

Zur Mineralstoffversorgung von Milchkühen aus dem Grund- und Kraftfutter – Modellrechnungen auf Basis aktueller Analysenergebnisse

The mineral supply of dairy cows by forage and concentrates – model calculations based on actual analyses

Leonhard Gruber^{1*} und Reinhard Resch¹

Zusammenfassung

Die Mineralstoffversorgung von Milchkühen wurde auf Basis aktueller Futteranalysen in Österreich und den Mineralstoffnormen der GfE über Modellrechnungen untersucht. Es wurde 14 verschiedene, praxisnahe Rationen berechnet (Sommer- und Winterfütterung; Grünland- und Feldfutter; Silomais). Die Kalkulationen zeigen, dass die Milchleistung, die Grundfutterqualität und die Art des Grundfutters die Mineralstoffversorgung entscheidend beeinflussen. Der Einfluss der Milchleistung erklärt sich daraus, dass der Bedarf an den Mengenelementen mit der Milchleistung deutlich ansteigt und die Mineralstoffbilanz somit verschlechtert. Neben dem Bedarf wirkt sich auch der Mineralstoffgehalt des Kraftfutters auf die Mineralstoffversorgung aus, wobei sich Energie- und Proteinträger im Mineralstoffgehalt deutlich unterscheiden. Grund- und Kraftfutter ergänzen sich bezüglich Calcium und Phosphor positiv. Die Versorgung an Calcium über Grünlandfutter (und natürlich über Leguminosen) ist gemessen am Bedarf sehr hoch, Maissilage erfordert dagegen eine Calcium-Ergänzung. Der mit steigender Milchleistung über Energie- und besonders über Protein-Kraftfutter aufgenommene Phosphor deckt den Bedarf weitgehend ab, sodass eine Ergänzung über Mineralfutter nur bei niedriger Grundfutterqualität und hoher Leistung erforderlich ist. Von den Spurenelementen ist bei Mangan die Versorgung aus dem Grund- und Kraftfutter häufig bedarfsdeckend, dagegen ist Zink und Kupfer infolge zu niedrigen Gehaltes im Futter über Mineralfutter zu ergänzen. Die Grundfutterqualität wirkt sich sowohl über den Gehalt an Mineralstoffen als auch über die Menge und Art des Kraftfutters auf die Versorgung aus. Vegetationsstadium und Gehalt an Mineralstoffen korrelieren positiv und die Grundfutterqualität bestimmt die Höhe und Art der Kraftfutterergänzung. Der geringe Gehalt des Silomaises an Mineralstoffen im Vergleich zu Wiesenfutter zu berücksichtigen bzw. zu ergänzen, wogegen Leguminosen hohe Mengenelementgehalte aufweisen. Für eine betriebsspezifische Mineralstoffergänzung ist die regelmäßige Analyse des Futters zu empfehlen.

Schlagwörter: Mineralstoffe, Milchkühe, Grundfutter, Kraftfutter, Rationen, Milchleistung

Abstract

The mineral supply of dairy cows was investigated using model calculations based on actual feed analyses in Austria and the mineral recommendations of the society of nutrition physiology (GfE). Fourteen various and practical diets were modelled (summer and winter feeding, forage from natural grassland and ley farming, forage maize). The calculations show that the level of milk yielded, the type and the quality of forage used, all significantly determine the necessary supply of minerals. The great impact of milk yield can be explained by the fact that the mineral requirements significantly increase with milk yield. This adversely affects the mineral balance. Secondly, besides of its influence on requirements, milk yield increases the amount of concentrates which significantly contribute to mineral supply. Forage and concentrates complement each other regarding calcium and phosphorus. The supply of calcium through forage (and of course by legumes) is quite high related to requirements, whereas forage maize needs to be supplemented with calcium. Increasing amounts of energy and protein supplements necessary for higher milk yield also cover the phosphorus demands to a high degree. As a consequence, phosphorus needs to be supplemented only in case of low forage quality and with high milk yields. Regarding trace elements, the manganese content in forage and concentrates is sufficient in most cases to cover the demands. On the other hand, zinc and copper have to be supplemented with mineral additives due to the low content of the diet. The forage quality has an impact on the supply of minerals by both its own mineral content and, consequently, by the amount and type of concentrates it necessitates as supplements. Vegetative stage and mineral content are positively correlated and forage quality determines the amount and type of supplementation with concentrates. Compared to grassland forage the low mineral content of forage maize has to be considered and supplemented, whereas legumes have high mineral contents. In order to supplement dairy cows with minerals specific to the situation of the farm it is recommended to analyse their feedstuff regularly.

Keywords: Minerals, Dairy cows, Forage, Concentrates, Diets, Milk yield

¹ LFZ Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, A-8952 Irdning

* Ansprechpartner: Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber, email: leonhard.gruber@raumberg-gumpenstein.at

1. Einleitung

Die Mineralstoffe und Spurenelemente erfüllen wichtige Funktionen beim Aufbau und im Stoffwechsel der Organismen. Sie haben im eigentlichen Sinn keinen Nährwert, sind jedoch zur Aufrechterhaltung der Körperfunktionen unentbehrlich (KIRCHGESSNER et al. 2008). Daher ist deren bedarfsgerechte Versorgung ein wesentliches Element der Rationsberechnung von Milchkühen. Die Gehalte an diesen sogenannten Mikronährstoffen im Organismus werden über die Homöostase reguliert. Dies bedeutet, dass der Organismus unterschiedliche Versorgungsbedingungen durch regulatorische Prozesse innerhalb gewisser Grenzen auszugleichen versucht. Zu diesen ausgleichenden Prozessen gehören die Absorption, die Speicherung und Mobilisierung, die Ausscheidung sowie die Verteilung zwischen verschiedenen Körpergeweben. Kurzfristige und geringe Fütterungsfehler (Über- oder Unterversorgung) sind daher bei den Mineralstoffen häufig nicht zu erkennen (KIRCHGESSNER et al. 2008). Aus physiologischen und ökologischen Gründen ist jedoch eine möglichst bedarfsgerechte Versorgung mit Mineralstoffen zu fördern. Überschüsse belasten die Umwelt und eine Unterversorgung kann langfristig die Leistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit der Tiere beeinträchtigen. Auf der Basis einer zusammenfassenden Auswertung der Grundfutteranalysen des Futtermittellabors Rosenau der Landwirtschaftskammer NÖ haben GRUBER & WIEDNER (1994) und GRUBER et al. (1994a) die Versorgung von Milchkühen mit Mengen- und Spurenelementen beschrieben. Als wesentliche Einflussgrößen auf die Versorgung an Mineralstoffen haben sich dabei die Grundfutterqualität (Vegetationsstadium des Wiesenfutters), die Rationszusammensetzung (Art der Grundfutter, Rationstyp) und das Milchleistungsniveau (Bedarf der Tiere, Einfluss über die Kraftfutterergänzung) herausgestellt. In der Zwischenzeit hat sich einerseits das Leistungsniveau der Milchkühe deutlich (+ 1.600 kg) erhöht (ZAR 2008), andererseits liegt mit den „Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum“ eine neue und repräsentative Basis zum Nähr- und Mineralstoffgehalt des Grundfutters unter den österreichischen Produktionsbedingungen vor (RESCH et al. 2006). In der vorliegenden Arbeit wird die Versorgung der Milchkühe an Mengen- und Spurenelementen in Österreich auf der Grundlage aktueller Produktionsbedingungen (Leistungsniveau, Rationszusammensetzung), des aktuellen Wissens zum Bedarf und zur Futterraufnahme sowie repräsentativer Nähr- und Mineralstoffgehalte diskutiert.

2. Material und Methoden

Das vorliegende Thema – Mineralstoffversorgung von Milchkühen in Österreich – wurde über Modellrechnungen bearbeitet. Die wesentlichen Komponenten des Modells waren der Bedarf der Tiere, die Schätzung der Futterraufnahme, der Gehalt der Futtermittel an Nähr- und Mineralstoffen sowie die Zusammensetzung und der Nährstoffgehalt der Futterrationen.

2.1 Mineralstoffbedarf der Kühe

Der Mineralstoffbedarf der Kühe wurde nach den Angaben der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2001)

berechnet. Die theoretische Basis der Bedarfsableitung soll hier nicht wiedergegeben werden. Es wird allerdings betont, dass der Erhaltungsbedarf (unvermeidliche Verluste) an Ca, P und Mg von der Trockenmasseaufnahme abhängt und nicht von der Lebendmasse. Dies bedeutet, dass der Erhaltungsbedarf mit steigender Leistung – infolge höherer Futterraufnahme – ebenfalls ansteigt. Dies wirkt sich, wie in den nachstehenden Ergebnissen dargestellt, auf den Grad der Versorgung in Abhängigkeit von der Milchleistung aus. In der *Tabelle 1* sind die Richtzahlen für die Versorgung an Mengenelementen angeführt (nach GfE 2001).

Tabelle 1: Richtzahlen für die Versorgung an Mengenelementen in Abhängigkeit von der Milchleistung (nach GfE 2001)

Milchleistung kg/Tag	TM-Aufnahme kg/Tag	Ca g/Tag	P g/Tag	Mg g/Tag	K g/Tag	Na g/Tag
10	12,5	50	32	18	125	14
15	14,5	66	42	22	147	18
20	16,0	82	51	25	164	21
25	18,0	98	61	29	184	25
30	20,0	115	71	32	203	28
35	21,5	130	81	33	217	32
40	23,0	146	90	34	230	35

Ca = Calcium, P = Phosphor, Mg = Magnesium, K = Kalium, Na = Natrium

Im Leistungsbereich von 10 bis 40 kg Milch steigt demnach der Bedarf an Calcium von 50 auf 146 g/Tag an und der Bedarf an Phosphor von 32 auf 90 g/Tag. Bei der in *Tabelle 1* angenommenen Futterraufnahme von 12,5 bis 23,0 kg TM muss somit die Konzentration an Calcium 4,0 – 6,4 g, an Phosphor 2,6 – 3,9 g und an Natrium 1,12 – 1,52 g pro kg TM betragen, um für 10 bis 40 kg Milch bedarfsdeckend zu sein.

Die erforderlichen Konzentrationen an Mineralstoffen sind wesentlich bei der Beurteilung der Gehalte der Futtermittel bzw. Rationen an Mineralstoffen. Diese bedarfsdeckenden Konzentrationen in Abhängigkeit von der Milchleistung sind in *Abbildung 1* dargestellt.

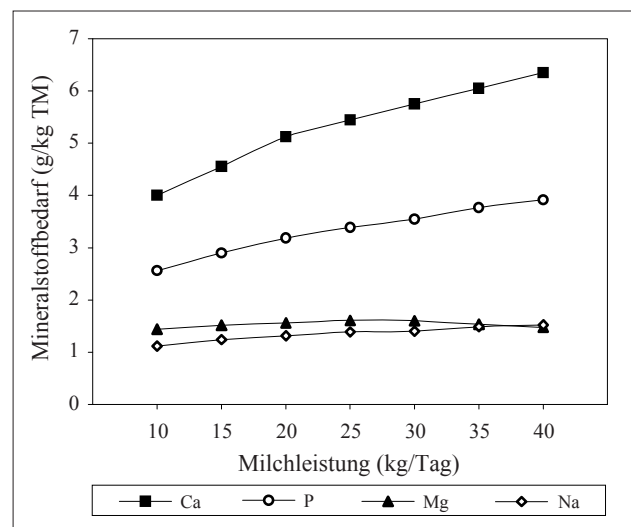


Abbildung 1: Erforderliche Konzentrationen an Mengenelementen in der Futterrations in Abhängigkeit von der Milchleistung (nach GfE 2001)

Ca-Bedarf = $2,526 \times \text{Milch} + 1,954 \times \text{TM}$	($R^2=99,9$ RSD=0,32)	(1)
P-Bedarf = $1,458 \times \text{Milch} + 1,378 \times \text{TM}$	($R^2=99,9$ RSD=0,29)	(2)
Mg-Bedarf = $-16,85 + 2,974 \times \text{TM} - 0,01828 \times (\text{Milch} \times \text{TM})$	($R^2=99,5$ RSD=0,46)	(3)
K-Bedarf = $1,717 \times \text{Milch} + 9,165 \times \text{TM} - 0,05334 \times (\text{Milch} \times \text{TM})$	($R^2=99,9$ RSD=0,21)	(4)
Na-Bedarf = $7,70 + 0,677 \times \text{Milch}$	($R^2=99,8$ RSD=0,41)	(5)

Der Bedarf an Mengenelementen (g/Tag) in *Tabelle 1* kann elegant und genau über folgende multiple Regressionsgleichungen (Formeln 1 bis 5) beschrieben werden, wobei entsprechend den physiologischen Einflussfaktoren auf den Bedarf die Milchleistung (Milch, kg/Tag) und die Futteraufnahme (TM, kg/Tag) den Bedarf bestimmen:

Die Empfehlungen der GfE (2001) zur Versorgung der Milchkühe mit Spurenelementen sind 50 mg für Mangan (Mn), 50 mg für Zink (Zn) und 10 mg für Kupfer (Cu) pro kg TM.

2.2 Futteraufnahme der Kühe

Die Futteraufnahme für die einzelnen Rationen wurde mit den Schätzformeln nach GRUBER et al. (2004) berechnet und Formel 2 verwendet. Diese Formel berücksichtigt die fixen Effekte Rasse und Land sowie Laktationszahl und Laktationsstadium. Von den tierbedingten Einflussfaktoren werden Lebendmasse und Milchleistung für die Schätzung der Futteraufnahme herangezogen. Von den futterbedingten Komponenten gehen die Energiekonzentration des Grundfutters und die Kraftfutteraufnahme sowie die Grundfutterzusammensetzung (Anteil von Grünfutter, Heu und Maissilage) und das Protein/Energie-Verhältnis (XP/ME) in die Berechnungen ein.

Die Rationsberechnungen erfolgten mit dem Programm SUPERRATION der Landwirtschaftskammer Steiermark (GSÖLS et al. 2008). Folgende Produktionsbedingungen wurden zu Grunde gelegt:

- Rasse: Braunvieh (Österreich)
4,14 % Fett, 3,37 % Eiweiß (ZAR 2008)
- Laktationszahl: 2 – 3
- Lebendmasse: 675 kg
- Milchleistung: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 kg pro Tag, entsprechend folgendem
- Laktationsmonat: 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2

2.3 Nähr- und Mineralstoffgehalt der Grund- und Kraftfutter

2.3.1 Grundfutter

Die Nähr- und Mineralstoffgehalte der Grundfuttermittel wurden den „Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum“ entnommen (RESCH et al. 2006). Diesen Tabellen liegt eine sehr umfangreiche und für die Produktionsbedingungen in Österreich repräsentative Datenbasis zu Grunde (speziell für das Dauergrünland). Es finden sich Angaben zu Grünfutter, Silage und Heu, jeweils differenziert in Aufwuchs (erster Aufwuchs, Folgeaufwüchse) und bis zu 5 bzw. 6 Vegetationsstadien je Aufwuchs (Schossen,

Ähren-/Rispschieben, Beginn Blüte, Mitte Blüte, Ende Blüte, Überständig).

Um den Einfluss des Vegetationsstadiums auf die Mineralstoffversorgung abzuschätzen, wurden die Modellrechnungen bei drei unterschiedlichen Vegetationsstadien durchgeführt und als Grundfutterqualität hoch, mittel und niedrig bezeichnet:

- Ähren-/Rispschieben → Grundfutterqualität hoch
- Beginn Blüte → Grundfutterqualität mittel
- Mitte bis Ende Blüte → Grundfutterqualität niedrig

Auch die Qualität für Maissilage wurde in drei Stufen variiert:

- Beginn Teigreife – Kolbenanteil niedrig
→ Grundfutterqualität niedrig
- Beginn Teigreife – Kolbenanteil mittel
→ Grundfutterqualität mittel
- Ende Teigreife – Kolbenanteil mittel
→ Grundfutterqualität hoch

Die für die Charakteristik der Futtermittel wesentlichen und für die Schätzung der Futteraufnahme erforderlichen Nährstoffe sowie die Mengen- und Spurenelemente sind in *Tabelle 2* als Auszug der Futterwerttabellen angeführt.

Die Gehalte an Rohprotein und Energie sowie an den Mengen- und Spurenelementen sind für Grassilage und Heu, für Rotklee- und Luzernegrassilage (jeweils erster Aufwuchs und Folgeaufwüchse) sowie für Grünfutter und Maissilage in Abhängigkeit vom Gehalt an Rohfaser im Anhang grafisch dargestellt (*Abbildung 1A bis 10A*). Die Abbildungen zeigen, dass nicht nur der Gehalt an Energie und Protein sondern in den allermeisten Fällen auch der Gehalt an den Mengen- und Spurenelementen mit steigendem Rohfasergehalt stark zurückgeht, d.h. signifikant vom Vegetationsstadium abhängt. Dies wurde auch in der zusammenfassenden Auswertung der Futtermittelanalysen des Futtermittelabors Rosenau festgestellt (GRUBER et al. 1994b). Die Ursache für diese Veränderungen auch im Mineralstoffgehalt liegen in der morphologischen Entwicklung der Pflanzen während der Vegetation. Der Anteil der nähr- und mineralstoffreichen Blätter nimmt ab und der Anteil des an Gerüstsubstanzen reichen Stängels nimmt zu (MINSON 1990, GRUBER et al. 2000).

Um die Haupteinflussfaktoren auf den Nähr- und Mineralstoffgehalt von Wiesenfutter zu untersuchen, wurden die Daten der Futterwerttabelle für das Grundfutter im Alpenraum (RESCH et al. 2006) varianzanalytisch nach dem Modell Konservierung, Aufwuchs und Vegetationsstadium sowie Aufwuchs \times Vegetationsstadium ausgewertet. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 3* angeführt.

Im Mittel über alle Faktoren weist das Wiesenfutter der Futterwerttabelle 268 g Rohfaser, 139 g Rohprotein und

Tabelle 2: Nähr- und Mineralstoffgehalt der in den Modellrechnungen eingesetzten Grundfuttermittel (nach RESCH et al. 2006)

Veget. stadium	Aufwuchs	Nährstoffe und Energie				Mengenelemente					Spurenelemente		
		XF	XP	nXP	NEL	Ca	P	Mg	K	Na	Mn	Zn	Cu
Mähweide (Grünfutter und Weide)													
1	1, 2	178	211	136	6,31	11,5	3,8	3,5	25,1	0,26	118	48	12,3
2	1, 2	214	185	134	6,03	10,8	3,4	3,3	25,5	0,16	114	43	10,0
3	1, 2	247	150	132	5,91	9,2	2,9	3,0	22,6	0,14	114	38	8,4
Grassilage													
1	1	248	158	135	6,04	8,0	3,3	2,5	31,2	0,49	90	38	8,0
2	1	274	149	129	5,74	7,6	3,3	2,4	30,5	0,47	92	37	7,7
3	1	301	138	123	5,45	7,2	3,2	2,3	29,8	0,45	93	37	7,4
1	2	238	167	132	5,80	10,2	3,5	3,1	28,6	0,60	109	51	9,1
2	2	264	156	127	5,57	9,5	3,5	2,9	28,9	0,53	104	46	8,6
3	2	289	148	123	5,39	8,8	3,5	2,7	29,2	0,47	92	37	8,0
Heu													
1	1	258	124	124	5,66	7,7	2,8	2,5	25,5	0,35	104	35	6,7
2	1	287	110	118	5,31	6,9	2,6	2,3	23,9	0,32	98	33	6,3
3	1	314	101	112	5,00	6,1	2,4	2,1	22,4	0,30	92	31	5,9
1	2	246	141	129	5,61	9,4	3,2	3,1	26,3	0,39	127	40	7,9
2	2	276	130	123	5,34	8,2	3,1	2,8	25,3	0,36	111	37	7,3
3	2	299	121	118	5,12	7,2	2,9	2,5	24,4	0,33	98	34	6,9
Rotkleegrassilage													
1	1	249	161	140	6,38	8,8	3,3	2,4	31,9	0,41	79	34	7,9
2	1	275	153	136	6,17	8,2	3,2	2,2	31,4	0,41	88	34	7,6
3	1	304	141	134	5,94	7,6	3,2	2,1	30,9	0,41	97	33	7,2
1	2	240	179	140	6,20	10,1	3,4	2,8	30,4	0,45	92	35	9,1
2	2	266	167	128	5,51	9,8	3,3	2,7	30,7	0,39	85	35	8,6
3	2	287	161	120	5,07	9,6	3,3	2,6	30,9	0,35	80	35	8,3
Luzernegrassilage													
1	1	252	183	135	5,79	10,4	3,5	2,5	33,3	0,55	74	37	9,3
2	1	275	176	131	5,58	10,3	3,4	2,4	33,0	0,51	64	33	8,3
3	1	301	161	124	5,34	10,2	3,3	2,4	32,6	0,47	54	30	7,1
1	2	239	204	139	5,88	13,2	3,3	3,0	29,5	0,59	71	32	8,5
2	2	266	183	133	5,68	12,9	3,3	2,9	29,3	0,56	66	31	8,5
3	2	290	177	131	5,57	12,5	3,2	2,7	29,1	0,53	62	29	8,6
Maissilage													
1	-	240	79	124	6,06	2,4	1,8	1,5	12,1	0,18	28	24	4,5
2	-	214	77	127	6,31	2,3	1,9	1,4	11,5	0,17	27	24	4,5
3	-	201	74	129	6,46	2,3	2,0	1,4	10,5	0,16	28	30	4,3

Vegetationsstadium Wiesenfutter: 1 = Ähren-/Rispschieben, 2 = Beginn Blüte, 3 = Mitte bis Ende Blüte

Vegetationsstadium Silomais: 1 = Beginn Teigreife - Kolben niedrig, 2 = Beginn Teigreife - Kolben mittel, 3 = Ende Teigreife - Kolben mittel

XF = Rohfaser, XP = Rohprotein, nXP = nutzbares XP am Dünndarm (g/kg TM), NEL = Nettoenergie-Laktation (MJ/kg TM)

Ca = Calcium, P = Phosphor, Mg = Magnesium, K = Kalium, Na = Natrium (g/kg TM)

Mn = Mangan, Zn = Zink, Cu = Kupfer (mg/kg TM)

5,52 MJ NEL pro kg TM auf. Die durchschnittlichen Gehalte an Mineralstoffen sind 8,4 g Calcium, 3,1 g Phosphor und 21,3 g Kalium sowie 105 mg Mangan, 38 mg Zink und 7,7 mg Kupfer pro kg TM.

