



Mineralstoffversorgung von Milchkühen im biologisch- dynamischen Landbau ohne Mineralfutterzugabe unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors



Abschlussbericht

Evaluierung der Mineralfutter-Fütterungspraxis im biologisch-dynamischen Landbau, Untersuchungen zur Phosphorversorgung bei Kühen und Experiment mit potenziertem Baldrianblütenextrakt zur Stabilisierung von Phosphormangelwerten im Blut von Kühen

Projektdauer: 2009 - 2010

Silvia Ivemeyer

EXCELLENCE FOR SUSTAINABILITY

Das FiBL hat Standorte in der Schweiz, Deutschland und Österreich
FiBL offices located in Switzerland, Germany and Austria
FiBL est basé en Suisse, Allemagne et Autriche

FiBL Schweiz / Suisse
Ackerstrasse, CH-5070 Frick
Tel. +41 (0)62 865 72 72
info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Inhalt

1.	Projektziel	4
2.	Einleitung / Problemstellung	4
3.	Material und Methoden / Vorgehen	6
3.1	Praxiserhebung	6
3.2	Betriebsuntersuchung Breitwiesenhof	7
3.2.1	Boden	7
3.2.2	Futter und Tränkwasser	7
3.2.3	Blut und Harn der Kühe	8
3.3	Placebo-kontrollierter Interventionsversuch mit Baldrian D6 bei frischlaktierenden Kühen auf dem Breitwiesenhof	8
3.3.1	Versuchsaufbau	8
3.3.2	Untersuchte Tierparameter: Blut- und Harnproben	9
3.3.3	Mittelwahl und Herstellung	10
3.3.4	Statistische Auswertungen	10
3.4	Begleitende Literaturarbeit	11
4.	Ergebnisse und Diskussion	12
4.1	Praxiserhebung	12
4.1.1	Betriebsstandorte und Böden	12
4.1.2	Kuhherden	13
4.1.3	Tiergesundheit	14
4.1.4	Fütterung	15
4.1.5	Beweggründe für oder gegen den Einsatz von Mineralfuttermitteln	15
4.1.6	Praktizierte Alternativen zum Mineralfuttereinsatz und Forschungsbedarf	16
4.1.7	Unter welchen Gegebenheiten wird auf Mineralfuttermittel verzichtet?	17
4.1.8	Unter welchen Gegebenheiten wurde Phosphor-Mangel im Boden analysiert?	18
4.1.9	Unter welchen Gegebenheiten werden Herdengesundheitsprobleme genannt?	18
4.1.10	Welche Betriebe sehen Forschungsbedarf hinsichtlich Alternativen zu chemisch-synthetisch hergestellten Mineralfuttermitteln?	19
4.2	Betriebsuntersuchung Breitwiesenhof	19
4.2.1	Boden	19
4.2.2	Futter und Wasser	20
4.2.3	Kühe	23
4.2.4	Gesamtbeurteilung der Mineralstoffsituation des Betriebes	24
4.3	Placebo-kontrollierter Interventionsversuch mit Baldrian D6 bei frischlaktierenden Kühen auf dem Breitwiesenhof	28
4.3.1	Darstellung der Blut- und Harnprobenergebnisse vor und nach der durchgeführten Behandlung	28
4.3.1	Analyse des Einflusses der Behandlung auf die Blut- und Harnprobenergebnisse	32
5.	Zusammenfassung	33
6.	Ausblick	34
7.	Am Projekt beteiligte Personen	34

8. Anhänge	35
8.1 Literatur	35
8.2 Bisher aus dem Projekt hervorgegangene Veröffentlichungen und Vorträge	37

1. Projektziel

Ein Projektziel war die Evaluierung der Mineralfutter-Fütterungspraxis der biologisch-dynamischen Betriebe Deutschlands und der Schweiz. Es wurde untersucht, wie viele Betriebe auf eine Zufütterung von Mineralstofffuttermitteln an Milchkühe verzichten und unter welchen Bedingungen eine Fütterung ohne Mineralstoffzufuhr realisiert werden kann, ohne dass Mangelsituationen bei den Kühen auftreten. Im Fokus der Untersuchung stand dabei die Phosphorversorgung.

Ein weiteres Ziel des Projektes war die Untersuchung, wie Kühe auf eine langfristig fehlende Zufütterung von externen Mineralstoffen, insbesondere Phosphor, reagieren und auf welcher Ebene des Nährstoffflusses Boden-Futter-Kuh gegebenenfalls Mangelsituationen auftraten. Für die Untersuchung dieser Fragestellung bot der Breitwiesenhof in D-Ühlingen ideale Voraussetzungen.

Mit dem Projekt wurde das Thema der Mineralstoffzufütterung in der biologisch-dynamischen Landwirtschaft zur Diskussion gebracht. Darüber hinaus sollten Lösungsansätze für die biologisch-dynamische Praxis gefunden werden. Hierzu wurden sowohl naturwissenschaftliche als auch geisteswissenschaftliche Gesichtspunkte berücksichtigt. Ein entwickelter Lösungsansatz sollte experimentell in einer Herde mit Phosphormangel anzeigenden physiologischen Blutwerten getestet werden, hinsichtlich der Möglichkeiten, Phosphormangelsituationen entgegen zu wirken.

2. Einleitung / Problemstellung

Ein zentrales Ziel im biologischen und insbesondere im biologisch-dynamischen Landbau ist die Vermeidung der Zufuhr von externen Nährstoffen und mineralischen Düngemitteln in den Betrieb. Durch eine vielseitige und ausgewogene Gestaltung der Betriebszweige sollen möglichst geschlossene Betriebskreisläufe entstehen, die eine nachhaltige Produktion ermöglichen. Der Verzicht auf die Zufuhr externer Nährstoffe wird im biologischen Pflanzenbau weitgehend realisiert und die Machbarkeit ist im Allgemeinen unbestritten. In der biologischen Tierhaltung ist jedoch der Einsatz von Mineralstoffen als Fütterungskomponente erlaubt und gängige Praxis, auch wenn einige, insbesondere biologisch-dynamische, Betriebe darauf verzichten (siehe 4.1). Der Grund hierfür liegt in dem Gesundheitsrisiko für die Tiere bei unzureichender Mineralstoffversorgung. Die beiden Mineralstoffe, die am häufigsten zu klinischen Mangelsymptomen bei Milchkühen führen, sind Phosphor (P) und Selen (Se). In einer Mangelsituation kann Phosphor bei Milchkühen (nach Durst, 2007) zu folgenden klinischen Symptomen führen: Fruchtbarkeitsstörungen (Umrindern, Nachgeburtverhalten), geringe Aktivität, lange Liegezeiten, reduzierte Futteraufnahme, struppiges Haarkleid, vermehrte Lecksucht, atypisches Festliegen, Ängstlichkeit und vorsichtiger Gang, Knochenschmerzen, vermehrte Klauenprobleme, Entzündungen im Zwischenklauenbereich, dicke Sprunggelenke und Fersenhöcker sowie glasklarer, fadenziehender Nasenausfluss. Darüber hinaus nehmen die weltweiten Reserven zum Abbau von Rohphosphaten kontinuierlich ab (Runge-Metzger A., 1995), sodass nachhaltige Lösungen zu P-Stoffflüssen notwendig sind.

In diesem Projekt ist schwerpunktmässig auf die Versorgungs- und Mobilisierungsmöglichkeiten des Phosphors eingegangen worden. Allgemein gilt: Phosphor (P) wird im Körper für den Energiestoffwechsel, für den Aufbau von Knochen, Zähnen und der DNA (Nukleinsäuren) benötigt. Auch für den Säure-Basen-Haushalt ist Phosphor ein entscheidendes Element. Aufgenommen wird Phosphor im Darm aus dem Futter hauptsächlich in Form von Orthophosphat. Die Resorption wird im Darm über verschiedene Hormone (Calcitriol, Parathormon, Calcitonin) reguliert, dabei variiert die Verwertbarkeit des Phosphats im Futter zwischen 20 und 80% (Engelhardt & Breves, 2000). Phosphor- und Calcium-Resorption sind dabei eng aneinander gekoppelt. Vitamin D fördert zudem als Vorstufe des Hormons Calcitriol die Aufnahme von P im Darm, weshalb die P-Resorption im Körper durch Sonnenlicht gefördert wird. Von Wiederkäuern kann zusätzlich zu Phosphat die pflanzliche Phytinsäure durch die Phytasen der Pansenbakterien als P-Quelle genutzt werden, während Phytinsäure beim Monogastrier eher die P-Resorption behindert. Jedoch wird beim Wiederkäuer, anders als beim Monogastrier, eine vermehrte P-Resorption im Darm nicht sowohl von einem Calcium- als auch einem P-Mangel ausgelöst, sondern lediglich durch einen Calcium-Mangel. Somit sind Kühe in Betrieben mit calciumreichen Böden oder einer calciumreichen Fütterung (Rotklee und andere Leguminosen) eher gefährdet, unter P-Mangel zu leiden, weil das vorhandene Phosphat im Futter nicht genügend vom Körper resorbiert wird. Gespeichert sind ca. 80% des im Körper befindlichen Phosphors im Knochensystem und in den Zähnen (Blum, 2005). Bei knapper Phosphorversorgung wird anorganischer P aus dem Körper im Speichel angereichert und somit die P-Versorgung der Pansenflora gesichert (Friedli, 2007). Ausgeschieden wird P bei Milchkühen über die Niere, also den Harn und über die Milch. Da Phosphor in den Pflanzen vor allem in Samen und Körnern und nur zu einem geringeren Anteil in Blättern enthalten ist, besteht bei reinen Grundfütterationen ohne Kraftfutterzufütterung, insbesondere bei leguminosenreichen Beständen, das Risiko eines Phosphormangels bei Kühen.

