach dem die Residuen mithilfe des Shapiro-Wilk-Testes auf Normalverteilung geprüft wurden. Bei signifikanten Unterschieden ($p < 0,05$) schloss sich ein Post-hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur an. Die Konzentration der im Kot gemessenen Mengen- und Spurenelemente, die zu unterschiedlichen Uhrzeiten genommenen wurden, unterscheidet sich lediglich im Fall von Kalium signifikant. Die Variabilität der Messwerte ist jedoch so gering, dass die Autoren von keinem für die praktische Anwendung bedeutendem Einfluss des Entnahmezeitpunktes ausgehen. Bei einer konstanten Fütterung hat der Zeitpunkt der Probennahme keinen Einfluss auf das Ergebnis. Die Messwerte der 15-Tage-Verlaufstudie präsentierten sich für den Großteil der gemessenen Elemente innerhalb der jeweiligen Fütterungsgruppe gleichbleibend, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass bei gleichbleibender Fütterung die Ausscheidung mit dem Kot konstant ist.

Schlüsselwörter: Circadiane Ausscheidung, Mineralstoffe, Labordiagnostik

In order to be able to use faecal samples for the assessment of the mineral supply of horses, methodical investigations are required for the establishment of a standard for the collection of samples. The influence of the sampling time as well as the concentration development of 28 macro and micro minerals over a 15-day period were investigated. Six horses were available as probands, which were fed rations with three different mineral concentrations (none of supplement, calculated amount and mineral lick mass for free intake). Faecal samples were collected from the ampulla recti at 7 a.m. every third day for 15 days and every six hours on day 6. The measurement of concentration of the 28 selected elements in the previously dried faecal samples was performed by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). For statistical analysis, the method of linear mixed model an analysis of variance with fixed effects (animal number and time of collection or day) was chosen and after that the residuals were tested for normal distribution using the Shapiro-Wilk test. In case of significant differences ($p < 0.05$), a post-hoc test with Bonferroni correc-

tion followed. There were significant differences in faecal concentrations of macro and trace elements between samples taken at different times only in the case of potassium. However, the differences in measured values have such a low variability that the authors do not assume any relevant influence of the sampling time for practical application. With constant feeding, the time of sampling has no effect on the result. The measured values of the 15-day study were constant for the majority of the measured elements in the respective feeding group. Therefore, it can be concluded that the excretion with the faeces is constant if the feeding remains the same.

Keywords: circadian elimination, minerals, laboratory diagnostics

Einleitung

Eine ausgewogene Fütterung mit ausreichender Mineralstoffversorgung spielt für die Aufrechterhaltung der Pferdegesundheit eine große Rolle. Grundrationen aus Heu gegebenenfalls mit Ergänzung von Hafer enthalten in der Regel ausreichend Mengenelemente, während vor allem essenzielle Spurenelemente wie Zink, Selen und Kupfer ungenügend enthalten sind (Schubert et al. 2021). Deshalb bieten viele Pferdebesitzer mineralische Ergänzungsfuttermittel den Pferden zusätzlich an (Grimwood et al. 2016). Um eine Aussage über die Bedarfsdeckung zu treffen, muss entweder die Gesamtmenge an mit der Ration aufgenommenen Mineralstoffen (nutritive Versorgungslage) oder die dem Stoffwechsel zur Verfügung stehende Menge an Mineralstoffen (metabolische Versorgungslage) analysiert werden. Bei präziser Bestimmung der Aufnahme ist laut Zentek der Futtermittelanalyse aufgrund der genauesten Erfassbarkeit die höchste Bedeutung zuzuschreiben (Fürl 2021). Dies ist jedoch in der Pferdefütterung besonders in Extensivhaltungen schwierig exakt durchzuführen, da selten eine homogene Mischration, wie bei der Milchrinderfütterung üblich, angeboten wird und die Futterraufnahme von vielen internen und externen Faktoren beeinflusst wird (Coenen und Vervuert 2019). Die metabolische Versorgungslage wird in der Regel mithilfe von Blutproben beurteilt, dieses fungiert jedoch hauptsächlich als Transportmedium im Körper. Des Weiteren unterliegen viele Elemente hormonellen Regulierungen (Rehner und Daniel 2010) oder sind an Enzyme gebunden, wie zum Beispiel 95 % des Kupfers an Ceruloplasmin (Jeroch et al. 2020). Abschließend soll die Möglichkeit der Analyse von Indikatororganen zur Analyse des Versorgungsstatus mit Mineralstoffen genannt werden. Košla (1988) beprobte dafür von 165 Schlachtpferden aus der DDR, den Volksrepubliken Polen und Ungarn Rippen, Mittelfußknochen, Leber, Nieren, Großhirn, Skelettmuskulatur, Blutserum, Mähnen- und Deckhaar. Zwar konnte der Versorgungsstatus der meisten Elemente (gemessen wurden P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Ni, Mn, Zn, Li, Cu, Mo, Cd und Pb) sicher durch die Analyse der jeweiligen Indikatororgane wiedergegeben werden, ist jedoch aufgrund der Invasivität in der Pferdemedizin obsolet. Von dieser Aussage ausgenommen sind die Analysen von Haarproben, mit denen aber keine Aussage über den aktuellen Versorgungsstatus getroffen werden kann, sondern hauptsächlich längerfristige Versorgungsstörungen aufgezeigt werden (Ratjen et al. 2017, Kalashnikov et al. 2019).

Daher stellt sich die Frage, ob Kotproben als Erweiterung des diagnostischen Pools und als nicht invasiv zu gewinnendes Probenmedium geeignet wären, die Mineralstoffversorgung von Pferden zu beurteilen. Vor

einer routinemäßigen Nutzung von Kotproben muss die Probenentnahme standardisiert werden, um zunächst Referenzwerte und später vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Bisher wurde festgestellt, dass die Proben aus der Mitte eines frisch abgesetzten Kothaufen gewonnen werden können und bis zu sieben Tage bei Raumtemperatur stabil sind, außerdem wurde nur ein geringer methodischer Fehler der Methode von der Probenentnahme bis zur Laboranalyse ermittelt (Staufenbiel et al. 2021a, b). Zur weiteren Standardisierung von Kotanalysen muss festgestellt werden, inwieweit die Tageszeit die Höhe der Mineralstoffe in den Kotproben beeinflusst und ob die Kotkonzentration über einen bestimmten Zeitraum konstant ist.

