

Deklarierte und analysierte Mineralstoffkonzentrationen in 19 marktüblichen Ergänzungsfuttermitteln für Pferde in Deutschland

Eva-Maria Saliu, Luisa Ebersbach, Łukasz Grzeszkowiak und Jürgen Zentek

Institut für Tierernährung, Freie Universität Berlin

Zusammenfassung: Zur korrekten Ergänzung der Ration mit Mengen- und Spurenelementen verlassen sich Pferdebesitzer und Tierärzte auf die deklarierten Angaben zu den Nährstoffgehalten in Ergänzungsfuttermitteln. Ziel dieser Studie war es daher, die deklarierten Konzentrationen von Kalzium, Phosphor, Magnesium, Natrium, Kalium, Eisen, Kupfer, Mangan und Zink in Ergänzungsfuttermitteln mit den analytisch ermittelten Mineralstoffkonzentrationen zu vergleichen. Des Weiteren sollte die bedarfsgerechte Versorgung mit Mineralstoffen anhand der Herstellerempfehlungen beurteilt werden. Die 19 zufällig ausgewählten kommerziellen Ergänzungsfuttermittel stammten von verschiedenen Herstellern und umfassten Produkte, die für Pferdehalter im Internet zugänglich sind. Die Phosphorkonzentration wurde mit Hilfe der Vanadat-Molybdat-Methode und die weiteren Mengen- und Spurenelementkonzentrationen mittels Atomabsorptionsspektroskopie bestimmt. Die Ergebnisse wurden unter Berücksichtigung der Toleranzen gemäß der Verordnung (EG) Nr. 767/2009 und in Berücksichtigung deren neuesten Änderungen durch die Verordnung (EU) 2017/2279 mit den deklarierten Werten verglichen. Anhand der Fütterungsempfehlungen der Hersteller und dem Mineralstoffgehalt in Heu aus Berlin-Brandenburg wurde die tägliche Aufnahme für ein 500 kg schweres Pferd geschätzt und mit den Versorgungsempfehlungen verglichen. Alle 19 analysierten Proben zeigten Abweichungen von den angegebenen Werten über oder unter dem Toleranzbereich in mindestens zwei der analysierten Parameter. Die größten Abweichungen wurden bei der Überschreitung der Konzentrationen von Eisen mit bis zu 1355 % und bei der Unterschreitung bei Kupfer mit bis zu 71 % des deklarierten Wertes beobachtet. Die Mineralstoffkonzentrationen wichen im Durchschnitt um 14 % (Kalzium), 19 % (Phosphor), 17 % (Magnesium und Natrium), 300 % (Eisen), 166 % (Kupfer), 23 % (Mangan), und 66 % (Zink) von den deklarierten Werten ab. Das Kalzium/Phosphor-Verhältnis lag bei 1,5 : 1 bis 6 : 1. Bei Fütterung von Heu und einem der geprüften Ergänzungsfuttermittel laut Herstellerangaben konnten alle Produkte den Versorgungsempfehlungen für Pferde im Erhaltungsstoffwechsel gerecht werden, außer bei Kupfer und Zink, wo größere Abweichungen (Mangel) vorkamen. Die Untersuchung zeigte Abweichungen zwischen den deklarierten und analysierten Mineralstoffkonzentrationen in allen der analysierten Futtermittelproben. Dennoch sind bei Fütterung nach Herstellerangaben für die untersuchten Mineralstoffe mit Einschränkungen für Zink und Kupfer keine gravierenden Mängel oder Überversorgung zu erwarten.

Schlüsselwörter: Pferd, Mineralfutter, Überprüfung, Nährstoffversorgung, Ernährung, Heu, Mineralstoffe

Declared and analysed mineral concentrations in 19 commercial feed supplements from Germany for horses

Balanced diets are essential for horses to maintain health and obtain their performance. Recommendations regarding the daily nutrient supply are reviewed and published by the German Society of Nutrition Physiology (GfE) or the US American National Research Council (NRC). To meet the recommended daily mineral supply, horse owners, veterinarians and animal nutritionists rely on the mineral concentrations in feed supplements as declared by the feed producers. The objective of this study was to compare declared and analysed mineral concentrations in 19 commercial feed supplements. The minerals calcium, phosphorus, magnesium, sodium, potassium, iron, copper, manganese and zinc were investigated. Furthermore, the daily mineral intake from hay and feed supplements was compared to the recommendations by GfE. Nineteen, randomly chosen, commercial feed supplements distributed as mineral supplements for resting horses were considered in this study. Phosphorous concentrations were obtained via the vanadat-molybdat-methode, while calcium, magnesium, sodium, potassium, iron, copper, manganese, and zinc concentrations were measured by atomic absorptions spectroscopy (AAS). The analysed values were compared to the concentrations as declared by the feed producer. Tolerance levels were then applied as specified by the Regulation (EC) No 767/2009. Here, the latest updates by the commission regulation (EU) 2017/2279 were considered. Mineral concentrations in hay from Berlin-Brandenburg, Germany, from the year 2018 were obtained as described. A diet based on 1.5 kg hay/100 kg body weight (BW)/day and feed supplements fed according to producer recommendations was calculated for a horse with 500 kg BW. From this theoretical diet, the mineral supply was compared to recommendations by the GfE. In all 19 analysed feed supplements, deviations from the declared values were observed. These deviations both exceeded and fell below the legal tolerance margins in two or more minerals per sample. All examined feed samples revealed iron concentrations exceeding the declared content, also having the highest content of 1355 % above the declared concentration in one sample. The lowest concentration compared to the declared values was observed for copper, being 71 % lower than declared in one of the examined samples. The average deviations between analysed and declared values were 14 % (calcium), 19 % (phosphorous), 17 % (magnesium and sodium), 300 % (iron), 166 % (copper), 23 % (manganese) and 66 % (zinc). The calcium : phosphorous ratio reached from 1.5 : 1 to 6 : 1, when considering the analysed values. Phosphorous, copper, manganese and zinc concentrations did not meet the recommended daily intake when a ratio based on hay as the singular mineral supply was evaluated. Adding mineral supplements according to manufacturer's recommendations to the daily ratio for a 500 kg horse, the recommended daily mineral intake was met for phosphorous, and manganese, but not for copper and zinc. Here, only 3 and 7 feed supplements, respectively, could balance the ratio according to the GfE recommendations. Accordingly, the copper supply reached 44–117 % of the recommended intake, while zinc was supplied at 61–158 % of the recommended intake. The remaining daily mineral intake recommendations were met by 244 % (Ca), 129 % (P), 296 % (Mg), 412 % (Na), 557 % (K), 273 % (Fe), and 157 % (Mn), on an average. In conclusion deviations between analysed and declared mineral concentrations

could be observed in all 19 investigated feed supplements. Still, nutritional problems are not expected to occur except for zinc and copper, which revealed a substantial undersupply.