Zur Relevanz von P-Mangel und dessen Diagnostikmöglichkeiten am Tier finden sich in der Literatur zum Teil stark abweichende Angaben (u.a. Fürll, 2004, Hofmann, 1999, Rosenberger, 1990). Dass sich über das Futter zugeführte Mengen an Mineralstoffen und Spurenelementen nicht linear in den Blutwerten der Kühe widerspiegeln müssen, zeigte beispielsweise Öhlschläger (2006) in ihrer Dissertation. Diese Unklarheit ist durch die Komplexität der Stoffwechselvorgänge und die Interaktionen der verschiedenen Mineralstoffe untereinander bedingt. Insbesondere im Biolandbau und in der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise gibt es bisher kaum Untersuchungen zu Fütterationen ohne Mineralstoffzugaben und ihre Auswirkungen auf die Milchviehgesundheit.

3. Material und Methoden / Vorgehen

Tabelle 1 zeigt den Gesamtzeitplan des durchgeführten Projektes. In den folgenden Kapiteln sind die 3 Projektteile jeweils separat beschrieben.

Tabelle 1: Projektzeitplan

	Planung gemäss Projektantrag	Durchführung
Projektvorbereitung und –planung	Jan. – März 2009	Jan. – März 2009
1. Projektteil Praxiserhebung: Fragebogen entwickeln und Umfrage durchführen	April – Juli 2009	Juni – August 2009
Umfrage auswerten	August 2009	Okt. – Nov. 2009
2. Projektteil: Probenentnahmen Breitwiesenhof	März – April 2009	März – April 2009
begleitende Literaturstudie in anthroposophischer (Steiner-Gesamtausgabe) und tiermedizinischer Literatur	Feb. – Okt. 2009	Feb. – Nov. 2010
Auswertungen Situation Breitwiesenhof	Oktober 2009	April – Juni 2009
3. Projektteil: Erarbeitung eines Konzeptes und dessen experimentelle Umsetzung auf dem Breitwiesenhof	Nov. 2009 – Nov. 2010	Nov. 2009 – Nov. 2010
Projektabschlussbericht	Dez. 2010	Dez. 2010

3.1 Praxiserhebung

Zur Evaluation des Anteils der biologisch-dynamisch wirtschaftenden Betriebe, der vollständig auf die Zufütterung von Mineralstoffen bei Milchkühen verzichtet, wurde eine repräsentative Befragung von Demeter-Betrieben der Schweiz und Deutschlands durchgeführt. In der Schweiz wurden alle 74 Demeter-Milchviehbetriebe (100%) und in Deutschland 250 Demeter-Milchviehbetriebe (ca. 50%) angeschrieben. Die Umfragebögen wurden incl. eines Anschreibens und eines frankierten Rückumschlages per Post versendet. Der komplette Fragebogen findet sich im Anhang dieses Berichtes. Vor dem Versand wurde der Fragebogen in einem Pretest mit zwei Landwirten auf seine Eignung getestet. Neben dem Einsatz an Futtermitteln wurden Betriebskennndaten sowie Management- und Gesundheitsangaben erhoben. Aus diesen Daten wurde analysiert, ob bestimmte Betriebsstrukturen oder –lagen existieren, in denen die betriebsinterne Mineralstoffversorgung unter Verzicht auf externe Zugaben häufiger realisiert wurde und unter welchen Bedingungen Mangelsituationen und Gesundheitsprobleme angegeben wurden. Die Darstellung der Fütterungspraxis geschah deskriptiv. Die Untersuchung der Zusammenhänge von Mineralstoffzufütterungsverzicht und Betriebscharakteristika erfolgte mithilfe statistischer Verfahren (Chi²-Tests bzw. Wilcoxon-Rangsummen-Tests).

3.2 Betriebsuntersuchung Breitwiesenhof

Auf dem Breitwiesenhof in Ühlingen (D), welcher seit 1977 in biologisch-dynamischer Bewirtschaftung steht, wird seit ca. 20 Jahren kein Kraffutter und seit dem Jahr 2001 kein Mineralfutter (lediglich Viehsalz, NaCl) verfüttert. Die ca. 60-köpfige Schwarzbunte Milchviehherde konnte sich genetisch in den letzten 20 Jahren der Hofsituation insofern anpassen, als dass kaum Zukauf von weiblichen Tieren stattfand. Diese Situation der langjährig stabilen Bedingungen wurde exemplarisch zur Untersuchung genutzt, ob eine ausreichende P-Versorgung der Kühe bei fehlender externer Zufütterung möglich ist. Zur Untersuchung der Betriebssituation fanden Analysen der wesentlichen Stufen des Stoff- und insbesondere P-Flusses vom Boden über das Futter und Tränkewasser bis zu den Kühen statt.

3.2.1 Boden

Es wurden Boden-Mischproben der Flächen des Dauergrünlandes und des Ackers untersucht, die das im Winter 2008/2009 verfütterte Grundfutter lieferten (Heu und Grassilage vom Dauergrünland, Klee gras von den Ackerflächen). Die Probenentnahme erfolgte im März 2009 mit einem Pürckhauer-Bohrstock in den nährstoffhaltigen Schichten (Ackerflächen 0-20 cm, Grünland 0-10 cm Bodentiefe). Pro Parzelle wurden mindestens 20 senkrechte, quer über die Parzelle verteilte Einstiche durchgeführt, um die Repräsentativität der Proben für die untersuchten Flächen zu gewährleisten. Die Einzelproben des Grünlandes und der Ackerflächen wurden jeweils durch Mischung homogenisiert. Vor dem Versand erfolgte eine Trocknung der Proben bei einer Temperatur von 50°C im Trockenschrank. Aus jeder Mischprobe wurden 3 Analysen erstellt, um die Reproduktionsfähigkeit des Analyseverfahrens beurteilen zu können. Die Bodenproben wurden im AGROFOR-Consulting-Labor in D-Wettenstein analysiert. Es wurde eine Standardanalyse (Untersuchungsprofil nach Dr. Balzer) durchgeführt. Zur Bestimmung des P-Gehaltes wurden 4 verschiedene Verfahren angewandt:

- Extraktionen mit Lactat zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphors 1. mit Calcium-Acetat-Lactat (CAL) und 2. mit Doppellactat (DL).
- Essigsäure-Extraktion (Na-Acetat) zur Bestimmung des schnell löslichen Phosphors
- Extraktion mit Zitronensäure (Citrat) zur Bestimmung des schwach löslichen Phosphors

CAL und DL sind Standardmethoden zur Bodenuntersuchung, die das leicht verfügbare P messen. Die P-Extraktion mit Zitronensäure ist besonders aussagefähig zur Beurteilung der Versorgung mit pflanzenverfügbaren Stoffen in biologisch bzw. biologisch-dynamisch bewirtschaftete Böden, da sie auch schwach und damit längerfristig verfügbare P-Mengen einbezieht.

3.2.2 Futter und Tränkewasser

Die Futteranalysen des Grundfutters wurden an der schweizerischen Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP in CH-Posieux durchgeführt. Analysiert wurden Mischproben des Trocknungsheus, der Grassilage vom Dauergrünland und der Klee grassilage, die aus dem Ackerfutter hergestellt worden war. Die Futterproben wurden aus Heustock und Siloballen mithilfe eines Bohrstockes repräsentativ (gemäss Glauser, 2007) entnommen. Vor dem

Versand wurden die Proben bei einer Temperatur von 50°C im Trockenschrank getrocknet. Eine Homogenisierung der Proben erfolgte durch Vermahlen und Mischen. Aus jeder Mischprobe wurden 3 Analysen erstellt, um die Reproduktionsfähigkeit des Analyseverfahrens beurteilen zu können. In den Proben wurden die Mineralstoffgehalte und die Grundnährstoffe nach NIRS (Nahinfrarotspektroskopie) bestimmt.

Um die Mineralstoff- und insbesondere P-Versorgung der Gesamtfutterration der Kühe einschätzen zu können, wurde mithilfe der Rationsangaben des Landwirtes und des Programms FuPlan (Agridea, CH-Lindau) eine Rationsberechnung durchgeführt und daraus der Versorgungsgrad der Kühe mit den Mengenelementen ermittelt.

Es wurden darüber hinaus Proben des Tränkewassers auf den Phosphat- und Nitratgehalt im AGROFOR-Consulting-Labor in D-Wettenstein untersucht. Beide Wasserquellen des Betriebes wurden je zweifach analysiert.

3.2.3 Blut und Harn der Kühe

Von neun ausgewählten Kühen der Herde (22.5%) erfolgte eine Bestimmung der Mineralstoffgehalte in Blut und Harn. Im Blut alleine liegt nur eine bedingte Aussagefähigkeit vor, weil die Werte ggf. von einer Stresssituation der Kuh, einem Energiemangel oder einer Azidose überlagert sein können (Rosenberger, 1990; Fürll, 2004). Aus diesem Grund wurde neben Blutserum auch Harn auf Tierebene analysiert (Fürll, 2004). Auswahlkriterien für die untersuchten Kühe waren zum einen eine möglichst gleichmässige Altersverteilung und zum anderen die Wahl von Kühen innerhalb der ersten 100 Laktationstage, weil in dieser Zeit ein erhöhtes Risiko für eine Phosphormangelsituation vorliegt (Ulbrich et al., 2004). Alle Kühe wurden zeitnah am selben Tag beprobt, um Tages- und tageszeitliche Schwankungen zu vermeiden. Im Blutserum wurden neben dem Phosphorgehalt die Menge an Magnesium (Mg), Kalium (K), Calcium (Ca), Eisen (Fe), Kupfer (Cu), Selen und Zink (Zn) bestimmt. Im Harn wurde der Phosphor-, Natrium- (Na), Chlorid- (Cl), Kalium-, Magnesium- und Calciumgehalt untersucht. Alle Analysen wurden vom Labor des Tiergesundheitsdienstes Bayern in D-Grub durchgeführt.