Die Tageszeit beeinflusst die Futterraufnahme von Pferden. Ralston et al. stellten 1979 in einem Versuch mit ad libitum Fütterung fest, dass 49 % der Ration zwischen 8 und 17 Uhr gefressen werden, während in den restlichen 16 Stunden die Aufnahme von Futter seltener, mit weniger und kleineren Portionen stattfindet. Somit variiert auch die Aufnahme von Mengen- und Spurenelementen, was die Frage aufwirft, ob die Ausscheidung und der Gehalt im Blut tageszeitlichen Schwankungen unterliegen und der Zeitpunkt der Probenentnahme für reproduzierbare Messergebnisse beachtet werden muss.

Bei Milchkühen konnten für die Mengenelemente in unterschiedlichen Alters- und Fütterungsgruppen für P, Cl, Na und Ca nur geringe Auslenkungen im Tagesprofil von Serumproben, dagegen für K im Serum sowie Mg, Cl, K und Na im Harn starke Schwankungen festgestellt werden (Thurmann 2012). In der selben Arbeit merkt der Autor an, dass diese Ergebnisse sich nicht mit den Ergebnissen von Stampfli et al. (1980) oder Unshelm und Rappen (1968) decken, die in ihren Untersuchungen deutliche Tagesschwankungen feststellten. Widersprüchliche Aussagen finden sich in der Literatur auch bei Studien über tageszeitliche Schwankungen von Calcium und Phosphat in Serumproben von Pferden. Während Greppi et al. (1996) beschreiben, dass der Calciumgehalt im Serum weder circadian noch fütterungsbedingt beeinflusst wird, geben Lepage et al. (1991) einen Tiefpunkt zwischen 14 und 16 sowie 0 und 2 Uhr und einen Peak gegen 7 Uhr an. Der Phosphatspiegel hingegen stieg in der Studie von Greppi et al. (1996) vier Stunden nach der Fütterung, während Lepage et al. (1991) zwei Peaks gegen 16 und 4 Uhr und die niedrigsten Spiegel mittags und gegen 20 Uhr angeben. Diese divergierenden Aussagen in der Literatur zeigen, dass für die Einführung eines neuen Labordiagnostikums zunächst die methodischen Rahmenbedingungen festgelegt werden müssen, um repräsentative Messergebnisse zu erhalten. Die vorliegende Publikation beschäftigt sich mit dem Gehalt von sechs Mengen- und 22 Spurenele-

menten in Kotproben von sechs Pferden innerhalb eines 24-Stunden-Profiles sowie einer 15-Tage-Verlaufsstudie mit dem Ziel, Schwankungen innerhalb dieser Zeiten zu prüfen und Empfehlungen für die Probenentnahme auszusprechen. Zur Erhöhung der Varianz des Datensatzes erhielten die Probanden eine von drei Futtermitteln mit einem unterschiedlichen Mineralstoffgehalt. Ziel ist die Klärung, ob die Tageszeit einen Einfluss auf die Elementkonzentrationen hat und inwieweit die Ausscheidung bei gleicher Fütterung über einen längeren Zeitraum konstant bleibt, um die Probenentnahme für eine mögliche Bestimmung der Mineralstoffversorgung in Kotproben zu standardisieren.

Material und Methoden

Als Probanden standen drei Warmblüter, zwei Haflinger und ein Pony zur Verfügung, denen über 24 Stunden alle sechs Stunden eine Kotprobe aus der Ampulla recti (Staufenbiel et al. 2021b) um 19, 1, 7, 13 und 19 Uhr entnommen wurde. Diese Probenentnahme erfolgte an Tag 6 einer 15-Tage-Verlaufsstudie, in der über 15 Tage an jedem dritten Tag um 7 Uhr eine Kotprobe gewonnen wurde (Tab. 1).

TABELLE 1: Probenentnahmezeitpunkte der 15-Tage-Verlaufsstudie und vom 24-Stunden-Profil

Probenentnahme 15-Tages-Verlaufsstudie an Tag:	Probenentnahme 24-Stunden Profil an Tag 6 zu folgenden Uhrzeiten:
0	} 19
3	
6	
9	
12	
15	

Die Haltung der Pferde erfolgte zur Reduktion einer unkontrollierten Futteraufnahme außerhalb der berechneten Ration zwischen 8 und 16 Uhr auf einem Sandauslauf mit einem ad libitum Angebot von Wasser und Heu aus einer Rundballenraufe und nachts in einer mit Sägespänen eingestreuten Box mit Zulage von ca. 7 kg Heu. Zehn Tage vor Probengewinnung wurden

TABELLE 2: Mineralstoffgehalt der an Fütterungsgruppe 2 verfütterten Mineralstoffmischung „Mineral Winter 1“ (Spezialfutter Neuruppin) sowie der Gesamtgehalt der auf den Selenbedarf ausgerichteten Ration (27 g/600 kg) und Gehalt der Mineralleckmasse „Leck SE 50-ÖVO“ (Spezialfutter Neuruppin), die den Probanden der Fütterungsgruppe 3 ad libitum zur Verfügung stand.

	Fütterungsgruppe 2: definierte Vorlage	Analysewerte einer Heuprobe	Beispielration (600 kg) Fütterungsgruppe 2	Fütterungsgruppe 3: ad libitum
	Gehalt pro kg OS Mineralstoffgemisch	Gehalt pro kg TS Heu	14 kg Heu + 27 g Mineralstoffgemisch	Gehalt pro kg OS Mineralleckmasse
Ca in g	90	10,5	135	160
P in g	21	2,1	27	40
Mg in g	75	3,6	47	35
Na in g	190		5	140
Cu in mg	1.750	2,3	76	800
Mn in mg	2.000	25,5	376	4.050
Zn in mg	6.500	39,4	672	6.075
Se in mg	45	< 0,05	> 1,2	50
Co in mg	20		0,5	25
J in mg	50		1,4	50

die Probanden zufällig in drei Fütterungsgruppen in Bezug auf die Mineralstoffversorgung eingeteilt. Die erste Gruppe erhielt zu den im Heu enthaltenen Mengen- und Spurenelementen keine Ergänzung, die zweite Gruppe bekam eine auf den Selenbedarf ausgerichtete Zulage von Mineralstoffen, während die dritte Gruppe freien Zugang zu einer mineralischen Leckmasse hatte (Staufenbiel et al. 2021b) (Tab. 2). Die Kotproben wurden nach der Entnahme bis zur weiteren Verarbeitung bei -18 °C gelagert und daraufhin im Trockenschrank für 48 Stunden bei 60 °C getrocknet. Anschließend wurde eine definierte Einwaage (0,03–0,05 g) im IDEXX Labor, Kornwestheim, Germany mittels optischer Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES: Cu, Zn, Mn, Mo, Ca, Mg, Ba, Cr, Fe, Sr, K, S, Ti, P, Si und Na) bzw. durch Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS: Se, B, Co, Ni, Pb, Cd, U, As, Tl, Al, Sn, Li) nach zertifizierten Standardanweisungen analysiert, wie es bereits für Kotproben von Rindern (Herold et al. 2018, 2020) und Pferden (Staufenbiel et al. 2021a, b) beschrieben ist. Die Tierversuchsnummer zur beschriebenen Probenentnahme lautet: 2347-A-3-1-2020.