Keywords: mineral supplements, verification, nutrient supply, nutrition, hay, minerals

Zitation: E.-M. Saliu, L. Ebersbach, Ł. Grzeškowiak, J. Zentek (2022) Deklarierte und analysierte Mineralstoffkonzentrationen in 19 marktüblichen Ergänzungsfuttermitteln für Pferde in Deutschland. *Pferdeheilkunde* 38, 45–54; DOI 10.21836/PEM20220107

Korrespondenz: Eva-Maria Saliu, Ph. D., Institut für Tierernährung, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Str. 49, 14195 Berlin; eva-maria.saliu@fu-berlin.de

Eingereicht 23. April 2021 | **Angenommen:** 2. August 2021

Einleitung

Eine bedarfsgerechte Ernährung ist Grundlage und Voraussetzung für den Erhalt und die Verbesserung von Tiergesundheit und Leistung von Pferden (Coenen und Meyer 2019, Meyer et al. 2014). Richtwerte für die bedarfsdeckende Nährstoffversorgung werden in Deutschland von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) veröffentlicht, regelmäßig überprüft und angepasst, während international die Publikationen des US-amerikanischen National Research Council (NRC) üblicherweise konsultiert werden (GfE 2014, NRC 2007). Die Bedarfsdeckung wird mit der Nährstoffversorgung über Grundfutter und gegebenenfalls durch Ergänzungsfutter sichergestellt. Bei Pferden in Ruhe oder bei geringer Arbeitsleistung setzt sich eine Ration traditionell aus Grobfuttermitteln wie Heu, Heulage, Silage und/oder Stroh sowie Konzentrat- und Ergänzungsfuttermitteln zusammen (Meyer et al., 2014). Um den Nährstoffgehalt der Ration und somit die Versorgung des Pferdes zu beurteilen und anzupassen, stehen Tierbesitzern bei Einzelfuttermitteln wie Heu Futtermittelanalysen zur Verfügung. Die Zusammensetzung von Mischfuttermitteln, zu denen auch Mineralfutter zählen, können dahingegen direkt anhand der zugehörigen Deklaration beurteilt werden. Die Übereinstimmung deklarerter Werte mit den enthaltenen Nährstoffen ist für eine korrekte Beurteilung der Versorgung mit Nährstoffen essenziell. Hier ist anzumerken, dass gewisse Nährstoffe wie Kalzium und Phosphor unter „Analytische Bestandteile“ oder „Inhaltstoffe“ in ihrer Gesamtkonzentration deklariert werden und somit eine Übereinstimmung der analysierten und deklarierten Werte erwartet wird. Bei Futtermittelzusatzstoffen, zu denen die Spurenelemente zählen, werden dahingegen nur die zum Futter zugesetzten Mengen angegeben, was somit den zu erwartenden Mindestgehalt darstellt.

Die Europäische Union verpflichtet ihre Mitgliedsstaaten zu regelmäßigen amtlichen Futtermittelkontrollen (VO (EG) 882/2004). Hierzu zählt die Überprüfung möglicher Abweichungen zu Herstellerangaben bezüglich der enthaltenen Nährstoffe. In Deutschland ist dies Ländersache und wird vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) koordiniert. Ziele der amtlichen Futtermittelüberwachung sind die Gewährleistung sicherer tierischer Lebensmittel, der Schutz der Tiergesundheit, Sicherung der Tierleistung sowie Schutz des Naturhaushaltes. Hierzu werden sowohl Futtermittel für lebensmittelliefernde Tiere als auch für Haus- und Heimtiere untersucht. Der Fokus liegt hierbei jedoch überwiegend auf Futtermitteln für lebensmittelliefernde Tiere. Das Pferd kann

sowohl den lebensmittelliefernden als auch den nicht lebensmittelliefernden Tieren zugeordnet werden, wird in der Futtermittelüberwachung jedoch bei den lebensmittelliefernden Tieren aufgeführt (BVL 2018). In diesem Zusammenhang wurden 2018 in Deutschland 8982 Mischfutter überprüft, darunter 383 (4%) Mischfuttermittel für Equiden. Bei 859 der überprüften Mischfuttermittel handelte es sich um Mineralfuttermittel (BVL 2018). Mineralfutter sind nach der Rechtsdefinition Ergänzungsfuttermittel für Pferde mit einem Rohaschegehalt von über 40% (VO (EG) 767/2009).

Ziel dieser Untersuchung war es, in Deutschland marktübliche Ergänzungsfuttermittel zur Supplementierung von Mengen- und Spurenelementen für Pferde auf die Übereinstimmung von deklarierten und enthaltenen Mineralstoffkonzentrationen zu überprüfen. Des Weiteren sollte die Versorgung mit Mineralstoffen durch diese Futtermittel anhand der Herstellerempfehlungen beurteilt werden.

Material und Methoden

Probenauswahl

Es wurden 19 marktübliche Ergänzungsfuttermittel zur Versorgung von Pferden mit Mengen- und Spurenelementen (Tabelle 1) nach dem Zufallsprinzip ausgewählt. Die ausgewählten Futtermittelproben stammen von verschiedenen Herstellern und umfassten Produkte, die für Pferdebesitzer im Internet zugänglich waren. Hierbei wurden nur Futtermittel beachtet, welche für Pferde im Erhaltungsstoffwechsel beziehungsweise bei geringer Arbeit vertrieben werden. Je Futtermittel wurde eine verpackte Einheit in der kleinsten verfügbaren Einheit erworben und eine Probe entnommen.

Bestimmung der Mineralstoffkonzentrationen

Die Proben wurden im Labor des Instituts für Tierernährung der Freien Universität Berlin untersucht. Mittels Zentrifugalmühle (ZM200, Firma Retsch, Deutschland) wurden sie über ein Titanringsieb auf eine Partikelgröße von 0,5 mm zerkleinert. Anschließend wurde der Rohaschegehalt gemäß der Weender Analyse (VDLUFA III 8.4) bestimmt. Zur Analyse der Mineralstoffe wurde die säurelösliche Asche bestimmt (VDLUFA III 8.2). Um eine Kontamination mit den zu untersuchenden Parametern zu vermeiden, wurden ausschließ-

lich Gefäße verwendet, die mehrfach mit entmineralisiertem Wasser gesäubert worden waren. Aus der wässrigen Aschelösung wurden die Elemente Kalzium, Magnesium, Natrium, Kalium, Kupfer, Eisen, Mangan und Zink mittels Atomabsorptionsspektrometrie (contrAA 700, Analytic Jena AG, VDLUFA III 10.4.1, 11.1.1, 11.3.2, 11.4.2, 11.5.2) bestimmt. Hierzu wurden die Proben in einer Cäsiumchloridlösung (Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland) verdünnt und die Konzentration über die spezifische Spektralabsorption berechnet. Mittels der Vanadat-Molybdat-Methode wurde die Phosphorkonzentration bestimmt (Gericke und Kurmies, 1952, VDLUFA III 10.6.1). Dazu wurde die Extinktion bei 436 nm photometrisch (Ultrospec™ 2100 pro Amersham Biosciences, Amersham Biosciences Europe GmbH, Freiburg, Deutschland) ermittelt. Alle beschriebenen Untersuchungen wurden in Doppelbestimmung durchgeführt. Die Qualitätssicherung der Analysen erfolgte mittels zweier, voneinander unabhängiger Referenzen (Quality Control Standard 21, Perkin Elmer, USA; BCR383 Haricots verts (major nutrients), BCR®).