Heu hat durchwegs niedrigere Gehalte an Nähr- und Mineralstoffen als Grünfutter, was vor allem auf den etwas höheren Gehalt an Rohfaser zurückzuführen ist (280 vs. 256 g XF). Der Gehalt an Ca und P im Heu liegt bei 7,6 und 2,8 g und im Grünfutter bei 9,1 und 3,1 g pro kg TM. Dagegen weist die Grassilage trotz höheren Rohfasergehaltes zum Teil höhere Gehalte an Nähr- und Mineralstoffen auf als Grünfutter (8,6 g Ca, 3,4 g P, 29,7 g K pro kg TM). Eine Erklärung für den höheren Gehalt an Mineralstoffen dürfte der höhere Gehalt an Rohasche sein (97 g in Grünfutter, 104 g in Grassilage, 93 g in Heu).

Der erste Aufwuchs hat einen niedrigeren Gehalt an XP und NEL als die Folgeaufwüchse, bedingt durch den höheren Gehalt an Rohfaser (278 vs. 259 g) und auch Rohasche (92

vs. 104 g). Als Folge bestehen auch große Unterschiede im Gehalt an Mineralstoffen (7,5 vs. 9,4 g Ca, 2,8 vs. 3,4 g P, 101 vs. 110 mg Mn). Diese Differenzen sind ebenfalls mit der unterschiedlichen morphologischen Zusammensetzung von Futter des ersten Aufwuchses und der Folgeaufwüchse zu erklären (Blatt/Stängel-Verhältnis).

Mit Ausnahme von Mn, Na und K übt das Vegetationsstadium einen hochsignifikanten Einfluss auf den Gehalt an Nähr- und Mineralstoffen aus. Der Gehalt an Ca geht von 10,1 im Schossen auf 6,8 g im überständigen Stadium zurück und bei P von 3,5 auf 2,8 g/kg TM. Auch die Spurenelemente Zn und Cu sind von diesem Rückgang betroffen. Zwischen Aufwuchs und Vegetationsstadium wurde in keinem der Mineralstoffparameter eine signifikante Wechselwirkung festgestellt, d.h. das Vegetationsstadium wirkt in beiden Aufwüchsen in ähnlicher Weise.

Weitere Einflussfaktoren auf den Mineralstoffgehalt des Wiesenfutters wie Standort (geologische Ausgangslage,

Tabelle 3: Einfluss von Konservierung, Aufwuchs und Vegetationsstadium auf den Nähr- und Mineralstoffgehalt des Wiesenfutters (Datenquelle: RESCH et al. 2006)

	Nährstoffe und Energie				Mengenelemente					Spurenelemente		
	XF	XP	nXP	NEL	Ca	P	Mg	K	Na	Mn	Zn	Cu
LS-Mean	268	139	123	5,52	8,4	3,1	2,7	25,2	0,36	105	38	7,7
Konservierung												
Grünfutter	256	143	121	5,53	9,1	3,1	3,0	21,3	0,24	114	38	8,1
Silage	269	153	129	5,67	8,6	3,4	2,7	29,7	0,50	96	41	8,1
Heu	280	122	121	5,35	7,6	2,8	2,6	24,6	0,34	105	35	6,8
Aufwuchs												
1	278	128	122	5,47	7,5	2,8	2,4	24,4	0,33	101	36	6,7
2	259	150	125	5,56	9,4	3,4	3,0	26,0	0,40	110	40	8,7
Vegetationsstadium												
1	205	170	135	6,15	10,1	3,5	3,0	27,2	0,41	105	41	8,9
2	238	154	131	5,83	9,2	3,2	2,9	25,9	0,37	110	40	8,1
3	266	138	126	5,56	8,4	3,1	2,7	25,2	0,35	107	38	7,7
4	298	122	117	5,24	7,5	2,9	2,5	24,4	0,34	100	36	7,1
5	335	110	108	4,80	6,8	2,8	2,4	23,2	0,33	104	35	6,7
Aufwuchs × Vegetationsstadium												
1 × 1	211	159	136	6,27	8,7	3,3	2,7	27,9	0,36	93	37	8,0
1 × 2	245	143	131	5,88	8,1	2,9	2,7	25,4	0,32	105	38	7,2
1 × 3	272	130	125	5,54	7,6	2,8	2,5	24,5	0,32	102	36	6,8
1 × 4	309	111	115	5,13	6,8	2,6	2,3	23,2	0,32	100	35	6,0
1 × 5	352	95	103	4,53	6,1	2,4	2,1	21,0	0,31	104	33	5,5
2 × 1	200	180	135	6,03	11,4	3,7	3,4	26,5	0,46	118	45	9,7
2 × 2	231	165	130	5,79	10,4	3,6	3,2	26,4	0,42	115	43	9,1
2 × 3	259	147	126	5,58	9,3	3,4	3,0	25,8	0,39	111	40	8,5
2 × 4	287	134	120	5,36	8,2	3,3	2,8	25,7	0,36	101	38	8,2
2 × 5	317	126	113	5,06	7,4	3,3	2,7	25,4	0,36	103	36	8,0
P-Werte												
Konservierung	<0,001	<0,001	0,037	0,149	<0,001	0,023	<0,001	<0,001	<0,001	0,280	0,002	0,001
Aufwuchs	<0,001	<0,001	0,173	0,331	<0,001	<0,001	<0,001	0,073	0,001	0,296	<0,001	<0,001
Vegetationsstadium	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	0,076	0,157	0,958	0,001	<0,001
Aufw. × Veg.	0,013	0,734	0,493	0,140	0,165	0,791	0,814	0,358	0,843	0,887	0,335	0,823

Aufwuchs: 1 = Erster Aufwuchs, 2 = Folgeaufwuchs

Vegetationsstadium: 1 = Schossen, 2 = Ähren-/Rispschieben, 3 = Beginn Blüte, 4 = Mitte bis Ende Blüte, 5 = Überständig

XF = Rohfaser, XP = Rohprotein, nXP = nutzbares XP am Dünndarm (g/kg TM), NEL = Nettoenergie-Laktation (MJ/kg TM)

Ca = Calcium, P = Phosphor, Mg = Magnesium, K = Kalium, Na = Natrium (g/kg TM)

Mn = Mangan, Zn = Zink, Cu = Kupfer (mg/kg TM)

Seehöhe, Wasserverhältnisse, pH-Wert des Bodens), Boden, Pflanzenbestand, Grünlandnutzung und Konservierung werden bei RESCH et al. (2009) diskutiert. Als wesentliche Einflussfaktoren auf den Calcium- und Phosphor-Gehalt des Grundfutters gibt MINSON (1990) die botanische Art, Sortenunterschiede, Pflanzenteile (Stängel und Blätter), das Vegetationsstadium, das Klima und die Bodenfruchtbarkeit an.

2.3.2 Kraftfutter

Die Differenz an Energie (NEL) und Protein (nXP) zwischen dem Bedarf für die einzelnen Leistungsniveaus (15 bis 40 kg Milch) und dem Angebot über das Grundfutter wurde bei den Rationsberechnungen mit einem Energie- und einem Protein-Kraftfutter (EKF, PKF) ergänzt. Die ruminale N-Bilanz sollte nicht negativ werden. Die Zusammensetzung der Kraftfuttermischungen ist in *Tabelle 4* und deren Gehalt an Nähr- und Mineralstoffen in *Tabelle 5* angeführt. Der Nährstoff- und Energiegehalt der Kraftfutterkomponenten wurde der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer entnommen (DLG 1997), der Gehalt an Mineralstoffen der Arbeit von RESCH et al. (2009). Diese Werte beruhen auf einer

Tabelle 4: Zusammensetzung des Energie- und Protein-Kraftfutters für die Rationsberechnungen (% der TM)

Energie-Kraftfutter	%	Protein-Kraftfutter	%
Gerste (Sommer)	30	Rapsextraktionsschrot	35
Mais	30	Sojaextraktionsschrot 44	20
Weizen	20	Getreideschlempe getrocknet	30
Trockenschnitzel	15	Erbse	15
Weizenkleie	5		

repräsentativen Probenahme der wichtigsten Kraftfutterkomponenten in Österreich in den letzten Jahren.

Bei etwa gleichem Energiegehalt (8,1 bzw. 7,9 MJ NEL) betrug der Proteingehalt des EKF 120 g und des PKF 383 g pro kg TM. Eine Beimischung von Mineralfutter wurde bewusst unterlassen, um die Mineralstoffversorgung aus dem Grund- und Kraftfutter beurteilen sowie einen möglichen Ergänzungsbedarf an Mineralstoffen kalkulieren zu können. Der Gehalt des Protein-Kraftfutters war in allen Mengen- und Spurenelementen höher als der des Energie-Kraftfutters (2,0 g vs. 4,7 g Ca, 3,8 vs. 9,1 g P, 34 vs. 60 mg Mn, 31 vs. 72 mg Zn in EKF bzw. PKF). Es ist daher davon auszu-

Tabelle 5: Nähr- und Mineralstoffgehalt der in den Modellrechnungen eingesetzten Kraftfuttermischungen (nach DLG 1997, RESCH et al. 2009)

	Nährstoffe und Energie				Ca	Mengenelemente				Spurenelemente		
	XF	XP	nXP	NEL		P	Mg	K	Na	Mn	Zn	Cu
Energieträger												
Gerste	52	119	165	8,16	0,8	4,3	1,3	5,9	0,32	19,3	27,2	4,5
Mais	26	106	164	8,39	0,3	3,0	1,2	4,7	0,26	8,3	26,0	2,5
Weizen	29	138	171	8,51	0,6	4,0	1,5	5,6	0,17	39,8	30,3	5,3
Trockenschnitzel	205	99	156	7,43	9,6	1,1	2,2	17,9	4,36	67,6	27,4	6,0
Weizenkleie	134	160	140	5,86	1,5	13,4	5,4	16,8	0,16	156,6	99,6	13,4
Proteinträger												
Rapsextraktionsschrot	131	399	219	7,31	9,2	12,1	5,6	16,3	0,74	76,2	78,9	7,1
Sojaextraktionsschrot	67	510	308	8,63	3,7	6,9	3,5	25,6	0,30	42,0	56,9	18,6
Getreideschlempe	72	344	272	7,83	1,7	9,3	3,4	12,7	2,25	75,2	65,0	10,0
Erbse	67	251	187	8,53	1,6	4,8	1,6	12,1	0,19	18,1	91,0	14,9
Kraftfuttermischungen												
Energie-Kraftfutter	67	118	163	8,07	2,0	3,8	1,7	7,8	0,87	34,2	31,1	4,7
Protein-Kraftfutter	91	383	248	7,91	4,7	9,1	3,9	16,5	1,02	60,3	72,1	11,4

XF = Rohfaser, XP = Rohprotein, nXP = nutzbares XP am Dünndarm (g/kg TM), NEL = Nettoenergie-Laktation (MJ/kg TM)
 Ca = Calcium, P = Phosphor, Mg = Magnesium, K = Kalium, Na = Natrium (g/kg TM)
 Mn = Mangan, Zn = Zink, Cu = Kupfer (mg/kg TM)

gehen, dass der Proteineränzungsbedarf – bedingt durch die Zusammensetzung der Grundfütterration (besonders Maissilage-Anteil) und auch durch das Vegetationsstadium des Wiesenfutters – die Mineralstoffversorgung über den Anteil des Proteinkraftfutters beeinflusst.

2.4 Zusammensetzung und Inhaltsstoffe der Grundfütterrationen

Insgesamt wurden Modellrechnungen mit 14 verschiedenen Rationen durchgeführt (Tabelle 6). Diese sollten die in der landwirtschaftlichen Praxis gegebenen Bedingungen abdecken und weiters den Einfluss verschiedener Grundfutterkomponenten auf die Mineralstoffversorgung

aufzeigen. Es wird zwischen Rationen für die Winter- und Sommerfütterung unterschieden. Den Produktionsbedingungen in Österreich entsprechend sind die Hauptkomponenten des Grundfutters Grassilage und/oder Heu (Grünland-Rationen ohne Maissilage; Ration 1 bis 3). Weiters wurden Grünland-Rationen mit unterschiedlichen Anteilen an Maissilage ergänzt, und zwar mit 25 bzw. 50 % der Trockenmasse (Ration 4 bis 7). Damit wird ein ebenfalls wichtiger Praxisbereich abgedeckt und außerdem der Einfluss des mineralstoffärmeren Silomais auf die Mineralstoffversorgung aufgezeigt. Diese Rationen unterscheiden sich weiters im Heuanteil (0 bzw. 15 % der TM). Obwohl in der Praxis nicht mehr so häufig anzutreffen, wurden auch Modellrechnungen mit Feldfutter (Rotklee-

Tabelle 6: Zusammensetzung der Grundfütterrationen (% der TM)

Ration	Heu	Gras-silage	Rotklee-gras-silage	Luzernegrassilage	Mäh-weide	Kurzrasen-weide	Maissilage
WINTERFÜTTERUNG							
Grünland-Rationen ohne Maissilage (Heu und Grassilage)							
1	15	85	-	-	-	-	-
2	-	100	-	-	-	-	-
3	100	-	-	-	-	-	-
Grünland-Rationen mit Maissilage (Heu, Grassilage und Maissilage)							
4	15	60	-	-	-	-	25
5	15	35	-	-	-	-	50
6	-	75	-	-	-	-	25
7	-	50	-	-	-	-	50
Feldfutter-Rationen (Heu, Rotklee-grassilage, Luzernegrassilage und Maissilage)							
8	15	-	60	-	-	-	25
9	15	-	35	-	-	-	50
10	15	-	-	60	-	-	25
11	15	-	-	35	-	-	50
SOMMERFÜTTERUNG							
Grünfutter-Rationen und Kurzrasenweide mit/ohne Maissilage (Heu, Grünfutter und Maissilage)							
12	15	-	-	-	85	-	-
13	15	-	-	-	60	-	25
14	-	-	-	-	-	100	-

Tabelle 7: Nähr- und Mineralstoffgehalt der Grundfutterrationen bei 3 Qualitätsniveaus

	Nährstoffe und Energie				Mengenelemente					Spurenelemente		
	XF	XP	nXP	NEL	Ca	P	Mg	K	Na	Mn	Zn	Cu
Grundfutterqualität hoch (Ähren-/Rispschieben)												
Ration 1	244	158	132	5,88	9,0	3,3	2,8	29,3	0,52	102	43	8,4
Ration 2	243	163	134	5,92	9,1	3,4	2,8	29,9	0,55	100	45	8,6
Ration 3	252	133	127	5,63	8,6	3,0	2,8	25,9	0,37	116	38	7,3
Ration 4	234	136	131	6,01	7,3	3,0	2,5	24,5	0,42	84	40	7,3
Ration 5	223	114	130	6,15	5,6	2,6	2,1	19,6	0,33	66	36	6,2
Ration 6	233	140	132	6,06	7,4	3,1	2,5	25,1	0,45	82	41	7,5
Ration 7	222	118	131	6,19	5,7	2,7	2,1	20,2	0,35	64	37	6,4
Ration 8	235	140	135	6,24	7,5	3,0	2,3	25,2	0,35	76	34	7,3
Ration 9	224	116	132	6,28	5,7	2,6	2,0	20,0	0,29	61	33	6,2
Ration 10	235	154	133	5,96	8,9	3,0	2,4	25,4	0,44	68	34	7,5
Ration 11	224	125	131	6,12	6,6	2,6	2,1	20,1	0,34	57	33	6,4
Ration 12	189	199	135	6,21	11,1	3,7	3,4	25,2	0,28	118	46	11,6
Ration 13	195	165	133	6,24	8,8	3,2	2,9	21,6	0,25	95	42	9,6
Ration 14	213	211	135	6,46	7,8	4,2	2,4	27,1	0,44	72	33	11,1
Grundfutterqualität mittel (Beginn Blüte)												
Ration 1	271	148	127	5,61	8,4	3,3	2,6	28,9	0,48	99	41	7,9
Ration 2	269	153	128	5,66	8,6	3,4	2,7	29,7	0,50	98	42	8,2
Ration 3	282	120	121	5,33	7,6	2,9	2,6	24,6	0,34	105	35	6,8
Ration 4	257	129	127	5,77	6,8	2,9	2,3	24,4	0,39	81	36	7,0
Ration 5	243	110	126	5,94	5,3	2,6	2,0	19,8	0,31	63	32	6,1
Ration 6	255	134	128	5,82	7,0	3,0	2,3	25,2	0,42	80	37	7,2
Ration 7	242	115	128	5,99	5,4	2,7	2,0	20,6	0,34	63	33	6,3
Ration 8	258	133	129	5,88	7,1	2,9	2,2	25,2	0,33	74	32	7,0
Ration 9	244	113	128	6,00	5,4	2,5	1,9	20,3	0,28	59	29	6,1
Ration 10	258	145	129	5,76	8,7	2,9	2,3	25,3	0,41	61	30	7,2
Ration 11	244	119	128	5,93	6,3	2,6	2,0	20,3	0,32	52	28	6,2
Ration 12	224	175	132	5,92	10,3	3,3	3,2	25,4	0,19	113	42	9,5
Ration 13	224	148	130	5,99	8,2	2,9	2,7	21,9	0,19	91	37	8,1
Ration 14	213	211	135	6,46	7,8	4,2	2,4	27,1	0,44	72	33	11,1
Grundfutterqualität niedrig (Mitte bis Ende Blüte)												
Ration 1	297	138	122	5,37	7,8	3,2	2,5	28,6	0,44	93	36	7,5
Ration 2	295	143	123	5,42	8,0	3,4	2,5	29,5	0,46	93	37	7,7
Ration 3	307	111	115	5,06	6,7	2,7	2,3	23,4	0,32	95	33	6,4
Ration 4	283	122	122	5,53	6,4	2,9	2,2	24,2	0,37	77	33	6,7
Ration 5	269	106	122	5,69	5,0	2,5	2,0	19,9	0,30	61	30	5,9
Ration 6	281	127	123	5,58	6,6	3,0	2,3	25,2	0,39	76	34	6,9
Ration 7	268	111	124	5,74	5,2	2,6	2,0	20,8	0,32	60	31	6,1
Ration 8	283	127	124	5,58	6,8	2,8	2,1	25,1	0,32	74	31	6,7
Ration 9	269	109	124	5,72	5,2	2,4	1,9	20,4	0,27	59	29	5,9
Ration 10	283	138	125	5,55	8,4	2,8	2,3	25,0	0,39	56	29	6,8
Ration 11	269	115	124	5,70	6,2	2,4	2,0	20,4	0,31	49	27	6,0
Ration 12	256	144	129	5,78	8,8	2,9	2,9	22,7	0,17	111	37	8,1
Ration 13	254	126	127	5,82	7,1	2,6	2,5	20,1	0,18	90	34	7,1
Ration 14	213	211	135	6,46	7,8	4,2	2,4	27,1	0,44	72	33	11,1

XF = Rohfaser, XP = Rohprotein, nXP = nutzbares XP am Dünndarm (g/kg TM), NEL = Nettoenergie-Laktation (MJ/kg TM)

Ca = Calcium, P = Phosphor, Mg = Magnesium, K = Kalium, Na = Natrium (g/kg TM)

Mn = Mangan, Zn = Zink, Cu = Kupfer (mg/kg TM)

grassilage und Luzernegrassilage) durchgeführt, weil sich Leguminosen durch einen besonders hohen Calcium- und Magnesiumgehalt auszeichnen, was sich im Ergänzungsbedarf an Mineralstoffen niederschlägt (Ration 8 bis 11). Die Sommer-Rationen bestehen aus Mähweidefutter ohne bzw. mit Maissilage (25 %), ergänzt mit 15 % Heu. Außerdem wurde eine Variante mit Kurzrasenweide (100 %) gerechnet (Ration 12 bis 14).

Wie bereits im Abschnitt 2.3.1 ausgeführt, wurden diese Rationen bei drei unterschiedlichen Grundfutterqualitäten modelliert, da das Vegetationsstadium den Mineralstoffgehalt entscheidend beeinflusst (RESCH et al. 2006, siehe Tabellen 2 und 3, sowie Abbildung 1A bis 10 A). Von der

Variante Kurzrasenweide wurden nur mit einer Futterqualität Berechnungen angestellt.