Statistische Auswertung

Die Datenerfassung und -verwaltung erfolgte mit dem Programm Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation), die statistische Auswertung mithilfe von SPSS Statistics 25 (IBM), in welchem auch die Abbildungen erstellt wurden.

Innerhalb von 24 Stunden wurden im Abstand von sechs Stunden fünf Kotproben von sechs Probanden drei unterschiedlicher Rassen mit einer differenzierten Fütterung gewonnen. Der Probenentnahmezeitpunkt und die Tiernummer wurden als feste Faktoren definiert. Der Einfluss der Rasse, als auch der Fütterung spiegelt sich in dem festen Faktor Tiernummer wider. Die Wirkung dieser beiden festen Faktoren wurde mit dem Verfahren des linearen gemischten Modells, Varianzanalyse mit festen Effekten, durchgeführt (Bühl 2016). Die Residuen wurden mit dem Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft. Zusätzlich wurden zur Einschätzung der Homoskedastizität die Residuen grafisch gegen die durch das Modell vorhergesagten Werte aufgetragen und deren Verteilung visuell beurteilt. Ein Fak-

tor wurde als statistisch signifikant bei einem p-Wert von $< 0,05$ bewertet. In diesem Fall schloss sich zum paarweisen Vergleich der Mittelwerte ein Post-hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur ($p < 0,05$) an. Die Ergebnisse wurden mit Kleinbuchstaben als Index markiert. Signifikant unterschiedliche Mittelwerte sind durch unterschiedliche hochgestellte Buchstaben markiert, gleiche (keine) Buchstaben stehen für das Fehlen einer signifikanten Differenz. Diese Auswertung konnte bei 27 der 28 analysierten Elemente verwendet werden, für Selen war das Verfahren aufgrund der Abweichung von der Normalverteilung der Residuen unzulässig.

Im Zeitraum von 15 Tagen wurden von sechs Probanden mit einer differenzierten Fütterung aus drei unterschiedlichen Rassen sechs Kotproben entnommen. Der Probenentnahmezeitpunkt (sechs Ausprägungen) und die Tiernummer (sechs Ausprägungen) wurden als feste Faktoren definiert. Die statistische Auswertung erfolgte wie für den Einfluss der Tageszeit mit dem linearen gemischten Modell mit den fixen Faktoren Untersuchungstag und Tiernummer. Für den paarweisen Vergleich der Mittelwerte wurde ebenfalls der Post-hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur ($p < 0,05$) angewendet.

Ergebnisse

Zur Auswertung des circadianen Einflusses sind die Mittelwerte (geschätzte Randmittel aus der Varianzanalyse) der sechsständlichen Probenahmen über 24 Stunden in Tabelle 3 dargestellt. Von allen 28 gemessenen Elementen unterscheiden sich lediglich die Mittelwerte bei Kalium signifikant. Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigen die Werteverteilung in Abhängigkeit von der Probenentnahmezeit und dem Einzeltier exemplarisch am Beispiel von Cobalt und Eisen. Der feste Faktor Tiernummer beinhaltet dabei die tierindividuelle Variabilität, die durch unterschiedliche Fütterung und Probanden aus drei verschiedenen Rassen erhöht wurde. Die Abbildungen 1 und 2 können beispielhaft für die tierindividuellen Einflussfaktoren gesehen werden, auf eine extra Darstellung dieses festen Faktors wurde in der vorliegenden Publikation verzichtet, da der Einfluss der Fütterung in (Staufenbiel et al. 2021b) ausführlich ausgewertet wurde und der Einfluss der Rasse bei dieser geringen Probandenzahl nicht sicher statistisch überprüft werden kann. Die Cobaltkonzentrationen stellen sich differenziert zwischen den Fütterungsgruppen dar, die Tiernummern lassen sich eindeutig den erhaltenen Mineralstoffrationen zuordnen. Pferd 1 und Pferd 2 haben keine Mineralstoffergänzung erhalten, die Pferde 3 und 4 zugehörig zur Fütterungsgruppe 2 eine definierte auf Selen abgestimmte Menge eines Mineralstoffgemischs mit 20 mg Cobalt als Cobalt-II-Carbonat-Granulat je kg Ursprungssubstanz. Die Probanden 5 und 6 hatten zum Zeitpunkt der Probenentnahme eine Mineralstoffmasse mit 25 mg Cobalt-II-Granulat zur freien Aufnahme zur Verfügung. Die verschiedenen Balkenfarben stehen für die Zeitpunkte, zu denen die Proben genommen wurden, wobei die Unterschiede zwischen den Uhrzeiten sehr gering ausfallen. Gleiches gilt für Abbildung 2 am Beispiel von Eisen, wobei dieses weder in der Deklaration des Mineralstoffgemischs, welches Pferd 3 und Pferd 4 erhalten haben, noch in der Leckmasse, die den Probanden 5 und 6 zur freien Verfügung stand, aufgeführt ist.

Tabelle 4 gibt die Mittelwerte (geschätzte Randmittel) der 15-Tage-Verlaufsstudie wieder. Angegeben sind die

Werte der Mengenelemente in g/kg Kottrockensubstanz und der Spurenelemente in mg/kg Kottrockensubstanz an den jeweiligen Probenentnahmetagen. Signifikant unterschiedliche Werte ($p < 0,05$) sind mit hochgestellten Buchstaben markiert. Mit Phosphor und Kalium unterscheiden sich zwei Mengenelemente signifikant voneinander, wobei im Fall von Phosphor die absoluten Zahlenunterschiede relativ gering sind. Die Phosphorkonzentrationen streuen im Zeitverlauf willkürlich. Bei Kalium fällt dagegen eine über den Untersuchungszeitraum kontinuierliche Konzentrationszunahme auf. Sili-cium weist gegenläufig zu Kalium eine kontinuierliche Abnahme der Kotkonzentration auf. Bei Lithium wird nur am Untersuchungstag 15 eine signifikant niedrigere Kotkonzentration gemessen.