Versorgung mit Mineralstoffen

Die tägliche Versorgungsempfehlung an Kalzium, Magnesium, Phosphor, Kalium, Natrium, Eisen, Kupfer, Mangan und Zink wurde anhand der Richtwerte der GfE für Pferde mit einer Körpermasse von 100 bis 800 kg berechnet. Eine Ration aus Heu, Mineralfutter und Öl wurde für Pferde in Ruhe beziehungsweise mit leichter Arbeit vorausgesetzt. Hierbei wurde eine Grobfutteraufnahme von 15 g Trockensubstanz (TS)/kg Körpermasse (KM) und Tag (d) berücksichtigt. Die Daten zu der Nährstoffzusammensetzung im Heu stammten von 16 verschiedenen Heuproben, welche am Institut für Tierernährung der Freien Universität Berlin analysiert worden waren und aus dem Jahr 2018 stammten. Die Proben stammten überwiegend aus Brandenburg. Die Herstellerempfehlungen zur Fütterung der Ergänzungsfuttermittel wurden für die tägliche Ergänzungsfutteraufnahme herangezogen, während die analysierten Werte der Beurteilung der Nährstoffaufnahme dienten. Die tägliche Nährstoffversorgung wurde gemäß den Empfehlungen der GfE (2014) bewertet.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte in Microsoft® Excel® (Microsoft Office Professional Plus 2019, Microsoft®, USA). Die Ergebnisse der Nährstoffanalysen wurden als Durchschnittswerte dargestellt und unter Berücksichtigung der rechtsgültigen Toleranzen mit den von den Herstellern deklarierten Werten verglichen (VO (EU) 2017/2276, VO (EG) 767/2009). Hierbei wurde überprüft, ob die Abweichungen (%) innerhalb der Toleranzen lagen oder diese überschritten. Erhöhte Konzentrationen außerhalb des Toleranzbereichs wurden in den Tabellen durch ↑ markiert, während Unterschreitungen durch ↓ gekennzeichnet wurden. Für die Durchschnittswerte der Nährstoffe im Heu wurden die arithmetischen Mittelwerte, der Median und die Spannweite berechnet. Bei der Ermittlung der Deckung der Versorgungsempfehlungen wurde ebenfalls der Median und die Spannweite der Deckung der Versorgungsempfehlung (%) berechnet.

Ergebnisse

Mineralstoffkonzentrationen und Beurteilung von Abweichungen

Neben den laut Verordnung (EG) 776/2009 zu deklarierenden Kalzium-, Phosphor- und Natriumkonzentrationen wurden bei den untersuchten Proben außerdem der Gehalt an Magnesium (18/19) und Kalium (2/19) angegeben. Des Weiteren wurden Angaben zu Eisen (17/19), Kupfer (19/19), Mangan (19/19), Zink (18/19), Selen (16/19) und Jod (17/19) gemacht.

Von den 19 analysierten Ergänzungsfuttermitteln zeigten alle Proben Abweichungen von den deklarierten Werten der Hersteller (Tabelle 2 und 3). Hierbei wurden die Toleranzen pro Probe in mindestens zwei analysierten Parametern über- bzw. unterschritten. Bei den untersuchten Futtermitteln lagen somit je 16 Kalzium-, Phosphor und Natriumkonzentrationen sowie 15 Magnesium-, 7 Kupfer-, 9 Mangan- und 5 Zinkkonzentrationen im Toleranzbereich der Kennzeichnungsverordnung. Alle analysierten Eisenkonzentrationen waren höher als die deklarierten Werte und lagen außerhalb der Toleranzen. Bei 2 Futtermitteln fehlte eine Angabe zum Eisengehalt. Für Kalzium und Phosphor waren 3 Proben außerhalb des Toleranzbereichs. Hierbei lagen je 2 Proben niedriger und 1 Probe höher als die angegebenen Konzentrationen. Das Kalzium/Phosphor-Verhältnis basierend auf den deklarierten Konzentrationen lag zwischen 1,4:1 und 12:1 beziehungsweise zwischen 1,5:1 und 6:1, wenn die analysierten Werte berücksichtigt wurden. Bezüglich der Magnesium- und Natriumkonzentration wurden in je 3 Proben Werte außerhalb der Toleranzen und niedriger als deklariert nachgewiesen. Ausschließlich bei 2 Futtermitteln standen Herstellerangaben zu dem Kaliumgehalt zur Verfügung und diese lagen deutlich über den analysierten Werten, wobei eine außerhalb des Toleranzbereichs

Tab. 1 Übersicht der verwendeten Ergänzungsfuttermittel mit Angabe zu der Darreichungsform und dem gemessenen Rohaschgehalt. | List of analysed feed supplements displaying the kind of feed form and crude ash content.

Probe	Darreichungsform	Rohasche (g/kg)	Probe	Darreichungsform	Rohasche (g/kg)
Sample	Feed form	Crude ash (g/kg)	Sample	Feed form	Crude ash (g/kg)
1	Pellets	350	11	Cobs	276
2	Pellets	445	12	Cobs	253
3	Pellets	406	13	Cobs	330
4	Pellets	486	14	Riegel	316
5	Pellets	313	15	Riegel	185
6	Pellets	356	16	Riegel	184
7	Pellets	506	17	Pulver	751
8	Pellets	455	18	Pulver	93
9	Pellets	497	19	Müsli	244
10	Cobs	332			

Probe	Eisen (mg/kg US)		Kupfer (mg/kg US)		Mangan (mg/kg US)		Zink (mg/kg US)	
	Analytierte Werte	Abweichung (%)	Analytierte Werte	Abweichung (%)	Analytierte Werte	Abweichung (%)	Analytierte Werte	Abweichung (%)
1	2910	↑2710 ¹	420	-80 ³	875	↑175 ³	2524	↓-1476 ²
2	2990	↑1990 ²	237	↑183 ¹	942	↑442 ³	1386	↑703,1 ²
3	1657	-	387	↓-113 ³	702	↓-98 ³	2887	↓-913 ²
4	4418	↑3268 ²	779	↓-271 ²	1506	56 ²	4644	-356 ²
5	3259	↑1259 ²	459	↓-241 ³	1485	↓-515 ²	2994	↓-1006 ²
6	1495	↑745 ³	848	↓-152 ³	4038	-362 ²	4976	↓-1374 ²
7	2358	↑1708 ³	376	-44 ¹	1132	↑132 ²	1990	↑1770 ¹
8	3033	↑833 ²	567	-33 ³	1535	-65 ²	2414	↓-586 ²
9	2839	↑1939 ³	88	-2 ¹	612	↑302 ¹	510	600 -90 ³
10	2554	↑2354 ¹	351	-149 ³	606	-94 ³	2046	↓-1954 ²
11	1691	-	262	↑125 ¹	837	-13 ³	1751	↓-233 ²
12	2143	↑1918 ¹	423	↓-1037 ²	1149	89 ²	2825	-
13	2475	↑975 ²	395	↓-255 ³	2687	-13 ²	2767	↓-533 ²
14	1330	↑590 ³	264	↓-66 ¹	843	93 ³	1507	↓-428 ²
15	3455	↑1055 ²	610	↓-150 ³	1441	↓-259 ²	3189	↓-1011 ²
16	2567	↑567 ²	333	↓-147 ¹	806	↓-694 ²	1699	↓-1751 ²
17	2895	↑1745 ²	570	70 ³	1208	58 ³	5139	139 ²
18	974	↑474 ³	28	↑8 ¹	268	↑68 ¹	586	86 ²
19	1760	↑760 ²	348	-32 ¹	1712	↓-288 ²	1834	-166 ²

