

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der
Veterinärmedizin

Der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Universitätsklinik für Wiederkäuer

Leiter Univ.-Prof. Dr.med.vet. Thomas Wittek Dipl.ECBHM

Titel der Arbeit

Spurenelemente in bovinem Kolostrum

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

Vorgelegt von

Maren Marseiler

Wien, im Mai 2022

Erstbetreuer:

Univ.- Prof. Dr. med. vet. Thomas Wittek, Dipl. ECBHM

Universitätsklinik für Wiederkäuer

Veterinärmedizinische Universität Wien

Betreuende Assistentin:

Dr.ⁱⁿ med. vet. Lichtmannsperger Katharina, Dipl. ECBHM

Universitätsklinik für Wiederkäuer

Veterinärmedizinische Universität Wien

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Funktion von bovinem Kolostrum und den darin enthaltenen Mineralien	1
1.2. Einflüsse auf die Kolostrumzusammensetzung	2
1.2.1. Laktationsstadium	2
1.2.2. Eutergesundheit	2
1.2.3. Fütterung	3
1.3. Funktionen der Spurenelemente im Körper	4
1.3.1. Selen	4
1.3.2. Eisen	5
1.3.3. Kupfer	5
1.3.4. Zink	6
1.3.5. Schwefel	6
1.3.6. Cadmium	6
1.3.7. Blei und Arsen	7
1.3.8. Lithium	7
1.3.9. Uran	7
1.3.10. Mangan	7
1.3.11. Cobalt	7
1.3.12. Iod	8
1.4. Fragestellung	8
2. Material und Methoden	9
2.1.1. Online-Fragebogen: Fütterung der laktierenden Kühe	9
2.1.1.1. Grundfutter	9
2.1.1.2. Kraftfutter	10
2.1.1.3. Mineralfutter	10
2.1.2. Online-Fragebogen: Haltung der laktierenden Kühe	10
2.1.2.1. Kombinationshaltung/Anbindehaltung	10
2.1.2.2. Laufstall	11
2.1.3. Online-Fragebogen: Fütterung der trockenstehenden Kühe	11
2.1.3.1. Grundfutter	11
2.1.3.2. Kraftfutter	11
2.1.3.3. Mineralfutter	12

2.1.4. Themenkomplex: Haltung der trockenstehenden Kühe	12
2.1.4.1. Haltungssystem	12
2.1.4.2. Kombinationshaltung/Anbindehaltung	12
2.1.4.3. Laufstall	12
2.2. Probenentnahme	13
2.2.1. Sammeln der Kolostrumproben	13
2.2.2. Transport der Proben an das Milchlabor der Universitätsklinik für Wiederkäuer	14
2.2.3. Probenbeschriftung	14
2.2.4. Aliquotieren der Kolostrumproben	15
2.2.5. Kryokonservierung der Kolostrumproben.....	16
2.2.6. Transport der Kolostrumproben zur Auswertung in das	16
2.2.7. Auswertung der Proben mittels Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry ...	16
2.2.8. Statistische Auswertung	17
3. Ergebnisse	18
3.1. Auswertung des Fragebogens	18
3.1.1. Fütterung der laktierenden Kühe	18
3.1.1.1. Grundfutter der laktierenden Kühe	18
3.1.1.2. Krafffutter der laktierenden Kühe	18
3.1.1.3. Mineralfutter der laktierenden Kühe	19
3.1.2. Haltung der laktierenden Kühe	20
3.1.3. Fütterung der trockenstehenden Kühe.....	20
3.1.3.1. Grundfutter der trockenstehenden Kühe	20
3.1.3.2. Krafffutter der Trockensteher	21
3.1.3.3. Mineralfutter der Trockensteher	22
3.1.4. Haltungssystem der Trockensteher	23
3.2. Ergebnisse der Spurenelementanalyse.....	25
3.2.1. Probenumfang.....	25
3.2.2. Konzentrationen der Spurenelemente in den 43 untersuchten Betrieben	26
3.2.3. Unterschiede im Gehalt von Kupfer, Eisen, Iod, Selen Zink und Cobalt in den untersuchten Kolostrumproben.....	26
3.2.3.1. Vergleich biologische und konventionelle Produktionsweise.....	26
3.2.3.2. Vergleich Fütterung von Mineralfutter in der Trockensteherzeit.....	27
3.2.3.3. Unterschiede in der Art der Fütterung von Mineralstoffen	29

3.2.3.4. Geographische Lage (Politische Bezirke) und die Auswirkung auf die Spurenelementkonzentration im Vergleich.....	34
4. Diskussion.....	37
4.1. Spannweite der Spurenelementkonzentrationen.....	37
4.2. Unterschiede in der Art der Fütterung des Mineralfutters.....	37
4.3. Geographische Unterschiede.....	38
4.4. Limitationen der Studie.....	39
5. Zusammenfassung.....	41
6. Summary.....	43
7. Abkürzungsverzeichnis.....	44
8. Literaturverzeichnis.....	45
9. Abbildungsverzeichnis.....	50
10. Tabellenverzeichnis.....	51
11. Danksagung.....	53

1. Einleitung

1.1. Funktion von bovinem Kolostrum und den darin enthaltenen Mineralien

Kolostrum stellt die wichtigste Mineralquelle für saugende Nachkommen dar (Kume und Tanabe 1993). Eine ausreichende Versorgung mit Kolostrum gewährleistet laut Daels (2006) ein physiologisches Wachstum sowie eine erfolgreiche Aufzucht von Nachkommen. Mineralien stellen dabei über die Nahrung zugeführte (=essentielle) Elemente dar, die grundlegend in Mengenelemente und Spurenelemente unterteilt werden können (Zamberlin et al. 2012). Zu den Mengenelementen zählen Elemente wie Natrium, Kalium, Phosphor, Magnesium und Chlorid (Zamberlin et al. 2012). Eisen, Mangan, Chrom, Iod, Selen sowie Kupfer und Zink bilden unter anderem die Gruppe der Spurenelemente (Zamberlin et al. 2012). Die Mengen- und Spurenelemente sind innerhalb der Milch zumeist an das Milchprotein Casein gebunden. Grund dafür ist die spezielle Struktur von Casein, die sich unter anderem aus wasserlöslichen Phosphor-, Kalzium- und Magnesiumsalzen zusammensetzt (Pecka et al. 2012).

Die Funktion der Mengen- und Spurenelemente ist sehr vielfältig. Man kann grundsätzlich zwischen einer physiologischen, einer strukturellen und einer katalytischen Funktion unterscheiden (Suttle 2010).

Die physiologische Funktion besteht vor allem in der Aufrechterhaltung des osmotischen Druckes, des Säure-Base-Haushaltes sowie der Übertragung von nervalen Impulsen. Da Mineralien strukturelle Bestandteile von Metalloenzymen, Koenzymen und Hormonen darstellen, haben diese ebenso katalytische Funktionen (Suttle 2010).

Mengenelemente wie beispielsweise Magnesium, Kalzium, Phosphor und Schwefel sowie das Spurenelement Silizium bilden strukturelle Komponenten des Körpers, indem sie Bestandteile von Geweben und Organen darstellen. Silizium kommt dabei vor allem in Knochen und Zähnen vor, Schwefel und Phosphor finden sich vor allem in Muskelproteinen (Suttle 2010).

Mengen- und Spurenelemente erfüllen im Körper in Form von anorganischen Ionen und Salzen, aber auch in Form von organischen Molekülen wie Proteinen, Kohlenhydraten und Fetten zahlreiche Funktionen (Flynn 1992). Daraus folgend sind sie laut Soldá et al. (2017) für die Gesundheit der Tiere und die Aufrechterhaltung der Stoffwechselforgänge wie Zellreplikation und skeletale Entwicklung unerlässlich (Carroll und Forsberg 2007).

Hinweisend für die Wichtigkeit bestimmter Mengen- und Spurenelemente ist die Tatsache, dass sich Ihre Supplementierung positiv auf die allgemeine Performance der neugeborenen Kälber auswirkt (Glombowsky et al. 2018).

Glombowsky et al. (2018) geht davon aus, dass eine ausreichende Versorgung mit Magnesium, Phosphor, Selen und Kupfer zu einer Verringerung der Mortalität in der ersten Lebensperiode führt. Grund dafür ist unter anderem eine Verbesserung der Funktion des Immunsystems und eine daraus resultierende erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Erkrankungen wie Durchfall oder Anämie (Glombowsky et al. 2018).

1.2. Einflüsse auf die Kolostrumzusammensetzung

Der Gehalt an Mengen- und Spurenelementen im Kolostrum sowie der Milch ist nicht konstant und von vielen Faktoren abhängig. Laut Flynn (1992) spielen beispielsweise neben genetischen und umweltassoziierten Faktoren vor allem auch die Rasse, das Laktationsstadium sowie auch die Nährstoffversorgung des Muttertieres eine Rolle.

Die große Variation zwischen den, in den unterschiedlichen Quellen angeführten Mineralstoffkonzentrationen, führt Flynn (1992) unter anderem auf analytische Fehler und Kontaminationen zurück. Kontaminationen entstehen dabei vor allem im Zuge der Milchlagerung und Milchverarbeitung (Flynn 1992). So kann beispielsweise die Konzentration von Eisen und Kupfer durch verschmutzte oder verrostete Rohre und Auffangbehältnisse beeinflusst werden indem sich beispielsweise Teile von Legierungen usw. ablösen und die Milch kontaminieren (Mertz und Underwood 1986).

1.2.1. Laktationsstadium

Laut Maria (1978) sinkt die Konzentration der Mineralien im Kolostrum in den ersten sechs Tagen konstant ab und auch innerhalb des Tages kommt es zu Schwankungen. Die Konzentration der Mineralien war dabei in den Proben aus der Morgenmelkung deutlich höher als in denen der Abendmelkung.

1.2.2. Eutergesundheit

Laut Pecka-Kielb (2018) ist eine hohe Mineralstoffkonzentration der Milch, die Folge einer adäquaten Transport- und Absorptionsfähigkeit der entsprechenden Elemente durch die Zellen der Milchdrüse. Ein Zusammenhang zwischen Eutergesundheit, Qualität und Zusammensetzung der Milch bestätigt auch die Studie von Sramek et al. (2018). Hierbei führte eine erhöhte somatische Zellzahl der untersuchten Ziegenmilch zu einer verringerten

Konzentrationen von Laktose und Zink, während Magnesium und der Fettanteil der Milch signifikant anstiegen (Sramek et al. 2018).

1.2.3. Fütterung

Eine leistungsgerechte und an die Bedürfnisse der Kuh angepasste Ernährung ist die Voraussetzung für eine gute Kolostrum/- Milchqualität. Zusammengefasst bedeutet dies, dass sowohl die Qualität als auch die Quantität des Futters adäquat sein muss, um die Kuh ausreichend mit Vitaminen, Makro- sowie Mikronährstoffen zu versorgen und damit die hohen Energie- und Nährstoffanforderungen zu decken. Ist dies nicht der Fall kann es zu Verdauungsstörungen kommen, die sich negativ auf die Gesundheit des Tieres und folgend auch negativ auf die Qualität des Kolostrums und der Milch auswirken (Hamann und Krömker 1989).

Laut Pecka-Kielb (2018) kann die Fütterung in der Trockenstehzeit sowie auch in der darauf folgenden Laktationszeit, auf einen wichtigen Grundsatz reduziert werden. Dieser besteht im Wesentlichen in der Fütterung von qualitativ hochwertigem Futter mit einem hohen Gehalt an Nährstoffen. Hierbei führt beispielsweise eine ausreichende Versorgung mit wertvollen Fetten, zu einer nachweislich hohen Konzentration an Immunglobulinen und Mineralien wie Kalzium, Phosphor und Zink im Kolostrum. Auch zugesetzte Pro-/Präbiotika können zu einer Erhöhung der Kolostrumqualität führen, indem sie die die Konzentration der Immunglobuline erhöhen (Pecka-Kielb 2018).

Ein weiterer positiver Aspekt hinsichtlich adäquater Versorgung mit Kalzium, Selen und Eisen in der Trockenstehzeit, besteht in der Tatsache, dass die Milchmenge ansteigt (Strusińska et al. 2004). Auch die Proteinkonzentration im Kolostrum steigt bei Zusatz von Mangan, Zink und Kupfer in der Transitphase stark an (Strusińska et al. 2004). Andrieu (2008) beobachtete, dass eine ausreichende Versorgung mit Spurenelementen wie Mangan, Selen, Eisen, Kupfer und Zink zu einer Verbesserung der Immunität und Reproduktivität der Kühe in der Transitphase führt.

1.3. Funktionen der Spurenelemente im Körper

1.3.1. Selen

Laut Mehdi und Dufrasne (2016) erfolgt die Übertragung von Selen auf das Kalb über die Plazenta und *post partum* über die Milch bzw. das Kolostrum, wobei laut Enjalbert et al. (1999) die Übertragung über die Plazenta einen höheren Stellenwert einnimmt. Selen erfüllt multiple Aufgaben im Organsystem des Wiederkäuers. So ist Selen beispielsweise ein wichtiger struktureller Bestandteil der Enzyme Iodthyronin-Deiodinase und Thioredoxin-Reduktase (Brigelius-Flohé und Maiorino 2013). Es ist somit unter anderem an der Umwandlung der Schilddrüsenhormone und dementsprechend indirekt auch am Wachstumsprozess der neugeborenen Kälber beteiligt (Beckett et al. 1989, Thompson et al. 1995, Zust et al. 1996). Bei Selenmangel wurde auch eine erhöhte Krankheitsanfälligkeit festgestellt (Zust et al. 1996). Ursächlich dafür ist die Tatsache, dass die Aktivität und Formation der T-Helfer-Zellen sowie der natürlichen Killer-Zellen und zytotoxische T-Zellen durch Selen positiv beeinflusst wird (Petrie et al. 1989). Desweiteren zeigt die Studie von Teixeira et al. (2014), dass eine Seleninjektion eine Verbesserung der Phagozytoseaktivität und Funktionalität der Neutrophilen sowie eine Reduzierung des oxidativen Stresses bewirkt. Die Reduzierung des oxidativen Stresses bewirkt Selen, vor allem als Bestandteil des Enzyms Gluthationperoxidase. Selen fungiert also als wichtiges Antioxidant im Körper (Inam und Somer 2000). Die Reduzierung des oxidativen Stresses ist vor allem für Immunzellen wichtig, da sie sich als sehr anfällig gegenüber Radikalen erwiesen haben (Spears und Weiss 2008).