Abbildung 3 verdeutlicht am Beispiel von Selen die Werteverteilung in Abhängigkeit vom Proben-tag 0 bis Proben-tag 15 und der Probanden 1 bis 6. Die Wertestreueung innerhalb eines Probanden ist zwar deutlich, aber erscheint geringer als zwischen den Probanden. Wie bereits bei Abbildung 2 erläutert, spiegelt sich in den Probanden indirekt das Mineralstoffangebot über die unterschiedliche Fütterung und der Einfluss der Rasse wider. Der Faktor-Nummer der Tiernummer hat mit Ausnahme von P, Mg, K, Cu, Zn, Mo, Si, B, Ba für die anderen 19 analysierten Elemente einen signifikanten Effekt auf die Kotkonzentration (Ergebnisse der Varianzanalyse nicht dargestellt).

Diskussion

Der Gehalt von Mengen- und Spurenelementen im Pferdekot erlaubt Rückschlüsse auf die aufgenommene Menge der einzelnen Mineralstoffe (Staufenbiel et al. 2021a, b). Für die Etablierung neuer Labormethoden ist die Festlegung von präanalytischen Bedingungen zur Probenahme essenziell, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten (Moritz 2014). Dazu gehören neben der Entnahmetechnik, welche bezüglich des Entnahmeortes der Kotproben keinen signifikanten Einfluss auf die Konzentration hat (Staufenbiel et al. 2021b), auch die Tageszeit, Altersunterschiede und die erbrachte Leistung (Thurmann 2012). Des Weiteren müssen tierindividuelle Faktoren beachtet werden, welche durch die Untersuchung bei drei unterschiedlichen Rassen indirekt durch den Faktor Tiernummer einbezogen worden sind. Die Betrachtung der Einzelwerte lässt einen Einfluss vermuten, der in Folgestudien an größeren Tierzahlen zu prüfen ist. Die vorliegende Publikation dient der Feststellung, inwiefern der Entnahmezeitpunkt auf die Konzentration von 28 gemessenen Mengen- und Spurenelementen Einfluss hat und wie sich die Messwerte innerhalb einer 15-Tage-Verlaufsstudie unterscheiden.

Bezug nehmend auf das 24-Stunden-Tagesprofil konnten lediglich für Kalium signifikante Unterschiede nachgewiesen werden (Tab. 3), weshalb dieses Element nachfolgend genauer betrachtet werden soll. Kalium ist im Mittel zu 13 g/kg Trockenmasse im Kot enthalten und steigt mit höheren Gehalten im Raufutter (Coenen und Vervuert 2019). Die Absorption erfolgt überwiegend im Dünndarm und kann zu 70 % der mit dem Futter aufgenommenen Kaliummengen verwertet werden (Burger 2011), nicht genutztes Kalium wird hauptsächlich renal, aber auch fäkal ausgeschieden. Als wichtigstes intrazelluläres Ion ist Kalium maßgeblich an der Auf-

TABELLE 3: Einfluss der Probenentnahmezeit im Tagesverlauf auf die Elementkonzentrationen in Kotproben (n = 30)

	Mittelwert ¹ 19 Uhr	Mittelwert ¹ 1 Uhr	Mittelwert ¹ 7 Uhr	Mittelwert ¹ 13 Uhr	Mittelwert ¹ 19 Uhr	Standardfehler	Signifikanz p	p-Wert (Shapiro-Wilk-Test)
Mengenelemente in mg/kg Kot-TS								
Ca	7,58	6,67	7,55	7,38	6,39	0,531	0,401	0,279
P	5,10	4,42	4,87	5,78	5,01	0,479	0,408	0,207
Mg	4,23	4,15	4,38	5,00	4,35	0,224	0,101	0,865
Na	4,21	3,18	2,63	3,21	2,81	0,437	0,140	0,285
K	5,05 ^{ab}	4,37 ^a	5,18 ^{ab}	6,15 ^b	4,58 ^a	0,331	0,011	0,344
S	2,15	1,86	2,11	2,48	2,22	0,177	0,217	0,401
Spurenelemente in mg/kg Kot-TS								
Fe	1229	1079	1149	1239	1024	69,8	0,171	0,698
Cu	19,7	16,5	18,2	19,9	16,2	2,13	0,622	0,324
Zn	107,9	98,4	113,9	109,4	122,9	12,19	0,712	0,552
Mn	202,3	149,9	175,9	188,9	170,1	18,91	0,071	0,896
Se								
Co	0,531	0,438	0,487	0,489	0,423	0,028	0,082	0,572
Cr	1,718	1,760	1,800	1,978	1,685	0,096	0,261	0,971
Mo	1,57	1,41	1,53	1,76	1,45	0,177	0,694	0,875
Si	3787	5400	6126	6283	4240	762,4	0,113	0,631
B	19,1	17,6	18,4	19,5	17,6	0,870	0,426	0,695
As	0,322	0,290	0,317	0,310	0,291	0,018	0,607	0,923
Ni	1,39	1,24	1,27	1,41	1,38	0,091	0,580	0,905
Sn	0,102	0,156	0,115	0,084	0,089	0,018	0,065	0,422
Ba	54,6	49,5	50,3	53,1	55,3	4,48	0,858	0,219
Sr	56,0	44,7	50,7	51,1	47,2	3,49	0,236	0,675
Pb	3,99	2,87	3,62	3,77	2,93	0,341	0,101	0,334
Cd	0,299	0,230	0,305	0,304	0,263	0,028	0,270	0,259
U	0,107	0,108	0,106	0,115	0,105	0,008	0,907	0,366
Tl	0,188	0,190	0,196	0,231	0,232	0,011	0,061	0,222
Al	406	485	474	394	339	39,4	0,087	0,807
Ti	30,1	99,0	27,5	47,5	32,5	19,56	0,090	0,809
Li	1,15	1,22	1,04	1,05	0,92	0,069	0,059	0,543

¹ geschätzte Randmittel

^{ab} Signifikant unterschiedliche Werte (p < 0,05) sind mit hochgestellten Buchstaben markiert.