Sample	Iron (mg/kg os)		Copper (mg/kg os)		Manganese (mg/kg os)		Zinc (mg/kg os)	
	Declared values	Deviation (%)	Declared values	Deviation (%)	Declared values	Deviation (%)	Declared values	Deviation (%)
1	2910	↑1355 ¹	500	-16 ³	875	↑25 ³	4000	↓-367 ²
2	2990	↑199 ²	54	↑342 ¹	942	↑88 ³	683	↑103 ²
3	1657	-	500	↓-23 ³	702	↓-12 ³	3800	↓-24 ²
4	4418	↑284 ²	1050	↓-26 ²	1506	4 ²	5000	-7 ²
5	3259	↑63 ²	700	↓-34 ³	1485	↓-26 ²	4000	↓-25 ²
6	1495	↑99 ³	1000	↓-15 ³	4038	-8 ²	6350	↓-22 ²
7	2358	↑263 ³	420	-11 ¹	1132	↑13 ²	220	↑1770 ¹
8	3033	↑38 ²	600	-6 ³	1535	-4 ²	3000	↓-20 ²
9	2839	↑216 ³	90	-2 ¹	612	↑97 ¹	600	-15 ³
10	2554	↑1177 ¹	500	-30 ³	606	-13 ³	4000	↓-49 ²
11	1691	-	137	↑91 ¹	837	-2 ³	1984	↓-12 ²
12	2143	↑852 ¹	1460	↓-71 ²	1149	8 ²	nd	-
13	2475	↑65 ²	650	↓-39 ³	2687	-0,5 ²	3300	↓-16 ²
14	1330	↑80 ³	330	-20 ¹	843	12 ³	1935	↓-22 ²
15	3455	↑44 ²	760	↓-20 ³	1441	↓-15 ²	4200	↓-24 ²
16	2567	↑28 ²	480	↓-31 ¹	806	↓-46 ²	3450	↓-51 ²
17	2895	↑152 ²	500	14 ³	1208	5 ³	5000	3 ²
18	974	↑95 ³	20	↑411	268	↑341	500	86 ²
19	1760	↑76 ²	380	-8 ¹	1712	↓-14 ²	2000	-166 ²

nd: nicht deklariert/not declared, os/US: Ursprungssubstanz/original substance; zulässige Toleranzen laut VO (EG) 767/2009 und VO 2017/2279/allowed tolerance levels: ¹20 %, ²10 %, ³100 Einheiten/Units; ↓ weist auf eine Unterschreitung, ↑ auf eine Überschreitung der Toleranzbereiche hin/ ↓ show values below and ↑ above the declared values, outside the tolerance levels.

lag. Neun analysierte Kupferkonzentrationen lagen unter und 3 über den deklarierten Werten, außerhalb der Toleranzbereiche. Der Zinkgehalt unterschritt in 11 Proben die deklarierten Werte über den Toleranzbereich hinaus, während in 2 Proben ein Überschuss jenseits der Toleranzen festgestellt wurde. Die analysierten Manganwerte lagen in 5 Proben oberhalb und in 5 Proben unterhalb der Herstellerangaben und gleichzeitig außerhalb der Toleranzen.

Abdeckung der Versorgungsempfehlungen

Geht man davon aus, dass ein Pferd nur leichte Arbeit ausübt, kann der Energiebedarf in der Regel ohne Konzentratfutter gedeckt werden (Meyer et al. 2014). Somit sind die Mineralstoffe, welche dem Pferd über die Ration zugeführt werden, über Grob- und Mineralfutter einzubeziehen. Tabelle 4 stellt die Mittelwerte der Mineralstoffgehalte in Heu aus Berlin und Brandenburg aus dem Jahr 2018 basierend auf 16 Heuanalysen dar. Die Menge des täglich verabreichten Ergänzungsfutters wurde in der Deklaration der Produkte angegeben, entweder auf die Körpermasse bezogen (8/19) oder als Menge pro Tier (11/19). Die geringste vom Hersteller empfohlene Menge wurde als Ergänzung zum Heu berücksichtigt und in Tabelle 6 beispielhaft für ein 500kg schweres Pferd dargestellt. Das Verhältnis zu den Versorgungsempfehlungen wurde ebenfalls aufgezeigt, wobei eine Deckung der täglichen Versorgungsempfehlung durch alle untersuchten Proben bei Heufütterung hinsichtlich Kalzium, Phosphor, Magnesium, Natrium, Kalium, Eisen und Mangan gegeben war.

Die Kupfer- und Zinkversorgungsempfehlung konnte in 16 beziehungsweise 12 von 19 Fällen nicht erreicht werden. Im Durchschnitt wurde die Mineralstoffversorgungsempfehlung bei dieser Beispielrechnung zu 236 % (198–298, Ca), 131 % (115–149, P), 292 % (271–366, Mg), 395 % (358–497, Na), 263 % (239–324, Fe), 71 % (44–117, Cu), 147 % (134–210, Mn) und 90 % (61–158, Zn) durch die berechneten Rationen gedeckt (Median und Spannweite). Zum Vergleich wurden die Toleranzen in Tabelle 5 dargestellt.

Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden 19 Ergänzungsfuttermittel für Pferde auf ihren Gehalt an Mengen- und Spurenelementen untersucht und die analysierten Werte mit der Deklaration verglichen. Bei den Ergänzungsfuttermitteln handelte es sich sowohl um Mineralfuttermittel, welche laut Definition mindestens 40% Rohasche enthalten (VO (EG) 767/2009), wie auch um Ergänzungsfuttermittel, welche trotz niedrigerem Rohaschegehalt von den Herstellern zur Versorgung der Pferde mit Mineralstoffen vertrieben wurden. Die genaue Zuordnung der Ergänzungsfuttermittel war mangels fehlender Deklaration der Rohaschegehalte (8/19) häufig nicht möglich. Außerdem wurden auch Ergänzungsfuttermittel mit einem Rohaschegehalt von weniger als 40% häufig unter „Mineralfutter“ auf der Homepage von Herstellern und Drittanbietern geführt, beziehungsweise diese Ergänzungsfuttermittel fälschlicherweise in der Produktbeschreibung als Mineralfuttermittel bezeichnet. Es ist somit davon auszugehen, dass Pferdebesitzer sowohl

Tab. 4 Mittelwerte, Median und Spannweite von ausgewählten Mineralstoffen und der Trockensubstanz aus 16 verschiedenen Heuproben aus Berlin-Brandenburg, 2018. | Mean values, median and range of minerals and dry matter from 16 hay samples from Berlin-Brandenburg, 2019.

	Trockensubstanz (g/kg)	Kalzium (g/kg)	Phosphor (g/kg)	Natrium (g/kg)	Magnesium (g/kg)	Kalium (g/kg)	Eisen (mg/kg)	Kupfer (mg/kg)	Mangan (mg/kg)	Zink (mg/kg)
	Dry matter (g/kg)	Calcium (g/kg)	Phosphor (g/kg)	Sodium (g/kg)	Magnesium (g/kg)	Potassium (g/kg)	Iron (mg/kg)	Copper (mg/kg)	Manganese (mg/kg)	Zinc (mg/kg)
Mittelwert/ Mean value	952,9	4,3	1,8	1,2	1,9	10,3	117,4	5,6	69,2	25,9
Median	952,0	3,7	1,4	1,1	1,9	8,6	74,8	5,5	57,3	23,2
Spannweite/ range	932,9–964,3	1,8–9,8	0,9–4,4	0,5–2,6	1,1–3,4	3,6–23,7	31,8–317,4	2,7–10,0	19,0–185,8	13,4–50,0

Tab. 5 Versorgungsempfehlungen und Toleranzgrenzen zum Mineralstoffgehalt in der Tagesration eines Pferdes im Erhaltungsstoffwechsel bei einer täglichen Futteraufnahme von 1,5kg Trockensubstanz je100kg Körpermasse. | Recommended daily mineral intake and tolerance levels in daily ratios for horses in maintenance when feeding 1.5 kg feed per 100 kg bodyweight per day.