Auch hinsichtlich der Ätiologie der Weißmuskelkrankheit spielt Selen eine wesentliche Rolle (Rodriguez et al. 2018). Eine durch Selenmangel bedingte unzureichende Funktion von antioxidativ wirksamen Enzymen, führt zu einer erhöhten Konzentration von freien Radikalen, welche eine Muskeldegeneration sowie Muskelnekrose der Skelett- und Herzmuskulatur bedingen (Rodriguez et al. 2018).

Desweiteren zeigen die Studien von Guyot et al. (2009) und Rowntree et al. (2004), eine erhöhte Immunglobulinkonzentration in Kälbern nach einer Selensupplementierung der Mutterkühe. Dies impliziert also, dass eine ausreichende Selenversorgung der Mutterkühe zu einer hohen Konzentration von Immunglobulin G im Kolostrum und daraus folgend auch im Serum der Kälber führt (Hefnawy und Tórtora-Pérez 2010). Laut Abuelo et al. (2014) könnte

ein möglicher Grund dafür sein, dass Selen das Redoxpotential im Kolostrum verbessert und dadurch ein besserer passiver Immuntransfer stattfinden kann.

Hogan et al. (1990) beschreibt, dass sich ein Selenmangel in der Fütterung negativ auf die Euter-, sowie auch auf die uterine Gesundheit auswirkt. Diese Tatsache schlägt sich folgend in einer Minderung der Kolostrumqualität nieder.

1.3.2. Eisen

Eisen kommt in der Milch gebunden an Casein und Milchfett vor (Fransson und Lönnerdal 1983). Auch andere Proteine wie z.B. Lactoferrin stellen Speicherformen von Eisen dar (Flynn 1992).

Eisen ist ein Kofaktor mehrerer Enzymen (Flynn 1992) und stellt einen strukturellen Bestandteil von Hämoglobin sowie auch vom Myoglobin und Cytochrom dar (McLaren 1980). Es ist daher für den Transport und die Versorgung der Zellen mit Sauerstoff unerlässlich (McLaren 1980). Der Eisengehalt im Kolostrum ist zwei bis drei Mal höher als in normaler Milch (G.K. Murthy et al. 1972).

1.3.3. Kupfer

Als Kofaktor von mehreren Enzymen, ist Kupfer unter anderem im Glukosemetabolismus involviert. Auch an der der Synthese von Phospholipiden und Bindegewebe ist Kupfer beteiligt (Flynn 1992). Als zentrales Bestandteil des Blutfarbstoffes Hämoglobin, ist Kupfer auch für die Erythropoese unerlässlich (Fox 2003). So führt eine Supplementierung von Kupfer und Eisen bei neugeborenen Kälbern zu einem signifikant höheren Anteil an roten Blutkörperchen als in der Vergleichsgruppe ohne Supplementierung (Heidarpour Bami et al. 2008). Die Studie von Heidarpour Bami et al. (2008) zeigte desweiteren positive Effekte einer Kupfer- und Eisensupplementierung auf die tägliche und wöchentliche Gewichtszunahme der Kälber. Als Bestandteil des antioxidativen Systems, fördert Kupfer auch die Funktion des Immunsystems (Halliwell 1999).

Auch die Kupferkonzentration ist während der Laktationszeit nicht konstant. Laut Maria (1978) sinkt diese, innerhalb der ersten drei Tage der Laktation, um ca. die Hälfte der anfänglichen Konzentration ab.

1.3.4. Zink

Laut Hurley (1981) und Lönnerdal et al. (1981), ist Zink für die fetale sowie auch neonatale Entwicklung essentiell. Grund dafür ist die Beteiligung von Zink an der DNS-Synthese sowie dem Nukleinsäuren- und Proteinmetabolismus.

Zink ist in der Milch vor allem an Casein gebunden und der Zinkgehalt im Kolostrum ist deutlich höher als in der normalen Milch (Suttle 2010). Ein Mangel an Zink bewirkt Anorexie, Skelett- und Reproduktionsstörungen sowie abnorme Veränderungen der Haut und der Gliedmaßen (Suttle 2010). Die Veränderungen der Haut finden sich vor allem in Form von Parakeratose an spezifischen Stellen wie Flotzmaul, Hals, Ohren, Hodensack, Rücken und Wadenbeine (Suttle 2010).

Wie die meisten anderen Mineralien ist auch Zink laut Spears und Weiss (2008) für die effektive Wirkungsweise des Immunsystems unerlässlich. Dies bestätigt auch Halliwell (1999), die Zink als einen wichtigen funktionellen Bestandteil des antioxidativen Systems darstellt.

1.3.5. Schwefel

Schwefel kommt vor allem gebunden über SH-Brücken als Bestandteil von Proteinen im Körper vor. Auch Hormone wie Insulin und Oxytozin sowie die Vitamine Biotin und Thiamin (Vitamin B1) beinhalten Schwefelmoleküle in ihrer Struktur. In Form von Sulfat (SO_4) ist Schwefel auch Bestandteil von Haaren und diversen Horngebilden (Suttle 2010).

1.3.6. Cadmium

Cadmium ist ein toxisches und hoch reaktives Element, das zumeist eher spärlich in der Umwelt verbreitet ist (Pinot et al. 2002). Wird es jedoch vom Tier aufgenommen, so wird es nur mehr schwer ausgeschieden. Eine Verringerung des Cadmiumeintrages in die Lebensmittelkette durch z.B. übermäßigen Gebrauch von cadmiumhaltigen Düngemittel wird deshalb angestrebt (Loganathan et al. 2008). Die wichtigste Cadmiumquellen stellt die Kontaminationen über die Aufnahme von Boden und Pflanzen dar (Suttle 2010).

1.3.7. Blei und Arsen

Blei und Arsen spielen vor allem bei Vergiftungsfällen eine Rolle. Oft ist die Bleivergiftung dabei, auf die Aufnahme von Batterien oder Farbspraydosen zurückzuführen (Blakley 1984). Arsen wird vor allem über die Kontamination des Futters mit Boden aufgenommen (Casteel et al. 2001).

1.3.8. Lithium

Lithium kommt zwar nur in geringer Menge in der Milch vor, dennoch hat es Bedeutung. So hat Mertz 1986) deutliche negative Auswirkungen eines Lithiummangels bei Ziegen beschrieben. Folgen einer Mangelversorgung mit Lithium waren demnach, ein verringertes Geburtsgewicht sowie eine Verzögerung des Wachstums. Desweiteren wurde eine Störung der Reproduktivität festgestellt.

1.3.9. Uran

Die Urankonzentration in der Milch ist sehr gering. Laut Anke et al. (2009) wird diese auf < 1 µg/L beziffert.

1.3.10. Mangan

Mangan kommt zum größten Teil (ca. 67 %) gebunden an Casein in der Milch vor. Dabei gilt auch hier wieder, dass die Mangankonzentration im Kolostrum deutlich höher ist und sich die Konzentration mit der Dauer der Laktation wieder verringert (Cashman 2006). Laut Hansen et al. (2006) ist Mangan vor allem für das Wachstum und die Fruchtbarkeit von Kalbinnen wichtig, weniger jedoch für die Entwicklung des ungeborenen Kalbes. Mangan wirkt dabei vor allem über die Aktivierung von Metalloenzymen (Suttle 2010). Manganmangel führt zu Skelett- und Reproduktionsstörungen und Ataxien (Suttle 2010).

1.3.11. Cobalt

Mit einem durchschnittlichen Gehalt von 0,5-0,9 µg/L in der Milch, nimmt Cobalt mengenmäßig eher eine untergeordnete Rolle ein (Suttle 2010). Dennoch ist es von Bedeutung, da es unter Zuhilfenahme der Pansenmikroben für die Synthese von Vitamin B12 genutzt wird (Suttle 2010).

1.3.12. Iod

Iod kommt in der Milch zu ca. 80-90 % in anorganischer Form vor (Zamberlin et al. 2012). Im Gegensatz zu den meisten anderen Mineralien ist Iod nicht an Proteine, sondern vor allem an das Milchfett gebunden (Suttle 2010). Iod ist vor allem für die Funktionalität der Schilddrüsenhormone wichtig und beeinflusst darüber unter anderem, die Reproduktion und Fertilität sowie die basale Stoffwechselrate (Flynn 1992). Die Iodkonzentration in der Milch wird maßgeblich von der Fütterung, aber auch von saisonalen Schwankungen beeinflusst (Zamberlin et al. 2012).

1.4. Fragestellung

Es wird hypothetisiert, dass die Konzentration der Spurenelemente im Kolostrum von vielen verschiedenen Faktoren abhängig ist. Ziel dieser Diplomarbeit ist es, den Einfluss dieser Faktoren im Zuge einer wissenschaftlich fundierten Studie zu untersuchen. Dazu sollen Kolostrumproben aus dem Bundesland Salzburg entnommen und mittels ICP-MS ausgewertet werden. Mit Hilfe eines Fragebogens, welcher vorab von den Landwirten ausgefüllt wird, werden Informationen zur Haltung und Fütterung eingeholt. Folgend können Rückschlüsse auf den Einfluss der Haltung, der Produktionsweise, der geographischen Lage sowie der Art und Weise der Fütterung gezogen werden.

Die daraus gewonnenen Daten können als Basis für weiterführende Untersuchungen sowie als Ergänzung für bereits bestehende Studien herangezogen werden.

2. Material und Methoden

2.1. Fragebogen zu Fütterung und Haltung

Der Fragebogen war für die, am Kolostrumprojekt beteiligten Betriebe, online von November 2020 bis Februar 2021 verfügbar.

Mit Ausnahme zweier Betriebe (Betriebs ID 66 und 90) haben alle Betriebe (N = 88), die Kolostrumproben gesammelt haben, auch den Online Fragebogen beantwortet

Neben allgemeinen Fragen zum Thema Betriebsstruktur, Haltung, Hygiene und Kolostrummanagement, wurden auch gezielt Fragen zum Thema Fütterung und Supplementierung von Mineralstoffen gestellt. In den folgenden Absätzen werden die Fragen mit den dazugehörigen Antwortmöglichkeiten bezüglich Fütterung übersichtlich aufgelistet. Es wurde zwischen Trockenstehern und laktierenden Tieren unterschieden. Mehrfachantworten waren beim Ausfüllen des online Fragebogens möglich. Unter dem Unterpunkt „Sonstiges“ sind die von den Landwirten selbst stammenden Antworten zusammengefasst.

2.1.1. Online-Fragebogen: Fütterung der laktierenden Kühe

2.1.1.1. Grundfutter

Antwortmöglichkeiten:
▪ Silage (Grassilage, Maissilage)
▪ Grünfutter (Gras)
▪ Heu
▪ Weide
▪ Sonstiges: <ul style="list-style-type: none"> ○ Luzernepellets/Luzerne ○ Stroh ○ Rübenschnitzel ○ Trester

2.1.1.2. Krafffutter

Antwortmöglichkeiten:
▪ Kein Krafffutter
▪ Transponder (Krafffutterstation, Melkstand etc.)
▪ Per Hand
▪ In der Ration als Totale Misch Ration (TMR)
▪ In der Ration als Teil-TMR

2.1.1.3. Mineralfutter

Antwortmöglichkeiten:
▪ Kein zusätzliches Mineralfutter
▪ Lecksteine/Leckmasse
▪ Per Hand
▪ In Total Misch Ration oder Teil-Total Misch Ration mitberücksichtigt
▪ Transponder (Krafffutterstation, Melkstand etc.)
▪ Sonstiges (Selen Injektion, Boli)

2.1.2. Online-Fragebogen: Haltung der laktierenden Kühe

2.1.2.1. Kombinationshaltung/Anbindehaltung

Antwortmöglichkeiten:
▪ mit Alm (Sommer)
▪ mit Weide
▪ mit Auslauf
▪ mit Auslauf und Weide
▪ kein Auslauf und Weide

2.1.2.2. Laufstall

Antwortmöglichkeiten:
▪ mit Weide
▪ mit Auslauf
▪ mit Auslauf und Weide
▪ Alm (Sommer)

2.1.3. Online-Fragebogen: Fütterung der trockenstehenden Kühe

2.1.3.1. Grundfutter

Antwortmöglichkeiten:
▪ Silage (Grassilage, Maissilage etc.)
▪ Grünfutter (Gras)
▪ Heu
▪ Weide
▪ Sonstiges: <ul style="list-style-type: none"> ○ 2 Wochen vor Geburtstermin Anfütterung in der Herde mit Kraftfutter/Mineralstoffe und Grundfutter ○ Biodiversitätsflächen, Heulage +50%Rest TMR+50%Weizenstroh

2.1.3.2. Kraftfutter

Antwortmöglichkeiten:
▪ Kein Kraftfutter
▪ Per Hand
▪ Teil der Total Misch Ration (TMR)
▪ In der Ration als Teil-TMR
▪ Transponder (Kraftfutterstation, Melkstand etc.)

2.1.3.3. Mineralfutter

Antwortmöglichkeiten:
▪ kein zusätzliches Mineralfutter
▪ Lecksteine/Leckmasse
▪ Per Hand
▪ In TMR oder Teil-TMR
▪ Sonstiges (Seleninjektionen, Boli)
▪ Transponder (Krafffutterstation, Melkstand etc.)

2.1.4. Themenkomplex: Haltung der trockenstehenden Kühe

2.1.4.1. Haltungssystem

Antwortmöglichkeiten:
▪ Laufstall
▪ Kombinations-/Anbindehaltung

2.1.4.2. Kombinationshaltung/Anbindehaltung

Antwortmöglichkeiten:
▪ mit Weide
▪ mit Auslauf
▪ mit Auslauf und Weide
▪ Alm (Sommer)
▪ Kein Auslauf und Weide

2.1.4.3. Laufstall

Antwortmöglichkeiten:
▪ mit Weide
▪ mit Auslauf
▪ Alm (Sommer)
▪ mit Auslauf und Weide

2.2. Probenentnahme

2.2.1. Sammeln der Kolostrumproben

Die Proben wurden in einem Zeitraum von 15 Monaten (November 2020 bis Januar 2022) im Bundesland Salzburg aus 88 Betrieben gesammelt. An die teilnehmenden Landwirtinnen und Landwirte wurden Probenestsets (Abb.1) und die Anleitung zur Probenentnahme (Abb.2) verteilt. Jedes Probenestset bestand dabei pro Kolostrumprobe aus einem 15 ml und einem 50 ml Greiner Röhrchen sowie Einweghandschuhen und einem Probenbegleitschreiben.

Die gesammelten Proben wurden vom Landwirt/der Landwirtin direkt nach der Probensammlung bei minus 20 °C am Betrieb eingefroren. Nach Rücksprache mit der Projektleiterin wurden die Proben an eine Sammelstelle (Besamungsstation Klessheim, Salzburg oder Versteigerungshalle Maishofen, Salzburg) gebracht und weiterhin bei minus 20 °C eingefroren.