Der Nähr- und Mineralstoffgehalt der 14 Grundfutterrationstypen bei 3 Qualitätsniveaus (hoch, mittel, niedrig) ist in Tabelle 7 angeführt. Die Grünland-Rationen ohne Maissilage (Ration 1 bis 3) sind durchwegs höher im Proteingehalt, aber auch im Gehalt an Mineralstoffen. Durch Maissilage wird der Protein- und Mineralstoffgehalt vermindert, der Energiegehalt jedoch erhöht (Ration 4 bis 7), was sich durch daraus resultierende, unterschiedliche Mengen und Anteile an Energie- und Protein-Kraftfutter auf den Mineralstoff-Ergänzungsbedarf auswirkt. Der erwartete hohe Gehalt an Mineralstoffen in den Rationen mit leguminosenreichem

Tabelle 8: Nähr- und Mineralstoffgehalt der Grundfutterrationen in Abhängigkeit von Rationszusammensetzung und Grundfutterqualität

	Nährstoffe und Energie				Ca	Mengenelemente				Spurenelemente		
	XF	XP	nXP	NEL		P	Mg	K	Na	Mn	Zn	Cu
Rationszusammensetzung												
Ration 1 – 3	273	141	125	5,54	8,2	3,2	2,6	27,8	0,44	100	39	7,6
Ration 4 – 7	251	122	127	5,87	6,1	2,8	2,2	22,4	0,37	71	35	6,6
Ration 8 – 11	252	128	129	5,89	6,9	2,7	2,1	22,7	0,34	62	31	6,6
Ration 12 – 13	224	160	131	6,00	9,0	3,1	2,9	22,8	0,21	103	40	9,0
Grundfutterqualität												
hoch	224	149	132	6,07	8,1	3,1	2,6	24,2	0,37	88	39	8,1
mittel	250	138	128	5,81	7,6	3,0	2,5	24,2	0,33	84	36	7,4
niedrig	277	126	124	5,59	7,0	2,8	2,3	23,4	0,31	80	33	6,9

Feldfutter wird durch den Anteil des Silomais (25 bzw. 50 %) abgeschwächt (Ration 8 bis 11). Dies gilt auch für die Grünland-Rationen mit einem Maissilage-Anteil von 50 % (Ration 5 und 7). Die Sommerfutter-Rationen zeichnen sich durch besonders hohe Mineralstoffgehalte aus.

Sowohl der Gehalt an Nährstoffen als auch an Mineralstoffen war in den drei Qualitätsstufen sehr unterschiedlich. Ohne Berücksichtigung von Ration 14 (Kurzasenweide) betrug der Gehalt an Rohfaser in den drei Qualitätsstufen 224, 250 bzw. 277 g pro kg TM und die Energiekonzentration 6,07, 5,81 bzw. 5,59 MJ NEL. Im Mittel über alle Rationen belief sich der Gehalt an Mineralstoffen auf 8,1, 7,6 bzw. 7,0 g Calcium, auf 3,1, 3,0 bzw. 2,8 g Phosphor sowie 39, 36 bzw. 33 mg Zink. Eine Übersicht über den Einfluss von Rationszusammensetzung und Grundfutterqualität auf den Gehalt an Nähr- und Mineralstoffen findet sich in *Tabelle 8*. Kurz zusammengefasst, durch Maissilage vermindert sich der Gehalt an Mineralstoffen deutlich und Sommer-Rationen weisen gegenüber Winter-Rationen deutlich höhere Mineralstoffgehalte auf.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Beurteilung der Versorgung an Mineralstoffen geschieht nachfolgend über die Mineralstoff-Bilanz. Diese wird errechnet aus der Differenz von Aufnahme minus Bedarf an Mineralstoffen. Die Mineralstoff-Bilanz wird für die einzelnen Elemente in den *Abbildungen 2 bis 6* gesondert dargestellt, wobei von jedem Rationstyp die drei Grundfutterqualitäten (Vegetationsstadien) verglichen werden. Dadurch kann sowohl der Einfluss des Rationstyps als auch der Grundfutterqualität erfasst werden. Es wird darauf hingewiesen, dass die Aufnahme an Mineralstoffen sowohl aus dem Grundfutter als auch aus dem Kraftfutter kommt, jedoch keine Mineralstoffergänzung erfolgt. Die den einzelnen Modellrechnungen zu Grunde liegenden Aufnahmen an Grundfutter sowie an Energie- und Protein-Kraftfutter sind in der Anhangstabelle 1A angeführt.

3.1 Calcium-Bilanz

Auf Grund des positiven Zusammenhanges zwischen Verdaulichkeit und Mineralstoffgehalt im Wiesenfutter (*Tabelle 2 und 3*, RESCH et al. 2006) ergibt sich durchwegs eine bessere Mineralstoffversorgung bei höherer Grundfutterqualität. Außerdem wird die Calcium-Bilanz entscheidend von der Art der Ration und auch von der Höhe der Milch-

leistung bestimmt. Da der Calcium-Bedarf mit steigender Milchleistung überproportional ansteigt (*Abbildung 1*, nach GfE 2001, siehe Abschnitt 2.1), geht die Calcium-Bilanz mit steigender Milchleistung zurück. Die Calcium-Bilanz ist im niedrigen Milchleistungsbereich stark positiv, d.h. die Aufnahme an Calcium (aus dem Grund- und Kraftfutter) übersteigt den Bedarf bei weitem (*Abbildung 2*). Dagegen geht die Calcium-Bilanz bei hohen Milchleistungen ins Negative; der Bedarf ist höher als das Angebot aus dem Grund- und Kraftfutter und die verbleibende Differenz ist über Mineralfutter (Futterkalk, Mineralstoffmischung) zu ergänzen. Die Höhe der Milchleistung, bei der die Calcium-Bilanz Null ist, hängt wesentlich von der Grundfutterqualität und der Art der Grundfutterration ab. Je höher die Grundfutterqualität ist, desto höher ist die Leistung, ab der ein Calcium-Ergänzungsbedarf besteht.

Hinsichtlich des Einflusses des Rationstyps ergeben reine Grünland-Rationen (Ration 1 bis 3) eine hohe Calcium-Versorgung. So ermöglicht Ration 1 (15 % Heu, 85 % Grassilage) bei niedriger Grundfutterqualität nach Calcium eine Milchleistung von bis zu 28 kg und bei hoher Grundfutterqualität eine Milchleistung von bis zu 31 kg, ohne dass ein Calcium-Ergänzungsbedarf besteht (*Abbildung 2*). Grassilage ist etwas calciumreicher als Heu (Ration 3, nicht dargestellt).

Dagegen ist die Calcium-Bilanz im niedrigen Milchleistungsbereich weniger positiv und die negative Calcium-Bilanz wird bei einer niedrigeren Milchleistung erreicht, wenn Maissilage Teil der Grundfutter-Ration ist (Ration 4 bis 7). Der Calcium-Gehalt von Maissilage (etwa 2,3 g/kg TM) ist deutlich niedriger als im Wiesenfutter (6 – 12 g/kg TM, siehe *Tabelle 2*, nach RESCH et al. 2006). Bei 25 % Maissilage wird die Calcium-Bilanz je nach Grundfutterqualität ab 25 – 31 kg Milch negativ und bei 50 % Maissilage im Grundfutter bei einer Milchleistung von 20 – 25 kg (*Abbildung 2*). Ein Heuanteil von 15 % verändert die Calcium-Bilanz nur unwesentlich (Ration 4 und 5 gegenüber Ration 6 und 7).

Der Calcium-Gehalt der Rotklee-Grassilage (Ration 8 und 9) ist nur unwesentlich höher als der Grassilage (*Tabelle 2*) und daher ist auch der Verlauf der Calcium-Bilanz sehr ähnlich der Grassilage-Ration. Bei einem Maissilageanteil von 25 % besteht ein Calcium-Ergänzungsbedarf je nach Grundfutterqualität zwischen 26 und 33 kg Milch und bei 50 % Maissilage zwischen 21 und 26 kg Milch. Dagegen ist der Calcium-Gehalt der Luzernegrassilage mit

10 – 13 g/kg TM deutlich höher als in der Grassilage (*Tabelle 2*) und eine solche Ration liefert bei 25 % Maissilage (Ration 10) Calcium bis zu einer Milchleistung von 32 – 37 kg (*Abbildung 2*).

Extrem hoch ist die Calcium-Bilanz bzw. Calcium-Versorgung im Sommer bei Mähweide (Ration 12); bei mittlerer und hoher Grundfutterqualität bleibt die Calcium-Bilanz bis 40 kg Milch im positiven Bereich, es ist also keine Calcium-Ergänzung erforderlich und der Calcium-Überschuss bei niedriger Milchleistung beträgt je nach Grundfutterqualität 75 – 115 g pro Tag. Bei niedriger Grundfutterqualität wird die Calcium-Bilanz bei 35 kg Milch negativ. Ein Maissilageanteil von 25 % (Ration 13) reduziert die Calcium-Versorgung, reicht jedoch noch immer für eine Milchleistung von 30 – 40 kg. In diesem Bereich liegt auch die Kurzrasenweide (Ration 14, nicht dargestellt).

Die hier dargestellten Calcium-Bilanzen entsprechen weitgehend der Arbeit von GRUBER et al. (1994a), sowohl in der Größenordnung als auch hinsichtlich der wichtigsten Einflussfaktoren, nämlich Milchleistung, Grundfutterqualität und Grundfütterrationstyp, d.h. neben Wiesenfutter Einfluss von Maissilage und Leguminosen. Die hohe Versorgung an Calcium unter österreichischen Grundfütterverhältnissen geht auch aus Modellrechnungen von EDER & GRUBER (1990) und aus Praxiserhebungen von GRUBER & STEINWENDER (1992) hervor. Eine hohe Calcium-Versorgung von Milchkühen haben auch STEINWIDDER & GUGGENBERGER (2003) in einer Felduntersuchung festgestellt. Auch in einer repräsentativen Untersuchung über fünf deutsche Landwirtschaftskammern zeichnet sich eine hohe Calcium-Versorgung aus Grassilage-Rationen ab (SCHÖNER & PFEFFER 1983). Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass der Calcium-Gehalt des Wiesenfutters in Abhängigkeit vom geologischen Ausgangsgestein und der botanischen Zusammensetzung (Anteil an Leguminosen und Kräutern) stark variieren kann (DACCARD et al. 2001, RESCH et al. 2009), sodass die Beurteilung der Versorgung am sichersten auf der Grundlage einer betriebsspezifischen Analyse erfolgt.

3.2 Phosphor-Bilanz

Gegenüber den mit steigender Milchleistung linear abfallenden Calcium-Bilanzen zeigen die Phosphor-Bilanzen einen anderen Verlauf (*Abbildung 3*). Dies ist im sehr unterschiedlichen Phosphorgehalt des Grund- und des Kraftfutters begründet, besonders des Protein-Kraftfutters. Wiesenfutter weist je nach Vegetationsstadium einen Phosphorgehalt von etwa 2,8 – 3,5 g/kg TM auf (*Tabelle 3*), während das Energie- bzw. Protein-Kraftfutter einen Phosphorgehalt von 3,8 bzw. sogar 9,1 g/kg TM hat (*Tabelle 5*). Daher führt der mit steigender Milchleistung erforderliche Kraftfüttereinsatz zu einem gegenüber dem Grundfutter höheren Phosphor-Input und verbessert damit die Phosphor-Bilanz, ganz besonders, wenn auch eine Proteinergänzung erforderlich ist, wie im Falle von Maissilage oder von Grundfutter mit geringer Qualität. Daher fallen die Phosphor-Bilanzen, analog den Calcium-Bilanzen, mit steigender Leistung ab, allerdings nur solange, bis Energie- und vor allem Protein-Kraftfutter in der Ration erforderlich werden und zu einem deutlichen Anstieg der Phosphor-Aufnahme führen. Dies bewirkt,

bei mit der Leistung weiter steigendem Bedarf, dass die Phosphor-Bilanz nicht im gleichen Ausmaß (d.h. linear) zurückgeht, sondern nur abgeschwächt bzw. gleich bleibt oder sogar wieder ansteigt, je nach dem, wie hoch die erforderliche Menge an Protein-Kraftfutter ist.

Bei reinen Grünland-Rationen (Ration 1 bis 3, ohne Maissilage) ist naturgemäß nur eine geringe Protein-Ergänzung bzw. erst im hohen Leistungsbereich erforderlich (*siehe Tabelle 1A*). Dies führt dazu, dass die Phosphor-Bilanz mit steigender Leistung abnimmt, aber nur in abgeschwächter Form. Diese Rationen sind über den gesamten Leistungsbereich (10 – 40 kg Milch) in positiver Phosphor-Bilanz, d.h. aus dem Grund- und Kraftfutter kommt ausreichend Phosphor, sodass eine Phosphor-Ergänzung über Mineralfutter nicht erforderlich ist. Im niedrigen Leistungsbereich liegt ein Phosphor-Überschuss von 10 – 15 g pro Tag vor.

Anders stellt sich die Phosphor-Versorgung bei den Grünlandrationen mit Maissilage dar (Ration 4 bis 7), wobei der Maissilage-Anteil und die davon abhängige Proteinergänzung das Bild maßgeblich beeinflussen. Bei mittlerem Maissilage-Anteil von 25 % (Ration 4 und 6) besteht ein Phosphor-Überschuss bis zu einer Leistung von etwa 20 kg Milch. Bei höherer Leistung kommt es zu einem stark unterschiedlichen Bild in Abhängigkeit von der Grundfutterqualität. Bei niedriger Qualität bewirkt der sich daraus ergebende hohe Protein-Ergänzungsbedarf sogar Phosphor-Überschüsse bis 35 kg Milch, während bei hoher Grundfutterqualität vorwiegend Energie-Kraftfutter mit geringerem Phosphor-Gehalt zum Einsatz kommt, wodurch die Versorgungssituation gerade noch bedarfsdeckend ist. Somit ergibt sich auch für diese Rationen kein Ergänzungsbedarf an Phosphor über Mineralfutter. Bei Rationen mit 50 % Maissilage entsteht dagegen im niedrigen Leistungsbereich (12 bis 15 – 22 kg Milch, je nach Grundfutterqualität) eine negative Phosphor-Bilanz, die über Mineralfutter zu decken ist. Im hohen Milchleistungsbereich führen die mit Kraftfutter in die Ration gelangenden Phosphormengen wieder zu einem Phosphor-Überschuss.

Bei leguminosenreichem Grundfutter ist die Phosphor-Versorgung, vor allem als Folge des geringeren Proteinergänzungs-Bedarfes, niedriger als in den Grünland-Rationen mit Wiesenfutter, wobei auch hier der Maissilage-Anteil und die Grundfutterqualität eine starke Rolle spielen (Ration 8 bis 11). Bei Rotkleegrassilage mit 25 % Maissilage und hoher Grundfutterqualität tritt ab 18 kg Milch eine negative Phosphor-Bilanz auf, mittlere Grundfutterqualität ist gerade bedarfsdeckend und niedrige Grundfutterqualität führt durch die Notwendigkeit der Proteinergänzung zu einem Phosphor-Überschuss. Ein höherer Maissilage-Anteil von 50 % verbessert über den dadurch erforderlichen höheren Anteil an Protein-Kraftfutter die Phosphor-Versorgung aus der Gesamtration. Ein Phosphor-Ergänzungsbedarf besteht im niedrigen Leistungsbereich von 12 bis 17 – 24 kg Milch (je nach Grundfutterqualität). Ein analoges Bild zeigen auch die Rationen mit Luzernegrassilage (Ration 10 und 11).

Die Rationen für die Sommerfütterung mit Weidefutter weisen großteils einen Phosphor-Überschuss aus (Ration 12 bis 14). Ein leichter Phosphor-Mangel tritt bei niedriger Grundfutterqualität und 100 % Weidefutter ab 15 kg Milch auf (Ration 12). Bei 25 % Maissilage wird die Phosphor-

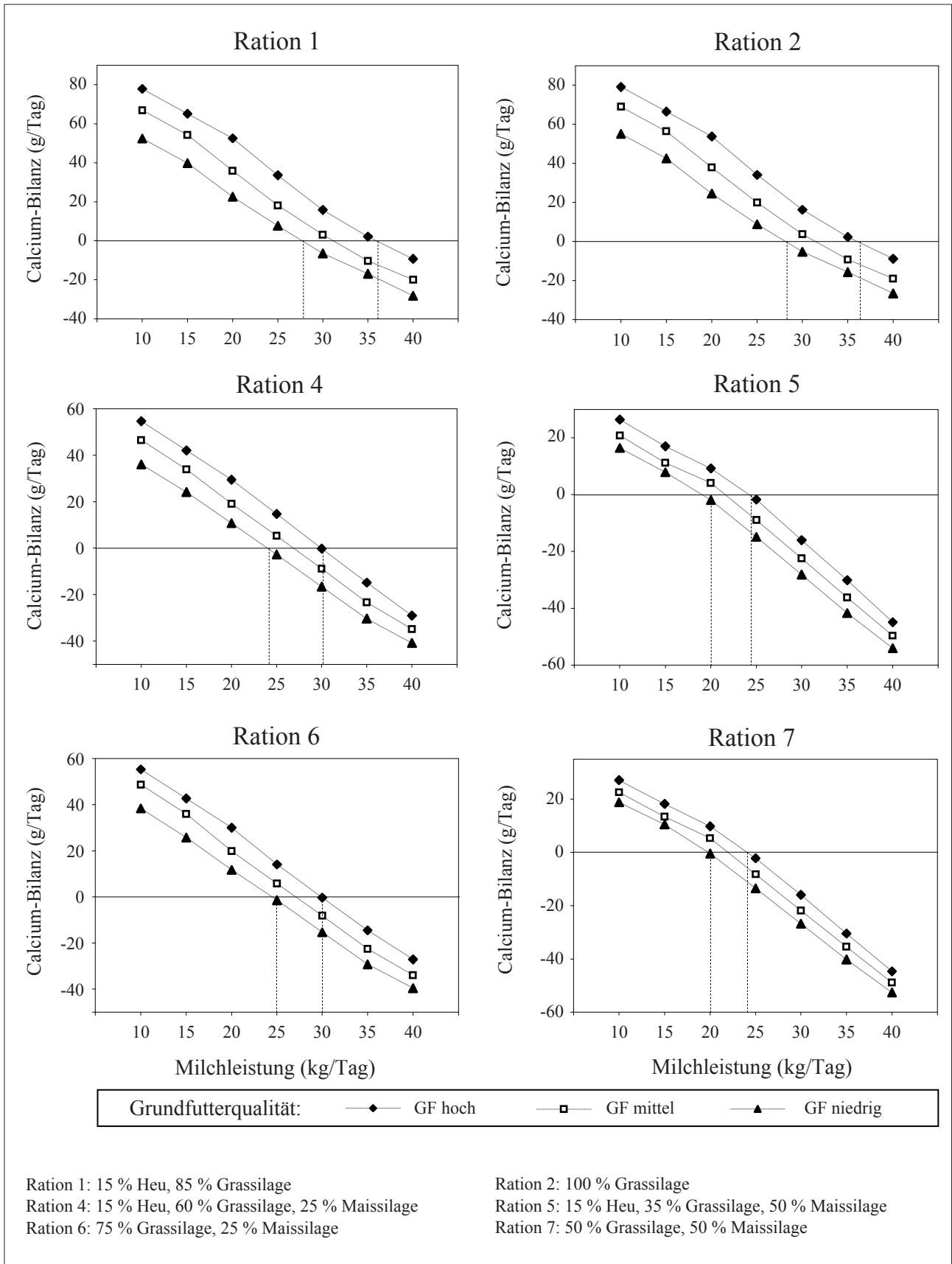


Abbildung 2a: Kalkulierte Calcium-Bilanzen bei verschiedenen Grundfutter-Rationen und unterschiedlicher Grundfutterqualität

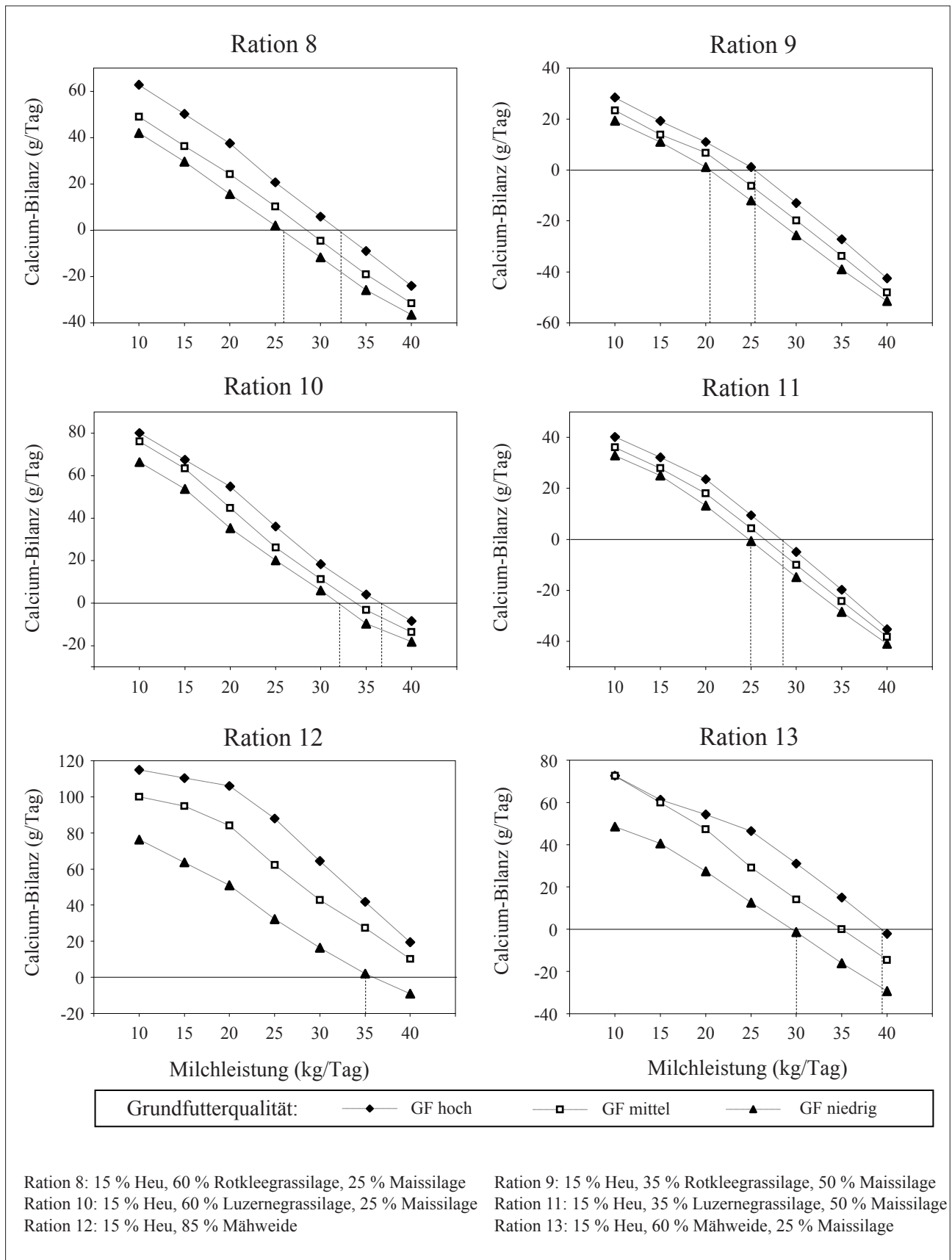


Abbildung 2b: Kalkulierte Calcium-Bilanzen bei verschiedenen Grundfutter-Rationen und unterschiedlicher Grundfutterqualität