	Kalzium (g/kg TS)	Phosphor (g/kg TS)	Natrium (g/kg TS)	Magnesium (g/kg TS)	Kalium (g/kg TS)	Eisen (mg/kg)	Kupfer (mg/kg)	Mangan (mg/kg)	Zink (mg/kg)
	Calcium (g/kg DM)	Phosphor (g/kg DM)	Sodium (g/kg DM)	Magnesium (g/kg DM)	Potassium (g/kg DM)	Iron (mg/kg DM)	Copper (mg/kg DM)	Manganese (mg/kg DM)	Zinc (mg/kg DM)
Versorgungsempfehlung ¹ / Recommendations (GfE, 2014)	2–3	1,4–2,4	0,3–0,6	0,7–1,1	1,7–2,9	50–84	13–21	50–84	50–84
Toleranzgrenze/ Tolerance levels	6–9 ²	4–7 ²	-	2–3 ²	33 ²	750 ³ /1000 ⁴	25 ³ /250 ⁴	150 ³ /400 ⁴	150 ³ /500 ⁴

TS: Trockensubstanz, DM: dry matter; ¹Versorgungsempfehlungen für Pferde im Erhaltungsstoffwechsel mit einer Körpermasse (KM) von 100 – 800 kg bei einer Futteraufnahme von 1,5 kg TS/100 kg KM/ recommendations for resting horses with a bodyweight of 100 – 800 kg and a feed intake of 1.5 kg DM/kg bodyweight; ²(Coenen et al., 2019), ³legale Höchstgehalte im (mg/Tag) laut VO (EG) Nr. 1334/2003/legal maximum values according to (EG) Nr. 1334/2003, ⁴Toxischer Bereich/toxic levels

Probe	Kalzium		Phosphor		Magnesium		Natrium		Kalium		Eisen		Kupfer		Mangan		Zink	
	Ergänzungsfuttermittel (g/d)	Verhältnis zur Empfehlung (%)	Aufnahme (g/d)	Verhältnis zur Empfehlung (%)	Aufnahme (g/d)	Verhältnis zur Empfehlung (%)	Aufnahme (g/d)	Verhältnis zur Empfehlung (%)	Aufnahme (g/d)	Verhältnis zur Empfehlung (%)	Aufnahme (g/d)	Verhältnis zur Empfehlung (%)	Aufnahme (g/d)	Verhältnis zur Empfehlung (%)	Aufnahme (g/d)	Verhältnis zur Empfehlung (%)	Aufnahme (g/d)	Verhältnis zur Empfehlung (%)
Sample	Uptake: feed supplement (g/d)	Relation to recommendation (%)	Total uptake (g/d)	Relation to recommendation (%)	Total uptake (g/d)	Relation to recommendation (%)	Total uptake (g/d)	Relation to recommendation (%)	Total uptake (g/d)	Relation to recommendation (%)	Total uptake (g/d)	Relation to recommendation (%)	Total uptake (g/d)	Relation to recommendation (%)	Total uptake (g/d)	Relation to recommendation (%)	Total uptake (g/d)	Relation to recommendation (%)
1	50	226	15	123	16	284	11	393	82	556	1142	270	76	71	610	144	393	93
2	70	298	18	148	20	366	12	426	82	561	1372	324	80	75	686	162	412	97
3	50	259	16	131	17	303	13	453	82	556	1089	258	83	78	615	145	493	116
4	100	271	18	149	16	294	14	488	82	557	1365	323	122	115	695	164	668	158
5	50	219	14	118	16	281	11	371	81	553	1087	257	67	63	619	146	353	84
6	40	223	15	125	16	285	11	377	82	555	1013	240	95	90	787	186	502	119
7	60	246	16	137	16	292	14	466	82	555	1112	263	74	70	635	150	363	86
8	125	292	16	135	17	307	14	497	82	557	1348	319	123	117	759	180	542	128
9	100	294	17	138	18	313	12	427	82	557	1279	302	55	52	621	147	268	63
10	50	225	15	125	16	290	11	395	82	557	1115	264	70	67	590	139	357	84
11	50	230	15	124	17	310	11	394	82	559	1093	258	70	66	628	149	379	90
12	50	217	15	122	16	280	10	358	82	555	1052	249	69	66	613	145	373	88
13	75	255	16	131	16	294	12	397	82	559	1233	292	93	88	880	208	550	130
14	83	282	17	140	17	307	14	479	83	562	1145	271	88	83	685	162	455	108
15	25	202	14	115	16	281	11	367	81	554	1096	259	75	71	617	146	363	86
16	25	203	14	115	16	283	11	372	81	553	1052	249	61	57	585	138	289	68
17	30	236	16	131	15	271	11	371	81	552	1011	239	61	58	581	137	358	85
18	50	198	14	115	15	272	11	368	82	557	1011	239	47	44	569	134	257	61
19	125	269	17	138	17	306	12	425	83	565	1276	302	114	107	887	210	571	135

aus Gesamtration bestehend aus Ergänzungsfuttermittel und Heu/daily ratio: hay and feed supplements

Ergänzungsfuttermittel mit mehr als auch mit weniger als 40% Rohasche den Mineralfuttermitteln zuordnen. Dies wurde entsprechend bei der Auswertung und Beurteilung der untersuchten Futtermittelproben beachtet.

Um die korrekte Versorgung der Pferde mit Nährstoffen zu berechnen, beziehungsweise dies zu überprüfen, ist die Kenntnis über den Nährstoffgehalt in den Futtermitteln essenziell. Während bei Einzelfuttermitteln entsprechende Analysen sinnvoll sind, wird bei der Beurteilung des Nährstoffgehalts in Mischfuttermitteln die Deklaration berücksichtigt. Somit ist die Übereinstimmung der deklarierten mit den tatsächlich enthaltenen Nährstoffgehalten essenziell. Dennoch ist eine gewisse Schwankung zu erwarten und wird innerhalb von rechtlich definierten Toleranzbereichen geduldet (Verordnung (EG) Nr. 767/2009, Verordnung (EU) 2017/2279). Bei den durchgeführten Untersuchungen fielen teilweise erhebliche Diskrepanzen zwischen analysierten und deklarierten Mineralstoffkonzentrationen auf, welche außerhalb der von der Verordnung (EG) Nr. 767/2009 beziehungsweise Verordnung (EU) 2017/2279 vorgeschriebenen Bemessungsspielräumen lagen. Die aufgewiesenen Diskrepanzen wichen in beide Richtungen (höhere/tiefere Werte) von den deklarierten Werten ab. Eine Verunreinigung der Proben durch die Verarbeitung im Labor konnte durch die interne Qualitätskontrolle und die Verwendung von Materialien, welche keine der untersuchten Mineralstoffe beinhalten, sowie deren Reinigung mit entmineralisiertem Wasser ausgeschlossen werden.