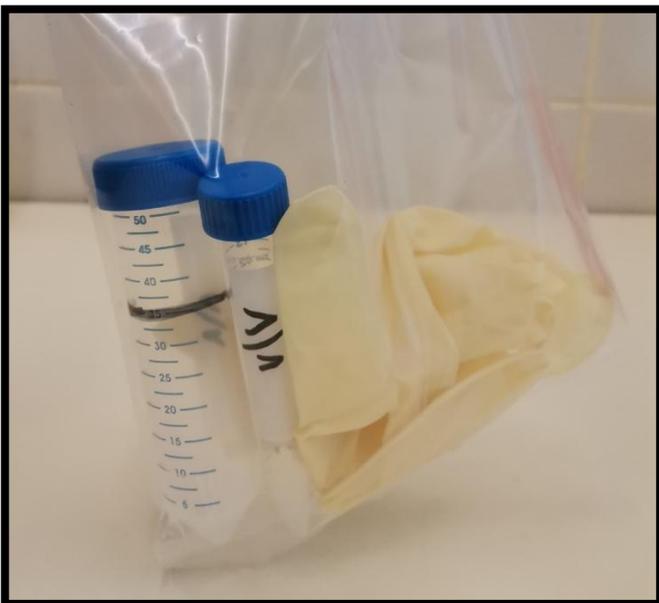


Abb.1. Probenestset

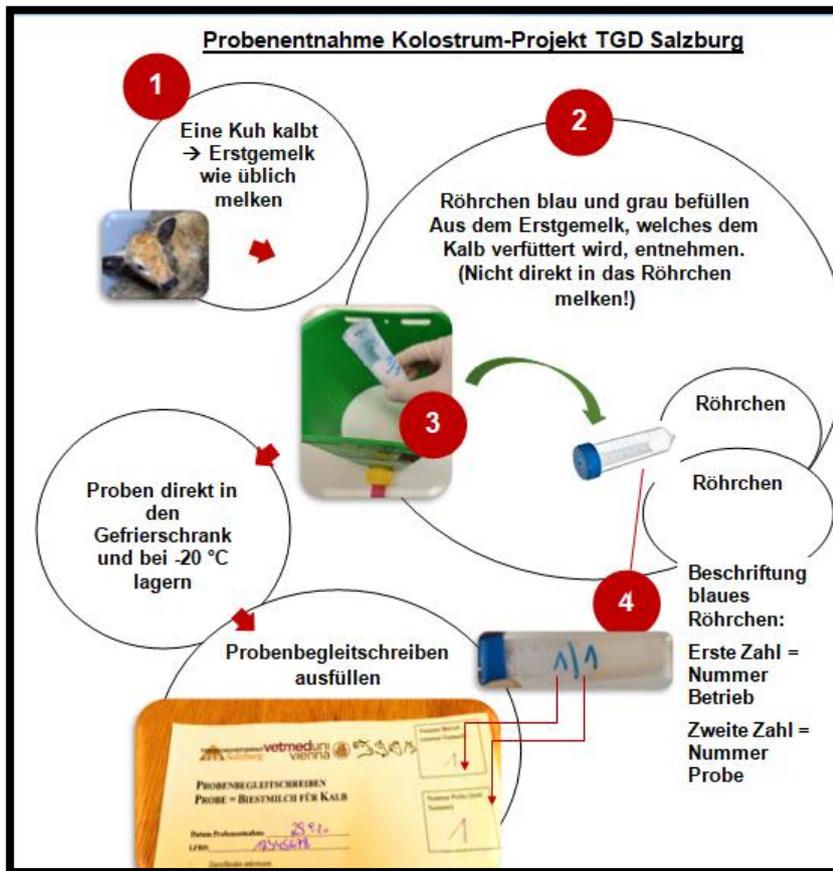


Abb.2. Anleitung zur Probenentnahme (© Nicole Hechenberger & Katharina Lichtmannsperger)

2.2.2. Transport der Proben an das Milchlabor der Universitätsklinik für Wiederkäuer

Die gefrorenen Kolostrumproben wurden von den Sammelstellen durch die Projektleiterin abgeholt und für den weiteren Transport vorbereitet. Der Transport der Kolostrumproben an das Milchlabor der Universitätsklinik für Wiederkäuer wurde über einen Kurier (Medizinische Logistik und Service GmbH (Medlog)) oder von einer Projektmitarbeiterin abgewickelt. Um ein Auftauen auszuschließen, wurden die Proben auf Eis in Styroboxen transportiert.

2.2.3. Probenbeschriftung

Die Eppendorftubes wurden vorab steril mittels einer Pinzette aus den Aufbewahrungsgefäßen entnommen und in einem Eppendorftuberack aufgestellt. In Folge wurden die Tubes zweifach d.h. deckelseitig sowie an der Seitenfläche mit einem wasserfesten Stift beschriftet (siehe Abb.3). Die Probenbeschriftung entsprach auch hier wiederum der entsprechen Betriebs- und fortlaufenden Probennummer.

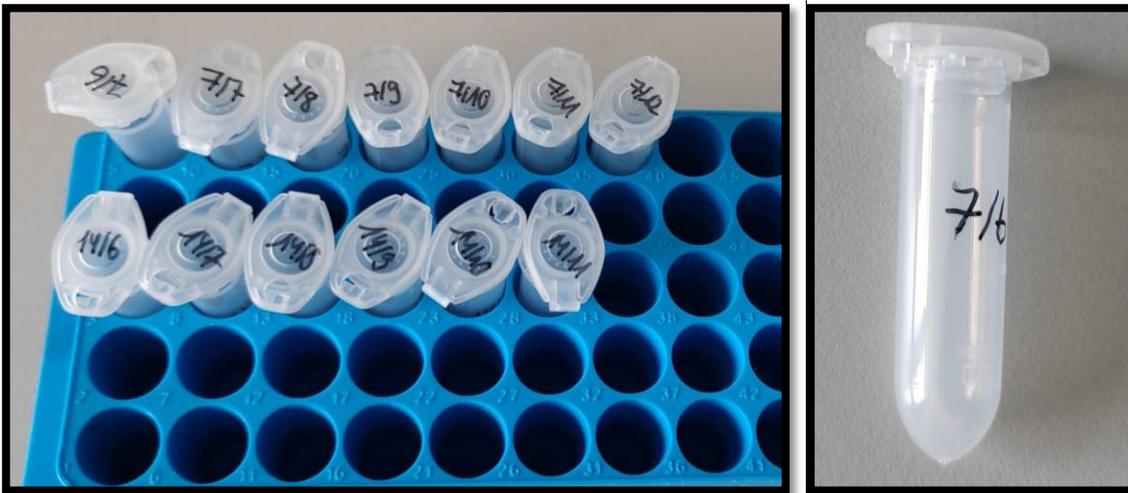


Abb.3. Zweifach beschriftete Eppendorftubes (links: aufgestellt im Eppendorftuberack, rechts: Eppendorftube mit Betriebs ID und Proben ID beschriftet)

2.2.4. Aliquotieren der Kolostrumproben

Zur Weiterverarbeitung mussten die tiefgefrorenen Proben aufgetaut werden. Dazu wurden sie für vier bis fünf Stunden in den Kühlschrank (Kühlschrank FKS 3600 Index 10 B, Liebherr, Österreich) des Milchlabors der Veterinärmedizinischen Universität gelegt (siehe Abb.4). Anschließend wurde das aufgetaute Kolostrum aus den 15 ml Greinerröhrchen für zehn Sekunden gevortext (Vortexer, Velp Scientifica, Italien). Folgend wurde mit der Pipette (Eppendorf research plus G13903C, Eppendorf Austria GmbH, Österreich) ein Aliquot von 1000 µl in sterile 2 ml Eppendorftubes überführt (siehe Abb.5).

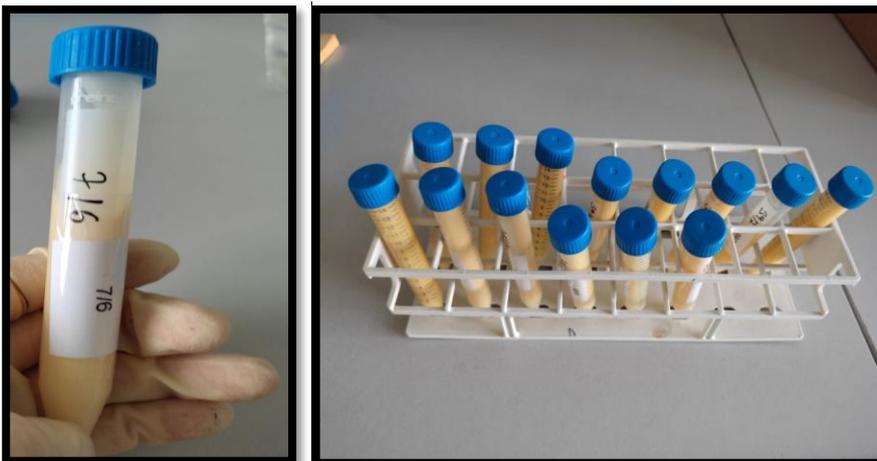


Abb.4. Beschriftete 15 ml Greinerröhrchen nach dem Auftauen im Kühlschrank des Milchlabors



Abb.5. Mit Kolostrum befülltes Eppendorftube

2.2.5. Kryokonservierung der Kolostrumproben

Nach Abschluss der Vorbereitungen wurden die, mit Kolostrum befüllten und beschrifteten Eppendorftubes, bei $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Gefrierschrank (Gefrierschrank FN28062, Miele, Deutschland) des Milchlabors der Universitätsklinik für Wiederkäuer eingefroren.

2.2.6. Transport der Kolostrumproben zur Auswertung in das Labor für Klinische Diagnostik

Die Kolostrumproben wurden nach Rücksprache mit der Projektpartnerin gefroren an das Labor für Klinische Diagnostik GmbH & Co. KG (LABOKLIN) nach Bad Kissingen (Deutschland) zur Mineralstoffanalyse geschickt.

2.2.7. Auswertung der Proben mittels Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)

Die ICP-MS wird zur Analyse von Spurenelementen in Lösungen eingesetzt. Es handelt sich um eine Methode zum Nachweis von Elementen in einem niedrigen Konzentrationsbereich von $\mu\text{g/L}$ bis ng/L .

Zur Bestimmung der Mineralstoffkonzentrationen wird die Probenlösung über ein Zerstäubersystem in Argonplasma überführt. Anschließend erfolgt die Ionisierung der Elemente bei Temperaturen von 5000 bis 7000 K. Die Trennung der Ionen erfolgt aufgrund des Ladungs- und Masseverhältnisses. Ein Detektor, der entsprechend ladungsempfindlich ist, nimmt die Ionen wahr und die daraus entstandenen Messsignale werden schließlich über

ein spezielles Computersystem ausgewertet. Zur Quantifizierung des Mineralgehaltes wird das Gerät mittels synthetischer Lösungen kalibriert.

(Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/GG_Geochem_anorg/Tech_Ausstattung/ICP_Massenspektrometrie/icp_ms_mtd.html (Zugriff:09.04.2021)

2.2.8 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mittels Microsoft Excel 2016 und IBM® SPSS® Statistics Version 27 (IBM®, New York, USA) durchgeführt. Die Ergebnisse des Fragebogens wurden kodiert und anschließend zur weiteren Bearbeitung in das Statistik Programm eingespielt. Die Konzentrationen der Spurenelemente in bovinem Kolostrum wurden in Mikrogramm pro Liter ($\mu\text{g/l}$) oder Milligramm pro Liter (mg/l) angegeben. Die Ergebnisse des Fragebogens wurden deskriptiv dargestellt. Für jedes Spurenelement (Jod, Kobalt, Selen, Eisen, Zink, Kupfer) wurden folgende Werte basierend auf den Ergebnissen der ICP-MS Analyse errechnet: Median, Spannweite (Minimum, Maximum), 25, 50, 75 Perzentile. Ein extremer Ausreißer wurde wie folgt definiert: >75 -Perzentil plus $3 \times$ Interquartilsabstand (IQR). Die Spurenelementkonzentrationen wurden logarithmiert und mit eins addiert. Anschließend wurde der Kolmogorov-Smirnov Test inklusive Lilliefors Korrektur durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Daten normal verteilt sind. Da die Spurenelementkonzentrationen nicht normal verteilt waren, wurde der nicht-parametrische Mann-Whitney-U Test (2 unabhängige Stichproben) und der Kruskal-Wallis-Test (>2 unabhängige Stichproben) eingesetzt, um die Unterschiede zwischen den Spurenelement-Konzentration zwischen unterschiedlichen Haltungs- und/oder Fütterungsweisen (Ergebnisse lt. Fragebogen) zu beschreiben. Als Post-hoc Test wurde der Dunn-Bonferroni-Test eingesetzt. Alle Ergebnisse $p \leq 0,05$ wurden als statistisch signifikant interpretiert.

Der Einfluss der Kuhrasse auf den Spurenelementgehalt der untersuchten Kolostrumproben wurde innerhalb dieser Diplomarbeit nicht behandelt und folgend auch nicht in die statistischen Auswertungen miteinbezogen.

3. Ergebnisse

3.1. Auswertung des Fragebogens

3.1.1. Fütterung der laktierenden Kühe

3.1.1.1. Grundfutter der laktierenden Kühe

Die im Rahmen des Fragebogens gegebenen Antworten zur Grundfütterration wurden in Tabelle eins (Tab.1) übersichtlich zusammengefasst. Alle 88 Betriebe (100 %) haben diesen Fragebogenteil zur Grundfütterration ausgefüllt.

Tab.1. Prozentuelle Verteilung der verschiedenen Grundfütterrationen bei den laktierenden Kühen

Grundfutter	Anzahl der Betriebe (%)
Silage, Grünfutter, Heu	29 (32,9 %)
Grünfutter, Heu	29 (32,9 %)
Silage, Heu	10 (11,4 %)
nur Silage	8 (9,1 %)
nur Heu	4 (4,5 %)
Grünfutter, Silage	3 (3,4 %)
Grünfutter, Heu, im Winter zusätzlich Luzernenpellets/Grünfutter (Gras), Heu und Luzernen	2 (2,3 %)
Silage, Heu, Luzerne	1 (1,1 %)
Silage, Grünfutter, Heu, Luzerne	1 (1,1 %)
Silage, Grünfutter, Heu, Luzerne, Stroh, Rübenschnitzel und Trester	1 (1,1 %)

3.1.1.2. Kraftfutter der laktierenden Kühe

In allen 88 (100 %) teilnehmenden Betrieben erhalten die laktierenden Kühe Kraftfutter. Die prozentuelle Verteilung der Methoden zur Kraftfuttermittelgabe (per Hand, Transponder, Teil der TMR) sind in Abbildung sechs (Abb.6). dargestellt. Die Anzahl der Betriebe wurde innerhalb der Graphik in Klammer gesetzt.