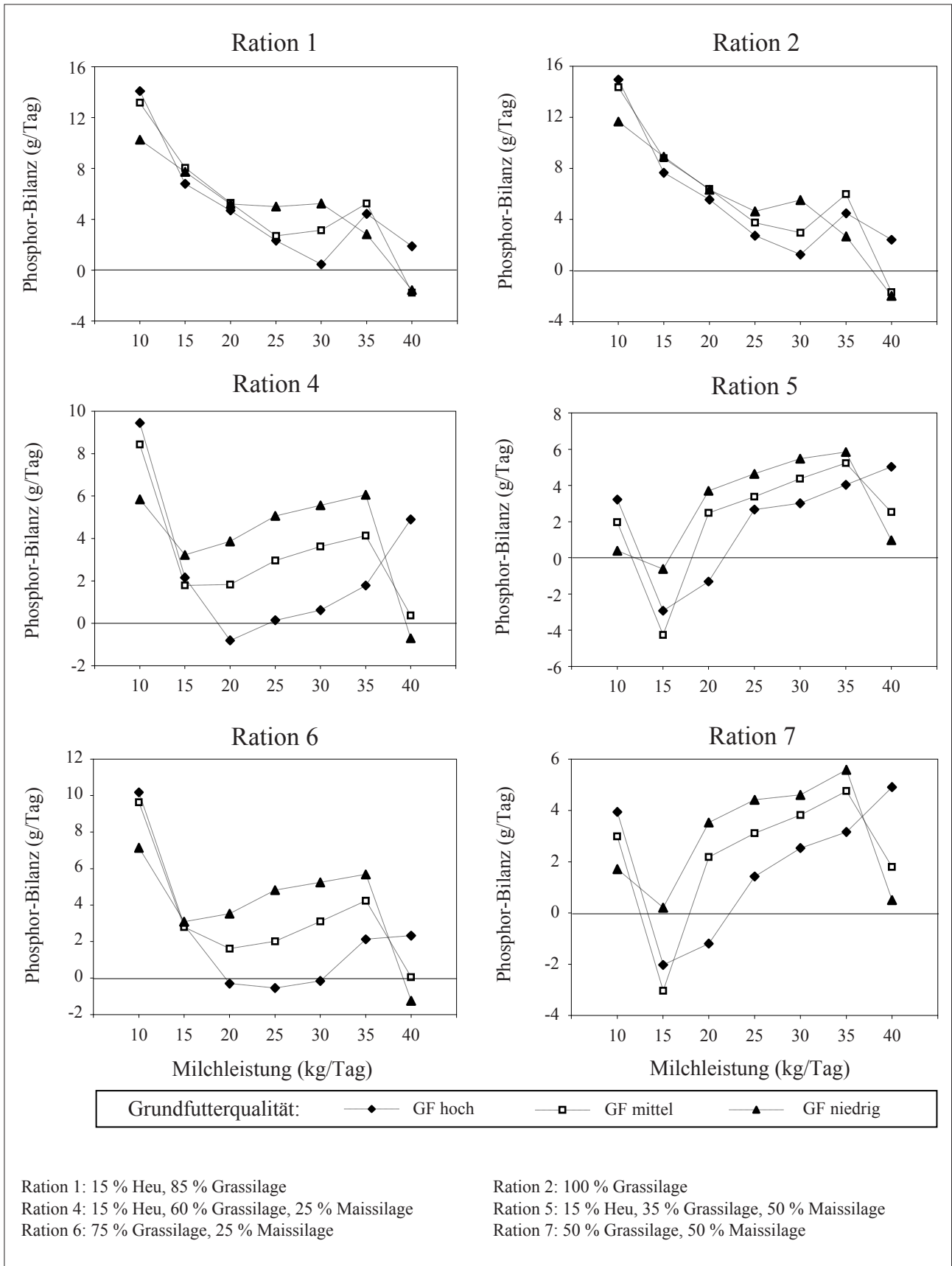


Abbildung 3a: Kalkulierte Phosphor-Bilanzen bei verschiedenen Grundfutter-Rationen und unterschiedlicher Grundfutterqualität

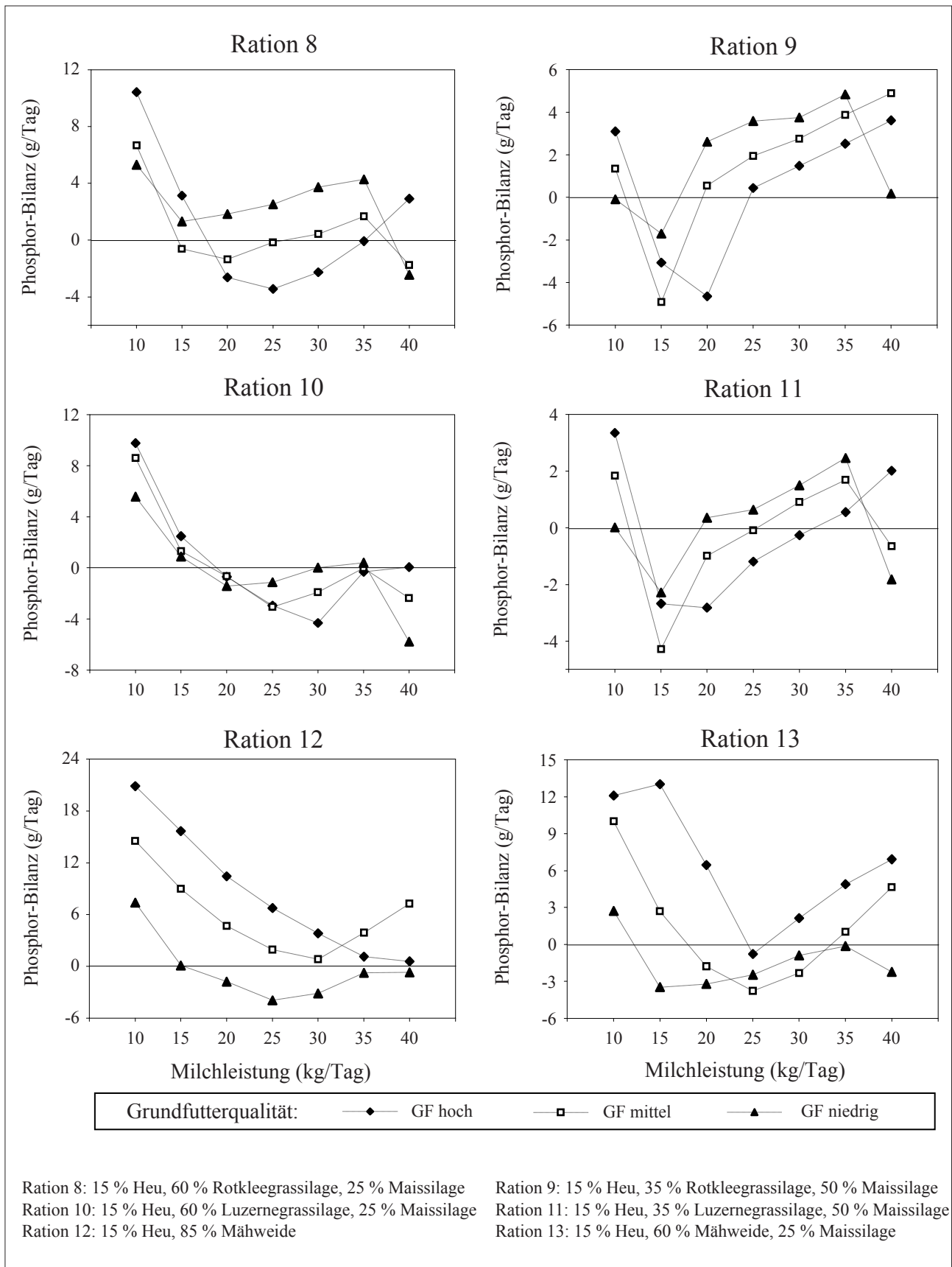


Abbildung 3b: Kalkulierte Phosphor-Bilanzen bei verschiedenen Grundfutter-Rationen und unterschiedlicher Grundfutterqualität

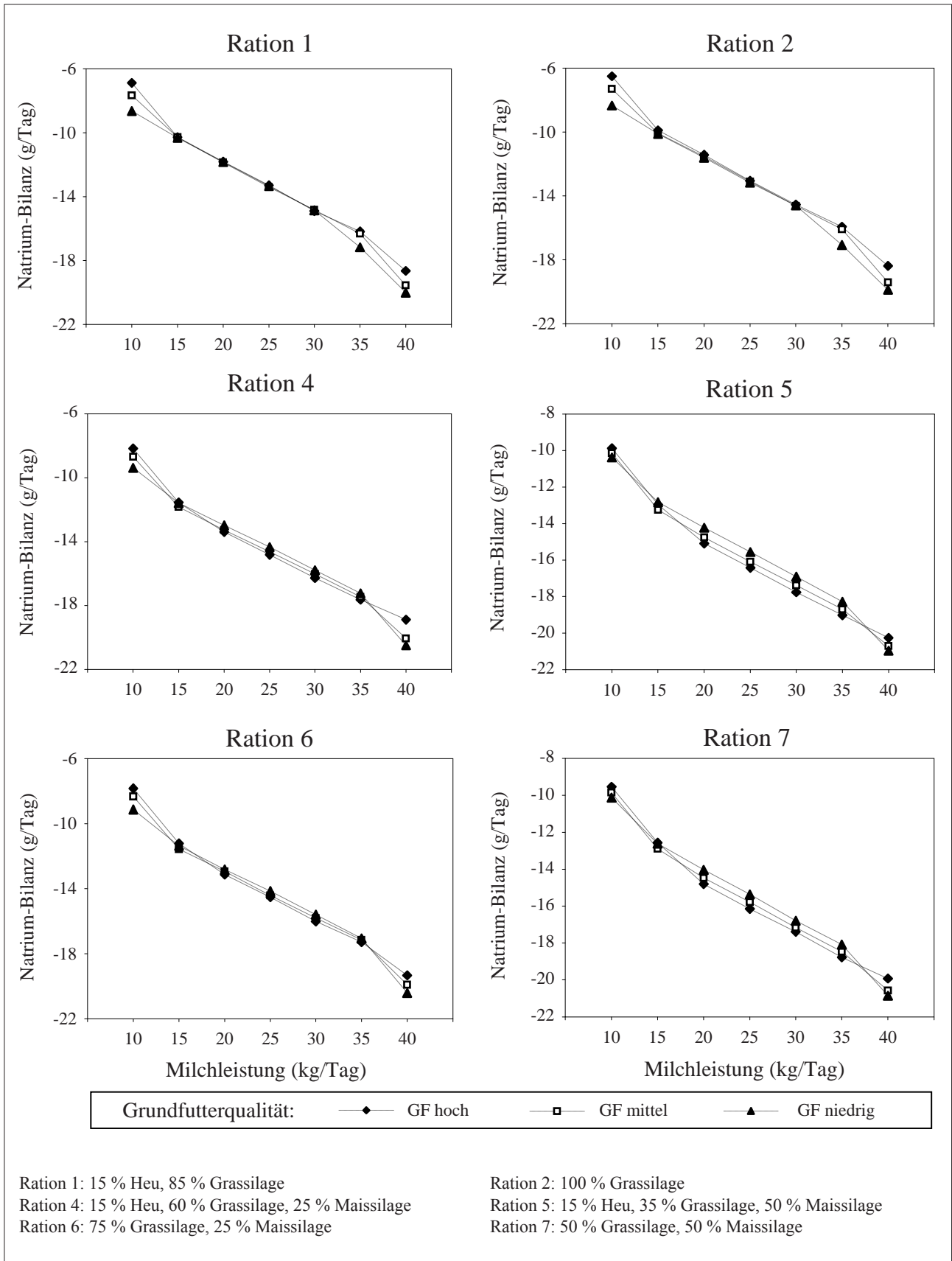


Abbildung 4a : Kalkulierte Natrium-Bilanzen bei verschiedenen Grundfutter-Rationen und unterschiedlicher Grundfutterqualität

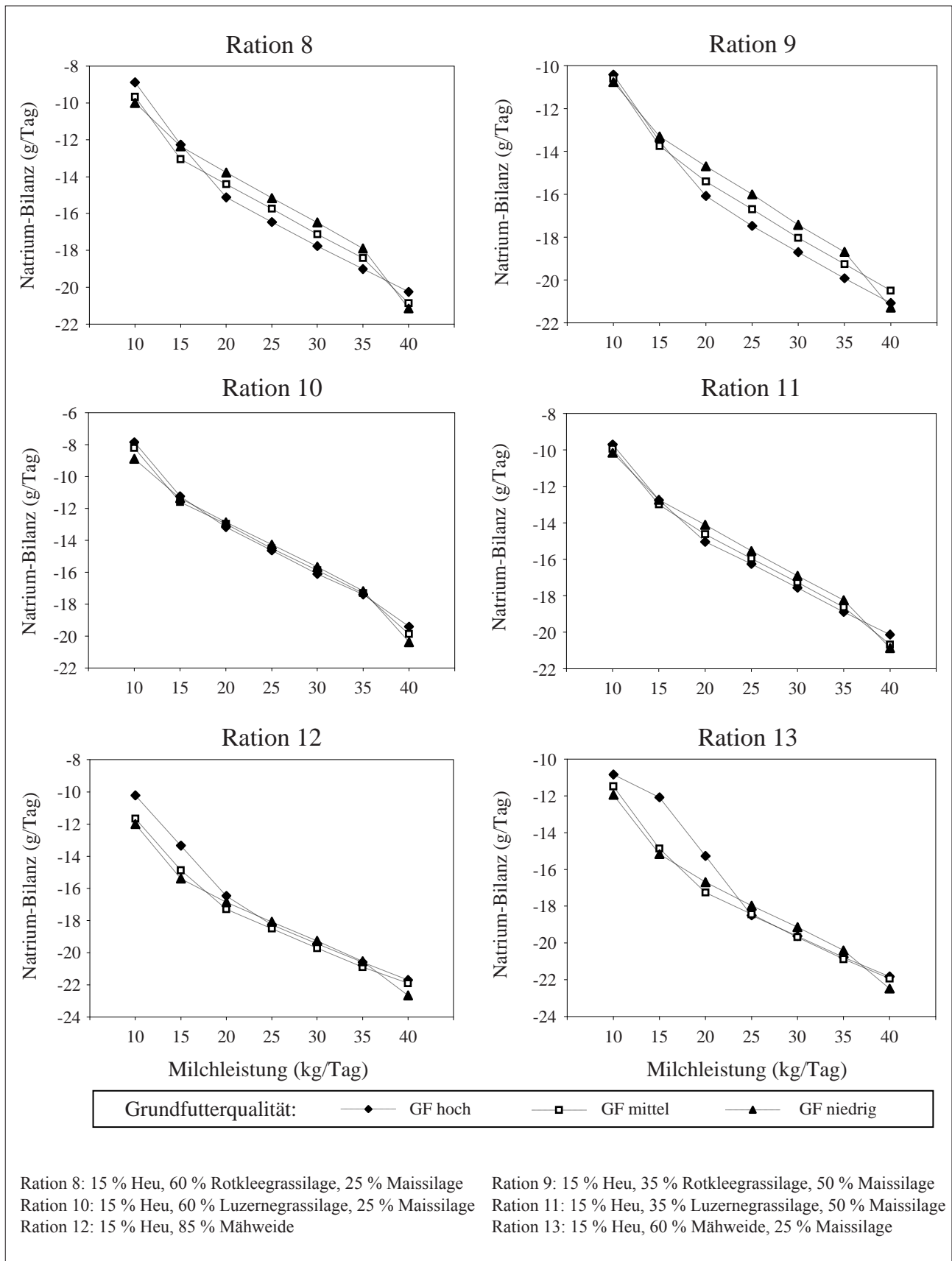


Abbildung 4 b: Kalkulierte Natrium-Bilanzen bei verschiedenen Grundfutter-Rationen und unterschiedlicher Grundfutterqualität

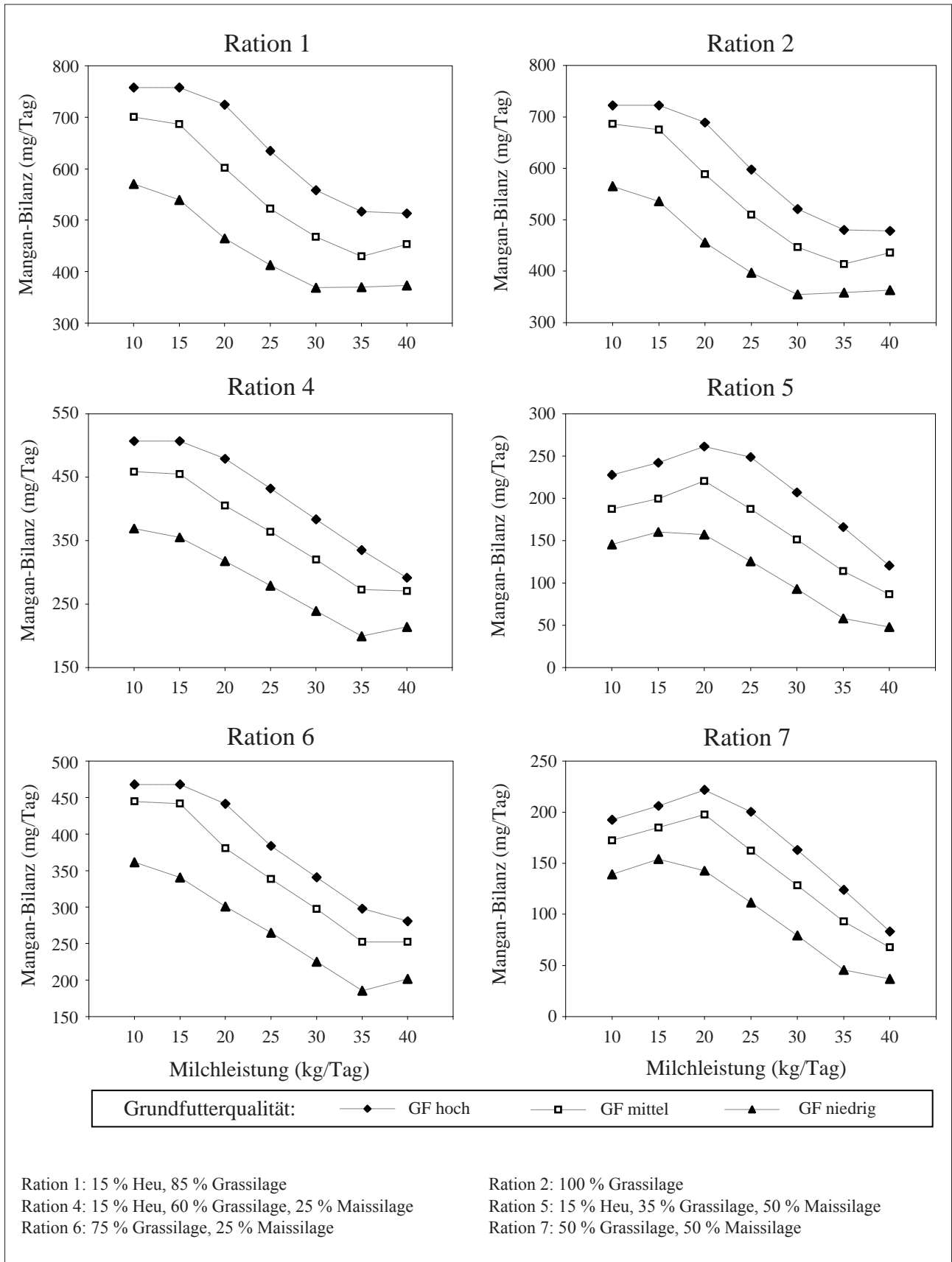


Abbildung 5a: Kalkulierte Mangan-Bilanzen bei verschiedenen Grundfutter-Rationen und unterschiedlicher Grundfutterqualität