In den untersuchten Proben wichen 2 bis 5 (Median: 3) der untersuchten Parameter von der Deklaration ab. Zwei Proben wiesen mit je 5 Abweichungen die höchste Diskrepanz in den untersuchten Parametern auf, gefolgt von 5 Proben mit Abweichungen in je 4 der untersuchten Parameter. Die niedrigste Anzahl an Abweichungen wurde in 2 Proben mit je 2 Abweichungen festgestellt. Bei den übrigen Proben wurden bei 3 der untersuchten Parameter Abweichungen verzeichnet. Im Vergleich zu den 2018 amtlich durchgeführten 383 Proben von Mischfuttermitteln für Equiden wurden somit deutlich mehr Abweichungen festgestellt (BVL, 2018). Allerdings wurden bei den amtlichen Proben lediglich 68 (Ca), 20 (K), 34 (Mg), 42 (Na) beziehungsweise 45 (P) Proben auf den Gehalt an Mineralstoffkonzentrationen überprüft und mit der Deklaration verglichen. Der Spurenelementgehalt wurde dort jedoch in keiner Probe hinsichtlich des analysierten Gehaltes im Vergleich zur Deklaration überprüft (BVL, 2018). Bei den amtlich untersuchten Proben handelte es sich um nicht näher spezifizierte Mischfutter für Equiden, während sich die Untersuchungen der vorliegenden Studie auf Ergänzungsfuttermittel mit relativ hohen Mineralstoffkonzentrationen bezogen. Die amtlichen Untersuchungen konnten nur 3/68 Überschreitungen der Kalziumkonzentration und 1/42 Überschreitungen der Natriumkonzentration feststellen. Untersuchungen von mineralischen Ergänzungsfuttermitteln für verschiedene Tierarten zeigten dahingegen 14/657 (Ca), 0/216 (K), 2/375 (Mg), 4/484 (Na) und 5/544 (P) Überschreitungen und 20/657 (Ca), 0/216 (K), 5/375 (Mg), 5/484 (Na) und 4/544 (P) Überschreitungen der deklarierten Mineralstoffkonzentrationen über die zulässigen Abweichungen hinaus.

Lediglich 4% der amtlich überprüften Mischfuttermittel konnten 2018 den Equiden zugewiesen werden (BVL, 2018). Unabhängige

Überprüfungen können helfen, wichtige Informationen für Pferdebesitzer bereitzustellen. Eine solche Alternative bietet beispielsweise der Verein Futtermitteltest (VFT) e.V., ein Zusammenschluss landwirtschaftlicher Organisationen, welcher Warentests bei Mischfuttermitteln durchführt. Der VFT führte zwischen Dezember 2018 und Juli 2019 42 Überprüfungen von Futtermitteln für Pferde durch, welche unter anderem 30 Ergänzungsfuttermittel für ausgewachsene Pferde mit unterschiedlicher Arbeitsleistung umfassten (VFT, 2019). Insgesamt wurden bei 40% der Proben Abweichungen zur Deklaration festgestellt, jedoch wurde hinsichtlich der Mengen- und Spurenelemente lediglich bei Kalzium eine Abweichung festgestellt. Allerdings wurden auch hier keine Ergänzungsfuttermittel zur Versorgung mit Spuren- und Mengenelementen beziehungsweise Mineralfuttermittel untersucht, sondern Ergänzungsfuttermittel im Sinne von Konzentratfuttermitteln gewählt. Die Darreichungsform (Pellets oder Müsli) zeigte einen wesentlichen Einfluss auf die Anzahl der Abweichungen. Dies wurde mit einer höheren Entmischung bei nicht pelletiertem Futter begründet. In der vorliegenden Studie wurden neben pelletierten Futtermitteln auch zwei Proben in Pulverform und ein Müsli untersucht. Diese zeigten jedoch nicht häufiger Abweichungen als andere Proben. Dennoch wurde die größte negative Abweichung vom Kalzium- und Phosphorgehalt (Probe 18) sowie vom Magnesiumgehalt (Probe 17) in diesen Proben nachgewiesen. Eine Schlussfolgerung hinsichtlich der Darreichungsform kann hier auf Grund der niedrigen Anzahl nicht erfolgen. Es ist anzunehmen, dass die häufiger beobachteten Abweichungen zwischen deklarierten und analysierten Werten bei Ergänzungsfuttermitteln für Pferde in der vorliegenden Studie im Vergleich zu den amtlich gezogenen sowie der von dem VFT untersuchten Proben darauf beruhen, dass eine andere Futtermittelart Schwerpunkt der Untersuchung war. Somit stellen sich Mineralfuttermittel und ähnliche Ergänzungsfuttermittel für Pferde als Futtermittelart dar, welche von einer frequenteren, unabhängigen Überprüfung profitieren würden.

Es ist anzumerken, dass auch in der vorliegenden Untersuchung die Mengenelemente deutlich seltener von den deklarierten Werten abwichen als die Spurenelemente: Ca 3/19, P 3/19, Mg 3/18, Na 3/19. Im Gegensatz zu Mengenelementen, welche zu den Einzelfuttermitteln zählen und somit unter „analytische Bestandteile“ mit dem Gesamtgehalt deklariert werden, sind Spurenelemente Futtermittelzusatzstoffe laut Verordnung (EG) 1831/2003. Hier wird nicht der Gesamtgehalt im Futtermittel, sondern die zugesetzte Menge an Zusatzstoffen deklariert. Teilweise bedarf dies noch einer Umrechnung, wenn statt dem Element nur der Gehalt von Mineralstoffverbindungen deklariert wurde. Somit kann eine Überschreitung der deklarierten Werte darauf beruhen, dass das untersuchte Spurenelement grundsätzlich auch in anderen verwendeten Komponenten enthalten ist. So werden Elemente nicht in der reinen Form, sondern als Verbindungen mit anderen Elementen (Salze) und einer Vielzahl an Begleitstoffen gewonnen und dem Futter zugefügt. Eine weitere Möglichkeit für Überschreitungen ist, dass Maschinenoberflächen, welche mit der Futtermatrix in Kontakt kommen, diese Spurenelemente enthalten, welche durch Abrieb in das Futter übergehen. Dies erklärt, dass wie im Beispiel Eisen, erhöhte Werte gemessen werden können. Hier wurden auch die höchsten abweichenden Konzentrationen mit einem bis zu 14,5-fachem Gehalt (Probe 2) der deklarierten Werte beobachtet. Da das Ergänzungsfuttermittel jedoch im Vergleich zum Grobfutter nur einen geringen Beitrag zu der Eisenversor-

gung der Pferde leistet, ist dies aus ernährungsphysiologischer Sicht als unbedenklich zu beurteilen. Bezüglich der Zink- und Kupferkonzentrationen wurden in je drei Proben höhere Werte als deklariert beobachtet mit der höchsten Abweichung in Probe 4 (Cu, 4,4-fach des deklarierten Wertes) beziehungsweise Probe 14 (Zn, 9-fach des deklarierten Wertes). Gesetzliche Höchstgrenzen sind für Alleinfuttermittel bzw. die Tagesration auf Basis von EU-Verordnungen definiert (VO (EG) 1831/2003, VO (EG) 767/2009). Die festgelegten Höchstgehalte müssen bei Pferden rechnerisch auf die Gesamtration transformiert werden. Eine Gefahr der Überschreitung dieser Höchstgrenzen bei Fütterung laut Herstellerangaben konnte hinsichtlich der untersuchten Mineralstoffe eruiert werden. Niedrigere Werte können jedoch nicht so einfach erklärt werden. Unterschreitungen wurden vor allem bei Zink (11/18) und Kupfer (8/19), aber auch bei Mangan (5/19) beobachtet. Mangan wies durchschnittlich die geringsten (23%) Abweichungen von den deklarierten Werten auf. Der Selengehalt wurde in der vorliegenden Studie nicht untersucht. Selen ist aus ernährungsphysiologischer Sicht sehr interessant, da bereits kleine Abweichungen von den Versorgungsempfehlungen zu einem Mangel, beziehungsweise in den toxischen Bereich führen können (GfE, 2014). Das primäre Ziel dieser Studie war jedoch nicht, die Eignung der Ergänzungsfuttermittel zur Deckung der Versorgungsempfehlungen zu überprüfen. Vielmehr sollte die Übereinstimmung der Deklaration mit den gemessenen Konzentrationen anhand einiger ausgewählter Mineralstoffe kontrolliert werden.