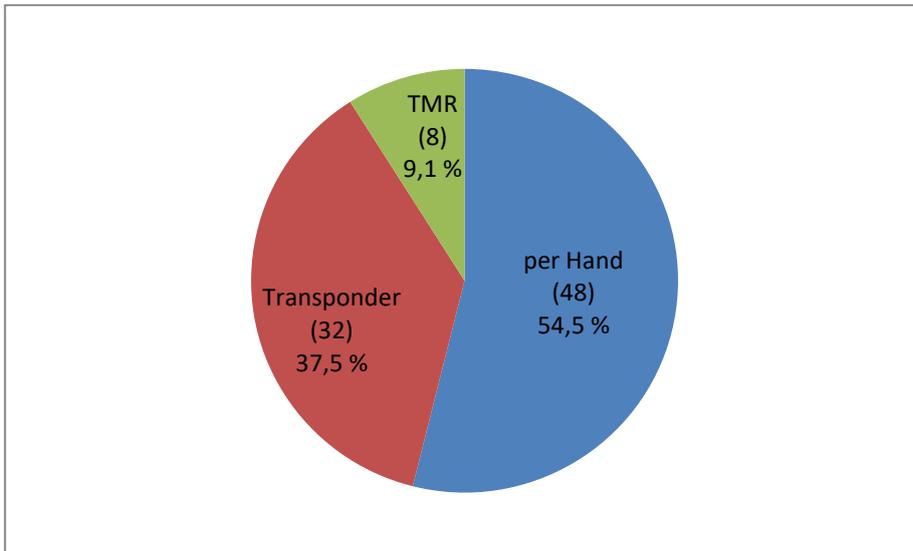


Abb.6. Prozentuelle Verteilung der Methoden zur Kraftfuttergabe bei den laktierenden Kühen

3.1.1.3. Mineralfutter der laktierenden Kühe

Drei (3,5 %) der 88 (100 %) Betriebe gaben an, kein zusätzliches Mineralfutter zu verfüttern. Die restlichen 85 (96,5 %) Betriebe verfüttern das Mineralfutter entweder per Hand, über Lecksteine/Leckmassen, über Boli/Selen-Injektionen, als Teil der TMR oder über den Transponder.

Die prozentuelle Verteilung ist in Abbildung sieben (Abb.7) dargestellt. Die jeweilige Anzahl der Betriebe wurde innerhalb der Graphik in Klammer gesetzt.

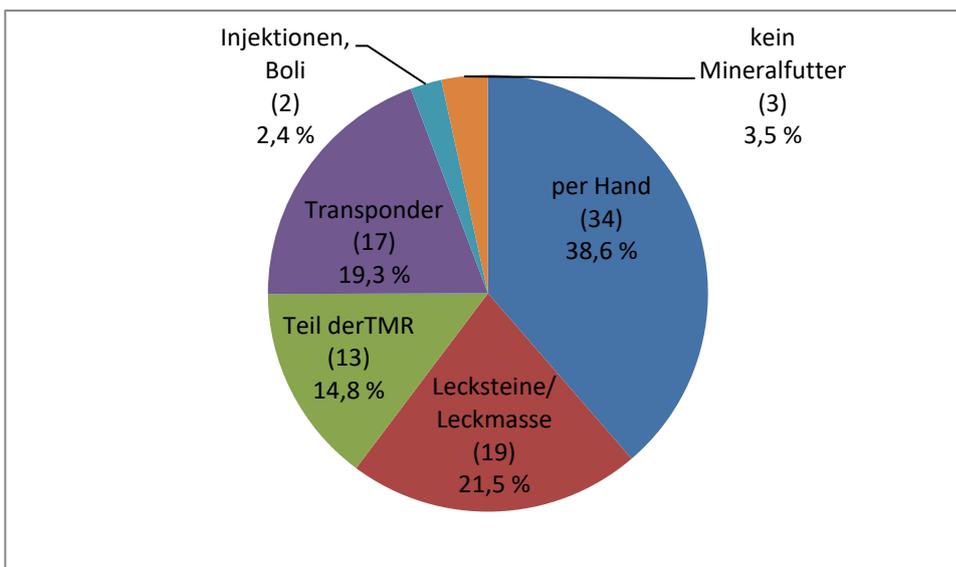


Abb.7. Prozentuelle Verteilung der Methoden zur Mineralstofffütterung bei den laktierenden Kühen

3.1.2. Haltung der laktierenden Kühe

In 50 (56,8%) der 88 (100 %) teilnehmenden Betriebe werden die laktierenden Kühe im Laufstall gehalten, während die restlichen 38 Betriebe (43,2 %) als Haltungsform eine Kombinations-/Anbindehaltung angaben. Die detaillierte Auswertung der im Rahmen des Fragebogens gegebenen Antworten findet sich in Tabelle zwei (Tab.2) für die Kombinations-/Anbindehaltung und in Tabelle drei (Tab.3) für die Laufstallhaltung.

Tab.2. Prozentuelle Verteilung der gegebenen Antworten der insgesamt 38 (100 %) Betriebe mit Kombinations-/Anbindehaltung (laktierende Kühe)

Kombinations-/Anbindehaltung	Anzahl der Betriebe (%)
Auslauf und Weide	13 (34,2 %)
Auslauf, Weide, Almplatz	12 (31,6 %)
Weide	5 (3,2 %)
Weide und Alm	3 (7,9 %)
Auslauf	3 (7,9 %)
Auslauf, Alm	1 (2,6 %)
Alm	1 (2,6 %)

Tab.3. Prozentuelle Verteilung der gegebenen Antworten der insgesamt 50 (100 %) Betriebe mit Laufstallhaltung (laktierende Kühe)

Laufstallhaltung	Anzahl der Betriebe (%)
Auslauf, Weide	25 (50,0 %)
Auslauf, Weide, Alm	12 (24,0 %)
Auslauf	5 (10,0 %)
Weide	4 (8,0 %)
Alm und Auslauf	3 (6,0 %)
keine Weide oder Alm, kein Auslauf	1 (2,0 %)

3.1.3. Fütterung der trockenstehenden Kühe

3.1.3.1. Grundfutter der trockenstehenden Kühe

Die im Rahmen des Fragebogens gegebenen Antworten zur Grundfütteration der trockenstehenden Kühe wurden in Tabelle vier (Tab.4) übersichtlich zusammengefasst. Alle 88 (100 %) Betriebe haben diesen Teil des Fragebogens ausgefüllt.

Tab.4. Prozentuelle Verteilung der verschiedenen Grundfütterrationen bei den Trockenstehern

Grundfutter	Anzahl der 88 Betriebe (%)
Heu und Grünfutter (Gras)	35 Betriebe (39,8 %)
Gras, Heu, Silage	23 Betriebe (26,1 %)
Silage und Heu	14 Betriebe (15,9 %)
nur Heu	7 Betriebe (7,9 %)
nur Silage	6 Betriebe (6,8 %)
Gras, Heu und Stroh	1 Betrieb (1,1 %)
Grünfutter (Gras), Heu mit anschließender Anfütterung innerhalb der Herde mit Kraftfutter/Mineralstoffe und Grundfütterration der Milchkühe	1 Betrieb (1,1 %)
Heu, Biodiversitätsflächen Heulage +50 % Rest TMR+ 50 % Weizenstroh	1 Betrieb (1,1 %)

3.1.3.1.1. Silage

Während 43 (48,9 %) der 88 Betriebe regelmäßig Gras-oder Maissilage verfüttern, verwenden 45 (51,1 %) der 88 Betriebe keine Silage als Grundfutter.

3.1.3.1.2. Heu

Heu wird an 82 (93,3 %) der 88 Betriebe vorgelegt, lediglich sechs (6,8 %) Betriebe füttern kein Heu als Grundfutter.

3.1.3.1.3. Gras

In 60 der teilnehmenden Betriebe (68,2 %) wird den Trockenstehern auch Gras vorgelegt.

3.1.3.1.4. Weidemöglichkeit

Dreiundsiebzig (82,9 %) der insgesamt 88 Betriebe gaben an, zusätzlich noch eine Weidemöglichkeit zu besitzen. Fünfzehn Betriebe (17,1 %) haben keine Weidemöglichkeit für die Trockensteher.

3.1.3.2. Kraftfutter der Trockensteher

Sechzig (68,2 %) der 88 (100 %) teilnehmenden Betriebe gaben im Zuge der Umfrage an, kein Kraftfutter an die trockenstehenden Kühe zu verfüttern. Die restlichen 28 (31,8%) Betriebe verfüttern das Kraftfutter wahlweise per Hand, als Teil der TMR oder über den Transponder.

Die entsprechende prozentuelle Verteilung wurde in Abbildung acht (Abb.8) dargestellt. Die Anzahl der Betriebe wurde innerhalb der Graphik in Klammer gesetzt.

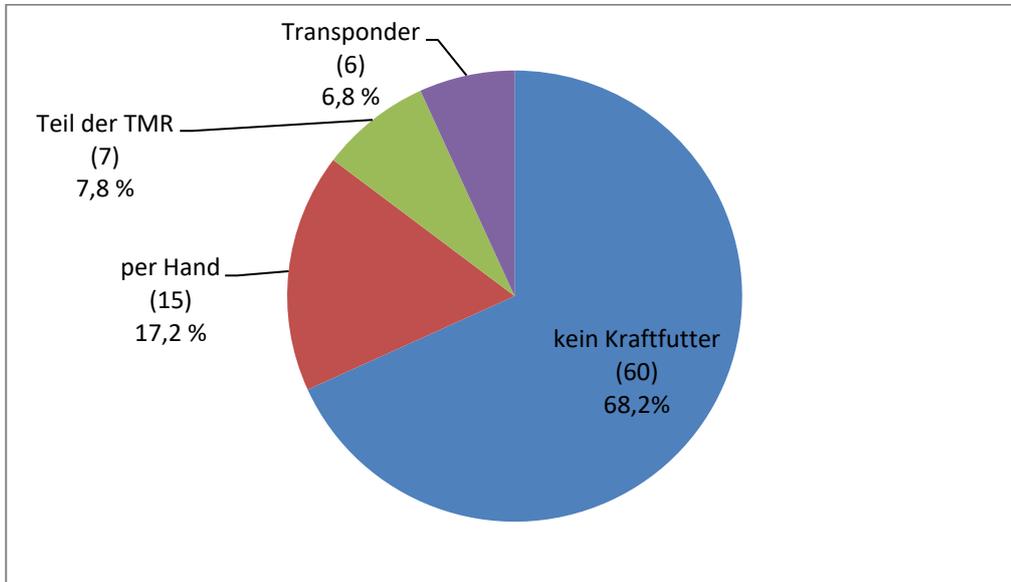


Abb.8. Prozentuelle Verteilung der Methoden zur Kraftfuttergabe bei den Trockenstehern

3.1.3.3. Mineralfutter der Trockensteher

In 21 (23,9 %) der 88 (100 %) Betriebe bekommen die Trockensteher kein zusätzliches Mineralfutter. In den übrigen 67 Betrieben (76,1 %) wird das Mineralfutter der Trockensteher wahlweise über Lecksteine/Leckmassen, per Hand, als Teil der TMR, über den Transponder oder über Boli, Selen-Injektionen verfüttert.

Die prozentuelle Verteilung wurde in Abbildung neun (Abb.9) graphisch dargestellt. Die Anzahl der Betriebe wurde innerhalb der Graphik in Klammer gesetzt.

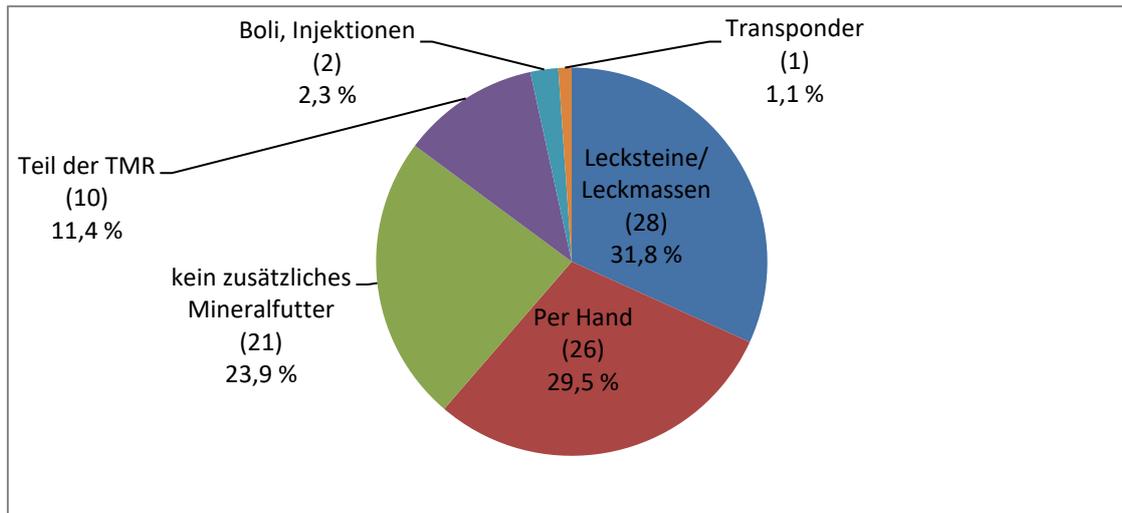


Abb.9. Prozentuelle Verteilung der bevorzugten Methoden zur Mineralfuttervergabe bei den Trockenstehern

3.1.4. Haltungssystem der Trockensteher

In 39 (44,3 %) der 88 (100 %) Betriebe werden die Trockensteher in einer Kombinations-/Anbindehaltung gehalten (siehe Tab.5). Neunundvierzig (55,7 %) Betriebe verfügen zur Haltung der Trockensteher über einen Laufstall (siehe Tab.6).