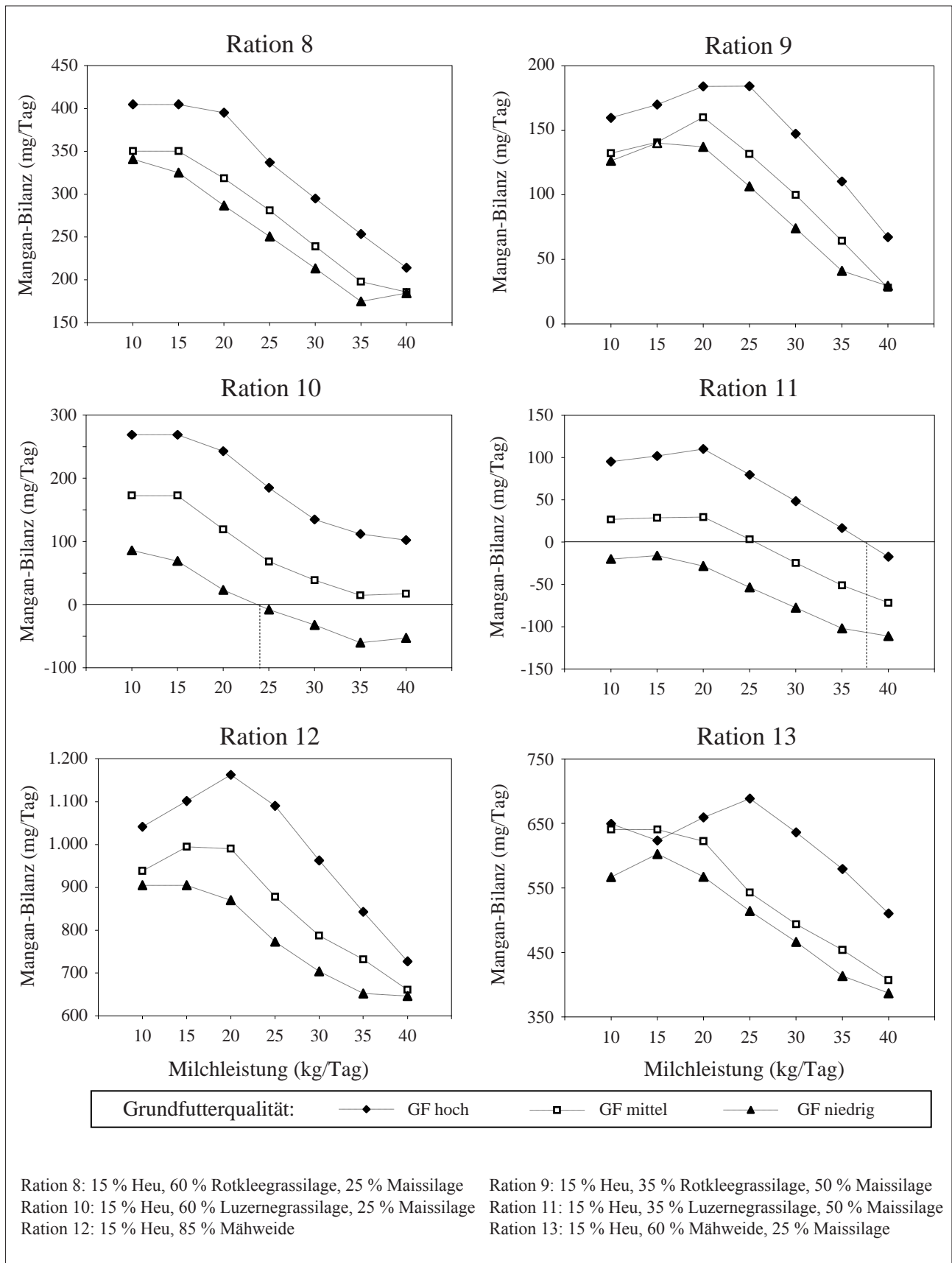


Abbildung 5b : Kalkulierte Mangan-Bilanzen bei verschiedenen Grundfutter-Rationen und unterschiedlicher Grundfutterqualität

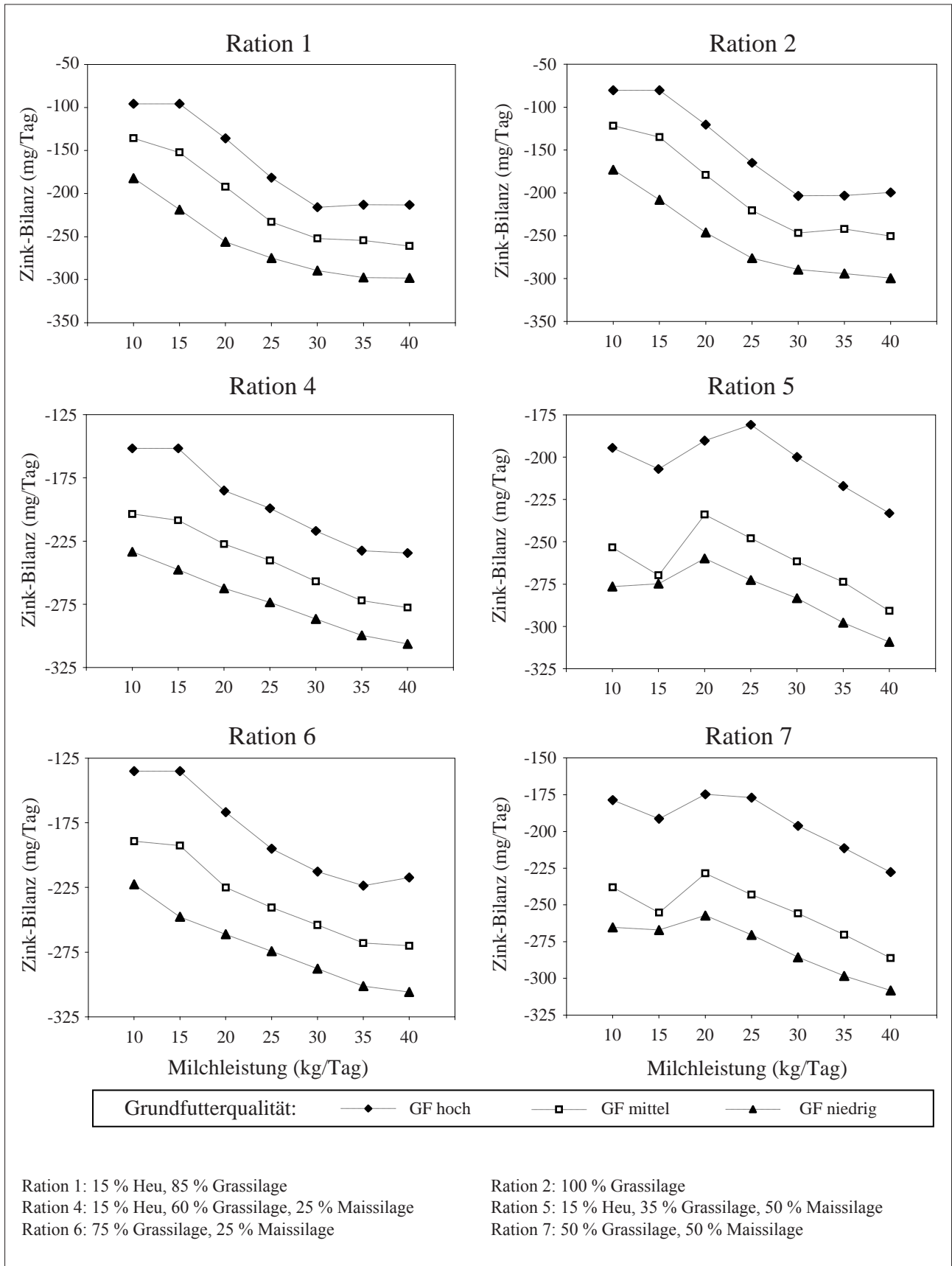


Abbildung 6a: Kalkulierte Zink-Bilanzen bei verschiedenen Grundfutter-Rationen und unterschiedlicher Grundfutterqualität

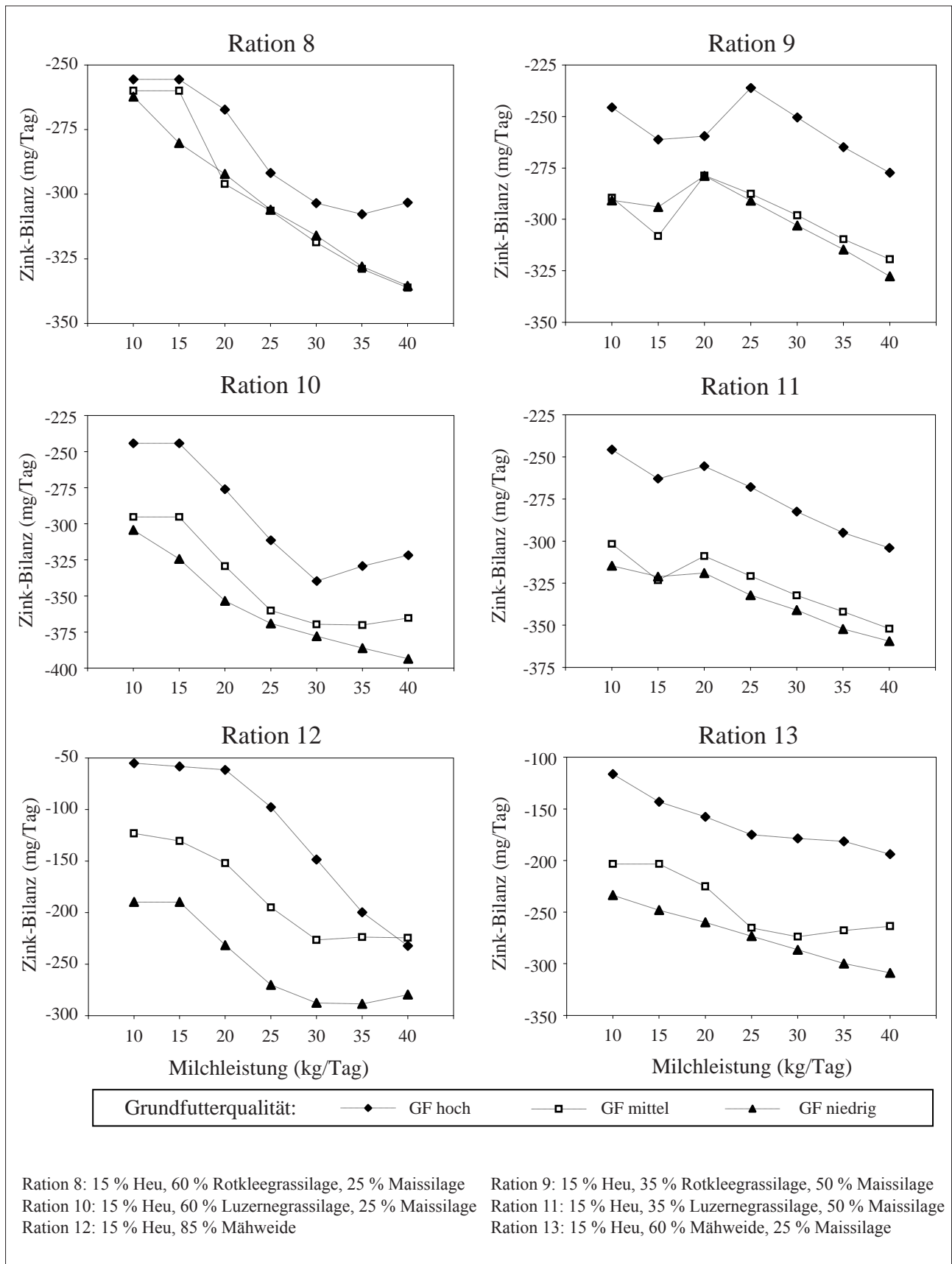


Abbildung 6b: Kalkulierte Zink-Bilanzen bei verschiedenen Grundfutter-Rationen und unterschiedlicher Grundfutterqualität

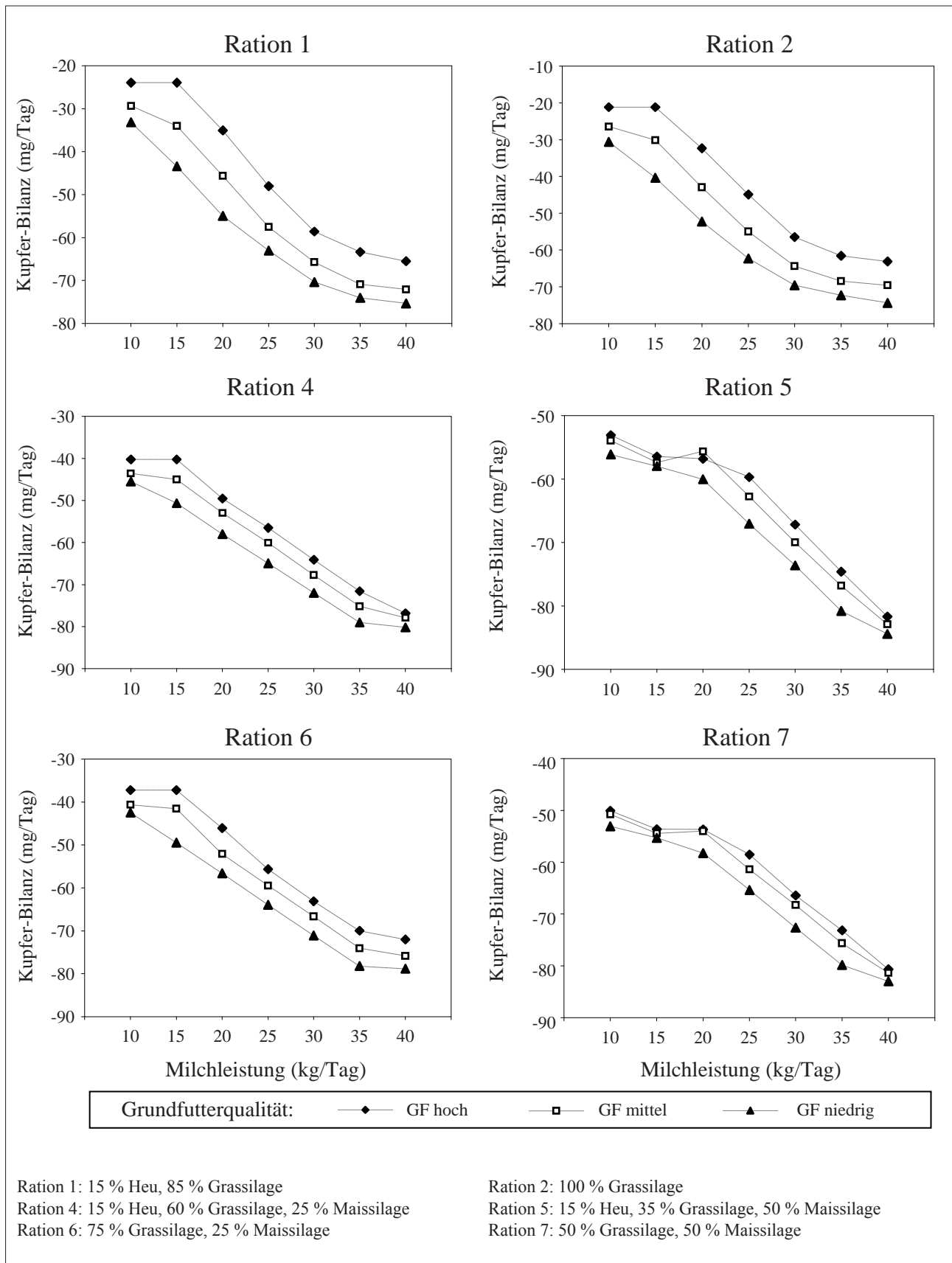


Abbildung 7a: Kalkulierte Kupfer-Bilanzen bei verschiedenen Grundfutter-Rationen und unterschiedlicher Grundfutterqualität

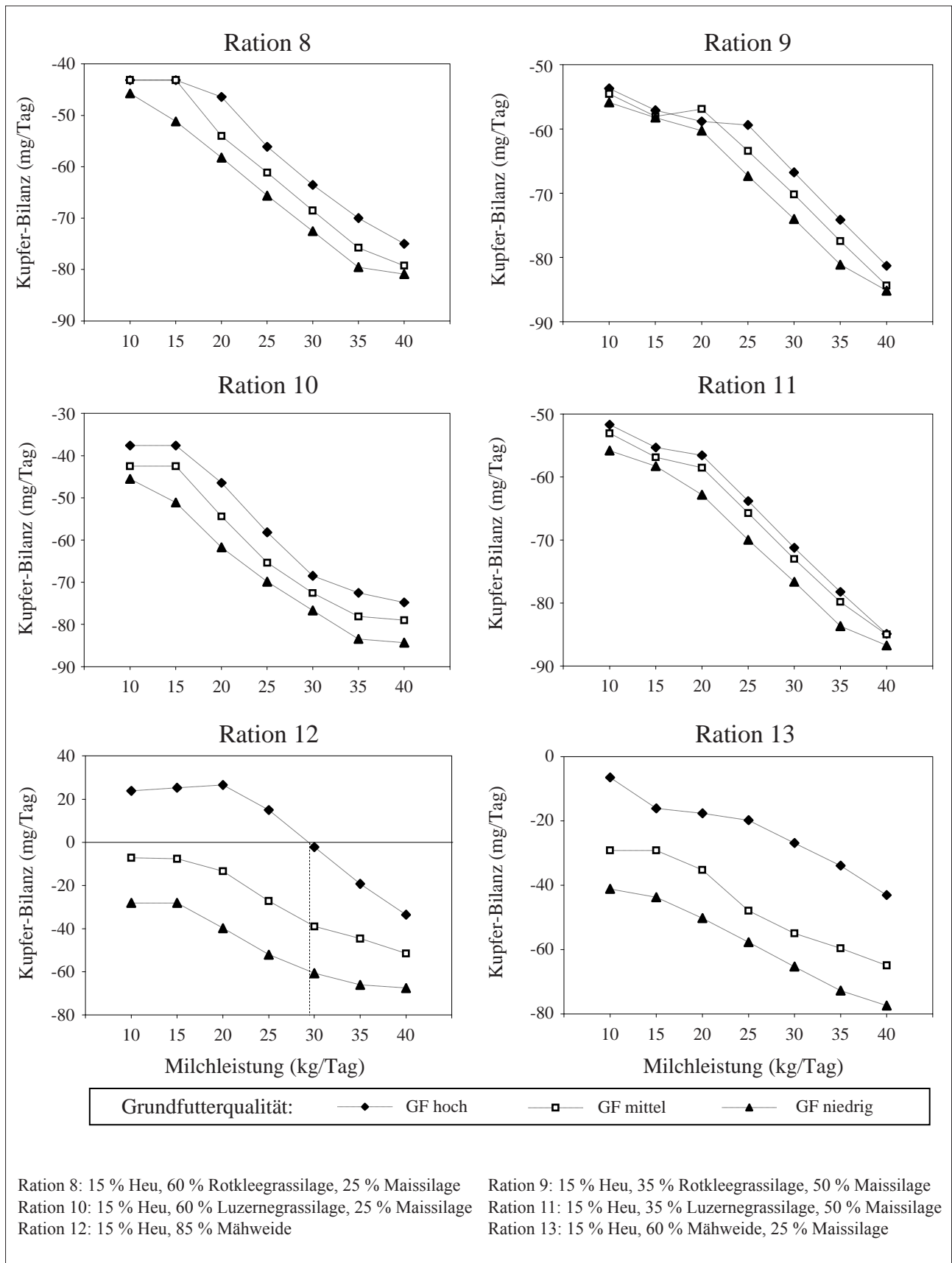


Abbildung 7b: Kalkulierte Kupfer-Bilanzen bei verschiedenen Grundfutter-Rationen und unterschiedlicher Grundfutterqualität

Versorgung verschlechtert und es besteht ein Phosphor-Ergänzungsbedarf bei mittlerer und niedriger Grundfutterqualität (Ration 13). Kurzrasenweide (Ration 14, nicht dargestellt) führt über den gesamten Milchleistungsbereich zu einer ausreichenden Phosphorversorgung.

3.3 Natrium-Bilanz

Die Versorgung an Natrium aus dem Grund- und Kraftfutter ist bekanntlich sehr gering und es tritt daher immer eine negative Natrium-Bilanz auf (Abbildung 4). Diese beträgt bei 10 kg Milch etwa 7 – 10 g Natrium und steigt linear bis 40 kg Milch auf 20 – 23 g Natrium pro Tag. Es ist kaum ein Einfluss des Rationstyps (Art des Grundfutters) und der Grundfutterqualität (Vegetationsstadium) zu erkennen. Die Ergänzung dieses fehlenden Natrium-Angebotes aus dem Grund- und Kraftfutter mit Viehsalz oder Mineralfutter ist folglich in jedem Fall erforderlich. Aus den negativen Natrium-Bilanzen von 7 g bei 10 kg Milch bis 23 g bei 40 kg Milch ergibt sich eine Menge an Viehsalz in der Höhe von 18 bzw. 61 g pro Tag.

3.4 Mangan-Bilanz

Die Ergebnisse zur Mangan-Bilanz (Abbildung 5) sind geprägt vom unterschiedlichen Gehalt der Grundfüttermittel Wiesenfutter und Silomais (im Mittel 105 mg vs. 28 mg pro kg TM, Tabelle 2 und 3) sowie des Energie- bzw. Protein-Kraftfutters (34 mg vs. 60 mg pro kg TM, Tabelle 5).