3.3 Placebo-kontrollierter Interventionsversuch mit Baldrian D6 bei frischlaktierenden Kühen auf dem Breitwiesenhof

3.3.1 Versuchsaufbau

Um einen ersten Lösungsansatz für biologisch-dynamische, aber auch andere Praxisbetriebe, die auf Mineralfutter verzichten möchten oder Probleme mit Phosphormangel haben, zu testen, sind die Auswirkung eines anthroposophisch medizinischen Präparates für Kühe unter Phosphormangel-Risiko auf Blut- und Harnwerte der Kühe untersucht worden. Dieser Versuchsteil fand auf dem Breitwiesenhof statt, da von der dortigen Milchviehherde aus Projektteil 2 bekannt war, dass ca. ein Drittel der Kühe zu Beginn der Laktation niedrige P-Werte aufwies. Da als Risikozeitraum für Phosphormangel insbesondere der Beginn einer Laktation bekannt ist (Ulbrich et al., 2004), wurden 23 von Februar bis September abkalbende Kühe in den Versuch einbezogen. Es erfolgte eine Bildung von Versuchspaaren aus den

frischlaktierenden Kühen von je zwei in etwa gleich alten Kühen (anhand der Laktationsnummer), die zeitnah zueinander abgekalbt hatten. Dem ersten Tier des Versuchspaars wurde randomisiert eine Behandlung mit Verum oder Placebo zugewiesen. Das zweite Tier erhielt die jeweils andere Behandlung. So entstanden zwei Behandlungsgruppen, die in ihrer Zusammensetzung der Kühe vergleichbar waren hinsichtlich Alter und Kalbedatum. Die Behandlung erfolgte 5 Tage lang (1 mal täglich) und begann am 3. – 8. Laktationstag. Die Behandlung der Kühe wurde verblindet durch den Landwirt oder landwirtschaftliche Mitarbeiter des Betriebes durchgeführt. Die Verblindung der Präparate erfolgte durch die Projektleiterin. Im Gegensatz zu Projektteil 2 stand der Milchviehherde inzwischen nicht mehr der Anbindestall, sondern ein neu erstellter Laufstall zur Verfügung (seit Herbst 2009).

3.3.2 Untersuchte Tierparameter: Blut- und Harnproben

Um die Wirkung der Behandlung überprüfen zu können, fand vor der Behandlung (2. – 6. Laktationstag) und nach der Behandlung (19. – 27. Laktationstag) eine Probenahme von einfachen Blutproben und doppelten Harnproben (mit einem Tag Abstand, aus ihnen wurde der Mittelwert errechnet) statt (siehe Abbildung 1). Die Probenahme erfolgte immer morgens nach dem Melken, wenn die Kühe im Fressgitter fixiert waren (zwischen 8:00 und 9:00 Uhr), da in einer früheren Studie tageszeitliche Schwankungen der Calcium- und Phosphorgehalte im Blut nachgewiesen wurden (Öhlschläger, 2006). Die Behandlung begann 1-2 Tage nach der ersten Blutprobe. Die Blutproben nahmen Tierärztinnen des FiBL-Projektteams aus der Schwanzvene, die Harnproben (Spontanharn, nicht-invasive Probenahme) der Landwirt oder die Projekt-Mitarbeiterinnen. Am selben Tag wurden die Proben mit der Post ans Untersuchungslabor gesendet. Aus den Harnproben erfolgte zusätzlich vor dem Versand ans Labor mithilfe des Combur-Tests im Schnelltestverfahren eine Bestimmung der Ketonkörper und des pH-Wertes.

Die Analysen der Blut- und Harnproben erfolgten durch das Labor des Tiergesundheitsdienstes Bayern in D-Grub. Im Harn wurden P- und Ca-Gehalt, im Blutserum ebenfalls P- und Ca-Gehalt sowie darüber hinaus Se-Gehalt, Ketonkörpergehalt (Betahydroxybuttersäure) und Leberstörungen anzeigende Hormone (AST, GLDH, CK) ermittelt. Letztere Untersuchungen dienten als Information über Stoffwechselstörungen der Kuh, für die am Anfang der Laktation ein erhöhtes Risiko besteht und somit als Ergänzung des Gesamtgesundheitsbildes der Kühe.

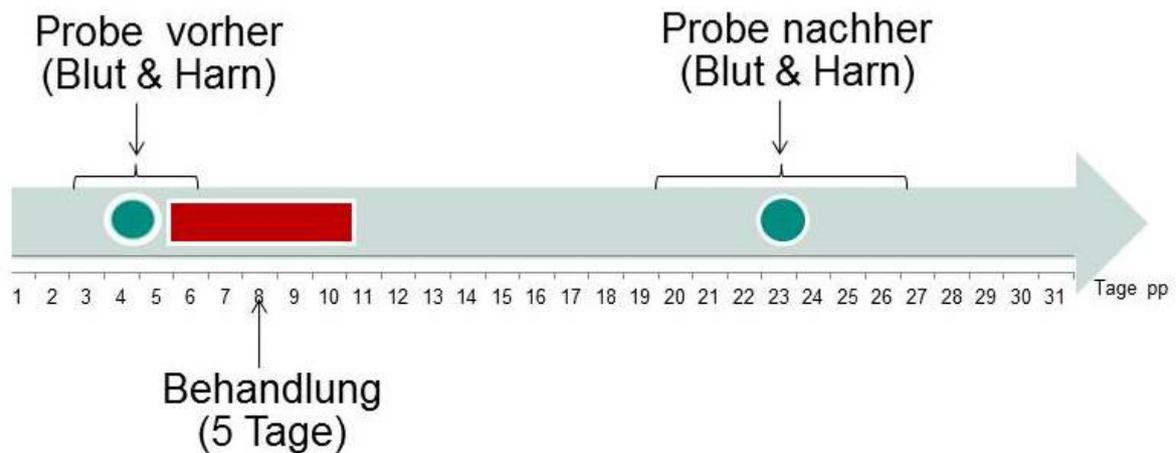


Abb. 1: Proben- und Behandlungsschema der untersuchten Kühen anhand der Laktationstage (Tag 1 = Kalbedatum, Tage pp = post partum)

3.3.3 Mittelwahl und Herstellung

Basierend auf Hinweisen Rudolf Steiners im Landwirtschaftlichen Kurs zum Zusammenhang von Baldrian zu Phosphorprozessen, wählten wir Baldrian als zu testender medizinischer Ansatz. Als Grundsubstanz für die Präparateherstellung wurde Presssaft aus Baldrianblüten verwendet. Dieser Baldrianblütensaft wird auf biologisch-dynamischen Betrieben als Kompostpräparat 507 verwendet (von Wistinghausen et al., 1991, von Wistinghausen et al., 1996). Dieses Baldrianpräparat 507 wurde von der Gärtnerei am Goetheanum in Dornach bezogen und als tiermedizinisches Präparat homöopathisch bis zur D6 potenziert (durchgeführt von Tim Jäger, FiBL, Grundlagenforschung Homöopathie; Beschreibung der genauen Methodik: Jäger et al., 2010). Die Wahl der D6 erfolgte aufgrund des in der anthroposophischen Tiermedizin vertretenen Bezugs dieses Niederpotenzbereiches zum Stoffwechsel-Gliedmassen-System (Spranger et al, 2007). Diese Ebene sollte bei einer Regulierung der Mineralstoffe im Blut angesprochen werden.

3.3.4 Statistische Auswertungen

Die Auswertungen dieses Versuches erfolgten zum einen deskriptiv und zum anderen durch statistische Tests. Dies waren: t-test für abhängige Stichproben bei der Analyse von Parameter-Entwicklungen (Vergleich zwischen den beiden Probezeitpunkten) und Spearman-Korrelationsberechnungen sowie lineare Regressionen für die Untersuchung von Zusammenhängen zwischen je zwei metrischen Parametern (ersteres für nicht-normal-verteilte letzteres für normal-verteilte Variablen). Normalverteilungen der Variablen wurden grafisch mithilfe von QQ-Plots beurteilt. Effekte der Behandlungsgruppen wurden mithilfe von Wilcoxon-Tests analysiert. Als Signifikanzgrenze wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0.05$ verwendet. Als Tendenzen wurden statistische Ergebnisse mit p-Werten ≤ 0.1 und > 0.05 bezeichnet.

3.4 Begleitende Literaturarbeit

Die begleitende Literaturarbeit hatte einerseits das Ziel, die Grundlage der Ausarbeitung der Untersuchungsfragen innerhalb des Projektes zu legen und andererseits, die Beobachtungen aus dem Versuch in den Kontext von naturwissenschaftlichen und geisteswissenschaftlichen Erkenntnissen zu stellen und somit die Versuchsergebnisse zu interpretieren. Hierbei nahm die naturwissenschaftliche Einordnung und Diskussion der gefundenen Resultate mithilfe von agrarwissenschaftlichen und tiermedizinischen Lehrbüchern sowie anderer wissenschaftlicher Publikationen einen wichtigen Teil ein. Es erfolgte zudem ein Studium früherer wissenschaftlicher Arbeiten, die sich mit dem Mineralstoff- und insbesondere Phosphorthema unter biologisch-dynamischen Gesichtspunkten beschäftigt haben. Die Entwicklung des im dritten Versuchsteil verwendeten Präparats basierte auf Angaben Rudolf Steiners, aber auch weiterer anthroposophisch-medizinischer Schriften. Die im Projekt verwendete Literatur findet sich im Literaturverzeichnis.