Tab.5. Prozentuelle Verteilung der gegebenen Antworten der insgesamt 39 (100 %) Betriebe mit Kombinations-/Anbindehaltung (trockenstehende Kühe)

Kombinations-/Anbindehaltung	Anzahl der Betriebe (%)
Weide und Auslauf	13 (33,3 %)
Weide, Auslauf, Alm	11 (28,2 %)
Weide	7 (17,9 %)
Auslauf	4 (10,3 %)
Weide, Alm	2 (5,1 %)
Auslauf und Alm	1 (2,7 %)
Alm	1 (2,7 %)

Tab.6. Prozentuelle Verteilung der gegebenen Antworten der insgesamt 49 (100 %) Betriebe mit Laufstallhaltung (trockenstehende Kühe)

Laufstall	Anzahl der Betriebe (%)
Auslauf, Weide und Alm	16 (32,7 %)
Auslauf, Weide	13 (26,5 %)
nur Auslauf	8 (16,3 %)
Weide und Alm	4 (8,2 %)
Kein Auslauf/ keine Weide	3 (6,1 %)
Auslauf und Alm	3 (6,1 %)
nur Weide	1 (2,4 %)
nur Alm	1 (2,4 %)

3.2. Ergebnisse der Spurenelementanalyse

3.2.1. Probenumfang

Von den insgesamt 88 teilnehmenden Betrieben wurden 375 Proben (N = 375) von insgesamt 43 (N = 43) Betrieben untersucht (Abb.10).

Das Minimum der untersuchten Proben pro Betrieb liegt bei eins. Das Maximum der untersuchten Proben pro Betrieb liegt bei 38. Im Durchschnitt wurden pro Betrieb neun Proben untersucht. Der Medianwert liegt bei sechs Proben. In 16 der insgesamt 43 Betriebe, wurden mehr als zehn Proben untersucht. In 23 Betrieben wurden mehr als fünf Proben untersucht.

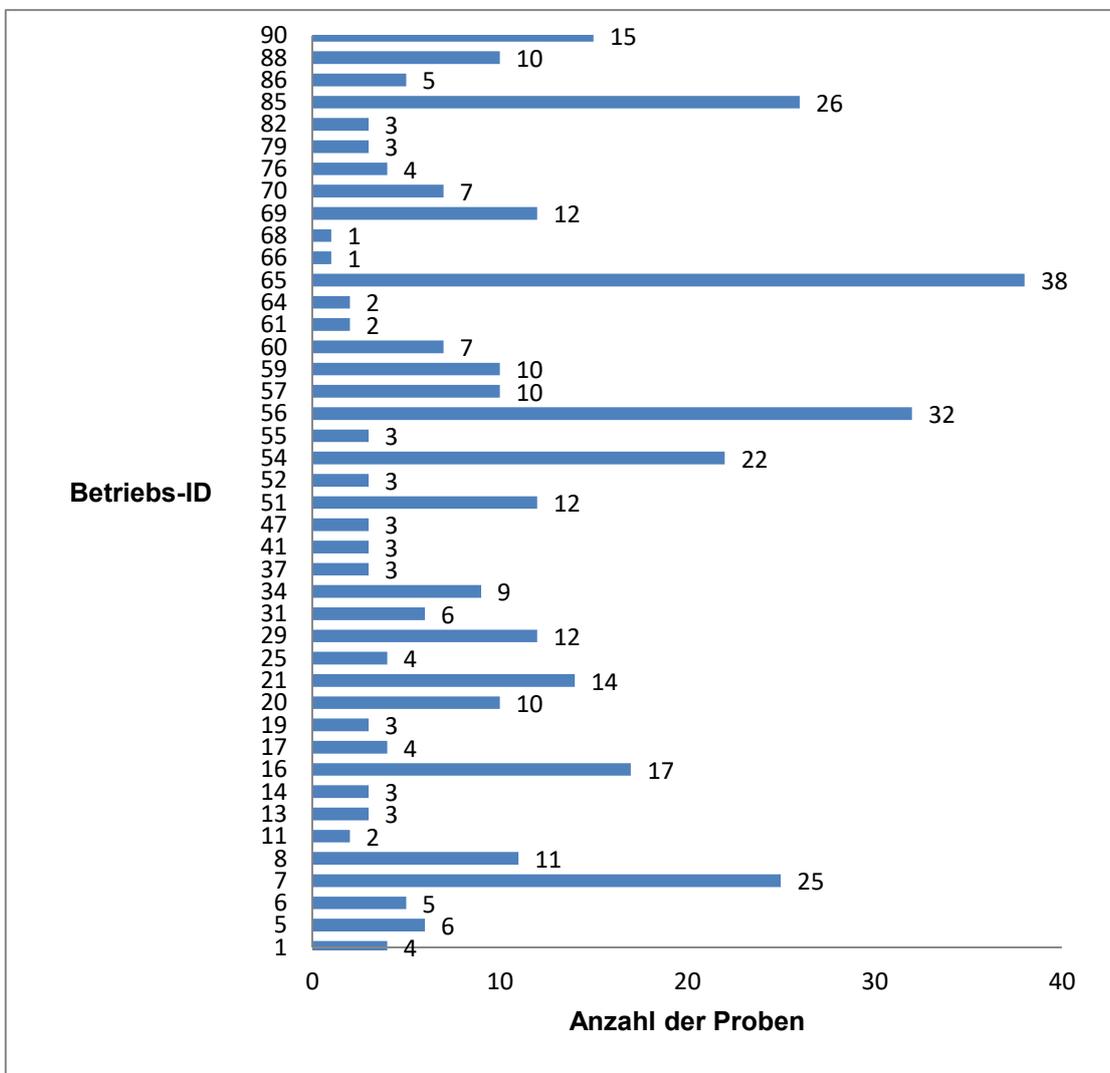


Abb.10. Anzahl der Proben in den 43 ausgewerteten Betrieben

3.2.2. Konzentrationen der Spurenelemente in den 43 untersuchten Betrieben

Im Zuge der zugrundeliegenden Diplomarbeit wurden die Elemente Cobalt, Kupfer, Eisen, Jod, Selen und Zink deskriptiv ausgewertet (siehe Tab.7).

Da die Konzentrationen ($\mu\text{g/l}$) teilweise unterhalb der Nachweisgrenze des jeweiligen Spurenelements liegen, unterscheidet sich die Gesamtanzahl der Ergebnisse pro Spurenelement.

Tab.7. Deskriptive Auswertung der Spurenelemente Kupfer, Cobalt, Eisen, Iod, Selen und Zink in den 43 untersuchten Betrieben

		Cobalt ($\mu\text{g/l}$)	Kupfer ($\mu\text{g/l}$)	Eisen ($\mu\text{g/l}$)	Jod ($\mu\text{g/l}$)	Selen ($\mu\text{g/l}$)	Zink ($\mu\text{g/l}$)
Anzahl der Proben	auswertbar	362	375	375	356	375	375
	nicht auswertbar (unterhalb der Nachweisgrenze)	13	0	0	19	0	0
Medianwert		0,46	95,00	482,21	8,10	8,00	16815,00
Spannweite		36,99	1716,80	2229,30	1059,58	72,80	40547,48
Minimum		0,11	19,80	52,10	0,42	0,10	2979,72
Maximum		37,10	1736,60	2281,40	1060,00	72,90	43527,20
Perzentile	25	0,32	64,70	399,70	4,33	4,70	12803,10
	50	0,46	95,00	482,21	8,10	8,00	16815,00
	75	0,69	135,30	578,10	14,80	14,40	21608,70

3.2.3. Unterschiede im Gehalt von Kupfer, Eisen, Iod, Selen Zink und Cobalt in den untersuchten Kolostrumproben

3.2.3.1. Vergleich biologische und konventionelle Produktionsweise

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde untersucht, ob die Produktionsweise (konventionell oder biologisch) einen signifikanten Einfluss auf die Konzentration der Spurenelemente hat.

In Tabelle acht (Tab.8) sind die Probenanzahlen für die jeweilige Produktionsweise und das jeweilige Spurenelement sowie die p-Werte gelistet.

Für das Spurenelement Cobalt wurde ein signifikanter Unterschied zwischen der konventionellen und biologischen Produktion festgestellt. Die Cobaltkonzentration von Kolostrumproben aus biologisch wirtschaftenden Betrieben war dabei signifikant höher (siehe Abb.11).

Tab.8. Probenanzahl und p-Werte der Spurenelemente in Abhängigkeit von der Produktionsweise
Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.

Spurenelemente	konventionelle Produktionsweise	biologische Produktionsweise	Gesamtzahl	p-Wert
Kupfer	135	239	374	0,35
Eisen	135	239	374	0,75
Jod	127	228	355	0,77
Selen	135	239	374	0,68
Zink	135	239	374	0,06
Cobalt	135	227	362	0,01*

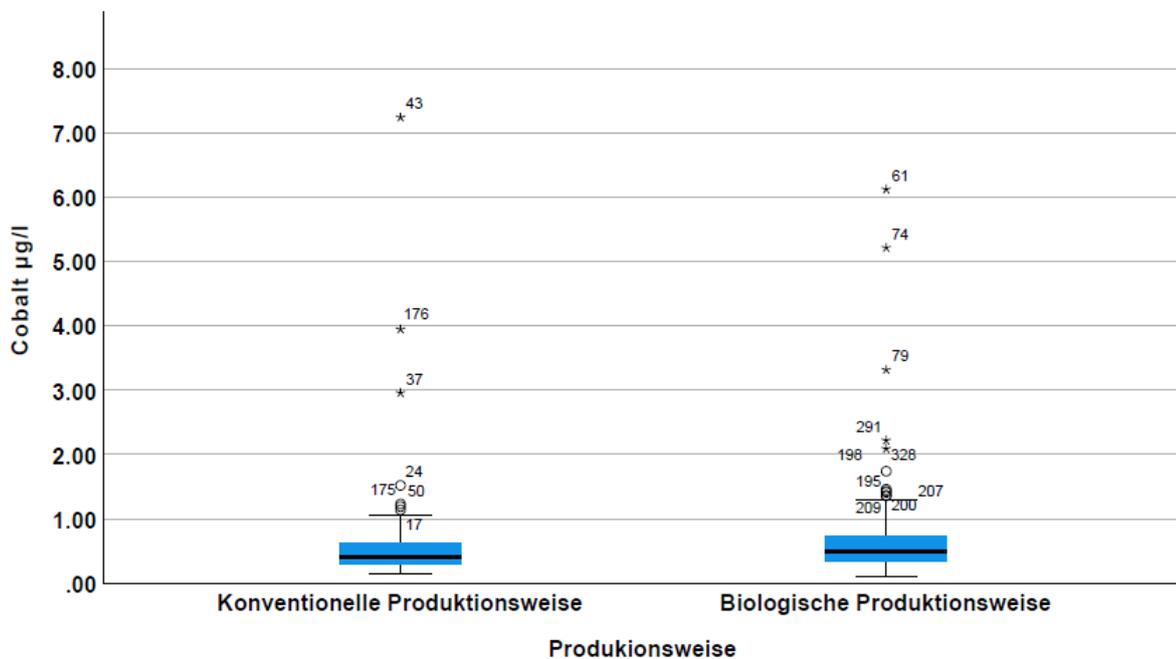


Abb.11. Cobaltkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) in Abhängigkeit von der Art der Produktionsweise. Extreme Ausreißer ($N = 9$) werden in der Box-Plot Graphik nicht angezeigt.

3.2.3.2. Vergleich Fütterung von Mineralfutter in der Trockenstehzeit

Laut Umfrage (siehe Unterpunkt 3.1.3.3) verfüttern 21 (23,9 %) der 88 (100 %) Betriebe während der Trockenstehzeit kein Mineralfutter. Innerhalb der Auswertung wurde statistisch überprüft, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Spurenelementgehalt in den Kolostrumproben, und der Verfütterung von Mineralfutter an die Trockensteher besteht. Die p-Werte sowie die jeweilige Anzahl von Proben, die untersucht wurden, wurden in Tabelle neun (siehe Tab.9) dargestellt.

Das Mineralfutter wurde als Teil der TMR, über Lecksteine/Leckmassen, über den Transponder oder per Hand zugefüttert.

Tab.9. Probenanzahl und p-Werte der verschiedenen Spurenelemente in Abhängigkeit von der Mineralfutterverfütterung. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.

Spurenelemente	Mineralfutter zugefüttert	kein Mineralfutter	Gesamtzahl	p-Wert
Kupfer	319	55	374	0,34
Eisen	319	55	374	0,13
Jod	303	52	355	0,83
Selen	319	55	374	< 0,01*
Zink	319	55	374	0,52
Cobalt	307	55	362	< 0,01*

Für Selen (siehe Abb.12) und Cobalt konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

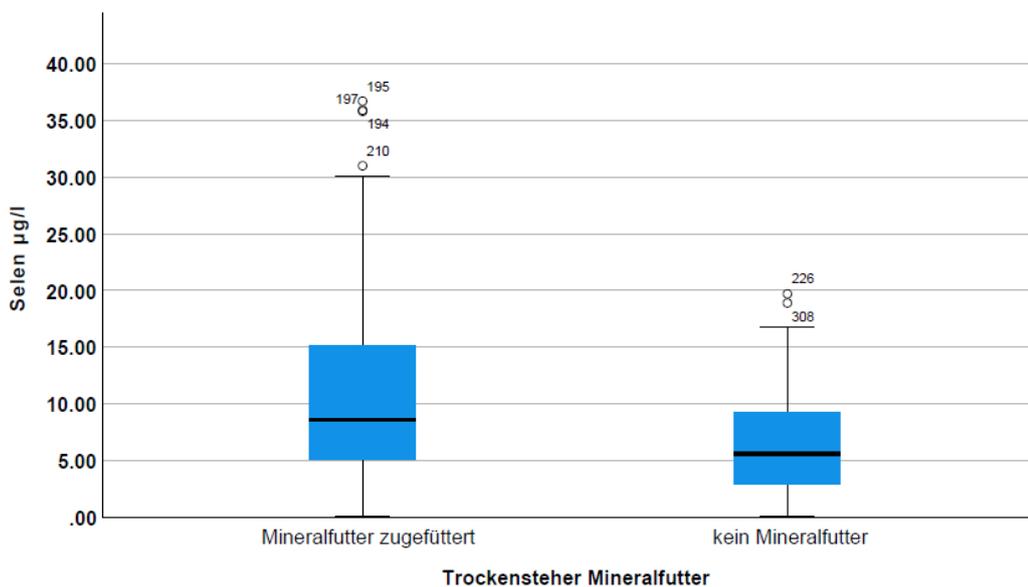


Abb.12. Selenkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) in Abhängigkeit von der Verfütterung von Mineralfutter an die Trockensteher. Extreme Ausreißer ($N = 3$) werden in der Box-Plot Graphik nicht angezeigt.

3.2.3.3. Unterschiede in der Art der Fütterung von Mineralstoffen

Folgend wurde überprüft ob sich die Art/Form der Verfütterung von Mineralfutter auf die Spurenelementkonzentrationen im Kolostrum auswirkt. In Tabelle zehn (Tab.10) sind die Anzahlen der Proben für die jeweilige Verfütterungsform und das entsprechende Spurenelement dargestellt.