Reine Grünland-Rationen (Ration 1 bis 3) weisen eine über den ganzen Milchleistungsbereich positive Mangan-Bilanz auf. Allerdings gehen die Mangan-Überschüsse mit steigender Milchleistung deutlich zurück, da Kraftfutter (besonders Energie-Kraftfutter), wie angeführt, einen wesentlich geringeren Mangan-Gehalt hat als Wiesenfutter. Es besteht ein starker Einfluss der Grundfutterqualität auf die Mangan-Bilanz, da der Mangan-Gehalt des Wiesenfutters im Laufe der Vegetation geringer wird (Tabelle 2). Der Mangan-Überschuss ist also bei älterem Wiesenfutter geringer als im frühen Vegetationsstadium.

Bei Grünland-Rationen mit Maissilage (Ration 4 bis 7) ist der Verlauf der Mangan-Bilanz und der Einfluss der Grundfutterqualität ähnlich wie bei Wiesenfutter ohne Maissilage, allerdings auf einem deutlich niedrigeren Niveau. Bei hohen Maissilage-Anteilen (50 %) geht die Mangan-Bilanz bei hohen Milchleistungen gegen Null, ist daher nahe am Ergänzungsbedarf mit Mineralfutter.

Rationen mit Rotklee-Grassilage (Ration 8 und 9) verhalten sich ähnlich wie Grassilage-Rationen, dagegen ist die Mangan-Versorgung bei Luzerne-Grassilage (Ration 10 und 11) deutlich niedriger und es besteht sogar zum Teil, bei hohem Maissilage-Anteil und bei niedriger Grundfutterqualität, ein Ergänzungsbedarf an Mangan über Mineralfutter.

Große Überschüsse an Mangan herrschen in allen Rationen mit Grünfutter vor (Ration 12 bis 14), die zwar mit steigender Milchleistung von 1.200 mg auf 400 mg pro Tag zurückgehen, jedoch noch immer deutlich über dem Bedarf liegen.

3.5 Zink-Bilanz

Die Zink-Bilanz ist in allen untersuchten Situationen negativ, d.h. in allen Rationstypen, Grundfutterqualitäten und Milchleistungsniveaus, sodass generell von einem Ergänzungsbedarf an Zink über Mineralfutter auszugehen ist (Abbildung 6). Die Zink-Bilanz verschlechtert sich mit steigender Milchleistung, da im Energie-Kraftfutter weniger Zink enthalten ist als im Wiesenfutter (31 mg vs. 38 mg pro kg TM, Tabelle 5 und Tabelle 3). Im Protein-Kraftfutter findet sich dagegen ein sehr hoher Zink-Gehalt (72 mg). Da der Zink-Gehalt im Wiesenfutter mit Fortdauer der Vegetation abnimmt, ist die Zink-Bilanz beim Grundfutter mit niedrigerer Qualität negativer als bei hoher Qualität.

In den Grünland-Rationen ohne Maissilage (Ration 1 bis 3) beträgt das Zink-Defizit bei niedriger Milchleistung (10 kg) je nach Grundfutterqualität 80 – 240 mg und steigt bei hohen Milchleistungen (40 kg) auf 200 – 300 mg pro Tag an.

In Rationen mit Maissilage (Ration 4 bis 7) ist das Zink-Defizit höher, allerdings führt der größere Bedarf an Protein-Ergänzung dazu, dass sich der Zink-Mangel mit steigender Milchleistung nicht so stark entwickelt wie bei Grünland-Rationen ohne Maissilage, die mit weniger Protein-Kraftfutter das Auslangen finden.

In Rationen mit Rotklee-Grassilage und Luzerne-Grassilage (Ration 8 bis 11) ist das Zink-Defizit trotz des ähnlichen Gehaltes wie im Wiesenfutter (Tabelle 2) ausgeprägter als in Grünland-Rationen mit Maissilage, da ein geringer Ergänzungsbedarf mit dem Zink-reichen Protein-Kraftfutter erforderlich ist.

Die Zink-Versorgung in Rationen mit Grünfutter (Ration 12 bis 14) ist etwas günstiger als in den Wiesenfutter-Konserven, doch in gleicher Weise vom Vegetationsstadium und vom Maissilage-Anteil geprägt.

3.6 Kupfer-Bilanz

Ähnlich dem Zink ist auch im Falle des Kupfers ein starker Einfluss des Kraftfutters auf die Kupfer-Bilanz festzustellen. Der Kupfer-Gehalt des Energie-Kraftfutters (4,7 mg) ist niedriger und der des Protein-Kraftfutters (11,4 mg) ist höher als der Kupfer-Gehalt im Grundfutter (im Mittel 7,7 mg im Wiesenfutter, 4,4 mg in Maissilage, Werte in der TM, Tabelle 2 und 3, sowie Tabelle 5). Mit Ausnahme von Grünfutter sehr hoher Qualität ist die Versorgung mit Kupfer über das Grund- und Kraftfutter generell nicht bedarfsdeckend, es ist somit von einer negativen Kupfer-Bilanz auszugehen, die über Mineralfutter zu ergänzen ist. Wie beim Zink beeinflussen sowohl die Grundfutterqualität als auch der Maissilage-Anteil die Kupfer-Bilanz wesentlich (Abbildung 7).

Die Grünland-Rationen ohne Maissilage (Ration 1 bis 3) zeigen, dass die Kupfer-Versorgung bei älterem Wiesenfutter ungünstiger wird. Bei höheren Milchleistungen treten größere Kupfer-Defizite auf, da – wie angeführt – im Energie-Kraftfutter weniger Kupfer enthalten ist. Da Wiesenfutter-Rationen mit Maissilage (Ration 4 bis 7) eine stärkere Protein-Ergänzung erfordern, ist der Abfall der Kupfer-Bilanz nicht so ausgeprägt wie bei reinen Grünland-Rationen. Die Kupfer-Versorgung aus Rationen

mit Rotklee- und Luzernegrassilage (Ration 8 bis 11) ist etwas höher als bei Wiesenfutter (*Tabelle 2*), doch gelten die gleichen Zusammenhänge hinsichtlich Grundfutterqualität und Maissilage-Anteil. Am günstigsten ist die Kupfer-Versorgung bei Grünfutter, besonders bei hoher Qualität und ohne Maissilage (Ration 12).

4. Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Arbeit wurde die Mineralstoffversorgung von Milchkühen auf der Grundlage aktueller Futteranalyse- und Mineralstoffnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2001) mit Hilfe von Modellrechnungen untersucht. Die Futteraufnahme wurde nach der Schätzformel von GRUBER et al. (2004) berechnet, wobei insgesamt 14 verschiedene Rationen betrachtet wurden. Diese Rationen entsprechen den in der Fütterungspraxis gegebenen Bedingungen auf landwirtschaftlichen Betrieben in Österreich. Bezüglich der Winterfütterung werden reine Grünlandrationen (ausschließlich Wiesenfutter) mit unterschiedlichen Anteilen von Grassilage und Heu hinsichtlich der Mineralstoffversorgung charakterisiert sowie der Einfluss von Maissilage herausgearbeitet. Rationen mit Feldfutter aus Leguminosen/Gras-Beständen (Rotklee- und Luzernegrassilage) werden ebenfalls untersucht. Auch drei Rationen mit Grünfutter (Mähweide, Kurzrasenweide) waren Gegenstand der Untersuchung, um die Situation der Mineralstoffversorgung in der Sommerfütterung abzubilden.

Die Modellkalkulationen zeigen, dass die Höhe der Milchleistung, die Qualität des Grundfutters und die Art der Grundfütterration (Rationstyp) die Mineralstoffversorgung (Mineralstoffbilanz) entscheidend beeinflussen. Die Milchleistung hat einen gravierenden Einfluss auf die Mineralstoffversorgung, weil der Bedarf an den Mengenelementen und somit die erforderliche Konzentration pro kg TM mit der Milchleistung deutlich ansteigt. Somit verschlechtert sich generell die Mineralstoffversorgung mit steigender Milchleistung. Neben dem Bedarf wirkt sich auch der Mineralstoffgehalt des Kraftfutters auf die Mineralstoffversorgung aus, das mit steigender Milchleistung einen zunehmenden Anteil in der Ration einnimmt. Der Gehalt der Energie- und Proteinträger an Mengen- und Spurenelementen ist recht unterschiedlich. Hinsichtlich Calcium und Phosphor bestehen positive Ergänzungseffekte relativ zum Gehalt des Grundfutters und des Bedarfs der Tiere. Die Versorgung an Calcium über das Grünlandfutter (und natürlich über die Leguminosen) ist gemessen am Bedarf sehr hoch, Maissilage erfordert dagegen eine Calcium-Ergänzung. Die mit steigender Milchleistung über Energie- und besonders über Protein-Kraftfutter in die Ration gelangenden Phosphormengen decken den mit steigender Milchleistung ebenfalls ansteigenden Phosphorbedarf in hohem Ausmaß ab, sodass ein Bedarf an Phosphorergänzung über Mineralfutter nur bei niedriger Grundfutterqualität und hoher Leistung auftritt. Von den Spurenelementen ist bei Mangan die Versorgung aus dem Grund- und Kraftfutter häufig bedarfsdeckend, dagegen ist Zink und Kupfer infolge zu niedrigen Gehaltes im Futter über Mineralfutter zu ergänzen.

Die Grundfutterqualität wirkt sich sowohl über den Gehalt an Mineralstoffen als auch über die Menge und Art des

Kraftfutters auf die Mineralstoffversorgung aus. Das Vegetationsstadium und der Gehalt an Mineralstoffen sind positiv korreliert und die Grundfutterqualität bestimmt die Höhe und Art der Kraftfütterergänzung mit Energie- und Protein-Kraftfutter. Bezüglich der Art der Grundfutter-Ration ist der geringe Gehalt des Silomaises an Mineralstoffen im Vergleich zu Wiesenfutter zu berücksichtigen und entsprechend zu ergänzen. Dagegen weisen Leguminosen hohe Werte an Mengenelementen auf.

Abschließend ist festzuhalten, dass die drei untersuchten Faktoren – Milchleistung, Grundfutterqualität und Art der Grundfütterration – die Mineralstoffversorgung der Milchkühe entscheidend beeinflussen. Bei den Mineralstoffgehalten handelt es sich um fundierte Durchschnittswerte, die jedoch zu einem gewissen Grad von den tatsächlichen Gehalten eines Betriebes abweichen können. Daher ist eine regelmäßige Analyse des Futters auf Nähr- und Mineralstoffe zu empfehlen.

5. Literatur

- DACCORD, R., J. KESSLER, B. JEANGROS, J. SCEHOVIC, F.X. SCHUBIGER und J. LEHMANN, 2001: Nährwert von Wiesenpflanzen – Gehalt an Ca, P, Mg und K. *Agrarforschung* 8, 264-269.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG-Verlag Frankfurt am Main, 212 S.
- EDER, G. und L. GRUBER, 1990: Mineralstoffversorgung von Kühen über das Grundfutter. Bericht 17. Tierzuchttagung BAL Gumpenstein, 10. Mai 1990, 13-24.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Frankfurt/Main, DLG-Verlag, 135 S.
- GRUBER, L. und R. STEINWENDER, 1992: Nähr- und Mineralstoffversorgung von Milchkühen aus dem Grundfutter. Ergebnisse einer Praxiserhebung in landwirtschaftlichen Betrieben Österreichs. *Die Bodenkultur* 43, 65-79.
- GRUBER, L. und G. WIEDNER, 1994: Auswertung und Interpretation der Grundfutteranalysen des Futtermittellabors Rosenau der Niederösterreichischen Landes-Landwirtschaftskammer. II. Milchleistung aus dem Grundfutter. Veröffentlichungen BAL Gumpenstein, Heft 21, 33-53.
- GRUBER, L., G. WIEDNER und T. GUGGENBERGER, 1994a: Auswertung und Interpretation der Grundfutteranalysen des Futtermittellabors Rosenau der Niederösterreichischen Landes-Landwirtschaftskammer. III. Mineralstoffbilanzen. Veröffentlichungen BAL Gumpenstein, Heft 21, 55-74.
- GRUBER, L., G. WIEDNER, A. VOGEL und T. GUGGENBERGER, 1994b: Nähr- und Mineralstoffgehalt von Grundfuttermitteln in Österreich. Auswertung und Interpretation der Grundfutteranalysen des Futtermittellabors Rosenau der Nö. Landes-Landwirtschaftskammer. *Die Bodenkultur* 45, 57-73.
- GRUBER, L., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER, R. STEINWENDER und B. STEINER, 2000: Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000, 41-88.

- GRUBER, L., F.J. SCHWARZ, D. ERDIN, B. FISCHER, H. SPIEKERS, H. STEINGASS, U. MEYER, A. CHASSOT, T. JILG, A. OBERMAIER und T. GUGGENBERGER, 2004: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, 13.-17. Sept. 2004, Rostock, Kongressband 2004, 484-504.
- GSÖLS, F., HEIDENBAUER, G. und K. WURM, 2008: Superration. Futterrationsberechnung für Milchkühe. Version 6.0
- KIRCHGESSNER, M., F.X. ROTH, F.J. SCHWARZ und G.I. STANGL, 2008: Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 12. Auflage, DLG-Verlag Frankfurt am Main, 635 S.
- MINSON, D.J., 1990. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, 483 S.
- RESCH, R., T. GUGGENBERGER, L. GRUBER, F. RINGDORFER, K. BUCHGRABER, G. WIEDNER, A. KASAL und K. WURM, 2006: Futterwert für das Grundfutter im Alpenraum. Der fortschrittliche Landwirt 84 (Heft 24/2006), Sonderbeilage 20 S.
- RESCH, R., L. GRUBER, K. BUCHGRABER, E.M. PÖTSCH, T. GUGGENBERGER und G. WIEDNER, 2009: Mineralstoffgehalt des Grund- und Kraftfutters in Österreich. Bericht 36. Viehwirtschaftliche Fachtagung HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding, 16.-17. April 2009, 31-39.
- SCHÖNER, F.J. und E. PFEFFER, 1983: Erhebungen über Mineralstoffgehalte in Grundfuttermitteln. Das wirtschaftseig. Futter 29, 5-16.
- STEINWIDDER, A. und T. GUGGENBERGER, 2003: Erhebungen zur Futteraufnahme und Nährstoffversorgung von Milchkühen sowie Nährstoffbilanzierung auf Grünlandbetrieben in Österreich. Die Bodenkultur 54, 49-66.
- Van SOEST, P.J., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. 2. Auflage, Cornell University Press, Ithaca und London, 476 S.
- ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter), 2008: Die österreichische Rinderzucht 2007. Herausgeber ZAR, 159 S.

Danksagung:

Herrn Dipl.-Ing. Karl Wurm (Landwirtschaftskammer Steiermark) sei für wertvolle fachliche Diskussionen und Anregungen bei der Zusammenstellung der Grundfutterra-tionen und Kraftfuttermischungen herzlich gedankt.

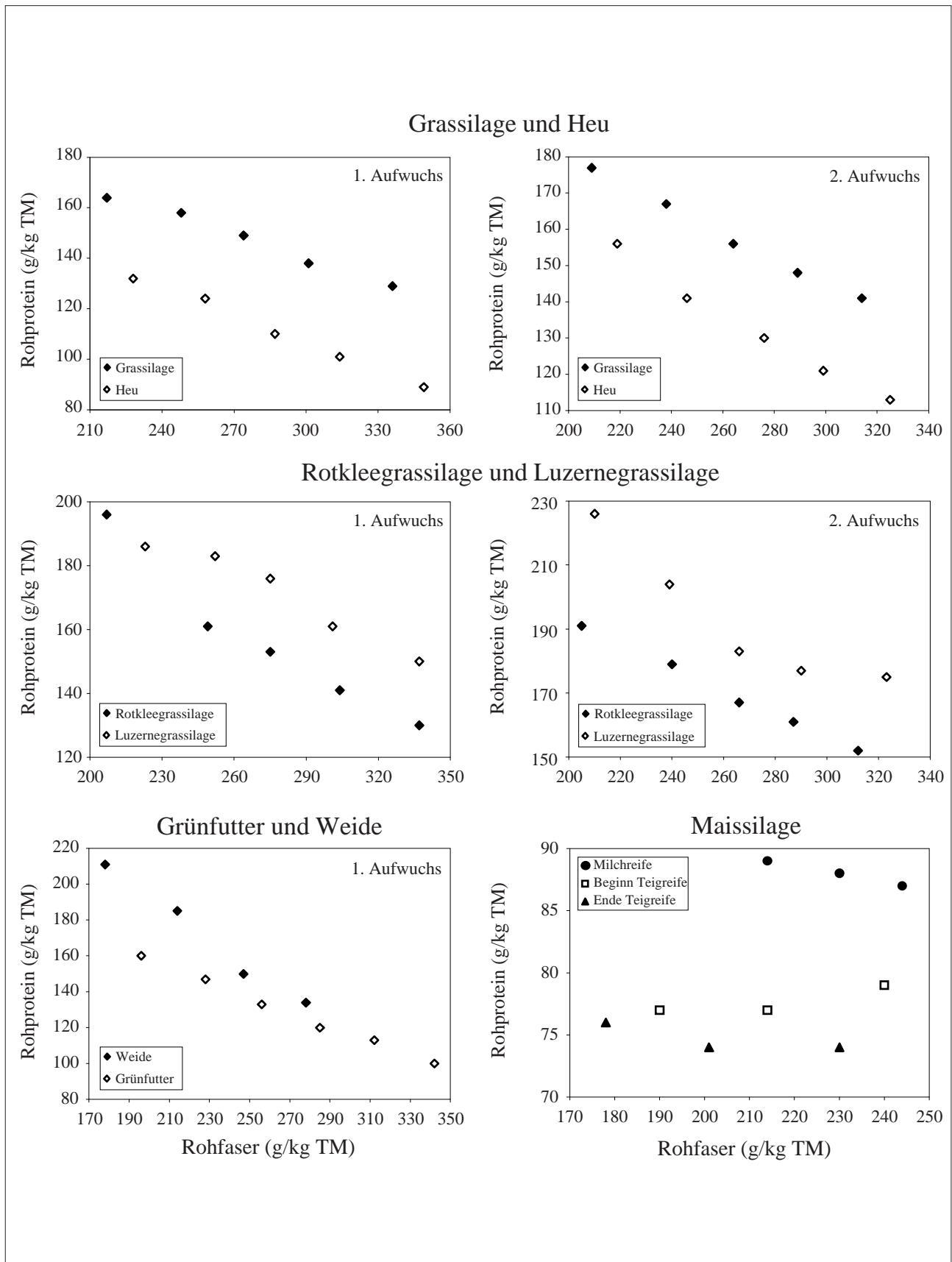


Abbildung 1A: Beziehung zwischen dem Gehalt an Rohfaser und dem Gehalt an Rohprotein in verschiedenen Grundfuttermitteln

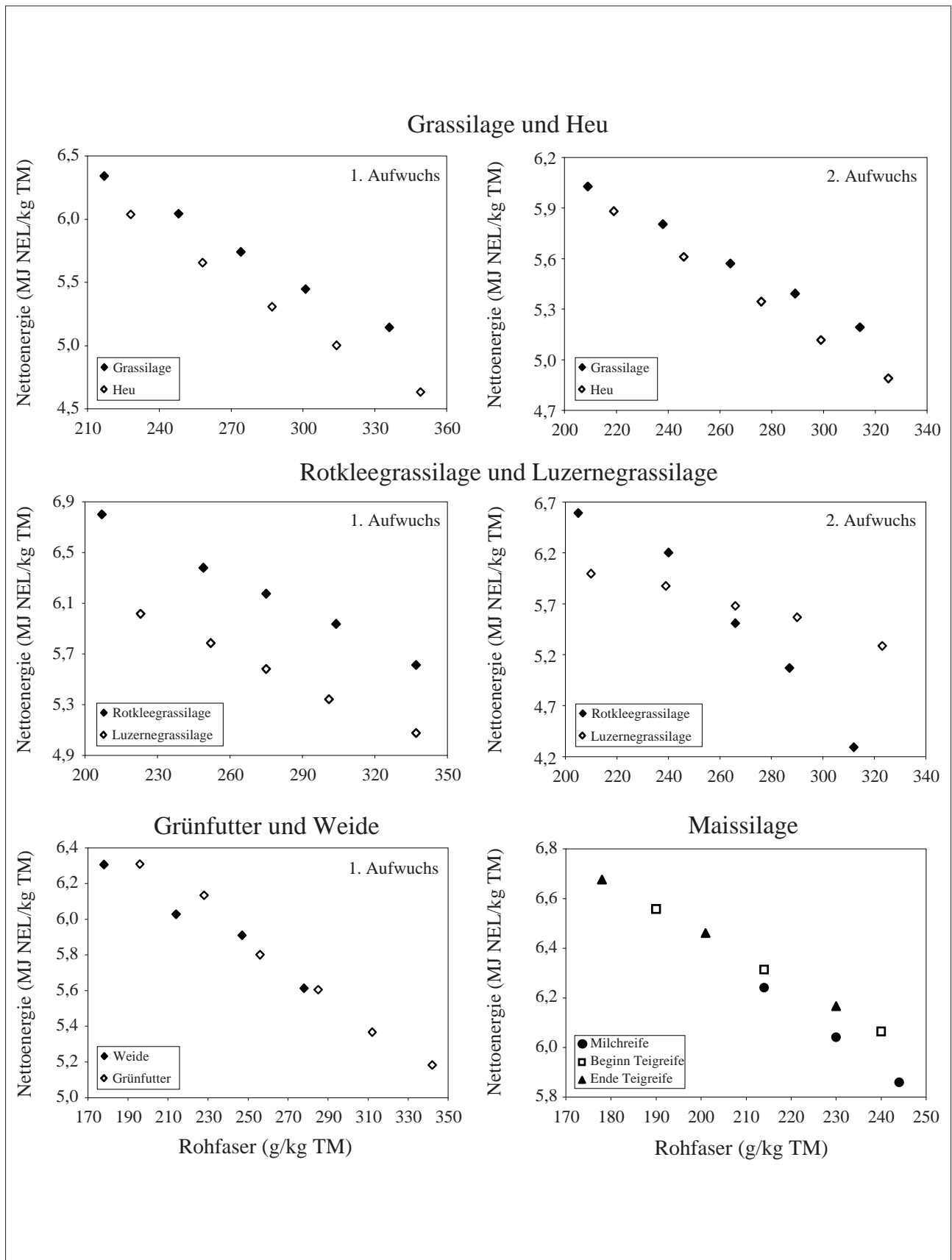


Abbildung 2A: Beziehung zwischen dem Gehalt an Rohfaser und dem Gehalt an NEL in verschiedenen Grundfutttermitteln