Ein Brückenschlag zwischen Naturwissenschaft und Geisteswissenschaft erwies sich als möglich: Einige Aussagen Rudolf Steiners weisen deutliche Übereinstimmungen mit naturwissenschaftlichen Beobachtungen auf, z.B. die Aussage, dass den Pflanzenorganen Blüte und Same ein phosphorischer Charakter zugeschrieben wird (GA 312, S. 112), da sich diese Eigenschaft auch stofflich in höheren P-Gehalten als z.B. den Blättern widerspiegelt. Sowohl Geisteswissenschaft als auch Naturwissenschaft betonen den Zusammenhang zwischen Phosphor und Licht (Phosphor als „Lichtträger“, GA 312, S. 106; Steigerung der P-Resorption im Darm durch Vitamin D, dessen Entstehung im Körper wiederum durch Sonnenlicht gefördert wird). Für die anthroposophische Humanmedizin wird Phosphor als Heilmittel z.B. für Rachitis (GA 314, S.58) und Schlafstörungen (GA 312, S.106) empfohlen. Rachitis wird auch aus schulmedizinischer Sicht durch einen P- bzw. Calcium-Mangel, der wiederum häufig mit einem Vitamin D-, also Lichtmangel verbunden ist, verursacht.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Praxiserhebung

Der Versand der Fragebögen erfolgte im August 2009. Von den Schweizer Demeter-Milchviehbetrieben sind 39 ausgefüllte Fragebögen eingetroffen, das entspricht einer Rücklaufquote von 52.7%. Aus Deutschland liegen 107 ausgefüllte Fragebögen vor, entsprechend einer Rücklaufquote von 42.8%. Insgesamt die Rücklaufquote somit bei 45.1%. Der Rücklauf der Fragebögen kann als überdurchschnittlich hoch betrachtet werden, da bei schriftlichen Umfragen unter Landwirten ohne nachfolgendes Erinnerungsschreiben allgemein oft nur mit einer Rücklaufquote von ca. 15% gerechnet wird und 40% schon als hohe Rücklaufquote gelten (Lüdtke, 2004; Krebs & Martin, 2006). Aus dem Rücklauf von über 40% lässt sich ein starkes Interesse der Landwirtinnen und Landwirte an dem Thema der Mineralstoffversorgung schliessen. Die wichtigsten Kernaussagen aus den Fragebögen sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Die Kernaussagen der Umfrage im Überblick

	CH (n=39)	D (n=107)	Gesamt (n=146)
Fütterung der Milchviehherde ohne Mineralstoffzufütterung	35.9%	28.0%	30.1%
Fütterung der Milchviehherde mit Viehsalz	100%	96.3%	97.2%
Fütterung der Milchviehherde krautfutterfrei	35.1%	20.0%	23.9%
in Bodenanalysen ausgewiesener Phosphor-Mangel	36.4%	36.7%	36.6%
Ansicht, dass Mineralfuttereinsatz nicht zum bio.-dyn. Grundsatz eines geschlossenen Betriebskreislaufes passt	65.4%	36.0%	42.9%
„Ja“ zu Forschungsbedarf , mit bio.-dyn. Ansätzen Alternativen zu chemisch-synthetischem Mineralfutter zu suchen	75.0%	70.4%	71.4%

4.1.1 Betriebsstandorte und Böden

Die Standorte der Betriebe variierten von 0 bis 1250 m über dem Meeresspiegel. Die Verteilung der Betriebsstandorte ist in Abbildung 2 dargestellt. Es liegt eine repräsentative Verteilung vor.

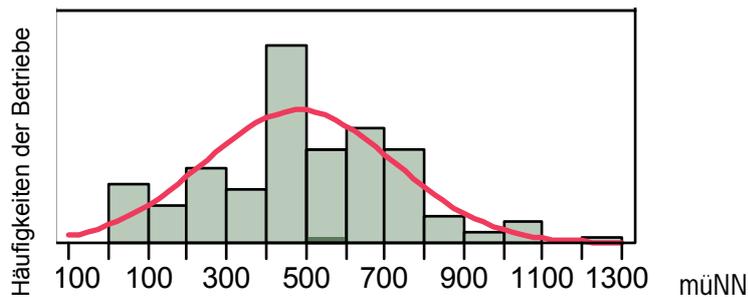


Abb. 2: Verteilung der Betriebsstandorte anhand der Betriebshöhe über Normal-Null (müNN)

Das Umstellungsjahr der Betriebe reichte von 1928 bis 2008, so dass sowohl Betriebe von den Anfangszeiten der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise als auch in jüngster Zeit umgestellte Betriebe in der Umfrage vertreten waren. Die Betriebsgrösse der untersuchten Betriebe variierte in der Spannweite von 5.7 ha bis 330 ha LN. Die mittlere Betriebsgrösse (Median) betrug 38 ha LN (Mittelwert (MW) 55 ha). Der Median der Hauptfutterfläche liegt bei 28 ha (MW 37 ha). Der Anteil des Dauergrünlandes (Naturwiese) an der Hauptfutterfläche betrug im Mittel 75.9%, d.h. viele Betriebe waren in Grünlandregionen angesiedelt.

139 Betriebe haben ihre Bodenart angegeben. Die Angaben wurden gruppiert zu den Bodenarten S=Sand, sL=sandiger Lehm, L=Lehm, T=Ton und Son=Sonstiges. Die häufigste Angabe (46; 33%) war sandiger Lehm, gefolgt von Lehm (43, 31%). 21 Betriebe (15%) befanden sich auf Sandstandorten, während 11 (8%) auf Tonböden wirtschafteten. Die weiteren 18 Betriebe hatten ihren Standort auf anderen Bodenarten, z.B. auf Moorstandorten oder haben verschiedene Aussagen über ihr Ursprungsgestein (z.B. „Kalk“) oder Entstehungsart (z.B. „Verwitterungsboden“), aber nicht über ihre Bodenart gemacht.

123 Betriebe machten Aussagen dazu, ob in ihren Bodenuntersuchungen P-Mangelsituationen diagnostiziert wurden. Bei 45 Betrieben (36.6%) war dies der Fall. Bei den übrigen Betrieben waren entweder andere oder keine Elemente im Mangel.

4.1.2 Kuhherden

Die durchschnittliche Herdengrösse lag bei 26 Kühen (SA: 17.2; Minimum: 1; Maximum: 100). In Deutschland waren die Herden mit im Schnitt mit 29 Kühen grösser als in der Schweiz mit 17 Kühen. Die mittlere Jahresmilchleistung der Kühe betrug 5000 l/Jahr (Median). Sie variierte von 2000 bis 9450 l/Jahr.

In der Schweiz war die am häufigsten vertretene Kuhrasse Braunvieh (23 Betriebe, 64%), während in Deutschland Fleckvieh mit 43% die dominierende Rasse war. Die Rassenvielfalt erwies sich in Deutschland als höher im Vergleich zur Schweiz. Über die hauptsächlich in der Schweiz vorkommenden Rassen Braunvieh (D: 12%) und Fleckvieh (CH: 22%) wurden auf den deutschen Demeter-Betrieben Schwarzbunte (altdeutscher (11%) und HF-Zuchtrichtung (8%), Rotbunte (Doppelnutzung (4%) und RH-Zuchtrichtung (7%)), Rotvieh (5%) und einzelne andere Rassen wie Gelbvieh oder Pinzgauer gehalten (je ein Betrieb). Nur vereinzelt auftretende Rassen wie z.B. Grauvieh in der Schweiz oder Pinzgauer in Deutschland, ebenso wie Herden mit Kreuzungstieren sind für die Auswertungen in der Kategorie „Mix/And“ zusammengefasst worden.

4.1.3 Tiergesundheit

Die Angaben zur Gesundheit bestanden in einer Einschätzung der Landwirtinnen und Landwirte zum Vorhandensein von Herdengesundheitsproblemen in den Bereichen Fruchtbarkeit, Stoffwechsel, Eutergesundheit, Klauen & Gliedmassen oder anderen Bereichen. Nicht alle der an der Umfrage teilnehmenden Landwirte füllten die Tabelle zur Herdengesundheit (vollständig) aus. Im Folgenden wird der Anteil der Betriebe mit Herdengesundheitsproblemen aufgeführt am Anteil der Betriebe, die Angaben zu dem jeweiligen Gesundheitskomplex gemacht haben:

- Fruchtbarkeit: 23 Betriebe mit Problemnennung (18%), davon 1 Betrieb (5%) aufgrund und 18 Betriebe (82%) „vielleicht“ aufgrund der Mineralstoffversorgung.
- Stoffwechsel: 15 Betriebe mit Problemnennung (13%), davon 5 Betriebe (36%) aufgrund und 9 Betriebe (64%) „vielleicht“ aufgrund der Mineralstoffversorgung.
- Eutergesundheit: 33 Betriebe mit Problemnennung (27%), davon 1 Betrieb (4%) aufgrund und 19 Betriebe (66%) „vielleicht“ aufgrund der Mineralstoffversorgung.
- Klauen & Gliedmassen: 20 Betriebe mit Problemnennung (16%), davon 1 Betrieb (5%) aufgrund und 15 Betriebe (80%) „vielleicht“ aufgrund der Mineralstoffversorgung.
- andere Bereiche (z.B. Wachstumsdepressionen): 8 Betriebe (8%), davon 2 Betriebe (25%) aufgrund und 6 Betriebe (75%) „vielleicht“ aufgrund der Mineralstoffversorgung.

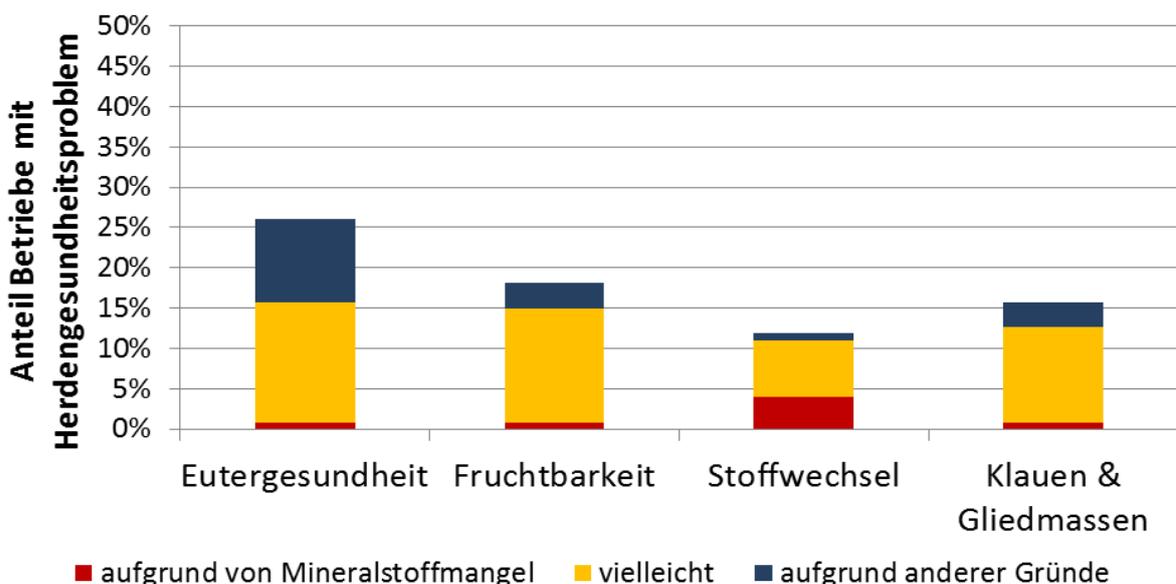


Abb. 3: Anteil Betriebe mit Herdengesundheitsproblemen unter Angabe der Gründe, alle Angaben beruhen auf Selbsteinschätzungen der Landwirtinnen und Landwirte (n=127 Betriebe)

4.1.4 Fütterung

Knapp ein Drittel der Betriebe (44 Betriebe, 30.1%) verzichtet komplett auf die Mineralfutter-Zufütterung. Hierbei zeigt sich ein Länderunterschied, der aber statistisch nicht signifikant ist: Während in der Schweiz ein Anteil von 35.9% der Betriebe auf Mineralstoffzufütterung verzichtet, sind es in Deutschland lediglich 28.0%. 33 Betriebe (22.6%) setzen Mineralfutter mit einer Kräuterkomponente ein. Hierbei handelt es sich vor allem um das Mineralfuttermittel Ursonne der Firma Schaette mit einem Kräuter-Anteil von 15-27%. Es wird ausschliesslich von deutschen Betrieben eingesetzt (hier auf 29.9% der Betriebe), da es in der Schweiz nicht als Mineralfuttermittel im Biobereich zugelassen ist. Fast alle Betriebe (97.2) setzen Viehsalz in der Fütterung ein, davon stellt der überwiegende Anteil der Betriebe (62.1%) das Viehsalz zur freien Verfügung (ad libitum).