Tab.10. Anzahl der Proben für das jeweilige Spurenelement in Abhängigkeit von der Form der Verfütterung

Spurenelemente	Lecksteine/ Leckmasse	Per Hand	TMR, Teil-TMR	Transponder (Krafffutterstation, Melkstand)	Summe der Proben
Cobalt	153	73	73	8	307
Kupfer	155	73	73	18	319
Eisen	155	73	73	18	319
Iod	143	69	73	18	303
Zink	155	73	73	18	319
Selen	155	73	73	18	319

In den folgenden Tabellen (Tab.11, Tab.12, Tab.13, Tab.14, Tab.15, Tab.16) wurden die Verfütterungsmethoden im Vergleich tabellarisch dargestellt, die für das jeweilige Spurenelement einen signifikanten Unterschied gezeigt haben.

Tab.11. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der Fütterungsmethoden im direkten Vergleich für das Spurenelement Cobalt. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet. Die Verfütterungsmethode, die im jeweiligen Vergleich zu einer höheren Konzentration des entsprechenden Spurenelements geführt hat, wurde innerhalb der Tabellen unterstrichen dargestellt.

Spurenelement	Fütterungsmethoden im Vergleich	p-Wert
Cobalt	Transponder (Krafffutterstation, Melkstand etc.) vs. <u>TMR, Teil-TMR</u>	< 0,01*

	kein zusätzliches Mineralfutter vs. <u>TMR, Teil-TMR</u>	<0,01*
	Lecksteine/Leckmassen vs. <u>TMR, Teil-TMR</u>	0,03*

Tab.12. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der Fütterungsmethoden im direkten Vergleich für das Spurenelement Kupfer. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet. Die Verfütterungsmethode, die im jeweiligen Vergleich zu einer höheren Konzentration des entsprechenden Spurenelements geführt hat, wurde innerhalb der Tabellen unterstrichen dargestellt.

Spurenelement	Fütterungsmethoden im Vergleich	p-Wert
Kupfer	Transponder (Kraffutterstation, Melkstand etc.) vs. <u>Lecksteine/Leckmasse</u>	0,02*
	Transponder (Kraffutterstation, Melkstand etc.) vs. <u>per Hand</u>	<0,01*

Tab.13. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der Fütterungsmethoden im direkten Vergleich für das Spurenelement Eisen. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet. Die Verfütterungsmethode, die im jeweiligen Vergleich zu einer höheren Konzentration des entsprechenden Spurenelements geführt hat, wurde innerhalb der Tabellen unterstrichen dargestellt.

Spurenelement	Fütterungsmethoden im Vergleich	p-Wert
Eisen	Transponder (Kraffutterstation, Melkstand etc.) vs. <u>kein zusätzliches Mineralfutter</u>	0,01*
	Transponder (Kraffutterstation, Melkstand etc.) vs. <u>Lecksteine/Leckmasse</u>	<0,01*
	Transponder (Kraffutterstation, Melkstand etc.) vs. <u>TMR, Teil-TMR</u>	<0,01*
	Transponder (Kraffutterstation, Melkstand etc.) vs. <u>per Hand</u>	<0,01*

Tab.14. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der Fütterungsmethoden im direkten Vergleich für das Spurenelement Iod. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet. Die Verfütterungsmethode, die im jeweiligen Vergleich zu einer höheren Konzentration des entsprechenden Spurenelements geführt hat, wurde innerhalb der Tabellen unterstrichen dargestellt.

Spurenelement	Fütterungsmethoden im Vergleich	p-Wert
Iod	Lecksteine/Leckmasse vs. <u>per Hand</u>	<0,01*
	Lecksteine/Leckmasse vs. <u>TMR, Teil-TMR</u>	<0,01*
	Lecksteine/Leckmasse vs. <u>Transponder</u> (Kraffutterstation, Melkstand etc.)	<0,01*
	<u>Transponder</u> (Kraffutterstation, Melkstand etc.) vs. per Hand	<0,01*

Tab.15. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der Fütterungsmethoden im direkten Vergleich für das Spurenelement Selen. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet. Die Verfütterungsmethode, die im jeweiligen Vergleich zu einer höheren Konzentration des entsprechenden Spurenelements geführt hat, wurde innerhalb der Tabellen unterstrichen dargestellt.

Spurenelement	Fütterungsmethoden im Vergleich	p-Wert
Selen	<u>Transponder</u> (Kraffutterstation, Melkstand etc.) vs. <u>TMR, Teil-TMR</u>	<0,01*

	kein zusätzliches Mineralfutter vs. <u>Lecksteine/Leckmasse</u>	0,03*
	kein zusätzliches Mineralfutter vs. <u>per Hand</u>	0,01*
	kein zusätzliches Mineralfutter vs. <u>TMR, Teil-TMR</u>	<0,01*
	Lecksteine/Leckmasse vs. <u>TMR, Teil-TMR Ration</u>	<0,01*
	per Hand vs. <u>TMR, Teil-TMR</u>	<0,01*

Tab.16. Signifikante Unterschiede (mit* gekennzeichnet) hinsichtlich der Fütterungsmethoden im direkten Vergleich für das Spurenelement Zink. Die Verfütterungsmethode, die im jeweiligen Vergleich zu einer höheren Konzentration des entsprechenden Spurenelements geführt hat, wurde innerhalb der Tabellen unterstrichen dargestellt.

Spurenelement	Fütterungsmethoden im Vergleich	p-Wert
Zink	Transponder (Kraffutterstation, Melkstand etc.) vs. <u>TMR, Teil-TMR</u>	<0,01*
	Transponder (Kraffutterstation, Melkstand etc.) vs. <u>per Hand</u>	<0,01*

	Transponder (Kraffutterstation, Melkstand etc.) vs. <u>kein zusätzliches Mineralfutter</u>	<0,01*
	Transponder (Kraffutterstation, Melkstand etc.) vs. <u>Lecksteine/Leckmasse</u>	<0,01*

3.2.3.4. Geographische Lage (Politische Bezirke) und die Auswirkung auf die Spurenelementkonzentration im Vergleich

Um einen Überblick zu gewinnen, inwiefern der geographische Standort der Kühe die Konzentration der Spurenelemente im Kolostrum beeinflusst, wurde Salzburg in fünf politische Bezirke unterteilt. In Tabelle 17 (Tab.17) sind die eben genannten fünf politischen Bezirke sowie die aus dem jeweiligen Gebiet stammende Probenanzahl und der p-Wert für jedes Spurenelement gelistet.

Tab.17. p-Werte und Probenumfang pro Spurenelement für den jeweiligen politischen Bezirke
Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.

Spurenelement	Tennengau	Lungau	Pinzgau	Flachgau/ Salzburg- Stadt	Pongau	Summe der Proben	p-Wert
Cobalt	19	36	28	173	106	362	0,02*
Kupfer	19	36	28	185	106	374	<0,01*
Eisen	19	36	28	185	106	374	0,01*
Iod	19	34	25	178	99	355	<0,01*
Zink	19	36	28	185	106	374	0,89
Selen	19	36	28	185	106	374	0,06

Für die Spurenelemente Cobalt, Kupfer, Eisen und Iod zeigten sich signifikante Unterschiede hinsichtlich der Spurenelementkonzentrationen im Kolostrum in Abhängigkeit von der

geographischen Lage. In Tabelle 18 (Tab.18) wurden diese signifikanten Unterschiede mit Hilfe des direkten Vergleichs der politischen Bezirke zueinander für jedes Spurenelement übersichtlich dargestellt.

Tab.18. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der politischen Bezirke im direkten Vergleich für die Spurenelemente Cobalt, Kupfer, Eisen und Iod. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.

Spurenelement	Politische Bezirke im Vergleich	p-Wert
Cobalt	Flachgau/Salzburg Stadt vs. Lungau	0,05*
Kupfer	Tennengau vs. Lungau	0,01*
	Flachgau/Salzburg Stadt vs. Pinzgau	0,05*
	Flachgau/SalzburgStadt vs. Lungau	<0,01*
	Pongau vs. Lungau	0,01*
Eisen	Pinzgau vs. Lungau	0,02*
	Pongau vs. Lungau	0,02*
Iod	Pinzgau vs. Tennengau	<0,01*
	Pongau vs. Tennengau	<0,01*

Im weiteren statistischen Vorgehen wurden die geographischen Bereiche zusammengefasst in Flachland(=Flachgau/Tennengau) und Innergebirge(=Lungau/Pinzgau/Pongau). Eine Übersicht über die jeweiligen Probenanzahlen und p-Werte liefert hierbei Tabelle 19 (Tab.19).

Tab.19. p-Werte und Probenumfang für die geographischen Bereiche Flachland und Innergebirge
Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.

Spurenelement	Flachland	Innergebirge	Probengesamtzahl	p-Wert
Cobalt	192	170	362	0,02*
Kupfer	204	170	374	< 0,01*
Eisen	204	170	374	0,61
Iod	197	158	355	< 0,01*
Zink	204	170	374	0,67
Selen	204	170	374	0,74

4. Diskussion

4.1. Spannweite der Spurenelementkonzentrationen

Im Rahmen der statistischen Auswertung hat sich gezeigt, dass die erhobenen Daten nicht normal verteilt waren. Außerdem war die Anzahl der Ausreißer hoch und die Spannweite der Ergebnisse insgesamt sehr breit.

Ursächlich dafür kann sein, dass die Kühe, bedingt durch Selektion (Miller-Cushon und DeVries 2017) oder einer unzureichenden Anzahl an Fressplätzen (Rangordnung) unterschiedliche Mengen an Mineralfutter bzw. Kraftfutter zu sich nehmen. Dies kann in Folge zu Abweichungen der alimentär aufgenommenen Spurenelementkonzentrationen innerhalb eines Betriebes führen.

Desweiteren kann ein unzureichendes Homogenisieren der Proben die große Spannweite der Ergebnisse begünstigen. Wie Flynn (1992) beschrieben hat, sind die Spurenelemente an viele unterschiedlich große und schwere organische und anorganische Moleküle gebunden. Folgend können Spurenelemente in Form von Metalloenzymen, Koenzymen und Hormonen im Körper vorkommen (Suttle 2010). Sehr häufig sind sie dabei an das Milchprotein Casein gebunden, das sich aus wasserlöslichen Phosphor-, Kalzium- und Magnesiumsalzen zusammensetzt (Pecka et al. 2012).

Ein unzureichend langes Vortexen bei beispielsweise sehr dickflüssigen Proben kann dazu führen, dass sich die gebundenen Spurenelemente innerhalb der Probe inhomogen verteilen. Dies kann bei der Auswertung zu Konzentrationsschwankungen führen.

Auch mögliche Kontaminationsquellen wie beispielsweise jodhaltige Dippmittel, können zu Konzentrationsschwankungen führen (siehe Unterpunkt Limitationen der Studie).

Desweiteren können Interaktionen bestimmter Spurenelemente über z.B. Komplexbildung zu Konzentrationsabweichungen führen. Fitsanakis et al. (2010) untersuchte diesbezüglich Wechselwirkungen zwischen Mangan und Eisen und Badiello et al. (1996) Wechselwirkungen zwischen Selen und Cadmium.

4.2. Unterschiede in der Art der Fütterung des Mineralfutters

Auffallend war desweiteren, dass die Spurenelementkonzentrationen bei der Mineralfutterverfütterung über den Transponder bei den Spurenelementen Eisen, Kupfer, Selen, Zink und Cobalt signifikant niedriger als bei anderen Arten der Verfütterung war.

Einzig bei Iod war die Konzentration bei der Mineralfutterverfütterung über Lecksteine/Leckmassen geringer als bei der Transponderfütterung.

Es wird davon ausgegangen, dass die niedrigen Konzentrationen bei der Transponderfütterung dadurch verursacht werden, dass die, über den Transponder eingestellte Menge, nicht dem Bedarf entspricht bzw. Kraftfutterstationen und Melkstände für die meist separierten Trockensteher nur unzureichend verfügbar bzw. zugänglich sind.

Kraftfuttermittel (=Leistungsfutter mit einem hohen Anteil an leicht verdaulichen Kohlenhydraten) werden häufig mit Spurenelementen und Vitaminen versetzt. Wird den Milchkühen jedoch in der Spätlaktation weniger Kraftfutter angeboten, wird vermutet, dass die in Summe aufgenommenen Mengen an Spurenelementen und Vitaminen nicht ausreichend sind. In der Praxis sind die Konzentrationen an Spurenelementen und Vitaminen im Grundfutter häufig nicht bekannt, da keine Futtermittelanalysen durchgeführt werden. Es ist somit nicht möglich, die tatsächliche aufgenommene Menge zu prüfen.

4.3. Geographische Unterschiede

Hinsichtlich der politischen Bezirke war auffällig, dass die Spurenelementkonzentrationen von Cobalt, Kupfer, Eisen und Iod im Lungau höher waren als in den restlichen untersuchten Gebieten. Regionale Konzentrationsunterschiede von Spurenelementen in der Milch konnte auch eine Studie aus Norwegen feststellen. Haug et al. (2015) macht dabei vor allem die chemische Zusammensetzung des Bodens, den Düngemiteleinsatz, Luftschadstoffe und Unterschiede in der Niederschlagszusammensetzung für die Konzentrationsunterschiede verantwortlich.

Im Rahmen der statistischen Auswertung zeigte sich außerdem, dass die Iodkonzentration im nördlichen Salzburg signifikant höher als in den südlichen Regionen ist. Ursächlich dafür könnte ein erhöhtes Aufkommen von Industrie in diesem Gebiet sein. Hinweise auf die potentielle Einwirkung von industrieller Verschmutzung auf die Konzentration der Spurenelemente Selen, Cobalt und Iod liefern auch die Ergebnisse der Studie von Dobrzański et al. (2005).

Desweiteren könnte das vermehrte Vorkommen von Gebirgen im südlichen Salzburg ursächlich für den Iodmangel in diesem Gebiet sein. So zeigten Untersuchungen des Bodens bzw. des Grundwassers im Gebirge signifikant geringere Iodkonzentrationen als im Flachland/Vorgebirge (Ahmad et al. 2021). Auch Menschen die im Gebirge leben, zeigten

häufiger Symptome einer Iodmangels als Menschen aus vergleichsweise flachen Gebieten (El Ammari et al. 2021).