Die korrekte Probenentnahme für die amtliche Untersuchung von Futtermitteln ist rechtlich festgelegt (VO (EG) 152/2009, VO (EU) 691/2013). Je nachdem wie groß die Charge ausfällt, sind unterschiedlich viele Einzelproben zu untersuchen. Dies wurde hier nicht berücksichtigt, was eine Verallgemeinerung ausschließt, da sich die Analysendaten ausschließlich auf die untersuchte Probe beziehen. Nichtsdestotrotz sollten die beobachteten, teilweise erheblichen Abweichungen ernst genommen werden und dazu anregen, häufiger Futtermittel dieser Art in akkreditierten Laboren zu überprüfen.

Eine genaue Deckung der Versorgungsempfehlungen verschiedener Nährstoffe durch die Tagesration ist in der Praxis nicht möglich. Ziel ist es vielmehr, sowohl eine Unter- als auch eine Überversorgung zu vermeiden. Somit enthält eine ausgewogene Tagesration in der Regel mehr Mineralstoffe, als es die Versorgungsempfehlungen vorsehen. Da die übermäßige Zufuhr von Mineralstoffen schnell zu einer Umweltbelastung führen kann sollte diese „Überfütterung“ jedoch möglichst geringgehalten werden. Eine übermäßige Überversorgung kann zu Gesundheitsschäden führen und muss vermieden werden. Um die bedarfsgerechte Versorgung der Pferde mit Mengen- und Spurenelementen zu beurteilen, wurde die Deckung der Versorgungsempfehlungen durch das Grobfutter beurteilt. Hier zeigte sich, dass die Empfehlung zur täglichen Aufnahme der untersuchten Mengenelemente, mit Ausnahme von Phosphor bei Pferden mit einer Körpermasse unter 400 kg, durch das Grobfutter bereits gedeckt wurde. Teilweise wurden Mineralstoffe in bis zu 2- (Ca), 3- (Magnesium), 3,6- (Na) und 6-facher (K) Menge zugeführt. Bezüglich der Spurenelemente zeigte sich eine Deckung der Mangan- (außer 100 kg schwere Pferde) und Eisenversorgungsempfehlungen durch das Grobfutter. Dahingegen stellte sich eine mangelhafte Zufuhr für Kupfer und Zink dar. Die beschriebenen Differenzen sollten

als Anhaltspunkt bei der Erstellung einer Ration gelten. Bei dem hier gewählten Beispiel mit Heu aus Berlin-Brandenburg muss folglich der Schwerpunkt auf der Kupfer- und Zinkversorgung liegen. Die beispielhafte Darstellung der Versorgung mit Mineralstoffen eines 500 kg schweren Pferdes durch die Aufnahme von 1,5 kg TS Grobfutter/100 kg Körpermasse/Tag und Ergänzungsfuttermittel laut Herstellerangaben (Mindestmenge) zeigt, dass bei entsprechender Fütterung der Kupfergehalt nur in 3 Proben und der Zinkgehalt nur in 7 Proben den Versorgungsempfehlungen entsprach. Kupfermangel kann unter anderem zu einer mangelhaften Ausbildung der Knochenstruktur (Bridges et al. 1984, Eamens et al. 1984, NRC 2007, Pagan 2001), einer Depigmentierung (McLean und Jones 1983) sowie einer Uterusarterienruptur bei trächtigen Stuten führen (Stowe 1968). Zinkmangel kann Akanthose, Hyperkeratose, Parakeratose und Wachstumseinbußen verursachen (GfE 2014, NRC 2007). Da teilweise nur gut die Hälfte der Versorgungsempfehlungen durch die Ration gedeckt wurde, kann diese Problematik im Einzelfall relevant werden. Die Versorgung mit Eisen betrug bis zu dem 2,6-fachen der Empfehlung. Hämochromatose und Hepatopathien wurden als mögliche Folge einer (chronischen) Eisenüberversorgung beschrieben (Casteel 2001, Theelen et al. 2019), jedoch gilt eine tägliche Aufnahme von bis zu 50 mg Eisen/kg KM als unkritisch (GfE 2014, Pearson und Andreasen 2001). In den berechneten Rationen beträgt die tägliche Aufnahme maximal 2,7 mg/kg KM und kann somit als unkritisch bewertet werden. Es ist davon auszugehen, dass ein erheblicher Teil des Eisens durch Kontamination resultiert. Unbekannt ist, wie gut die Verfügbarkeit solcher Eiseneinträge für die Pferde ist.

Bei den Mengenelementen konnte vor allem bei Kalium, Natrium und Magnesium eine Überversorgung festgestellt werden. Mögliche Folgen einer Hyperkaliämie sind Bradykardie, aber auch Muskelschwäche (Spier et al. 1990). Da Blutwerte hier keine zuverlässigen Aussagen liefern, sollte die Versorgung der Tiere bevorzugt auf einer Rationsbeurteilung beruhen (Palmiere et al. 2017). Die Magnesiumversorgung lag knapp bei dem 3-fachen Wert der Empfehlungen (GfE 2014). Bei diesen Konzentrationen sind keine negativen Einflüsse bekannt, jedoch kann es bei gleichzeitig hohen Phosphorkonzentrationen zu einem erhöhten Risiko der Harn- und Darmsteinbildung führen (Coenen und Meyer, 2019). Eine 2- bis 3-fache Kalziumüberversorgung können Pferde relativ gut tolerieren. Hier ist jedoch wichtig, dass das Kalzium/Phosphorverhältnis weiterhin zwischen 1:1 und 3:1 liegt. Dies wurde bei allen Rationen erfüllt. Mit dem engsten Ca/P-Verhältnis von 2,5 und dem weitesten Ca/P-Verhältnis von 3,0 lag dies jedoch nahe an der empfohlenen Obergrenze.

Die Abweichungen von den deklarierten Werten kann bei der Erstellung einer Ration basierend auf den Herstellerangaben zu einer Über- beziehungsweise Unterversorgung mit Mineralstoffen führen, sowie ein unausgewogenes Verhältnis zwischen den unterschiedlichen Mineralstoffen verursachen. Dies ist für einen Pferdebesitzer meist nicht ersichtlich und bedarf entsprechender Analysen und Berechnungen. Die hier beispielhaft aufgeführte Beurteilung der Versorgung mit Mineralstoffen eines 500 kg schweren Pferdes mit Heu aus Berlin-Brandenburg von 2018 sowie Ergänzungsfuttermittel zur Deckung des Mineralstoffbedarfes muss kritisch betrachtet werden. Heu unterscheidet sich in seiner Nährstoffzusammensetzung erheblich abhängig von

Faktoren wie Standort, Erntezeitpunkt, Düngung, botanischer Zusammensetzung und Klima (Brown und Hollowell 1941, Elberse et al. 1983, Ward 1959). Somit kann die Eignung des Ergänzungsfuttermittels zur Versorgung der Tiere mit Mineralstoffen nur im Zusammenhang mit einer Nährstoffanalyse des Grobfutters zufriedenstellend sein. Es weist außerdem darauf hin, dass das passende Ergänzungsfutter anhand der Mineralstoffversorgung durch das Grobfutter gewählt werden sollte.