26.7% der Betriebe baut Silomais zur Verfütterung an die Kühe an (CH: 41.0%, D: 21.5%). Eine kraftfutterfreie Milchviehfütterung realisieren insgesamt 34 Betriebe, 23.9%, wobei die Zahl der kraftfutterfrei wirtschaftenden Betriebe in der Schweiz mit 35.1% deutlich höher liegt als in Deutschland mit 20.0%. Eine silofreie Fütterung der Milchkühe führen insgesamt 30.7% der Betriebe durch. Auch hierbei zeigte sich ein deutlicher Länderunterschied: während in D nur 26.5% silofrei füttern, sind es in der CH 42.9%. Dies ist vermutlich mit dem höheren Anteil der Käseproduktion in der Schweiz und dem mit silofrei-produzierter Milch verbundenem höheren Milchpreis zu erklären.

4.1.5 Beweggründe für oder gegen den Einsatz von Mineralfuttermitteln

Die angegebenen Motivationen und Beweggründe, auf Kraftfutter zu verzichten bzw. welches einzusetzen, waren vielfältig. Sie liessen sich zu folgenden Antworten gruppieren (sortiert nach Häufigkeit der Nennung):

Als Gründe für den Einsatz auf Mineralfutter wurden genannt:

- Deckung des Bedarfs der Tiere (30 Nennungen, ca. 31% der Gründe für den Mineralfuttereinsatz)
- Reaktion auf Erfahrungen mit Gesundheitsproblemen, wenn Mineralfutter nicht eingesetzt (16 Nennungen, 17%)
- Gesundheitsprophylaxe (10 Nennungen)
- Gesundheit der Tiere allgemein (8 Nennungen)
- grössere Gefühl von Sicherheit; Risikominimierung, Gewissensberuhigung (10 Nennungen)
- Kosten-Nutzen: Die Kosten sind verhältnismässig gering zum Nutzen, bzw. Alternativen wären zu teuer (5 Nennungen)
- Minimaleinsatz von Mineralstoffen und Einsatz von Kräuter-Mineralfuttermitteln als Kompromiss/Alternative (4 Nennungen)
- Schon immer so gemacht / allgemeine Lehrmeinung (3 Nennungen)
- Kühe fressen Mineralfutter gern (3 Nennungen)

- Probleme mit Gefrierpunkt der Milch (2 Nennungen)
- Mangelnde Alternative (1 Nennung)

Als Gründe gegen den Einsatz auf Mineralfutter wurden genannt:

- Es geht problemlos ohne (19 Nennungen, 50% der Nennungen von Gründen gegen den Mineralfuttereinsatz).
- Entgegen dem Ideal eines Betriebskreislaufes bzw. von Natürlichkeit (9 Nennungen, 24%)
- Noch zu viele ungelöste Fragen verbunden mit dem Mineralfuttereinsatz (5 Nennungen)
- Zu hohe Kosten im Vergleich zum Nutzen (3 Nennungen)
- Kühe fressen Mineralfutter nicht (1 Nennung)
- Gibt bessere Alternative (1 Nennung)

Von den 112 Betrieben, die sich für eine eindeutige Antwort entschieden haben, ob sie die Zufütterung von externen Mineralstoffen kompatibel mit dem biologisch-dynamischen Ansatz des geschlossenen Betriebskreislaufes finden, gab eine knappe Mehrheit von 57.1% der Betriebe an, dass die Zufütterung für sie kompatibel mit biologisch-dynamischen Grundsätzen sei. Bei der Beantwortung dieser Frage bestand ein erheblicher Länderunterschied, insofern, als dass dieser Anteil in D bei 64.0% lag, in der CH aber nur bei 34.6%.

4.1.6 Praktizierte Alternativen zum Mineralfuttereinsatz und Forschungsbedarf

Als Alternativen zum Mineralfuttereinsatz bzw. als besondere Massnahmen in der Fütterung haben die Landwirtinnen und Landwirte folgende Punkte genannt (sortiert nach Häufigkeit innerhalb der insgesamt 41 Nennungen):

- Laubheufütterung und Hecken an Weiden, woran die Kühe fressen können (17 Nennungen, 42%)
- Kleie-Fütterung (5 Nennungen, 12%)
- Indirekte Beeinflussung der Mineralstoffkreisläufe z.B. über Güllezugaben, Liegeboxeneinstreu etc. (5 Nennungen)
- Kräuter-Fütterung (3 Nennungen)
- Fütterung von altem Heu (im Sinne von reifem Gras) / Naturschutzheu (3 Nennungen)
- Bentonit-Fütterung (2 Nennungen)
- Einsatz von Homöopathie oder Schüsslersalzen (2 Nennungen)
- Einsatz von Naturlecksteinen (2 Nennungen)
- Vielfalt in der Fütterung (1 Nennung)
- Präparate-Einsatz, insbesondere Baldrian-Einsatz im Grünland (1x jährlich) (1 Nennung)

Von den insgesamt 44 Betrieben, die auf Mineralstofffütterung verzichten, gaben 18 Betriebe (41%) an, dass sie weder Gesundheitsprobleme in der Herde noch Phosphormangel im Boden haben. Von diesen füttern 5 Betriebe Laubheu, ein Betrieb gibt Grünfutter und ein weitere Kräuterfütterung als besondere Massnahme an. Auffallend war, dass von diesen 18 Betrieben 14 (77.8%) zusätzlich zu den Milchkühen Hühner oder Schweine auf dem Betrieb gehalten haben, während dieser Anteil über alle Betriebe lediglich 33.6% betrug.

Ein Grossteil, 71.4%, der antwortenden Landwirtinnen und Landwirte sieht Forschungsbedarf, mit biologisch-dynamischen Ansätzen Alternativen zu chemisch-synthetischem Mineralfutter zu suchen. Einzelne Landwirtinnen und Landwirte gaben dazu auch konkrete Fragen an. Mehrfach genannt wurden Forschungsfragen zur Laubheufütterung (z.B. Langzeitbeobachtungen) und Heckenfütterung als natürliche Mineralstofflieferanten (Zusammensetzung, Heckenschnitt, Heckenanbau). Auch zur Mineralstoffzusammensetzung von Kräutern und dem Einfluss von vielfältiger Vegetation im Grünland bestand Informationsbedarf. Konkretisiert wurde dieser Aspekt von einem Landwirt durch die Frage nach Kräutern in der Kunstwiese (Ackerfutter). Weiterhin wurde der Wunsch geäussert, insbesondere zur Selen-, aber auch zu Phosphor-Versorgung zu forschen, z.B. ob es Selen-sammelnde Futterpflanzen gibt. Weiterhin gab es Anregungen im Bereich der Präparate zu forschen (Baldrian, Kiesel). Allgemein wurde der Wunsch nach Beurteilungskriterien zur Notwendigkeit des Mineralfuttereinsatzes und auch nach allgemeiner Information zu dem Thema geäussert. Allerdings gab es auch Landwirte, die explizit betont haben, dass sie keinen Forschungsbedarf sehen, weil die Alternativen bekannt seien.

4.1.7 Unter welchen Gegebenheiten wird auf Mineralfuttermittel verzichtet?

Die höher (und somit mehr in Süddeutschland und der Schweiz) gelegenen Betriebe setzen etwas weniger Mineralfutter ein, als die tiefer gelegenen ($p=0.041$, Wilcoxon-Test). Auch die Bodenart zeigt einen Bezug zur Mineralfutterfütterung (χ^2 -Test, $p=0.033$), wobei die Unterschiede insbesondere darin lagen, dass auf Lehmböden eher häufiger auf Mineralfutter verzichtet wurde, während auf Sandböden vergleichsweise viele Betriebe Mineralfutter einsetzten. Ebenfalls zeigte sich anhand des Anteils Dauergrünlandes an der Hauptfutterfläche ein Unterschied: Auf Betrieben mit höherem Dauergrünlandanteil wurden weniger Mineralstoffe gefüttert (Wilcoxon, $p=0.001$). Die drei Betriebskriterien Höhe, Bodenart und Anteil Dauergrünland hängen dabei unter sich stark inhaltlich miteinander zusammen, da die Bodenarten schwerpunktmässig in besonderen Regionen vorkommen und weil der Anteil Dauergrünland durch die Höhenlage, die Topographie und die Bodenart beeinflusst ist. In P-Mangel-Gebieten (diagnostiziert nach den Bodenanalysen) wird signifikant häufiger Mineralfutter gefüttert (χ^2 -Test, $p=0.012$). Die Gesamtbetriebsgrösse anhand der Landwirtschaftlichen Nutzfläche zeigt keinen signifikanten Zusammenhang mit dem Mineralfuttereinsatz.