rechterhaltung des Membranpotenzials beteiligt und deshalb besonders sensibel gegenüber Veränderungen (Pasch 2006). Die renale Ausscheidung wird über das Nebennierenrindenhormon Aldosteron reguliert (Breves et al. 2022), dessen tageszeitlich schwankende Aktivität bereits 1956 beschrieben wurde (Doe et al. 1956), was die Schwankungen der Kaliumkonzentration im Plasma erklären kann (Unshelm und Rappen 1968). Pferdeschweiß enthält im Mittel 1,6 g/l Kalium (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 2014), somit kann ein deutlicher Abfall der Kaliumkonzentration im Plasma nach erhöhter Belastung durch vermehrte Schweißproduk-

tion erklärt werden. Die höchste Kaliumkonzentration im Tagesverlauf konnte um 13 Uhr gemessen werden. Bei Fütterung um 7:30 Uhr sind das fünf Stunden nach der mengenmäßig größten Futteraufnahme am Morgen. Somit kann die tageszeitliche Variation der Futteraufnahme als Erklärung für das gemessene Maximum der Kaliumkonzentration um 13 Uhr dienen.

Greppi et al. (1996) geben für Phosphat im Blut den höchsten Wert fünf Stunden nach der Futteraufnahme an. Die Messwerte von Phosphor unterscheiden sich bei diesem Versuch zwar nicht signifikant voneinander, dennoch ist der höchste Mittelwert auch um 13 Uhr (Tab. 3).

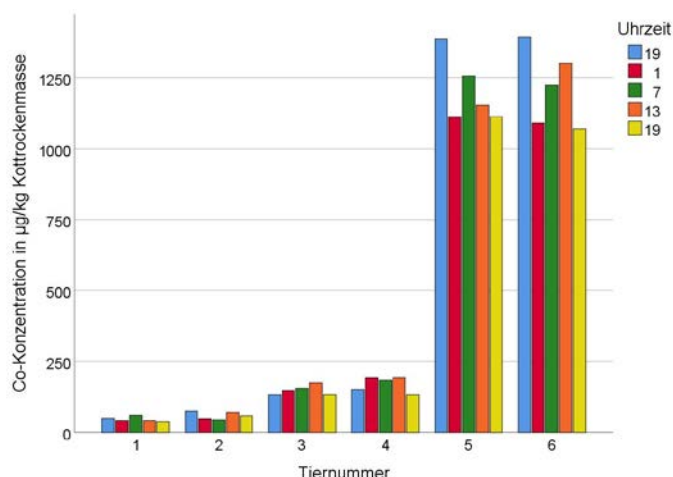


ABBILDUNG 1: Messwerte von Cobalt dargestellt als gruppierte Balkendiagramme, Pferd 1 und 2 aus Fütterungsgruppe 1 ohne Mineralstoffergänzung, 3 und 4 aus Gruppe 2 mit definierter Aufnahme, 5 und 6 Mineralleckmassen zur freien Verfügung. Die verschiedenen Farben zeigen die einzelnen Zeitpunkte der Probenentnahme um 19, 1, 7, 13 und 19 Uhr. © Lydia Staufenbiel

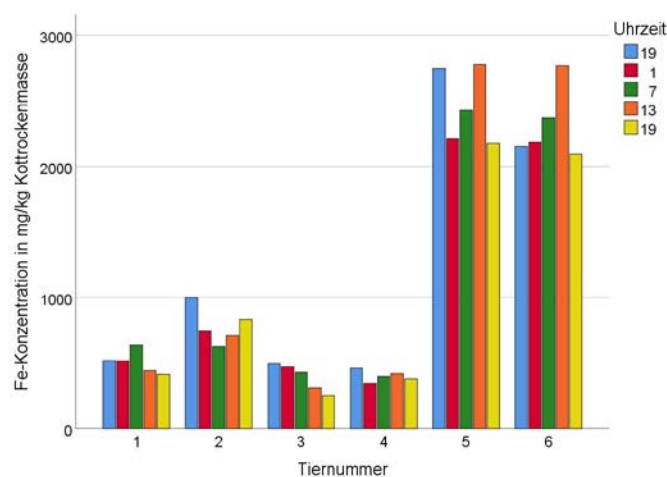


ABBILDUNG 2: Messwerte von Eisen dargestellt als gruppierte Balkendiagramme, Pferd 1 und 2 aus Fütterungsgruppe 1 ohne Mineralstoffergänzung, 3 und 4 aus Gruppe 2 mit definierter Aufnahme, 5 und 6 Mineralleckmassen zur freien Verfügung. Die verschiedenen Farben zeigen die einzelnen Zeitpunkte der Probenentnahme um 19, 1, 7, 13 und 19 Uhr. © Lydia Staufenbiel

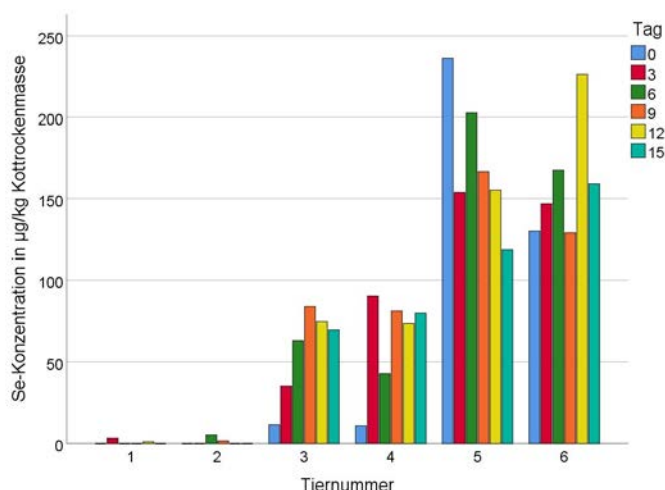


ABBILDUNG 3: Selengehalt in den Kotproben der 6 Probanden in µg/kg Kot-TM im 15 Tageverlauf, Pferd 1 und 2 ohne Substitution, 3 und 4 definierte Aufnahme, 5 und 6 freie Aufnahme. © Lydia Staufenbiel