Schlussfolgerungen

Aus der vorliegenden Studie geht hervor, dass teilweise erhebliche Abweichungen zu den deklarierten Mengen- und Spurenelementkonzentrationen in Ergänzungsfuttermitteln für Pferde zur Deckung des Mineralstoffbedarfes vorlagen. Dies kann die korrekte Bewertung einer Ration und somit die Deckung des Nährstoffbedarfes erschweren. Idealerweise sollte eine Rationsgestaltung daher im Bedarfsfall durch Analysen gestützt und spezifisch auf das verwendete Grobfutter angepasst werden. Dies, um sowohl eine Unterversorgung, eine starke Überversorgung, als auch eine Umweltbelastung zu verhindern.

Literaturverzeichnis

- Bridges C. H., Womack J. E., Harris E. D., Scrutchfield W. L. (1984) Considerations of Copper Metabolism in Osteochondrosis of Suckling Foals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 185, 173–178
- Brown B. A., Hollowell E. A. (1941). The Chemical Composition of Some Pasture and Hay Plants as Affected by Soils and Fertilizers. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 5, 131–139; DOI 10.2136/sssaj1941.036159950005000C9799
- BVL Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2018). Jahresstatistik 2018 Über Die Amtliche Futtermittelüberwachung in Der Bundesrepublik Deutschland (Langfassung 2018). Verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Tiere/Futtermittel/Futtermittel-Jahresueberwachung-2018-Lang.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (aufgerufen am 23.04.2021).
- Casteel S. W. (2001). Metal Toxicosis in Horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 17, 517–527; DOI 10.1016/S0749-0739(17)30049-4
- Coenen M., Meyer H. (2019) 4.3 Mengenelemente. *Pferdefütterung*, Hrsg. Coenen, M., Vervuert, I., Thieme, Stuttgart. 6. Aktualisierte Auflage, 98–108; DOI 10.1055/b-006-161670
- Eamens G. J., Macadam J. F., Laing E. A. (1984) Skeletal Abnormalities in Young Horses Associated with Zinc Toxicity and Hypocuprosis. *Aust. Vet. J.* 61, 205–207; DOI 10.1111/j.1751-0813.1984.tb05989.x
- Elberse W. T., van den Bergh J. P., Dirven J. G. P. (1983) Effects of Use and Mineral Supply on the Botanical Composition and Yield of Old Grassland on Heavy-Clay Soil. *Neth. J. agric. Sci.* 31, 63–88; DOI 10.18174/njas.v31i1.16962
- EG-Verordnung (2009) Nr. 152/2009 Der Kommission v. 27.01.2009 Zur Festlegung Der Probenahmeverfahren Und Analysemethoden Für Die Amtliche Untersuchung Von Futtermitteln. ABl. L 54. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX%3A32009R0152> (aufgerufen am 23.04.2021).
- EU-Verordnung (2013) Nr. 691/2013 Der Kommission vom 19.07.2013 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 152/2009 hinsichtlich der Probenahmeverfahren und Analysemethoden. ABl. L 197. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=celex%3A32013R0691> (aufgerufen am 23.04.2021).
- EG-Verordnung (2009) Nr. 767/2009 Des Europäischen Parlaments Und Des Rates v. 13. 07.2009 Über Das Inverkehrbringen und Die Verwendung Von Futtermitteln. ABl. L 229. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32009R0767> (aufgerufen am 23.04.2021).
- EU-Verordnung (2017) 2017/2279 der Kommission v. 11.12.2017 zur Änderung der Anhänge II, IV, VI, VII und VIII der Verordnung (EG) Nr. 767/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Futtermitteln. ABl. L 328. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2017/2279/oj?locale=de> (aufgerufen am 23.04.2021)
- EG-Verordnung (2004) Nr. 882/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates v. 29.04.2004 über amtliche Kontrollen zur Überprüfung der Einhaltung des Lebensmittel- und Futtermittelrechts sowie der Bestimmungen über Tiergesundheit und Tierschutz. ABl. L 165. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32004R0882> (aufgerufen am 23.04.2021)
- EG-Verordnung (2003) Nr. 1831/2003 Des Europäischen Parlaments Und Des Rates v. 22.09.2003 Über Zusatzstoffe Zur Verwendung in Der Tierernährung. ABl. L 268. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32003R1831> (aufgerufen am 23.04.2021)
- EG-Verordnung (2003) Nr. 1334/2003 der Kommission v. 25.07.2003 zur Änderung der Bedingungen für die Zulassung einer Reihe von zur Gruppe der Spurenelementzählenden Futtermittelzusatzstoffen. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R1334&qid=1408373639232&from=DE> (aufgerufen am 21.07.2021).
- Gericke S., Kurmies B. (1952) Colorimetrische Bestimmung Der Phosphorsäure Mit Vanadat-Molybdat. *Fresenius Z. Anal. Chem.* 137, 15–22
- GfE, *Gesellschaft für Ernährungsphysiologie* (2014). Energie- Und Nährstoffbedarf Landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 11: Empfehlungen Zur Energie- Und Nährstoffversorgung Von Pferden. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- McLean L. M., Jones W. E. (1983) Depigmentation – copper supplement therapy a case report. *J. Equine. Vet. Sci.* 3, 208–210; DOI 10.1016/S0737-0806(83)80016-1
- Meyer H., Kamphues J., Wolf P., Eder K., Iben C., Kienzle E., Coenen M., Liesegang A., Männer K., Zebeli Q., Zentek J. (2014) Supplemente Zur Tierernährung Für Studium Und Praxis. M. & H. Shaper GmbH, Hannover
- NRC, *National Research Council* (2007) Nutrient Requirements of Horses: Sixth Revised Edition. The National Academies Press, Washington, DC. 6. überarbeitete Auflage.
- Pagan J. D. (2001) Micromineral requirements in horses. *Advances in Equine Nutrition II*. D. Pagan and R. J. Geor. Nottingham University Press. Nottingham, United Kingdom, 317–327
- Palmiere C., Scarpelli M. P., Varlet V., Baumann P., Michaud K., Augsburger M. (2017) Fatal Intravenous Injection of Potassium: Is Postmortem Biochemistry Useful for the Diagnosis? *Forensic Sci. Int.* 274, 27–32; DOI 10.1016/j.forsciint.2016.11.035
- Pearson E. G., Andreasen C. B. (2001) Effect of Oral Administration of Excessive Iron in Adult Ponies. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 218, 400–404; DOI 10.2460/javma.2001.218.400
- Spier S. J., Carlson G. P., Holliday T. A., Cardinet G. H. 3rd, Pickar J. G. (1990) Hyperkalemic periodic paralysis in horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 199, 1009–1017
- Stowe H. D. (1968). Effects of Age and Impending Parturition Upon Serum Copper of Thoroughbred Mares. *J. Nutr.* 95, 179–183; DOI 10.1093/jn/95.2.179
- Theelen M. J. P., Beukers M., Grinwis G. C. M., Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan M. M. (2019) Chronic iron overload causing haemochromatosis and hepatopathy in 21 horses and one donkey. *Equine Vet. J.* 51, 304–309; DOI 10.1111/evj.13029
- VFT, *Verein Futtermitteltest* (2019) *Pferdefutter – Ergebnisse Der VFT-Prüfung Im Jahr 2019 MB283-Pferd-2019*. Verfügbar unter: <https://www.futtermitteltest.de/fileadmin/download/pdf/MB283-Pferd-2019.pdf> (aufgerufen am 23.04.2021).
- Ward G. M. (1959) Effect of Soil Fertility Upon the Yield and Nutritive Value of Forages. *A Review 1, 2. J. Dairy Sci.* 42, 277–297; DOI 10.3168/jds.S0022-0302(59)90563-6