Deutlich erwies sich ein Zusammenhang von Jahresmilchleistung der Kühe und Einsatz von Mineralfutter. Auf Betrieben, die Mineralfutter füttern, haben die Kühe im Schnitt eine signifikant höhere Jahresmilchleistung als solche, die auf Mineralfutter verzichten (Wilcoxon-Test, $p=0.020$). Dies sagt aber nicht aus, ob einer der Faktoren den anderen beeinflusst. Aus den Äusserungen zur Motivation zum Einsatz oder Verzicht auf Mineralfutter wurde häufig die

Antwort gegeben, dass es bei der gegebenen niedrigen Herdenleistung als unproblematisch angesehen wird, auf Mineralfutter zu verzichten, bzw. dass bei Betrieben mit höherer Milchleistung die Sorge auftrat, die Kühe nicht bedarfsgerecht versorgen zu können ohne Mineralfutter. Mit der Herdengrösse steht der Mineralfuttereinsatz dagegen nicht im Zusammenhang.

Tendenziell tritt eine mineralfutterfreie Fütterung auf den Betrieben häufig gemeinsam mit einer silofreien Fütterung (Chi²-Test, p=0.054) und signifikant gemeinsam mit einer krafffutterfreien Fütterung auf (Chi²-Test, p<0.001). Dies weist darauf hin, dass die Entscheidung, Mineralfutter einzusetzen neben der Versorgungssituation auch eine Frage des Idealismus ist. Krafffutterfreie und silofreie Fütterung stehen dagegen in keinem Zusammenhang zueinander. Betriebe, die silofrei füttern, sind vorwiegend diejenigen, die schon länger biologisch-dynamisch wirtschaften (Wilcoxon-Test, p=0.011). Bei den krafffutterfreien Betrieben ist kein Zusammenhang zur Dauer der biologisch-dynamischen Bewirtschaftung des Betriebes feststellbar, hingegen ein deutlicher Zusammenhang zu einer geringeren Jahresmilchleistung der Kühe (Wilcoxon-Test, p=0.003) und zu einem höheren Dauergrünlandanteil an der Betriebshauptfutterfläche (p<0.001). Es ist nicht erkennbar, dass Betriebe, die Naturlecksteine einsetzen, vermehrt auf Mineralfutter verzichten. Es sind keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den angegebenen Herdengesundheitsproblemen und dem Einsatz von Mineralfutter feststellbar.

4.1.8 Unter welchen Gegebenheiten wurde Phosphor-Mangel im Boden analysiert?

Die Häufigkeit des diagnostizierten P-Mangels stand in keinem signifikanten Zusammenhang zur Betriebshöhe, zur Bodenart zum Dauergrünlandanteil an der Hauptfutterfläche. Auf Tonböden trat P-Mangel in der grössten und auf Sandböden in der geringsten Häufigkeit auf, aber diese Unterschiede erwiesen sich als nicht signifikant. Es bestand zudem kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Angabe, ob P im Boden im Mangel ist und der Zeitdauer, wie lange der Hof schon biologisch-dynamisch bewirtschaftet wird. Auch liess sich nicht feststellen, dass auf Betrieben, die zusätzlich zu den Kühen Schweine oder Hühner (mit P-reichem Mist) auf dem Betrieb halten, weniger häufig P-Mangel im Boden auftritt.

Insgesamt war somit kein Zusammenhang zwischen der Angabe zu P-Mangel im Boden und den sonstigen angegebenen Betriebsfaktoren feststellbar.

4.1.9 Unter welchen Gegebenheiten werden Herdengesundheitsprobleme genannt?

Hingegen zeigten sich Bezüge des P-Mangels im Boden zu den angegebenen Herdengesundheitsproblemen. Betriebe mit P-Mangel in der Bodenuntersuchung gaben signifikant häufiger Klauenprobleme, Fruchtbarkeitsprobleme und tendenziell öfter Eutergesundheitsprobleme in der Herde an (Chi²-Test, p=0.022, p=0.019, p=0.063). Zudem war ein tendenzieller Bezug zwischen Anteil Dauergrünland und der Nennung von Gesundheitsproblemen sichtbar. Ein höherer Dauergrünlandanteil erscheint verbunden mit tendenziell weniger Klauen-, Fruchtbarkeits- und Stoffwechselproblemen (Wilcoxon-Test, p=0.055, p=0.003, p=0.053). Eutergesundheitsprobleme nannten vermehrt Betriebe, die grössere Herden (Wilcoxon-Test, p=0.022), grössere Betriebe (landwirtschaftliche Nutzfläche;

p=0.004) und eine höhere Jahresmilchleistung hatten (p=0.003). Fruchtbarkeitsprobleme gaben tendenziell vermehrt Betriebe an, die krautfutterfrei füttern (Chi²-Test, p=0.068).

Alle dieser Zusammenhänge sind sehr vorsichtig zu interpretieren, da die Faktoren untereinander zum Teil zusammenhängen und die Gesundheitsangaben Einschätzungen der Betriebsleiter sind und nicht auf miteinander vergleichbaren Zahlen beruhen. Die Einschätzung, ab wann das Austreten von Erkrankungen als Herdengesundheitsprobleme wahrgenommen wird, kann von Betriebsleiter zu Betriebsleiter verschieden sein. Die statistischen Zusammenhänge geben interessante inhaltliche Hinweise, die verfolgenswert sind, aus denen aber keine Ursache-Wirkungsaussagen geschlossen werden können.

4.1.10 Welche Betriebe sehen Forschungsbedarf hinsichtlich Alternativen zu chemisch-synthetisch hergestellten Mineralfuttermitteln?

Landwirte, die Forschungsbedarf hinsichtlich von Alternativen zu chemisch-synthetisch erzeugten Mineralfuttermitteln sehen, waren diejenigen mit grösseren Betrieben (Wilcoxon-Test, p=0.031), tendenziell grösseren Herden (p=0.087), mit einem niedrigeren Anteil Dauergrünland (p=0.039), tendenziell die Betriebe mit P-Mangel im Boden (Chi²-Test, p=0.052) und insbesondere diejenigen, die Mineralfuttermitteln in der Milchviehfütterung einsetzen (p=0.008). Die Tatsache, dass insbesondere diejenigen Demeter-Landwirte, die Mineralfutter einsetzen und in deren Böden Phosphor-Mangel diagnostiziert wurde, Forschungsbedarf sehen, legt die Schlussfolgerung nahe, dass externes Mineralfutter eingesetzt wird, um Mangelsituationen im Betrieb auszugleichen, dass andere Lösungswege, die betriebliche Phosphorsituation zu verbessern, aber bevorzugt werden würden.

4.2 Betriebsuntersuchung Breitwiesenhof

Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse zum Mineralstoff- und insbesondere Phosphorgehalt von Boden, Wasser, Futter und Blut und Harn der Kühe auf dem Breitwiesenhof dargestellt und diskutiert.

4.2.1 Boden

Durch die Bodenanalysen zeigte sich, dass auf den Grünlandflächen gemäss allen vier Untersuchungsmethoden (NA-Acetat DL, CAL, Citrat) geringe Phosphor-Verfügbarkeiten für die Pflanzen vorhanden sind, während die P-Versorgung für die Pflanzen auf den untersuchten Ackerflächen ausreichend ist. Das Grünland ist darüber hinaus leicht sauer (Ca-Mangel), der pH-Wert auf dem Acker dagegen im Optimum. Die beste Phosphor-Verfügbarkeit für die Pflanzen liegt im Bereich eines Boden-pH-Wertes von pH 6 bis pH 6.5. Die Spurenelementverfügbarkeit von Cu, Fe und Zn ist auf dem Acker sehr gering, während sie im Grünland gemäss der Analyseergebnisse als ausreichend einzustufen ist. Laut Kolbe & Köhler (2008) sind für den ökologischen Landbau die Versorgungsstufen B und C optimal. Weitere Details der Analyseergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Analyseergebnisse der Bodenproben incl. Richtwerten und mit farblicher Markierung von Verfügbarkeiten (rot = Mangel, orange = geringfügiger Mangel, grün = im Normalbereich, hellblau = geringfügige Überversorgung, blau = Überversorgung)

Parameter	Extraktionsmittel [Einheit]	Richtwert	Acker		Grünland	
			Gehalt / -klasse		Gehalt / -klasse	
Humus	[%]	2.5 - 4.0	3.6	schwach humos	6.7	humos
pH-Wert	H ₂ O [ph]	6.5 - 7.5	7.6		6.3	
	0.1 n KCl [ph]	6.0 - 7.0	6.8	C	5.5	C
Calcium	HCl/H ₂ SO ₄ [mg/100g]	150 - 800	215.3	C	71.6	A
Phosphor	Na-Acetat [mg/100g]	3 - 6	7.1		1.7	
	DL [mg/100g]	10 - 20	15.2	B	4.5	A
	CAL [mg/100g]		22.4	D	3.5	A
	Citrat [mg/100g]	30 - 60	57.3		17.4	
Kalium	Na-Acetat [mg/100g]	10 - 20	15.8		17.9	
	DL [mg/100g]	10 - 20	16.0	B	21.0	B
Magnesium	DL [mg/100g]	10 - 20	61.4	E	18.0	B
Kupfer	HCl/ H ₂ SO ₄ [mg/100g]	0.1 - 0.4	0.04	A	0.23	C
Eisen	HCl/ H ₂ SO ₄ [mg/100g]	2 - 10	0.14	A	5.47	C
Mangan	HCl/ H ₂ SO ₄ [mg/100g]	2 - 10	2.00	C	14.66	D
Zink	HCl/ H ₂ SO ₄ [mg/100g]	0.5 - 2.0	0.01	A	0.39	B
Umsatzfreudigkeit des Humus (Biologische Aktivität)		2 - 4	2.9	D	3.3	C

Die Unterschiedlichkeit in der Messung des P-Gehaltes mittels der DL- und der CAL-Methode (sichtbar insbesondere in den Ackerproben) wurde ebenso von Baumgarten (2000) beschrieben. Oberhalb von pH 6 ist die CAL-Methode nach seiner Beschreibung aussagefähiger. Das Ergebnis der CAL-Methode einer ausreichenden P-Versorgung und P-Pflanzenverfügbarkeit auf dem Acker deckt sich mit den Ergebnissen aus der Na-Acetat und Citrat-Methode. Im Grünland ist gemäss allen Methoden ein P-Mangel vorhanden. Hier liegen die Messwerte der DL-Methode höher, was sich mit der Beobachtung von Baumgarten (2000) deckt, dass bei saureren Böden die DL-Methode höhere Werte misst und somit bei einem pH-Wert unter 6 zu bevorzugen ist.