Die Mittelwerte von Kupfer unterscheiden sich mit $p = 0,622$ im Tagesverlauf nicht signifikant und numerisch nur gering voneinander. Kupfer wird zu 24–48 % resorbiert und die wahre Verdaulichkeit vom National Research Council et al. (2007) mit 40 % angegeben. Die Resorption erfolgt vorwiegend im Dünndarm. Die Homöostase wird über die fäkale Ausscheidung des nicht gebrauchten Kupfers aufrechterhalten (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 2014). Die Speicherung überschüssigen Kupfers erfolgt in der Leber, was bei Wiederkäuern, insbesondere beim Schaf zu Vergiftungserscheinungen führen kann (Dobenecker und Kamphues 2014). Weber et al. (2021) konnten in einem Milchrinderbetrieb Vergiftungserscheinungen aufdecken, der Kupferüberschuss konnte nur nach Beprobung der TMR und Kotproben festgestellt werden. Alle weiteren Probenmedien (Serum, Plasma, Vollblut, Harn und

Deckhaar) ergaben Kupferkonzentrationen in der Norm und auch konnte keine erhöhten Ceruloplasmingehalte gemessen werden. In einem Versuch mit Miniaturpferden, denen eine unterschiedliche Menge Zink gefüttert wurde, konnte die oft publizierte negative Interaktionen erhöhter Zinkgaben auf die Kupferresorption nicht nachgewiesen werden, diese tritt erst bei extrem hohen Überschüssen auf (Hoyt et al. 1995). In diesem Versuch stieg die fäkale Zinkexkretion mit steigenden Gehalten im Futter, was die Arbeitshypothese der Autoren unterstützt, dass Kotproben eine gute Alternative zur Futteranalyse für die Beurteilung der Versorgungslage mit Mineralstoffen wären.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Kotkonzentrationen der Mengen- und Spurenelemente an verschiedenen Tageszeitpunkten Unterschiede aufweisen, diese jedoch so gering sind, dass sie für die praktische Anwendung von untergeordneter Rolle sein dürften (Abb. 1 und 2).

Bezug nehmend auf die Mittelwerte der 15-Tage-Verlaufsstudie unterscheiden sich diese größtenteils nicht signifikant voneinander, mit Ausnahme von Kalium. K und Si verhalten sich gegenläufig. Während der Kaliumgehalt mit abnehmender Heu- bzw. Grünfutterqualität aufgrund geringerer Düngung sinkt, könnte der Siliciumgehalt aufgrund vermehrter Sandbeimengungen im Heu oder bei der Grünfutteraufnahme steigen (Coenen und Vervuert 2019). Die Ergebnisse aus Tabelle 4 decken sich insofern gut mit der Feststellung, dass die Fütterung einen signifikanten Einfluss auf die Messwerte in den Kotproben hat (Staufenbiel et al. 2021a, b), da die Futterration innerhalb dieses Zeitraumes gleichbleibend war. Die einzelnen Fütterungsgruppen lassen sich anhand der Kotkonzentration unterscheiden und die Ausscheidung bleibt bei gleicher Fütterung relativ konstant (Tab. 4). Inwiefern eine wechselnde Ration den Gehalt von Mengen- und Spurenelementen beeinflusst und in welchem zeitlichen Zusammenhang die Änderung von Aufnahme und Ausscheidung stehen, muss mithilfe eines gesonderten Fütterungsversuchs geklärt

TABELLE 4: Einfluss der Probenentnahmezeit im Verlauf von 15 Tagen auf die Elementkonzentrationen in Kotproben ($n = 30$)

	Mittelwert ¹ Tag 0	Mittelwert ¹ Tag 3	Mittelwert ¹ Tag 6	Mittelwert ¹ Tag 9	Mittelwert ¹ Tag 12	Mittelwert ¹ Tag 15	Standard- fehler	Signifikanz p	p-Wert (Shapiro-Wilk-Test)
Mengenelemente in g/kg Kot-TS									
Ca	6,91	6,00	7,20	7,33	5,77	5,44	0,671	0,245	0,289
P	5,16 ^{ab}	4,48 ^a	6,29 ^b	5,54 ^{ab}	5,50 ^{ab}	6,30 ^b	0,396	0,027	0,207
Mg	3,94	3,73	4,51	4,22	4,19	3,57	0,409	0,608	0,888
Na	2,89	2,93	2,94	3,44	3,27	1,73	0,513	0,271	0,984
K	4,19 ^a	4,35 ^a	4,84 ^a	5,36 ^{ab}	5,78 ^{ab}	7,13 ^b	0,471	0,002	0,963
S	2,21	2,11	2,21	2,62	2,46	2,38	0,180	0,367	0,891
Spurenelemente in mg/kg Kot-TS									
Fe	1305	994	1189	1279	1093	1040	148,3	0,597	0,906
Cu	13,5	12,3	17,3	16,9	15,3	15,1	1,61	0,244	0,944
Zn	100,8	88,9	101,6	97	112,7	99,7	11,74	0,820	0,160
Mn	166,9	132,7	163,4	180,4	179,5	238,2	26,51	0,169	0,238
Se	64,7	71,5	80,1	83,4	88,5	71,2	12,54	0,771	0,214
Co	0,343	0,295	0,364	0,339	0,398	0,376	0,055	0,836	0,123
Cr	1,708	1,609	1,898	1,560	1,416	1,217	0,238	0,451	0,264
Mo	2,16	1,38	1,97	1,87	1,97	2,76	0,351	0,185	0,027
Si	7502 ^c	7354 ^c	7537 ^c	4807 ^{ab}	4349 ^{ab}	1765 ^a	835,1	0,000	0,842
B	16,5	14,3	16,0	16,8	15,8	12,5	2,018	0,659	0,790
As	0,366	0,281	0,345	0,375	0,330	0,371	0,041	0,574	0,482
Ni	0,96	1,07	1,10	1,08	1,30	1,25	0,157	0,668	0,071
Sn	0,099	0,071	0,075	0,076	0,082	0,069	0,011	0,420	0,901
Ba	52,4	39,5	57,0	57,7	54,4	40,1	5,40	0,072	0,681
Sr	42,9	34,8	50,8	56,1	47,3	43,9	5,04	0,098	0,165
Pb	2,43	1,92	2,18	2,28	2,78	2,80	0,299	0,283	0,799
Cd	0,229	0,247	0,281	0,310	0,323	0,201	0,035	0,141	0,794
U	0,083	0,074	0,075	0,066	0,062	0,051	0,010	0,307	0,374
Tl	0,284	0,143	0,175	0,243	0,285	0,132	0,047	0,086	0,793
Al	528	436	419	415	405	347	54,87	0,358	0,051
Ti	58,7	46,0	48,6	32,0	26,2	20,2	10,82	0,092	0,748
Li	1,04 ^b	1,02 ^{ab}	1,06 ^b	1,10 ^b	0,93 ^{ab}	0,65 ^a	0,087	0,013	0,46