4.4. Limitationen der Studie

Der Entnahmezeitpunkt der Kolostrumproben war im Rahmen dieser Arbeit nicht bekannt und konnte folgend auch nicht in die statistischen Auswertungen miteinbezogen werden. Der Zeitpunkt der Kolostrumentnahme ist jedoch relevant, da laut Maria (1978) die Konzentration der Spurenelemente in den ersten Stunden stark abnimmt. Die fehlende Kenntnis über den genauen Zeitpunkt der Entnahme stellt folgend eine Limitation der Studie dar.

Auch die Jahreszeit scheint laut van de Kamp et al. (2019) im Zusammenhang mit Iod bei verarbeiteter Milch und Qin et al. (2021) im Zusammenhang mit Eisen, Kupfer und Zink bei nicht verarbeiteter Milch, eine Rolle hinsichtlich der Spurenelementkonzentration zu spielen. Desweiteren wurde der Einfluss möglicher Kontaminationsquellen im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht. So führt das Zitzendippen nach dem Melken laut Rezaei Ahvanooei et al. (2021) zu signifikant höheren Jodkonzentrationen in der Milch als bei den Kühen ohne Zitzendippen. Verschmutzte/verrostete Rohre oder Auffangbehältnisse können über abgelöste Teile von Legierungen die Konzentration von Eisen und Kupfer beeinflussen (Mertz und Underwood 1986).

Ein weiterer Punkt ist die Tatsache, dass der Inhalt sowie die Art bzw. Zusammensetzung des verfütterten Mineralfutters nicht exakt bekannt und sehr vielfältig war. Jeder Hersteller von Mineralfutter gewährleistet eine andere Zusammensetzung, wodurch die aufgenommene Menge an bestimmten Spurenelementen sehr schwanken kann. So kann beispielsweise die Tatsache ob Selen in organischer oder anorganischer Form im Mineralfutter vorkommt, die Bioverfügbarkeit dieses Spurenelementes stark beeinflussen. Untersuchungen in der Studie von Ortman und Pehrson (1999) zeigten z.B. dass eine Supplementierung mit organischem Selen eine 190fach höhere Selenkonzentration in der Milch hervorruft, als beispielsweise bei Supplementierung mit anorganischem Natriumselenit. Auch Ceballos et al. (2009) konnte im Durchschnitt eine 0,73 $\mu\text{mol/l}$ höhere Selenkonzentration in der Milch von Kühen feststellen, denen Selen in organischer Form supplementiert wurde.

Der Einfluss der Kuhrasse auf den Spurenelementgehalt der Kolostrumproben wurde innerhalb dieser Arbeit ebenfalls ausgeklammert. Die Ergebnisse der Studie von Kessler et al. (2020) zeigten jedoch, dass es sowohl zwischen als auch innerhalb der dreizehn

untersuchten Kuhrassen signifikante Unterschiede hinsichtlich der Zusammensetzung des Kolostrums (Immunglobulin G, Eiweiß und Fett) gibt. Kessler et al. (2019) wies signifikante Unterschiede in der Kolostrumzusammensetzung auch zwischen Schaf - bzw. Ziegenrassen nach.

Diese Arbeit stellt eine Grundlage für weitere wissenschaftliche Untersuchungen hinsichtlich der Spurenelementkonzentration im Kolostrum, sowie den entsprechenden Einflussfaktoren dar. Weitere bzw. aktuelle Untersuchungen hinsichtlich der Einwirkung vom Zeitpunkt der Kolostrumentnahme, der Rasse, der Eutergesundheit sowie möglicher Kontaminationsquellen auf den Spurenelementgehalt im Kolostrum, sind mögliche weitere Forschungsansätze.

5. Zusammenfassung

Kolostrum stellt eine wichtige Spurenelementquelle dar und gewährleistet dadurch eine gesunde Entwicklung der neugeborenen Kälber.

Der Spurenelementgehalt des Kolostrums ist von vielen verschiedenen Faktoren abhängig. In der zugrundeliegenden Arbeit wurde der Einfluss der Fütterung in der Trockenstehzeit, sowie der Produktionsweise und der geographischen Lage auf den Spurenelementgehalt untersucht.

Es wurden 88 Betriebe aus dem Bundesland Salzburg mittels eines Fragebogens, zur Haltung und Fütterung der trockenstehenden sowie laktierenden Kühe befragt. Anschließend wurden insgesamt 375 Kolostrumproben von 43 Betrieben mittels ICP-MS untersucht. Die gemessenen Spurenelementkonzentrationen wurden statistisch ausgewertet. Es wurde auf die Spurenelemente Kupfer, Cobalt, Zink, Eisen, Jod und Selen eingegangen.

Es hat sich gezeigt, dass die Art und Weise der Mineralfutterverfütterung, einen signifikanten Einfluss auf die Konzentration der Spurenelemente hat.

Im Zuge der statistischen Auswertung wurden durchschnittlich 153 Proben von Betrieben ausgewertet, die das Mineralfutter über Lecksteine verfüttern. Zweiundsiebzig Proben von Betrieben, die das Mineralfutter per Hand, und 73 Proben von Betrieben, die das Mineralfutter als Teil der TMR verfüttern. Sechzehn Proben stammen von Betrieben, welche die Mineralstoffversorgung über den Transponder regeln

Bei den Spurenelementen Eisen, Kupfer, Selen, Zink und Cobalt bedingte eine Mineralfutterverfütterung über den Transponder, im Vergleich zur Fütterung per Hand, über die TMR, Lecksteine/Leckmassen oder über Boli/Injektionen, niedrigere Spurenelementkonzentrationen.

Das Bundesland Salzburg wurde in fünf politische Bezirke (Tennengau, Lungau, Pinzgau, Flachgau und Pongau) gegliedert, um den Einfluss der geographischen Lage auf diverse Spurenelementkonzentrationen zu untersuchen. Es wurden durchschnittlich 19 Kolostrumproben aus dem Tennengau, 36 aus dem Lungau, 27 aus dem Pinzgau, 182 aus dem Flachgau und 105 Proben aus dem Pongau ausgewertet.

Die gemessenen Konzentrationen der Spurenelemente Cobalt, Kupfer, Eisen und Iod waren im politischen Bezirk Lungau signifikant höher. Im Zuge der statistischen Auswertung zeigte sich außerdem, dass die Iodkonzentration im nördlichen Salzburg signifikant höher, als in den südlichen Gebieten des Bundeslandes war.

Die Art der Produktionsweise beeinflusst lediglich die Konzentration des Spurenelements Cobalt signifikant. Kolostrumproben von Milchkühen aus biologisch wirtschaftenden Betrieben zeigten signifikant höhere Konzentrationen als aus konventionell wirtschaftenden Betrieben.

6. Summary

Colostrum is an important source of trace elements and thus ensures healthy development of newborn calves.

The trace element content of colostrum depends on many different factors. In the underlying work, the influence of feeding in the dry period, as well as the production method and the geographical location on the trace element content was investigated.

Eighty-eight farms in the province of Salzburg were questioned by means of a questionnaire on the husbandry and feeding of dry cows and lactating cows. Subsequently, a total of 375 colostrum samples from 43 farms were analyzed by ICP-MS. The measured trace element concentrations were statistically evaluated. The trace elements copper, cobalt, zinc, iron, iodine and selenium were addressed.

It has been shown that the way of mineral feed feeding, has a significant influence on the concentration of trace elements.

In the course of the statistical evaluation, an average of 153 samples from farms feeding the mineral feed via lickstones were evaluated. Seventy-two samples were from farms feeding the mineral feed by hand, and 73 samples were from farms feeding the mineral feed as part of the TMR. Sixteen samples were from farms that use the transponder to manage mineral supply

For the trace elements iron, copper, selenium, zinc and cobalt, mineral feed feeding via the transponder caused lower trace element concentrations compared to feeding by hand, via the TMR, lickstones/lick mixes or via boluses/injections.

The province of Salzburg was divided into five political districts (Tennengau, Lungau, Pinzgau, Flachgau and Pongau) to investigate the influence of geographical location, on various trace element concentrations. On average, 19 colostrum samples from Tennengau, 36 from Lungau, 27 from Pinzgau, 182 from Flachgau and 105 samples from Pongau were evaluated.

The measured concentrations of the trace elements cobalt, copper, iron and iodine were significantly higher in the political district of Lungau. The statistical evaluation also showed that the iodine concentration in the northern part of Salzburg was significantly higher than in the southern parts of the province.

The type of production method only significantly influenced the concentration of the trace element cobalt. Colostrum samples from dairy cows from organic farms showed significantly higher concentrations than from conventional farms.

7. Abkürzungsverzeichnis

ICP-MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
TMR	Totale Misch Ration
Medlog	Medizinische Logistik und Service GmbH
LABOKLIN	Labor für klinische Diagnostik GmbH & Co. KG

8. Literaturverzeichnis

- Abuelo A, Pérez-Santos M, Hernández J, Castillo C. 2014. Effect of colostrum redox balance on the oxidative status of calves during the first 3 months of life and the relationship with passive immune acquisition. *Veterinary journal (London, England : 1997)*, 199 (2): 295–299. DOI 10.1016/j.tvjl.2013.10.032.
- Ahmad S, Bailey EH, Arshad M, Ahmed S, Watts MJ, Young SD. 2021. Multiple geochemical factors may cause iodine and selenium deficiency in Gilgit-Baltistan, Pakistan. *Environmental geochemistry and health*, 43 (11): 4493–4513. DOI 10.1007/s10653-021-00936-9.
- Andrieu S. 2008. Is there a role for organic trace element supplements in transition cow health? *Veterinary journal (London, England : 1997)*, 176 (1): 77–83. DOI 10.1016/j.tvjl.2007.12.022.
- Anke M, Seeber O, Müller R, Schäfer U, Zerull J. 2009. Uranium transfer in the food chain from soil to plants, animals and man. *Geochemistry*, 69: 75–90. DOI 10.1016/j.chemer.2007.12.001.
- Badiello R, Feroci G, Fini A. 1996. Interaction Between Trace Elements: Selenium and Cadmium Ions. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 10 (3): 156–162. DOI 10.1016/S0946-672X(96)80026-5.
- Beckett GJ, MacDougall DA, Nicol F, Arthur R. 1989. Inhibition of type I and type II iodothyronine deiodinase activity in rat liver, kidney and brain produced by selenium deficiency. *The Biochemical journal*, 259 (3): 887–892. DOI 10.1042/bj2590887.
- Blakley BR. 1984. A retrospective study of lead poisoning in cattle. *Veterinary and human toxicology*, 26 (6): 505–507.
- Brigelius-Flohé R, Maiorino M. 2013. Glutathione peroxidases. *Biochimica et biophysica acta*, 1830 (5): 3289–3303. DOI 10.1016/j.bbagen.2012.11.020.
- Carroll JA, Forsberg NE. 2007. Influence of stress and nutrition on cattle immunity. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 23 (1): 105–149. DOI 10.1016/j.cvfa.2007.01.003.
- Cashman KD. 2006. Milk minerals (including trace elements) and bone health. *International Dairy Journal*, 16 (11): 1389–1398. DOI 10.1016/j.idairyj.2006.06.017.
- Casteel S, Evans T, Turk J, Basta N, Weis C, Henningsen G, Hoffman E. 2001. Refining the risk assessment of metal-contaminated soils. *International journal of hygiene and environmental health*, 203 (5-6): 473–474. DOI 10.1078/1438-4639-00049.
- Ceballos A, Sánchez J, Stryhn H, Montgomery JB, Barkema HW, Wichtel JJ. 2009. Meta-analysis of the effect of oral selenium supplementation on milk selenium concentration in cattle. *Journal of dairy science*, 92 (1): 324–342. DOI 10.3168/jds.2008-1545.
- Daels P. 2006. Induction of Lactation and Adoption of Orphan Foals - Proceedings of AAEP Resort Symposium - Rome,

- Dobrzański, R. Kołacz, H. Górecka, K. Chojnacka, A. Bartkowiak. 2005. The Content of Microelements and Trace Elements in Raw Milk from Cows in the Silesian Region. *Pol. J. Environ.*
- El Ammari L, Saeid N, Talouizte A, Gamih H, Labzizi S, Mendili JE, Rami A, Idrissi M, Benjeddou K, Zahrou Fe, Elmzibri M, Brown AT, Al-Jawaldeh A, Yahyane A, Zimmerman MB, Kari KE, Aguenou H. 2021. A Household-Based Survey of Iodine Nutrition in Moroccan Children Shows Iodine Sufficiency at the National Level But Risk of Deficient Intakes in Mountainous Areas. *Children*, 8 (3). DOI 10.3390/children8030240.
- Enjalbert F, Lebreton P, Salat O, Schelcher F. 1999. Effects of pre- or postpartum selenium supplementation on selenium status in beef cows and their calves. *Journal of animal science*, 77 (1): 223–229. DOI 10.2527/1999.771223x.
- Fitsanakis VA, Zhang N, Garcia S, Aschner M. 2010. Manganese (Mn) and iron (Fe): interdependency of transport and regulation. *Neurotoxicity research*, 18 (2): 124–131. DOI 10.1007/s12640-009-9130-1.
- Flynn A. 1992. Minerals and Trace Elements in Milk. In: Kinsella JE, Hrsg. *Advances in food and nutrition research*. Vol. 36. San Diego, Calif., London: Academic Press, 209–252.
- Fox PL. 2003. The copper-iron chronicles: the story of an intimate relationship. *Biometals : an international journal on the role of metal ions in biology, biochemistry, and medicine*, 16 (1): 9–40. DOI 10.1023/a:1020799512190.
- Fransson GB, Lönnerdal B. 1983. Distribution of trace elements and minerals in human and cow's milk. *Pediatric research*, 17 (11): 912–915. DOI 10.1203/00006450-198311000-00015.
- G.K. Murthy, U.S. Rhea, J.T. Peeler. 1972. Copper, Iron, Manganese, Strontium, and Zinc Content of Market Milk.
- Glombowsky P, Da Silva AS, Soldá NM, Galli GM, Biazus AH, Campigotto G, Bottari NB, Sousa RS, Brisola MC, Stefani LM, Baldissera MD, Leal MLR, Morsch VM, Schetinger MRC, Machado G. 2018. Mineralization in newborn calves contributes to health, improve the antioxidant system and reduces bacterial infections. *Microbial pathogenesis*, 114: 344–349. DOI 10.1016/j.micpath.2017.12.012.
- Guyot H, Saegerman C, Lebreton P, Sandersen C, Rollin F. 2009. Epidemiology of trace elements deficiencies in Belgian beef and dairy cattle herds. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*: 116–123.
- Halliwell B. 1999. Antioxidant defence mechanisms: from the beginning to the end (of the beginning). *Free radical research*, 31 (4): 261–272. DOI 10.1080/10715769900300841.
- Hamann J, Krömker V. 1989. Potential of specific milk composition variables for cow health management. *Livestock Production Science*, 22 (2): 138. DOI 10.1016/0301-6226(89)90112-7.
- Hansen SL, Spears JW, Lloyd KE, Whisnant CS. 2006. Growth, reproductive performance, and manganese status of heifers fed varying concentrations of manganese. *Journal of animal science*, 84 (12): 3375–3380. DOI 10.2527/jas.2005-667.