4.2.2 Futter und Wasser

Die Futtermitteluntersuchungen wiesen auf eine gute Futterqualität von Heu und Grassilage von den Dauergrünlandflächen hin, die sich in durchschnittlichen Energie- und Proteingehalten zeigte. Die Mischprobe aus den Siloballen der Kleegrassilage (Kunstwiesensilage) war wegen des geringen Energiegehaltes und des hohen Rohfasergehaltes bezüglich der Futterqualität als mässig zu beurteilen. Sie war vergleichbar mit Standardfutterwerten im fortgeschrittenen Vegetationsstadium. Eine der drei in der Mischprobe enthaltenen Silopartien war bei der Ernte verregnet und der Siloballen mit Schimmel befallen, wodurch das Gesamtergebnis beeinflusst wurde.

Die Phosphorgehalte in den beiden Siloproben befanden im Normalbereich, während der P-Gehalt im Heu geringfügig unter den Richtwerten lag. Weiterhin zeigten sich Mängel in den Gehalten von Cu und Zn in der Silage. Alle weiteren Mengen- und Spurenelemente waren ausreichend vorhanden. Weitere Details der Futtermittelanalysen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Analyseergebnisse der Futterproben incl. Richtwerten und mit farblicher Markierung von diagnostizierten Mängeln (orange = Mangel, gelb = geringfügiger Mangel, grün = Normalbereich, blau = erhöhte Werte)

in der TS	Einheit	GSilo KW	Heu NW	GSilo NW	Richtwerte KW	Richtwerte NW	Quelle
Energie							
NEL	MJ/kg	5.3	5.5	5.6	Ziel>5.8 (Silo)	Ziel>5.8 (Silo)	Steinwiddler
Protein							
APDE	g/kg	73	90	81			
APDN	g/kg	93	88	86			
RP-NIR	g/kg	148	138	137	140-160	140-160	Schumacher
Rohasche (RA)							
RA	g/kg	91	94	91	max. 100	max.100	Steinwiddler
RA-NIR	g/kg	101	87	104			
Rohfaser (RF)							
RF-NIR	g/kg	284	245	243	240-260, max. 270	240-260, max. 270 (GS), 280 (Heu)	Steinwiddler
NDF	g/kg	438	455	449	min. 280	min. 280	Steinwiddler
ADF	g/kg	300	287	270	min. 210	min. 210	Schumacher
Zucker	g/kg	57	108	118	mind. 50, gut 80-100	mind. 50, gut 80-100	Schumacher
Mineralstoffe							
Ca	g/kg	10.2	9.8	6.2	9.0 - 13.0 * ¹	5.0 - 9.0 * ¹	Kessler
P	g/kg	3.5	2.9	3.4	3.3 - 4.5 * ²	3.0 - 4.5 * ²	Kessler
Mg	g/kg	2.2	2.7	1.9	2.0 - 2.8	1.2 - 2.2	Kessler
Na	g/kg	0.1	0.1	0.1	arm=normal	arm=normal	Kessler
K	g/kg	28.7	24.7	27.5	27 - 36	24 - 31	Kessler
Spurenelemente							
Cu	mg/kg	6.9	7.6	8.2	8-10	8-10	Kessler / Schumacher
Fe	mg/kg	178.6	336.1	446.9	mind. 50	mind. 50	Kirchgessner
Mn	mg/kg	75.0	93.9	99.0	50-60	50-60	Schumacher / Kessler
Zn	mg/kg	25.4	34.8	28.0	30-50	30-50	Schumacher / Kessler

*¹ 1. Wert: 1. Aufwuchs

*² junge Pflanzen: 4.5;

KW=Kunstwiese (Ackerfutter), NW=Naturwiese (Dauergrünland)

NEL=Netto-Energie-Laktation, NIR=Nahinfrarotspektroskopie, APDN/APDE=Absorbierbares Protein im Darm

NDF=Neutral-Detergenz-Faser, ADF=Säure-Detergenz-Faser

Das Entwicklungsstadium der Pflanze wirkt sich generell deutlich auf den P-Gehalt aus. Jung geschnittenes Futter weist einen höheren P-Gehalt auf als älteres. Da Phosphor vorrangig im Jugendstadium von der Pflanze aufgenommen wird, ergibt sich bei späterer Nutzung infolge eines Verdünnungseffekts durch die höhere Erntemenge eine Verringerung des P-Gehaltes je kg Futter. Die Nutzungshäufigkeit beeinflusst somit den P-Gehalt im Futter entscheidend, d. h. je öfter und damit jünger das Futter geerntet wird, desto höher sind bei entsprechender Düngung auch die P-Werte im Futter. Dieser Alterseinfluss kommt beim P stärker zum

Ausdruck als bei Ca (Daccord et al., 2001) und liegt vor allem bei Gräsern und weniger bei Leguminosen vor. Es ist (wie bei Ca und Mg) vom ersten zu den folgenden Auswüchsen eine Gehaltszunahme zu beobachten. Kräuterreiche Mischungen weisen höhere P-Gehalte auf als reine Gräserbestände. Leguminosen haben dagegen ähnliche P-Gehalte wie Gräser (Daccord et al., 2001). Innerhalb der Leguminosen hat Rotklee den tiefsten P-Gehalt, innerhalb der Gräser Italienisches Raygras (Welsches Weidelgras) (Daccord et al., 2001). Die P-Gehalte der Gräser und Leguminosen reichen laut Daccord et al. (2001) im Allgemeinen aus, um den Bedarf einer Kuh mit einer Tagesmilchleistung von 20 kg zu decken. Die Konservierungsart hat auf die P-Gehalte keinen Einfluss (RAP, 1999).

Die Rationsberechnungen für den Breitwiesenhof haben ergeben, dass mit dem vorhandenen Futter die Ca-Versorgung ausreichend ist (143% bei Kühen in der Hochlaktation, 170% bei spätlaktierenden Kühen), dagegen aber Phosphor schwach im Mangel ist (Deckung des Bedarfs zu 79% in der Hochlaktation, 83% in der späteren Laktation). Die Mg-Versorgung zeigte sich als ausreichend (151% bzw. 172%), während K im Überschuss vorliegt (337% bzw. 366% Bedarfsdeckung). Da Natrium im Futter kaum enthalten ist, muss es dem Tier in Form von Viehsalz zur Verfügung gestellt werden. Die auf dem Breitwiesenhof verfütterten Mengen an Viehsalz decken den errechneten Bedarf der Kühe.

Die Verwertbarkeit von P liegt bei Milchkühen, abhängig von der Laktationsphase, zwischen 60-70% (in der Startphase liegt die Verwertbarkeit am höchsten). Na und K werden zu 90% verwertet, wohingegen Ca nur zu 40% und Mg zu 20% verwertet werden (RAP, 1999).

Neben den P-Gehalten im Futter beeinflusst der Gehalt an Ergocalciferol (Vitamin D2) die P-Verfügbarkeit des im Futter enthaltenen Phosphates, weil dieses im Körper zu Vitamin D3 bzw. Calcitriol metabolisiert wird. Calcitriol steigert die Aufnahme des verfügbaren Phosphats im Darm. Zu einem erhöhten Vitamin D2- bzw. D3-Gehalt kann einerseits ein gutes sonnengetrocknetes Heu führen, aber auch ein Anteil an Pflanzen im Grünlandbestand, die besonders viel dieses Stoffes enthalten. In unseren Klimazonen ist dies insbesondere Goldhafer (*Trisetum flavescens*). Bei einer groben Vegetationserfassung des Grünlandbestandes auf dem Breitwiesenhof zeigte sich, dass Goldhafer auf den meisten Flächen nur in geringer Menge oder gar nicht anzutreffen ist, aber auf einzelnen Flächen (Naturwiesen/ Dauergrünland) häufiger auftritt. Auf einer Parzelle wurde es als eines der Hauptbestandbildner angetroffen. Von dieser Fläche wird aber anteilmäßig wenig Futter gewonnen.

Die Ergebnisse der Tränkewasserproben sind in Tabelle 5 dargestellt. Die Wasserproben weisen keine aussergewöhnlichen Werte auf und lassen darauf schliessen, dass keine übermässige P-Versorgung der Kühe über das Tränkewasser erfolgt.

Tabelle 5: Analyseergebnisse der Wasserproben incl. Grenzwerte der Trinkwasser-Verordnung Deutschlands

			Grenzwerte Trinkwasser-VO	Quelle 1	Quelle 2
Nitrat-N	(NO ₃ -N)	[mg/l]	< 50 mg/l	5.61	3.99
Phosphat	(PO ₄ -P)	[mg/l]	max. 2.2 mg/l	0.035	0.050
Phosphat	(PO ₄ -Ges)	[mg/l]	max. 5 mg/l	0.151	0.181

4.2.3 Kühe

In Tabelle 6 sind die Analyseergebnisse der Blutserumuntersuchungen der 9 ausgewählten Kühe im Einzelnen und als Mittelwerte der untersuchten Kühe dargestellt. Als Normwerte werden die vom Untersuchungslabor angegebenen Referenzwerte aufgeführt. In der Literatur gibt es bei den meisten Elementen, insbesondere den Spurenelementen, verschiedene Normwerte.