¹ geschätzte Randmittel^{a,b,c} Signifikant unterschiedliche Werte ($p < 0,05$) sind mit hochgestellten Buchstaben markiert.

werden. Bemerkenswert ist, dass selbst die Selenkonzentration entgegen der Annahme, als einziges Element keine Rückschlüsse über die Versorgungslage anhand von Kotproben zu geben (Staufenbiel et al. 2021b), sich innerhalb der 15 Tage eindeutig den Fütterungsgruppen zuordnen lässt (Abb. 3). Langner et al. (2020) beschreiben, dass es bei freiem Zugang zu mit Selen angereicherten Mineralleckmassen zu Serumkonzentrationen über den Referenzwerten (Wolff et al. 2017) kommen kann. In der vorliegenden Publikation kann darüber keine Aussage getroffen werden, weil die Kotkonzentrationen nicht mit Serumproben verglichen wurden.

Neben dem kurzzeitigen Verlauf über 15 Tage sollte für eine präzise Empfehlung zum Probenahmezeitpunkt auch eine monatsvergleichende Studie erfolgen, welche weitere Parameter wie Sonnenstunden pro Tag einbezieht (Gemeiner et al. 1978).

Für Selen konnten variable Serumkonzentrationen bei gleichbleibender Fütterung (Vervuert et al. 2000) nachgewiesen werden. Bei Eisen sind auch tageszeitliche Schwankungen beschrieben (Meyer und Lemmer 1973). Daraus folgt, dass die Erkenntnisse der vorliegenden

Publikation wichtig für eine später mögliche Nutzung von Kotproben zur Bestimmung der Mineralstoffversorgung von Pferden sind.

Die über eine unterschiedliche Mineralstoffversorgung der Pferde provozierte Erweiterung der Variation der Kotkonzentrationen an Mengen- und Spurenelementen ist mit der Ausprägung signifikanter Unterschiede zwischen den Probanden für die Mehrzahl der analysierten Elemente verbunden (Tab. 4). Die tierindividuelle Variation ist stärker als die untersuchten Zeiteffekte ausgeprägt (Abb. 1 und 2, Tab. 3). Der Zeitpunkt der Kotprobenentnahme innerhalb von 24 Stunden hat keinen signifikanten Einfluss auf die Kotkonzentrationen für die Mehrzahl der untersuchten Mengen- und Spurenelemente (Tab. 3). Die überwiegend fehlende signifikante Dynamik der Mineralstoffkonzentrationen in Kotproben über einen Zeitraum von 15 Tagen bei gleicher Fütterung der Probanden spricht für eine gute Reproduzierbarkeit der Messergebnisse (Tab. 4). Die Ergebnisse fordern dazu auf, in einem exakten Fütterungsversuch die quantitativen Beziehungen zwischen den über die Nahrung aufgenommenen und mit dem Kot ausgeschiedenen Mengen an interessierenden Elementen sowie deren zeitliche Dynamik zu untersuchen.

Danksagung

Die Autoren danken für die Unterstützung durch den Publikationsfonds der Freien Universität Berlin.

Ethische Anerkennung

Die Autoren versichern, während des Entstehens der vorliegenden Arbeit die allgemeingültigen Regeln guter wissenschaftlicher Praxis befolgt zu haben.

Interessenkonflikt

Die Autoren versichern, dass keine geschützten, beruflichen oder anderweitigen persönlichen Interessen an einem Produkt oder einer Firma bestehen, welche die in dieser Veröffentlichung genannten Inhalte oder Meinungen beeinflussen können.

Finanzierung

Diese Arbeit wurde unterstützt durch den Publikationsfonds der Freien Universität Berlin. Die Autoren versichern, dass sie Daten hierzu auf begründete Nachfrage hin bereitstellen.

Autorenbeitrag

Konzeption der Arbeit: LS, A-EM, HG.
Datenerhebung, -analyse und -interpretation: LS, A-EM.
Manuskriptentwurf: LS.
Kritische Revision des Artikels: A-EM, HG.
Endgültige Zustimmung der für die Veröffentlichung vorgesehenen Version: LS, A-EM, HG.

Literatur

- Breves G, Diener M, Gäbel G (Hrsg.) (2022):** Physiologie der Haustiere. Thieme, Stuttgart.
- Bühl A (2016):** SPSS 23. Einführung in die moderne Datenanalyse. 15. akt. Aufl. Pearson, Hallbergmoos.
- Burger AM (2011):** Literatur-Studie zur faktoriellen Ableitung des Mengenelement-Bedarfs für Erhaltung beim Pferd. Ludwig-Maximilians-Universität, München, Diss.
- Coenen M, Vervuert I (2019):** Pferdefütterung. 6. akt. Aufl. Thieme, Stuttgart.
- Dobenecker B, Kamphues J (Hrsg.) (2014):** Supplemente zur Tierernährung. Für Studium und Praxis. Schaper, Hannover.
- Doe RP, Flink EB, Goodsell MG (1956):** Relationship of diurnal variation in 17-hydroxycorticosteroid levels in blood and urine to eosinophils and electrolyte excretion. *J Clin Endocrinol Metab* 16: 196–206. DOI 10.1210/jcem-16-2-196.
- Fürl M (Hrsg.) (2021):** Tradition und Zukunft der Veterinärmedizin. 45. Internationale Leipziger Laborfortbildung, Leipzig, 8. und 9. Oktober 2021. Universität Leipzig Veterinärmedizinische Fakultät, Leipzig.
- Gemeiner M, Schnabl H, Stöckl W, Knezevic P, Kläring W (1978):** Untersuchungen zum Mineralstoffwechsel des Pferdes. *Zentralbl Veterinärmed Reihe A* 25: 562–569. DOI 10.1111/j.1439-0442.1978.tb00957.x.
- Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2014):** Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Pferden. Vollst. überarb. Neuausg. DLG, Frankfurt/Main.
- Greppi GF, Casini L, Gatta D, Orlandi M, Pasquini M (1996):** Daily fluctuations of haematology and blood biochemistry in horses fed varying levels of protein. *Equine Vet J* 28: 350–353. DOI 10.1111/j.2042-3306.1996.tb03104.x.
- Grimwood K, Penaluna LA, Brown H (2016):** A Preliminary Investigation Into the Mineral Intake of Horses in the UK. *J Equine Vet Sci* 36: 44–48. DOI 10.1016/j.jevs.2015.09.012.
- Herold A, Pieper L, Müller A-E, Staufenbiel R (2018):** Konzentrationen an Mengenelementen beim Rind in verschiedenen Probenmedien unter besonderer Berücksichtigung von Kotproben. *Tierärztl Prax Ausg G Großtiere Nutztiere* 46: 221–228. DOI 10.15653/TPG-180239.
- Herold A, Müller AE, Staufenbiel R, Pieper L (2020):** Konzentration von Spurenelementen beim Rind in verschiedenen Probenmedien unter besonderer Berücksichtigung von Kotproben. *Tierärztl Prax Ausg G Großtiere Nutztiere* 48: 5–14. DOI 10.1055/a-1067-3585.
- Hoyt JK, Potter GD, Greene LW, Anderson JG (1995):** Copper balance in Miniature Horses fed varying amounts of zinc. *J Equine Vet Sci* 15: 357–359. DOI 10.1016/s0737-0806(07)80547-8.
- Jeroch H, Drochner W, Rodehutschord M, Simon O (2020):** Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung. 3. vollst. überarb. u. erw. Aufl. utb GmbH, Stuttgart.
- Kalashnikov V, Zaitsev A, Atroschenko M, Miroshnikov S, Frolov A, Zavyalov O (2019):** The total content of toxic elements in horsehair given the level of essential elements. *Environ Sci Pollut Res* 26: 24620–24629. DOI 10.1007/s11356-019-05630-z.
- Kośla T (1988):** Mengen- und Spurenelementstatus, -bedarf und -versorgung des Pferdes, Habilitation. Karl-Marx-Universität Leipzig