- Haug A, Steinnes E, Harstad OM, Prestløy E, Schei I, Salbu B. 2015. Trace elements in bovine milk from different regions in Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 65 (2): 85–96. DOI 10.1080/09064702.2015.1130742.
- Hefnawy AEG, Tórtora-Pérez JL. 2010. The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. *Small Ruminant Research*, 89 (2-3): 185–192. DOI 10.1016/j.smallrumres.2009.12.042.
- Heidarpour Bami M, Mohri M, Seifi HA, Alavi Tabatabaee AA. 2008. Effects of parenteral supply of iron and copper on hematology, weight gain, and health in neonatal dairy calves. *Veterinary research communications*, 32 (7): 553–561. DOI 10.1007/s11259-008-9058-6.
- Hogan JS, Smith KL, Weiss WP, Todhunter DA, Schockley WL. 1990. Relationships Among Vitamin E, Selenium, and Bovine Blood Neutrophils. *Journal of dairy science*, 73 (9): 2372–2378. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(90)78920-5.
- Hurley LS. 1981. Teratogenic aspects of manganese, zinc, and copper nutrition. *Physiological reviews*, 61 (2): 249–295. DOI 10.1152/physrev.1981.61.2.249.
- Inam R, Somer G. 2000. A direct method for the determination of selenium and lead in cow's milk by differential pulse stripping voltammetry. *Food Chemistry*, 69 (3): 345–350. DOI 10.1016/S0308-8146(00)00045-5.
- Kessler EC, Bruckmaier RM, Gross JJ. 2019. Immunoglobulin G content and colostrum composition of different goat and sheep breeds in Switzerland and Germany. *Journal of dairy science*, 102 (6): 5542–5549. DOI 10.3168/jds.2018-16235.
- Kessler EC, Bruckmaier RM, Gross JJ. 2020. Colostrum composition and immunoglobulin G content in dairy and dual-purpose cattle breeds. *Journal of animal science*, 98 (8). DOI 10.1093/jas/skaa237.
- Kume S-I, Tanabe S. 1993. Effect of Parity on Colostral Mineral Concentrations of Holstein Cows and Value of Colostrum as a Mineral Source for Newborn Calves. *Journal of dairy science*, 76 (6): 1654–1660. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(93)77499-8.
- Loganathan P, Hedley MJ, Grace ND. 2008. Pasture soils contaminated with fertilizer-derived cadmium and fluorine: livestock effects. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 192: 29–66. DOI 10.1007/978-0-387-71724-1_2.
- Lønnerdal B, Keen CL, Hurley LS. 1981. Iron, copper, zinc, and manganese in milk. *Annual review of nutrition*, 1: 149–174. DOI 10.1146/annurev.nu.01.070181.001053.
- Maria CG. 1978. Trace element content in colostrum of different ruminant species at various post-partum intervals. *Annales de recherches vétérinaires. Annals of veterinary research*, 9 (2): 277–280.
- McLaren DS. 1980. *Iron Metabolism in Man*: T. H. Bothwell, R. W. Charlton, J. D. Cook and C. A. Finch, Blackwell Scientific Publications, 1979. Pp. ix + 576. £33·50. *Quarterly Journal of Experimental Physiology and Cognate Medical Sciences*, 65 (3): 255–256. DOI 10.1113/expphysiol.1980.sp002513.
- Mehdi Y, Dufrasne I. 2016. Selenium in Cattle: A Review. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 21 (4): 545. DOI 10.3390/molecules21040545.

- Mertz W. 1986. Trace elements in human and animal nutrition. Volume 2. Fünfte. ed. San Diego u.a.: Acad. Pr, 499.
- Mertz W, Underwood EJ, Hrsg. 1986. Trace Elements in Human and Animal Nutrition (Fifth Edition). Academic Press, 1 online resource.
- Miller-Cushon EK, DeVries TJ. 2017. Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management. *Journal of dairy science*, 100 (5): 4172–4183. DOI 10.3168/jds.2016-11983.
- Ortman K, Pehrson B. 1999. Effect of selenate as a feed supplement to dairy cows in comparison to selenite and selenium yeast. *Journal of animal science*, 77 (12): 3365–3370. DOI 10.2527/1999.77123365x.
- Pecka E, Zachwieja A, Kowalska-Górska M. 2012. Level of selected macroelements and selenium in colostrum of cows depending on their age and amount of somatic cells. Poziom wybranych mikroelementów oraz selenu w sianie krów w zależności od ich wieku oraz liczby komórek somatycznych. Unpublished.
- Pecka-Kiełb E. 2018. Influence of nutrition on the quality of colostrum and milk of ruminants. *Mljekarstvo*: 169–181. DOI 10.15567/mljekarstvo.2018.0302.
- Petrie HT, Klassen LW, Klassen PS, O'Dell JR, Kay HD. 1989. Selenium and the immune response: 2. Enhancement of murine cytotoxic T-lymphocyte and natural killer cell cytotoxicity in vivo. *Journal of leukocyte biology*, 45 (3): 215–220. DOI 10.1002/jlb.45.3.215.
- Pinot F, Kreps SE, Bachelet M, Hainaut P, Bakonyi M, Polla BS. 2002. Cadmium in the environment: sources, mechanisms of biotoxicity, and biomarkers. *Reviews on environmental health*, 15 (3): 299–323. DOI 10.1515/reveh.2000.15.3.299.
- Qin N, Faludi G, Beauclercq S, Pitt J, Desnica N, Pétursdóttir Á, Newton EE, Angelidis A, Givens I, Juniper D, Humphries D, Gunnlaugsdóttir H, Stergiadis S. 2021. Macromineral and trace element concentrations and their seasonal variation in milk from organic and conventional dairy herds. *Food Chemistry*, 359: 129865. DOI 10.1016/j.foodchem.2021.129865.
- Rezaei Ahvanooei MR, Norouzian MA, Hedayati M, Vahmani P. 2021. Effect of potassium iodide supplementation and teat-dipping on iodine status in dairy cows and milk iodine levels. *Domestic animal endocrinology*, 74: 106504. DOI 10.1016/j.domaniend.2020.106504.
- Rodriguez AM, Schild CO, Cantón GJ, Riet-Correa F, Armendano JI, Caffarena RD, Brambilla EC, García JA, Morrell EL, Poppenga R, Giannitti F. 2018. White muscle disease in three selenium deficient beef and dairy calves in Argentina and Uruguay. *Ciência Rural*, 48 (5). DOI 10.1590/0103-8478cr20170733.
- Rowntree JE, Hill GM, Hawkins DR, Link JE, Rincker MJ, Bednar GW, Kreft RA. 2004. Effect of Se on selenoprotein activity and thyroid hormone metabolism in beef and dairy cows and calves. *Journal of animal science*, 82 (10): 2995–3005. DOI 10.2527/2004.82102995x.
- Soldá NM, Glombowsky P, Campigotto G, Bottari NB, Schetinger MRC, Morsch VM, Favero JF, Baldissera MD, Schogor ALB, Barreta D, Machado G, Da Silva AS. 2017. Injectable mineral supplementation to transition period dairy cows and its effects on animal health. *Comparative Clinical Pathology*, 26 (2): 335–342. DOI 10.1007/s00580-016-2378-y.

- Spears JW, Weiss WP. 2008. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *Veterinary journal* (London, England : 1997), 176 (1): 70–76. DOI 10.1016/j.tvjl.2007.12.015.
- Sramek Á, Bodnár Á., Póti P., Pajor F. 2018. The effect of udder health on mineral concentrations and fatty acid composition of alpine goat milk. *Animal Science Papers and Reports*, 36 (4): 383–392.
- Strusińska D, Mierzejewska J, Skok A. 2004. Concentration of mineral components β -carotene, vitamins A and E in cow colostrum and milk when using mineralvitamin supplements. *Medycyna Weterynaryjna*: 202–206.
- Suttle NF, Hrsg. 2010. Mineral nutrition of livestock. Vierteth ed. Wallingford Oxfordshire UK, Cambridge MA: CABI, vii, 587.
- Teixeira AGV, Lima FS, Bicalho MLS, Kussler A, Lima SF, Felipe MJ, Bicalho RC. 2014. Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on immunity, health, and growth of dairy calves. *Journal of dairy science*, 97 (7): 4216–4226. DOI 10.3168/jds.2013-7625.
- Thompson KM, Haibach H, Sunde RA. 1995. Growth and plasma triiodothyronine concentrations are modified by selenium deficiency and repletion in second-generation selenium-deficient rats. *The Journal of nutrition*, 125 (4): 864–873. DOI 10.1093/jn/125.4.864.
- van de Kamp ME, Saridakis I, Verkaik-Kloosterman J. 2019. Iodine content of semi-skimmed milk available in the Netherlands depending on farming (organic versus conventional) and heat treatment (pasteurized versus UHT) and implications for the consumer. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 56: 178–183. DOI 10.1016/j.jtemb.2019.08.008.
- Zamberlin Š, Antunac N, Havranek J, Samaržija D. 2012. Mineral elements in milk and dairy products. *Mljekarstvo* 62: 111–1125.
- Zust J, Hrovatin B, Simundić B. 1996. Assessment of selenium and vitamin E deficiencies in dairy herds and clinical disease in. *The Veterinary record*, 139 (16).

9. Abbildungsverzeichnis

Abb.1. Probestestset.....	13
Abb.2. Anleitung zur Probenentnahme.....	14
Abb.3. Zweifach beschriftete Eppendorftubes.....	15
Abb.4. Beschriftetes 15 ml Greinerröhrchen nach dem Auftauen im Kühlschrank des Milchlabors.....	16
Abb.5. Mit Kolostrum befülltes Eppendorftube.....	16
Abb.6. Prozentuelle Verteilung der Methoden zur Kraftfuttermittelvergabe bei laktierenden Kühen.....	20
Abb.7. Prozentuelle Verteilung der Methoden zur Mineralfuttermittelvergabe bei laktierenden Kühen.....	20
Abb.8. Prozentuelle Verteilung der Methoden zur Kraftfuttermittelvergabe bei den Trockenstehern.....	22
Abb.9. Prozentuelle Verteilung der Methoden zur Mineralfuttermittelvergabe bei den Trockenstehern.....	23
Abb.10. Anzahl der Proben in den 43 ausgewerteten Betrieben.....	25
Abb.11. Cobaltkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) in Abhängigkeit von der Art der Produktionsweise. Extreme Ausreißer (= dreimal der Interquartilsabstand (IQR)) werden in der Box-Plot Graphik nicht angezeigt.....	27
Abb.12. Selenkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) in Abhängigkeit von der Verfütterung von Mineralfuttermittel an die Trockensteher. Extreme Ausreißer (= dreimal der Interquartilsabstand (IQR)) werden in der Box-Plot Graphik nicht angezeigt.....	28

10. Tabellenverzeichnis

Tab.1. Prozentuelle Verteilung der verschiedenen Grundfuttrationen bei den laktierenden Kühen.....	18
Tab.2. Prozentuelle Verteilung der gegebenen Antworten der insgesamt 38 (100 %) Betriebe mit Kombinations-/Anbindehaltung (laktierende Kühe).....	20
Tab.3. Prozentuelle Verteilung der gegebenen Antworten der insgesamt 50 (100 %) Betriebe mit Laufstall (laktierende Kühe).....	20
Tab.4. Prozentuelle Verteilung der verschiedenen Grundfuttrationen bei den Trockenstehern.....	21
Tab.5. Prozentuelle Verteilung der gegebenen Antworten der insgesamt 39 (100 %) Betriebe mit Kombinations-/Anbindehaltung (trockenstehende Kühe).....	23
Tab.6. Prozentuelle Verteilung der gegebenen Antworten der insgesamt 49 (100 %) Betriebe mit Laufstallhaltung (trockenstehende Kühe).....	24
Tab.7. Statistische Auswertung der Spurenelemente Kupfer, Cobalt, Eisen, Iod, Selen und Zink in den 43 untersuchten Betrieben.....	26
Tab.8. Probenanzahl und p-Werte der Spurenelemente in Abhängigkeit von der Produktionsweise. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.....	27
Tab.9. Probenanzahl und p-Werte der verschiedenen Spurenelemente in Abhängigkeit von der Mineralfuttermittelverfütterung. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.....	28
Tab.10. Anzahl der Proben für das jeweilige Spurenelement in Abhängigkeit von der Form der Verfütterung.....	29
Tab.11. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der Fütterungsmethoden im direkten Vergleich für das Spurenelement Cobalt. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.....	29
Tab.12. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der Fütterungsmethoden im direkten Vergleich für das Spurenelement Kupfer. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.....	30
Tab.13. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der Fütterungsmethoden im direkten Vergleich für das Spurenelement Eisen. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.....	31

Tab.14. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der Fütterungsmethoden im direkten Vergleich für das Spurenelement Iod. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.....	32
Tab.15. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der Fütterungsmethoden im direkten Vergleich für das Spurenelement Selen. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.....	32
Tab.16. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der Fütterungsmethoden im direkten Vergleich für das Spurenelement Zink. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.....	33
Tab.17. p-Werte und Probenumfang pro Spurenelement für den jeweiligen politischen Bezirke. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.....	34
Tab.18. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der politischen Bezirke im direkten Vergleich für die Spurenelemente Cobalt, Kupfer, Eisen und Iod. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.....	35
Tab.19. p-Werte und Probenumfang für die geographischen Bereiche Flachland und Innergebirge. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) wurden innerhalb der Tabelle mit einem * gekennzeichnet.....	36

11. Danksagung

Ganz herzlich möchte ich mich bei meinen Betreuern Dr.ⁱⁿ med.vet. Lichtmannsperger Katharina, Dipl. ECBHM und Univ.-Prof. Dr.med.vet. Thomas Wittek, Dipl. ECBHM für die tolle Zusammenarbeit und die ausgezeichnete Betreuung bedanken. Vielen Dank für die kompetente Unterstützung, die Geduld und den fachlichen Rat.

Auch möchte ich mich bei meiner Familie bedanken. Vielen, vielen Dank, dass ihr immer an mich geglaubt und mich in jeglicher Form unterstützt habt.

Vielen lieben Dank auch an meinen Freund Christopher für den starken Rückhalt, die motivierenden Worte und den goldenen Humor.