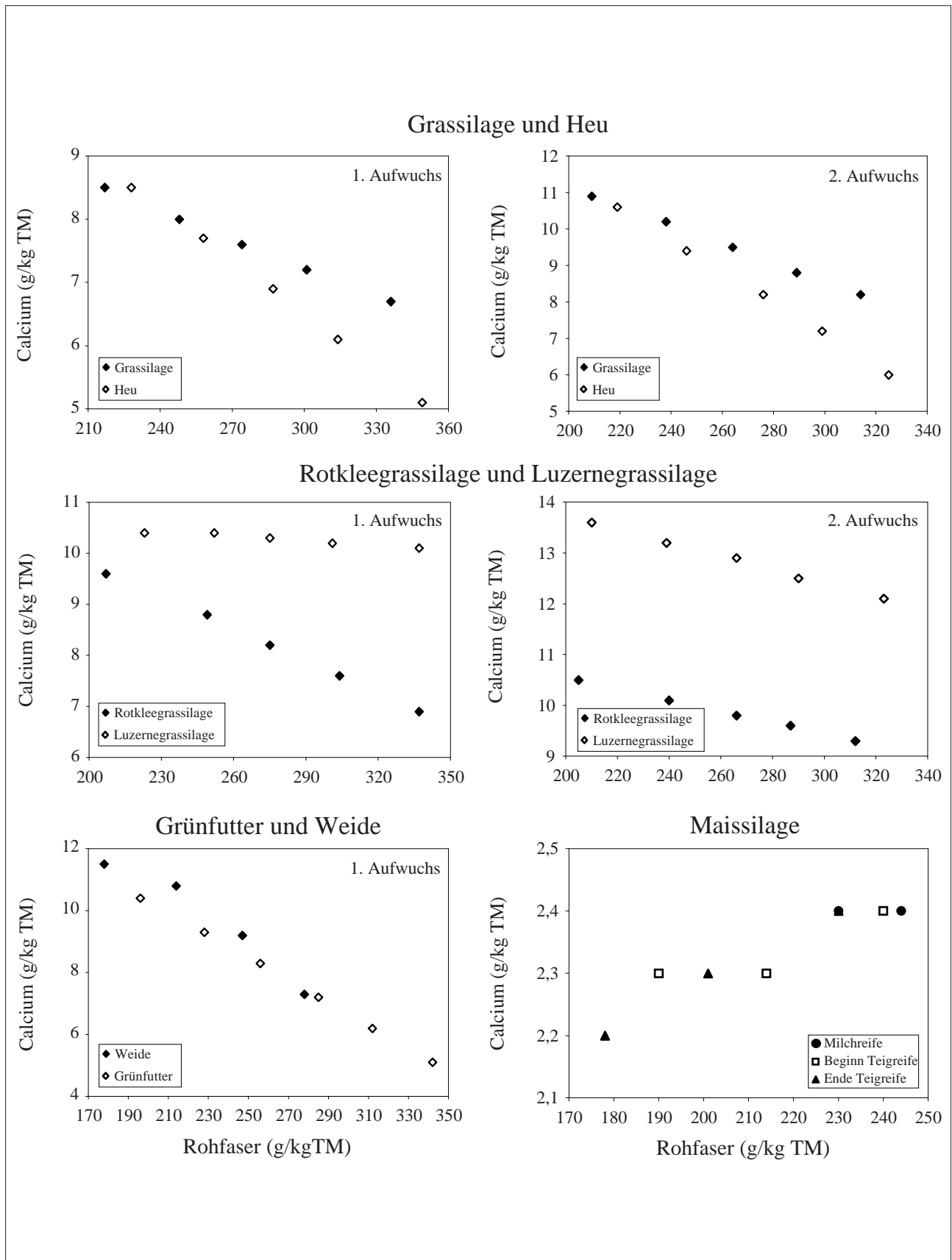


Abbildung 3A: Beziehung zwischen dem Gehalt an Rohfaser und dem Gehalt an Calcium in verschiedenen Grundfuttermitteln

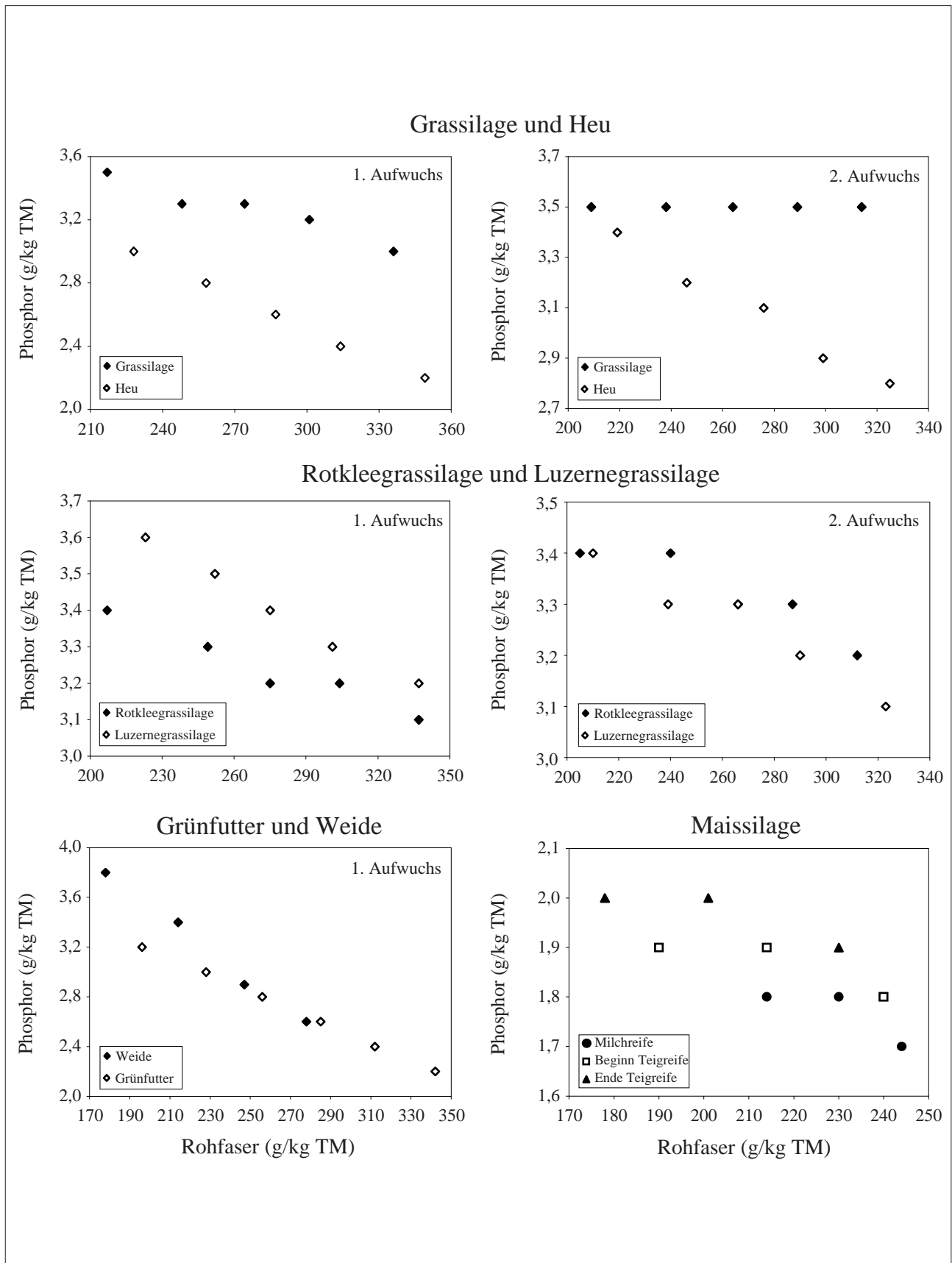


Abbildung 4A: Beziehung zwischen dem Gehalt an Rohfaser und dem Gehalt an Phosphor in verschiedenen Grundfuttermitteln

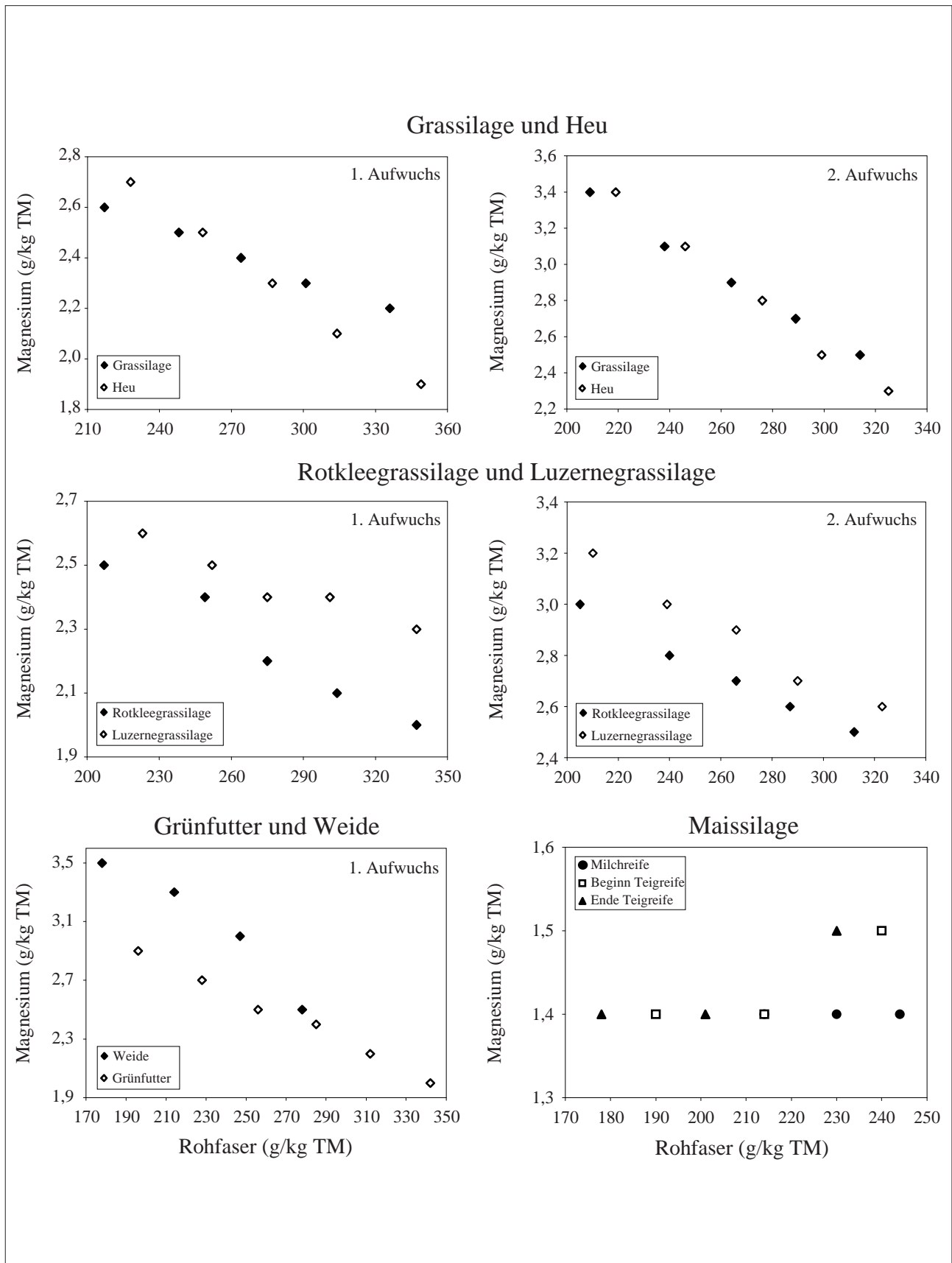


Abbildung 5A: Beziehung zwischen dem Gehalt an Rohfaser und dem Gehalt an Magnesium in verschiedenen Grundfuttermitteln

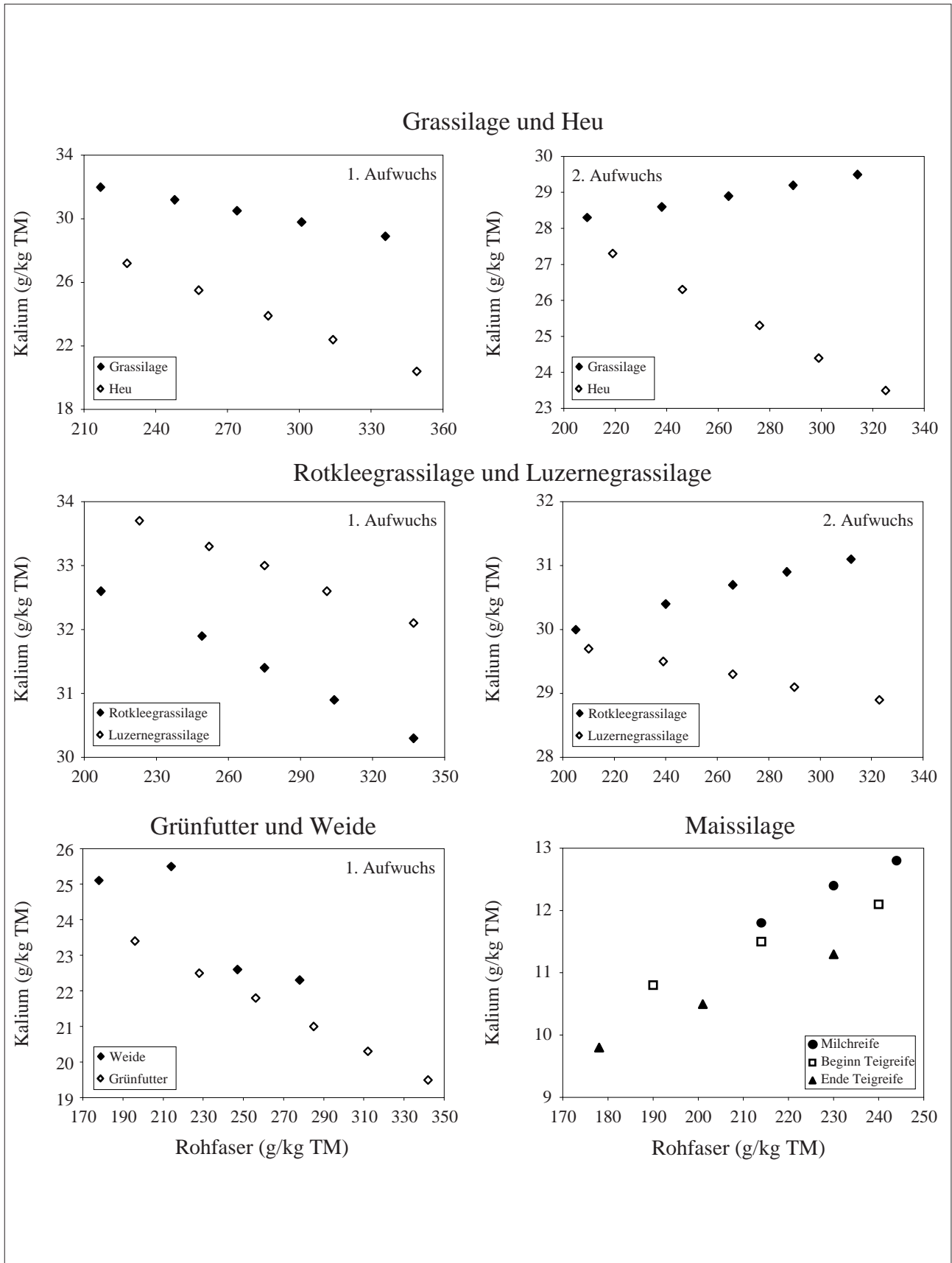


Abbildung 6A: Beziehung zwischen dem Gehalt an Rohfaser und dem Gehalt an Kalium in verschiedenen Grundfuttermitteln

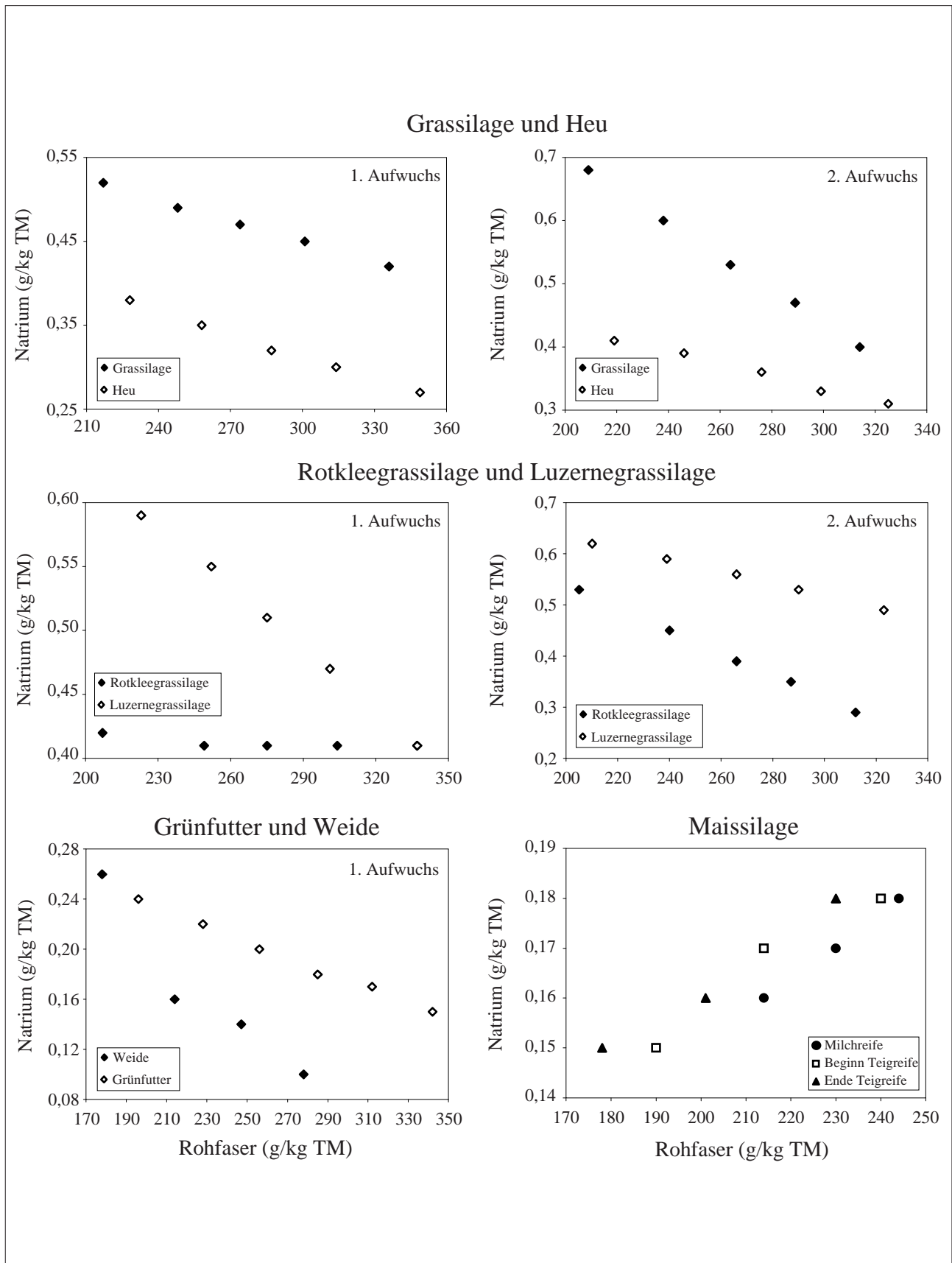


Abbildung 7A: Beziehung zwischen dem Gehalt an Rohfaser und dem Gehalt an Natrium in verschiedenen Grundfuttermitteln