- Langner K, Hörügel U, Donat K, Vervuert I (2020):** Selenstatus in Thüringer Pferdehaltungen in Abhängigkeit des Einsatzes selenhaltiger Mineral- und Ergänzungsfuttermittel. *Tierarztl Prax Ausg G* 48: 398–405. DOI 10.1055/a-1274-9045.
- Lepage OM, DesCôteaux L, Marcoux M, Tremblay A (1991):** Circadian rhythms of osteocalcin in equine serum. Correlation with alkaline phosphatase, calcium, phosphate and total protein levels. *Can J Vet Res* 55: 5–10.
- Meyer H, Lemmer U (1973):** Übersichtsreferat: Mineralstoff- und Spurenelementgehalt im Serum bzw. Plasma des Pferdes. *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 80: 190.
- Moritz A (2014):** Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. Schattauer, Stuttgart.
- National Research Council, Division on Earth and Life Studies, Board on Agriculture and Natural Resources, Committee on Nutrient Requirements of Horses (2007):** Nutrient requirements of horses. 6th rev. ed. The National Academies Press, Washington.
- Pasch A (2006):** Die Regulation des Kaliumhaushalts. *Swiss Med Forum* 6. DOI 10.4414/smf.2006.05867.
- Ralston SL, van den Broek G, Baile CA (1979):** Feed intake patterns and associated blood glucose, free fatty acid and insulin changes in ponies. *J Anim Sci* 49: 838–845. DOI 10.2527/jas1979.493838x.
- Ratjen A, Anke M, Fürll M (2017):** Selenium, copper and zinc contents in brown, black and white mane, coat and tail hairs in horses of two locations. *PHK* 33: 59–65. DOI 10.21836/PEM20170108.
- Rehner G, Daniel H (Hrsg.) (2010):** Das Blut – Transportsystem und Vermittler der Homöostase. In: *Biochemie der Ernährung*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 363–407.
- Schubert DC, Neustädter LT, Coenen M, Visscher C, Kamphues J (2021):** Investigations on the Effects of Different Calcium Supply Exceeding the Requirements on Mineral Serum Concentrations and Bone Metabolism in Young Warmblood Stallions. *Animals* 11: 2439. DOI 10.3390/ani11082439.
- Stampfli G, Anetzhofer J, Stirnimann J (1980):** Einfluss der Tageszeit auf hämatologische und klinisch-chemische Parameter bei der Milchkuh. *Schweiz Arch Tierheilkd* 122: 363–374.
- Staufenbiel L, Müller A-E, Gehlen H (2021a):** Investigation of the Variation of Concentration of Quantity and Trace Elements in Equine Faecal Samples Considering Storage. *EC Veterinary Science*: 32–43.
- Staufenbiel L, Müller AE, Gehlen H (2021b):** Methodische Untersuchung zu Mengen- und Spurenelementkonzentrationen in Pferdekotproben unter besonderer Berücksichtigung des Probenentnahmeortes. *Tierarztl Prax Ausg G Großtiere Nutztiere* 49: 178–188. DOI 10.1055/a-1482-7379.
- Thurmann JP (2012):** Tagesschwankungen von Laborparametern beim Milchrind. Freie Universität, Berlin, Diss., 2013; Mensch und Buch Verl., Berlin.
- Unshelm J, Rappen WH (1968):** Individuelle, tages- und tageszeitabhängige Schwankungen von Blutbestandteilen beim Rind. *Zentralbl Vet Reihe A* 15: 418–437. DOI 10.1111/j.1439-0442.1968.tb00443.x.
- Vervuert I, Coenen M, Holtershinken M, Venner M, Rust P (2000):** Assessment of selenium status in horses – new aspects. *Tierarztl Prax Ausg G Großtiere Nutztiere* 28: 172–177.
- Weber J, Roder A, Müller AE, Pieper R, Staufenbiel R (2021):** Chronische Kupferübersorgung als mögliches Bestandsproblem in einer deutschen Milchviehherde. *Tierarztl Prax Ausg G Großtiere Nutztiere* 49: 203–209. DOI 10.1055/a-1418-3562.
- Wolff F, Müller AE, Moschos A, Köller G, Bauer A, Vervuert I (2017):** Selenkonzentration im Serum und Glutathionperoxidaseaktivität im Vollblut bei gesunden adulten Pferden. *Tierarztl Prax Ausg G Großtiere Nutztiere* 45: 362–369. DOI 10.15653/TPG-170301.

Korrespondenzadresse

Lydia Staufenbiel
Kronskamper Str. 3
19306 Neustadt-Glewe
lydiastaufenbiel@freenet.de