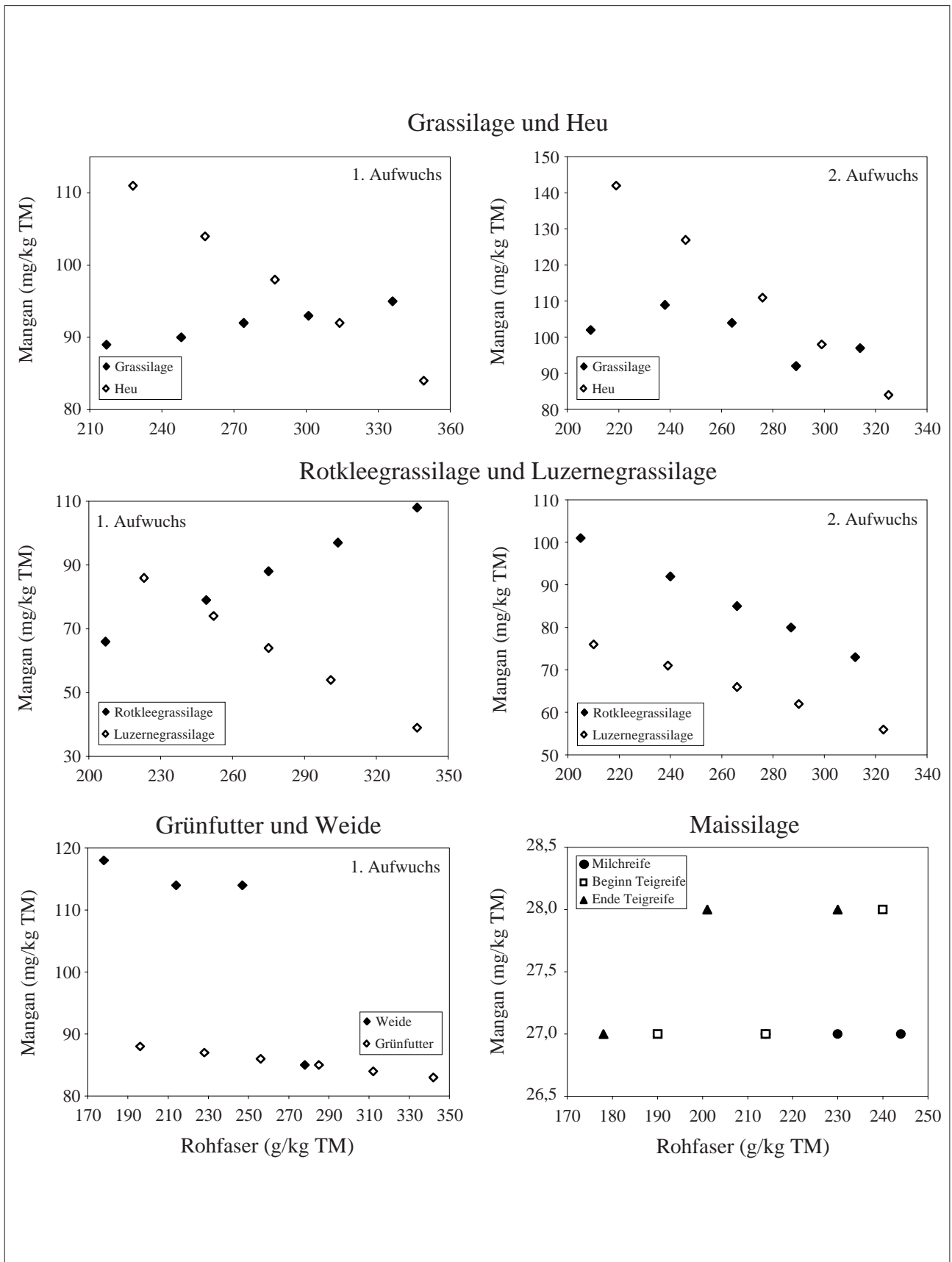


Abbildung 8A: Beziehung zwischen dem Gehalt an Rohfaser und dem Gehalt an Mangan in verschiedenen Grundfuttermitteln

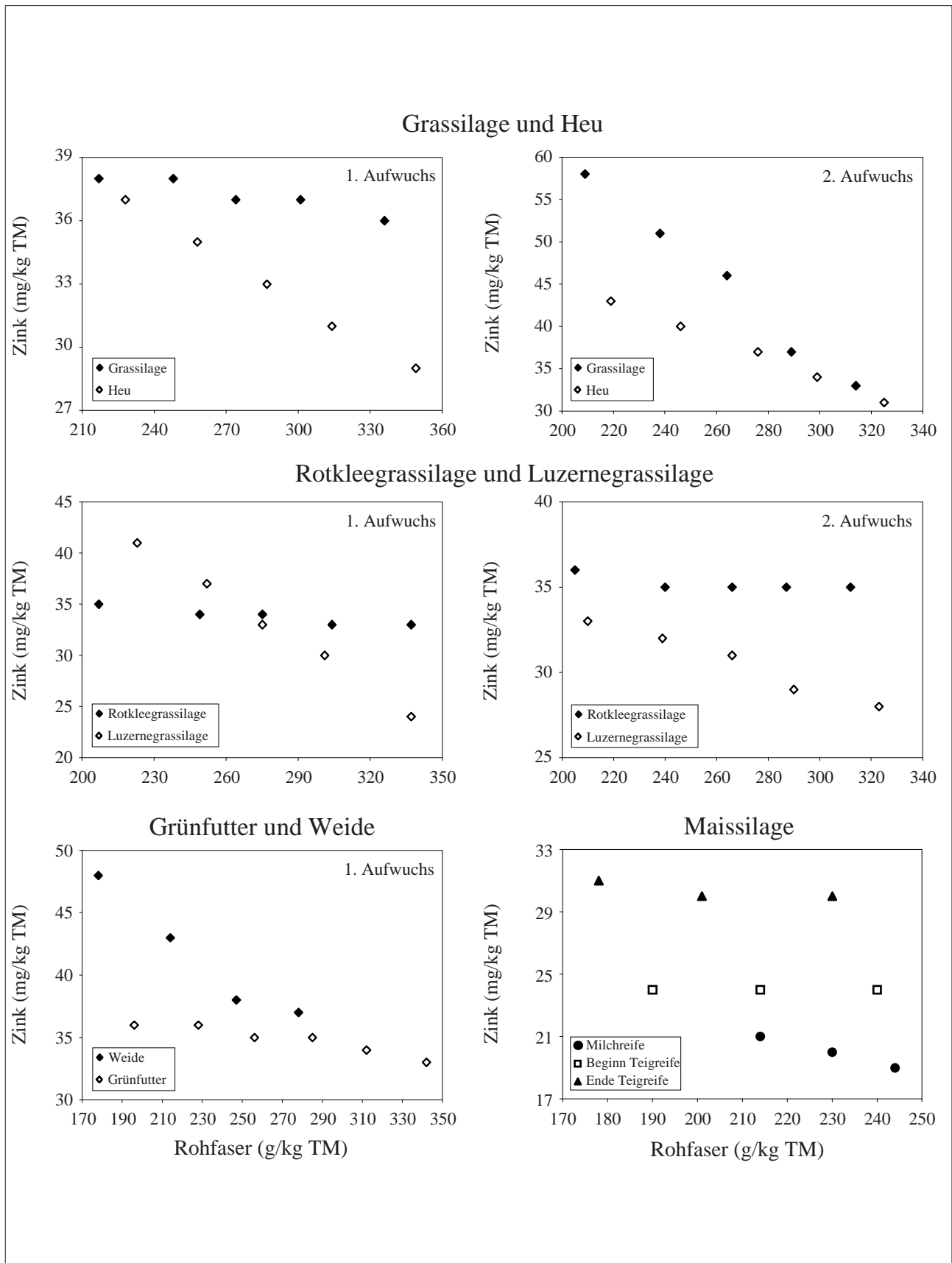


Abbildung 9A: Beziehung zwischen dem Gehalt an Rohfaser und dem Gehalt an Zink in verschiedenen Grundfuttermitteln

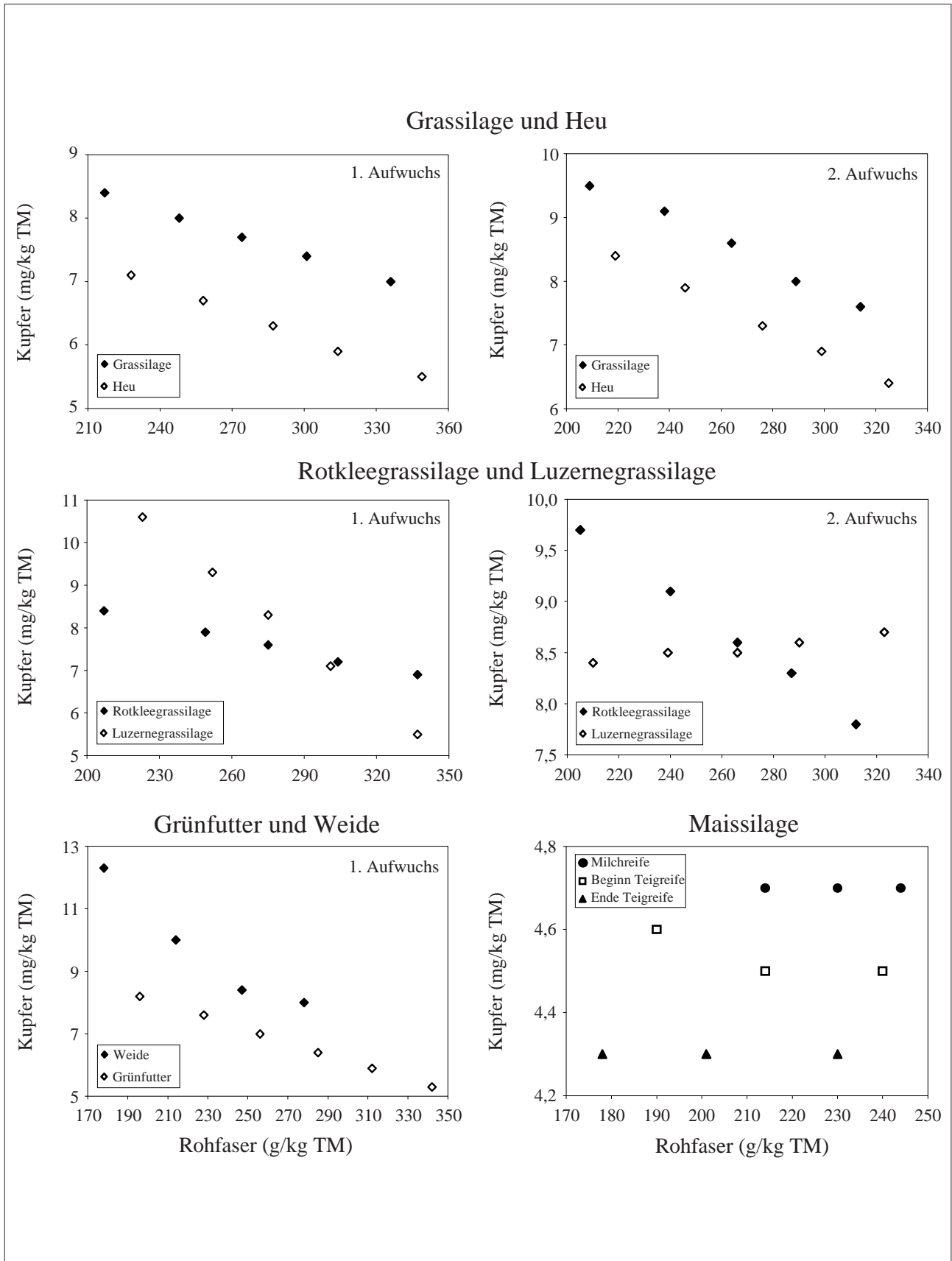


Abbildung 10A: Beziehung zwischen dem Gehalt an Rohfaser und dem Gehalt an Kupfer in verschiedenen Grundfuttermitteln

Tabelle 1A: Kalkulierte Futteraufnahme (kg TM pro Tag) in Abhängigkeit von Rationstyp, Grundfutterqualität und Milchleistung

	10 kg Milch			15 kg Milch			20 kg Milch			25 kg Milch			30 kg Milch			35 kg Milch			40 kg Milch		
Hohe Grundfutterqualität																					
Rat.	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF
1	14,60	0,00	0,00	14,60	0,00	0,00	14,60	2,12	0,00	13,70	4,86	0,00	12,90	7,15	0,18	12,30	8,57	1,34	12,30	9,09	1,78
2	14,60	0,00	0,00	14,60	0,00	0,00	14,60	2,12	0,00	13,60	4,77	0,00	12,80	7,24	0,18	12,20	8,65	1,25	12,20	9,09	1,78
3	14,90	0,00	0,00	14,90	0,00	0,00	14,90	2,38	0,09	14,30	4,24	0,62	13,70	6,09	1,25	13,00	8,04	1,78	12,70	9,01	2,23
4	14,90	0,00	0,00	14,90	0,00	0,00	14,90	1,77	0,00	14,20	3,62	0,62	13,50	5,56	1,16	12,80	7,51	1,78	12,00	9,18	2,76
5	14,10	0,00	0,00	15,00	0,00	0,00	15,50	0,00	1,07	15,10	1,15	2,23	14,30	3,27	2,67	13,50	5,39	3,20	12,50	7,59	3,74
6	14,80	0,00	0,00	14,80	0,00	0,00	14,80	1,68	0,00	14,00	3,97	0,36	13,40	5,83	0,89	12,70	7,68	1,69	12,30	8,48	2,49
7	14,00	0,00	0,00	15,00	0,00	0,00	15,40	0,00	0,98	14,90	1,50	1,87	14,20	3,62	2,40	13,30	5,65	2,94	12,40	7,86	3,56
8	15,80	0,00	0,00	15,80	0,00	0,00	15,80	0,62	0,00	14,90	3,00	0,27	14,20	4,94	0,89	13,40	6,80	1,69	12,50	8,48	2,67
9	14,20	0,00	0,00	15,10	0,00	0,00	15,80	0,00	0,62	15,50	0,71	2,05	14,70	2,83	2,58	13,90	4,94	3,12	12,80	7,24	3,65
10	15,10	0,00	0,00	15,10	0,00	0,00	15,10	1,68	0,00	14,20	4,33	0,00	13,40	6,71	0,18	12,70	8,12	1,34	12,40	8,92	2,14
11	14,20	0,00	0,00	15,20	0,00	0,00	15,60	0,18	0,80	14,90	2,21	1,42	14,20	4,24	1,96	13,40	6,27	2,49	12,40	8,39	3,12
12	15,40	0,00	0,00	16,30	0,00	0,00	17,20	0,00	0,00	16,60	2,03	0,00	15,40	4,94	0,00	14,30	7,86	0,00	13,10	10,33	0,45
13	14,40	0,00	0,00	14,40	1,94	0,45	15,30	2,12	0,27	16,10	2,38	0,00	15,30	4,06	0,98	14,40	5,74	1,96	13,40	7,77	2,76
14	15,60	0,00	0,00	16,50	0,00	0,00	17,40	0,00	0,00	17,70	0,62	0,00	16,40	3,62	0,00	15,10	6,71	0,00	13,70	9,80	0,00
Mittlere Grundfutterqualität																					
Rat.	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF
1	14,30	0,00	0,00	14,30	0,88	0,00	13,40	3,44	0,00	12,60	6,00	0,00	12,00	7,95	0,53	11,50	9,36	1,42	12,00	9,36	1,34
2	14,30	0,00	0,00	14,30	0,71	0,00	13,40	3,44	0,00	12,60	6,00	0,00	11,90	8,12	0,36	11,40	9,36	1,42	11,90	9,36	1,25
3	14,30	0,00	0,00	14,50	0,97	0,36	13,90	2,83	0,89	13,40	4,59	1,42	12,80	6,45	1,96	12,20	8,30	2,49	12,50	8,57	2,58
4	14,70	0,00	0,00	14,70	0,26	0,00	14,00	2,30	0,45	13,40	4,15	1,07	12,80	6,09	1,60	12,10	8,04	2,14	12,20	8,57	2,40
5	13,90	0,00	0,00	14,80	0,00	0,00	15,00	0,00	1,78	14,40	1,94	2,31	13,70	3,97	2,85	12,90	6,00	3,38	12,50	7,51	3,56
6	14,70	0,00	0,00	14,70	0,18	0,00	13,90	2,65	0,18	13,30	4,50	0,71	12,70	6,36	1,34	12,00	8,30	1,96	12,10	8,65	2,23
7	13,80	0,00	0,00	14,80	0,00	0,00	14,90	0,26	1,51	14,20	2,30	2,05	13,50	4,24	2,58	12,80	6,27	3,12	12,40	7,68	3,29
8	14,40	0,00	0,00	14,40	0,00	0,00	14,40	2,12	0,18	13,80	3,97	0,80	13,10	5,92	1,34	12,40	7,86	1,96	12,30	8,65	2,23
9	14,00	0,00	0,00	14,90	0,00	0,00	15,20	0,00	1,60	14,60	1,85	2,23	13,90	3,80	2,76	13,10	5,92	3,29	12,20	8,04	3,83
10	15,10	0,00	0,00	15,10	0,00	0,00	14,20	2,74	0,00	13,30	5,30	0,00	12,70	7,15	0,62	12,10	8,74	1,42	12,20	9,01	1,96
11	14,00	0,00	0,00	15,00	0,00	0,00	14,90	0,71	1,16	14,30	2,65	1,69	13,60	4,68	2,23	12,90	6,62	2,76	12,40	8,04	3,03
12	15,00	0,00	0,00	15,90	0,00	0,00	16,10	1,06	0,00	15,00	3,80	0,00	14,10	6,18	0,27	13,40	7,59	1,34	12,50	9,27	2,40
13	15,70	0,00	0,00	15,70	0,00	0,00	15,70	1,15	0,00	14,80	3,89	0,00	14,10	5,65	0,71	13,40	7,06	1,78	12,60	8,65	2,85
14	15,60	0,00	0,00	16,50	0,00	0,00	17,40	0,00	0,00	17,70	0,62	0,00	16,40	3,62	0,00	15,10	6,71	0,00	13,70	9,80	0,00
Niedrige Grundfutterqualität																					
Rat.	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF	GF	EKF	PKF
1	13,30	0,00	0,00	13,30	1,94	0,00	12,50	4,50	0,00	11,90	6,45	0,45	11,40	8,21	0,98	11,60	8,92	1,34	11,70	9,18	1,60
2	13,30	0,00	0,00	13,30	1,85	0,00	12,40	4,50	0,00	11,80	6,71	0,18	11,30	8,48	0,80	11,50	9,01	1,16	11,70	9,36	1,34
3	14,00	0,00	0,09	13,70	1,41	0,89	13,10	3,27	1,34	12,60	5,03	1,87	12,10	6,89	2,40	12,00	7,95	2,67	12,20	8,39	2,85
4	13,80	0,00	0,00	13,80	1,06	0,27	13,30	2,91	0,80	12,70	4,77	1,42	12,10	6,62	1,96	11,50	8,48	2,49	12,00	8,39	2,49
5	13,70	0,00	0,00	14,40	0,00	0,71	14,20	0,88	1,96	13,60	2,83	2,49	12,90	4,77	3,03	12,20	6,80	3,47	12,20	7,51	3,56
6	13,70	0,00	0,00	13,70	1,32	0,00	13,10	3,18	0,53	12,60	5,03	1,16	12,00	6,89	1,69	11,40	8,74	2,23	11,90	8,57	2,23
7	13,60	0,00	0,00	14,40	0,00	0,62	14,00	1,15	1,69	13,40	3,09	2,23	12,80	5,03	2,67	12,10	7,06	3,20	12,10	7,68	3,29
8	14,00	0,00	0,00	14,00	1,06	0,09	13,40	2,91	0,62	12,90	4,77	1,16	12,30	6,62	1,78	11,70	8,48	2,31	12,10	8,48	2,31
9	13,70	0,00	0,00	14,50	0,00	0,62	14,30	0,88	1,87	13,70	2,83	2,40	13,00	4,77	2,85	12,30	6,80	3,38	12,30	7,59	3,47
10	14,20	0,00	0,00	14,20	1,06	0,00	13,30	3,62	0,00	12,70	5,65	0,45	12,20	7,42	1,07	11,50	9,27	1,60	12,10	9,09	1,69
11	13,80	0,00	0,00	14,60	0,00	0,53	14,20	1,41	1,42	13,60	3,36	1,87	12,90	5,30	2,40	12,30	7,24	2,94	12,20	7,95	3,12
12	14,80	0,00	0,00	14,80	0,00	0,00	14,80	2,21	0,00	13,90	4,86	0,00	13,20	6,89	0,53	12,60	8,39	1,42	12,50	8,92	2,23
13	14,30	0,00	0,00	15,20	0,00	0,00	14,80	1,59	0,53	14,10	3,53	1,07	13,50	5,47	1,69	12,80	7,42	2,23	12,50	8,57	2,58
14	15,60	0,00	0,00	16,50	0,00	0,00	17,40	0,00	0,00	17,70	0,62	0,00	16,40	3,62	0,00	15,10	6,71	0,00	13,70	9,80	0,00

GF = Grundfutter, EKF = Energiekraftfutter, PKF = Proteinkraftfutter (kg TM pro Tag)

Zusammensetzung der Rationen:

Ration 1: 15 % Heu, 85 % Grassilage

Ration 2: 100 % Grassilage

Ration 3: 100 % Heu

Ration 4: 15 % Heu, 60 % Grassilage, 25 % Maissilage

Ration 5: 15 % Heu, 35 % Grassilage, 50 % Maissilage

Ration 6: 75 % Grassilage, 25 % Maissilage

Ration 7: 50 % Grassilage, 50 % Maissilage

Ration 8: 15 % Heu, 60 % Rotkleegrassilage, 25 % Maissilage

Ration 9: 15 % Heu, 35 % Rotkleegrassilage, 50 % Maissilage

Ration 10: 15 % Heu, 60 % Luzernegrassilage, 25 % Maissilage

Ration 11: 15 % Heu, 35 % Luzernegrassilage, 50 % Maissilage

Ration 12: 15 % Heu, 85 % Mähweide

Ration 13: 15 % Heu, 60 % Mähweide, 25 % Maissilage

Ration 14: 100 % Kurzrasenweide