Tabelle 6: Analyseergebnisse der Blutproben incl. Mittelwerten, Referenzwerten und mit farblicher Markierung der diagnostizierten Versorgung (rot = starker Mangel, orange = mittlerer Mangel, gelb= schwacher Mangel, grün = Normalbereich, blau = Überversorgung)

Nr.	Tiername	LT	LN	K mg/dl	Mg mg/dl	P mg/dl	Ca mg/dl	Fe µg/dl	Cu µg/dl	Mn µg/dl	Se µg/l	Zn µg/dl
1	Rebekka	85	5	20.2	2.29	5.9	10.1	95	57	0.15	0.3	75
2	Maithe	104	7	20.3	2.29	5.5	10.2	116	76	0.19	1	79
3	Peggy	14	2	19.7	2.2	3.3	9.4	94	108	0.15	7	96
4	Florina	76	3	19.5	2.38	5.5	9.3	130	50	0.17	0.3	74
5	Pia	71	2	20.3	2.7	5.1	9.9	168	68	0.13	3	97
6	Lilie	56	7	20.4	2.62	2.5	8.9	129	116	0.17	0.3	153
7	Madita	95	1	20.9	2.47	5.8	10.4	151	60	0.18	0.3	91
8	Lieselotte	180	10	18.5	2.15	4.8	10.1	105	62	0.15	0.3	67
9	Letizia	66	4	20.6	2.48	5.9	10.4	151	59	0.18	0.3	76
Mittelwerte				20.0	2.4	4.9	9.9	126.6	72.9	0.16	1.4	89.8
Referenzwerte				13.7-17.6	1.9-2.9	5.0-7.1	8.8-11.6	150-225	101-204	>0.2	60-110	70-130

LT=Laktationstag, LN=Laktationsnummer

Die Phosphorgehalte im Blut liegen bei 6 von 9 Kühen im Normbereich. Eine Kuh hat einen leicht zu niedrigen P-Gehalt und bei 2 Kühen sind die Gehalte deutlich unterhalb des Normbereiches. Das erhöhte Risiko eines P-Defizits zu Beginn der Laktation bestätigt sich anhand einer Kuh (Peggy, siehe Tabelle 6). Keine der untersuchten Kühe zeigte allerdings sichtbare Mangelsymptome. Nach Fürll (2004) können niedrige P-Werte im Blutserum auch als Folge von Stresssituationen, chronischer Pansenazidose, Verdauungsstörungen oder in Verbindung mit subklinischen Ketosen (starke Stoffwechselbelastung kurz nach dem Abkalben) auftreten.

Der Versorgungsstatus der anderen Mengen- und Spurenelemente zeigt sich unterschiedlich. Die Gehalte von Mg, Ca und Zn sind weitgehend oder durchgehend im Optimum. Die K-Werte liegen oberhalb des Normbereiches und im Bereich der Spurenelemente zeigen Fe, Cu, Mn und insbesondere Se teilweise oder durchgehend niedrige Werte. Insbesondere sind die Selenwerte extrem niedrig, so dass Mangelsymptome wie Fruchtbarkeitsstörungen, Abmagerungen und Bewegungsstörungen zu erwarten wären, die aber in der Herde nicht erkennbar sind. Auch ein Mangan- oder Kupfermangel kann ähnliche Symptome bewirken.

In der Literatur werden verschiedene Methoden und Probematerialien zur Diagnostik von Mineralstoffen als geeignet angegeben. Insbesondere bei Selen und Mangan ist umstritten, ob eine Analyse im Vollblut der Serumanalyse bezüglich der Aussagefähigkeit vorzuziehen ist (Rosenberger, 1990).

In der folgenden Tabelle 7 sind die Harnwerte der 9 untersuchten Kühe incl. der Referenzwerte des Untersuchungslabors aufgeführt. Alle Mineralstoffwerte im Harn sind entweder im Normbereich oder tendenziell bzw. deutlich zu hoch. Diese Ergebnisse stehen zum Teil, insbesondere beim P, im geringen Bezug zu den Blutwerten. Eine Erklärungshypothese, wie es zu den durchgehend als hoch einzustufenden Werten der Mengenelemente im Harn gekommen sein könnte, wäre ein Konzentrationseffekt, der dadurch bedingt sein kann, dass die Kühe an den Selbsttränken am Anbindeplatz nicht genügend Wasser trinken. Die Durchflussmengen der Tränken liegen unter dem empfohlenen Wert von 15-20 l/min (Fuchs, 2004). Wegen dieser grundsätzlichen Unsicherheit der Aussagekraft dieser Werte, werden sie in den im folgenden Kapitel nicht weiter interpretiert.

Tabelle 7: Analyseergebnisse der Harnproben incl. Referenzwerten und mit farblicher Markierung der diagnostizierten Versorgung (grün = Normalbereich, blau = Überversorgung)

Nr.	Tiername	LT	LN	Na mg/dl	Cl mg/dl	K mg/dl	Mg mg/dl	P mg/dl	Ca mg/dl
1	Rebekka	85	5	31	782	1934	58.98	5.3	14.8
2	Maithe	104	7	30	664	1861	36	15.8	12.1
3	Peggy	14	2	27	637	1697	40.15	12	1.8
4	Florina	76	3	71	841	1532	55.66	11.4	40.5
5	Pia	71	2	112	601	1254	28.01	5.4	20
6	Lilie	56	7	34	731	1765	36.36	8.5	1.6
7	Madita	95	1	49	1682	1686	49.43	5.5	11.5
8	Lieselotte	180	10	33	635	1777	35.28	4.5	3.9
9	Letizia	66	4	28	664	1859	43.4	6.4	3.9
Mittelwerte				46.1	804.1	1707.2	42.6	8.3	12.2
Referenzwerte				> 5	141-566	587-1173	9-40	0,3-10,2	bis 10

LT=Laktationstag, LN=Laktationsnummer

4.2.4 Gesamtbeurteilung der Mineralstoffsituation des Betriebes

Mengenelemente

Zur Gesamtbeurteilung der Mineralstoffversorgungslage des Breitwiesenhofes sind nachfolgend in den Tabellen 8-11 zusammenfassend und schematisch die Versorgungsgrade der untersuchten Ebenen des Nährstoffflusses dargestellt.

Die P-Versorgung der Kühe über den Weg des Dauergrünlandes ist als knapp zu beurteilen, allerdings nicht in einem Umfang, dass man von massiven Mängeln sprechen müsste. Die deutlich niedrige P- Verfügbarkeit im Boden zeigt sich in Futter und bei den Kühen nur schwach. Da 2/3 der untersuchten Kühe normale Blutwerte und alle Kühe keine klinischen P-Mangelsymptome zeigen, ist das P-Versorgungsdefizit der Kühe als gering einzustufen. Trotzdem wäre es eine interessante Fragestellung, ob sich die Situation durch alternative Ansätze verbessern liesse.

Tabelle 8: Phosphorversorgung des Betriebes (↓↓ = deutlicher Mangel, ↓ = leichter Mangel, ok = optimale Versorgung)

	Acker	Grünland	Versorgungsgrad
Boden	ok	↓↓	
Futter	ok	↓ (Heu), ok (Silo)	ca. 80 %
Kühe Blut	ok (67%) - ↓ (33%)		

Obwohl im Dauergrünland eine relativ geringe Ca-Verfügbarkeit besteht, ist auf Ebene des Futters und der Tiere eine ausreichende Versorgung vorhanden.

Tabelle 9: Calciumversorgung des Betriebes (↓↓ = deutlicher Mangel, ok = optimale Versorgung)

	Acker	Grünland	Versorgungsgrad
Boden	ok	↓↓	
Futter	ok	ok	ca. 150 %
Kühe Blut	ok		

Auf Ebene des Bodens zeigt sich die Magnesium-Versorgung heterogen, das Futter und das Blutserum der Kühe zeigen jedoch Werte im Normbereich.

Tabelle 10: Magnesiumversorgung des Betriebes (↓ = leichter Mangel, ok = optimale Versorgung, ↑↑ deutlich erhöhte Werte)

	Acker	Grünland	Versorgungsgrad
Boden	↑↑	↓	
Futter	ok	ok	ca. 160 %
Kühe Blut	ok		

Kaliummangel ist beim Rind unbekannt (Schumacher, 2002), auch in den vorliegenden Untersuchungen ist die K-Versorgung der Kühe mit 350% des Bedarfs reichlich. Da Rindergülle viel Kalium enthält, sind auch die Werte im Futter und im Boden hoch. Im Blut der Kühe sind die K-Werte tendenziell erhöht. Dies kann zu einer Verminderung der Na- und Mg-Absorption führen. Laut Rationsberechnung haben die Kühe im Futter ein K:Na-Verhältnis von 17:1. Schon

ab einem Verhältnis von 10:1 kann die Na-Aufnahme und –Verwertung gestört werden. Erst ab einem Verhältnis von ca. 30:1 treten aber klinische Symptome in Form von Durchfall auf (Dressler, 1971). Da die Kühe aber Viehsalz (NaCl) ad libitum aufnehmen können, sind keine Na-Mangelsymptome zu erwarten.

Tabelle 11: Kaliumversorgung des Betriebes (ok = optimale Versorgung, ↑ leicht erhöhte Werte)

	Acker	Grünland	Versorgungsgrad
Boden	ok	ok	
Futter	ok	ok	ca. 350 %
Kühe Blut	↑		

Spurenelemente

Die Blutwerte der Kühe sprechen für eine generell knappe Spurenelementversorgung. Nur die Zinkgehalte sind bei den meisten Kühen im Normbereich. Im Boden des Grünlandes sind alle Spurenelemente ausreichend vorhanden, während auf dem Acker niedrige Fe, Cu und Zn-Werte zu finden sind. Die Gehalte im Futter korrelieren oft mit den Gehalten der jeweiligen Böden. Im Detail sind die Spurenelemente in den folgenden Tabellen aufgeführt. Da sich die Verfügbarkeit und Versorgungszustände der Spurenelemente zum Teil sehr stark gegenseitig beeinflussen, sind auf diesem Gebiet direkte Kausalfolgerungen schwierig.

Tabelle 12: Eisenversorgung des Betriebes (↓↓ = deutlicher Mangel, ↓ = leichter Mangel, ok = optimale Versorgung)

	Acker	Grünland	Bemerkung
Boden	↓↓	ok	
Futter	ok	ok	immer genügend
Kühe Blut	↓		67% im Mangel

Allgemein beeinflussen sich die Kupfer- und Eisenversorgung gegenseitig, sowohl im Boden (Ursache ist die Luftversorgung) als auch bei der Aufnahme im Tier. Cu-Mangel beim Rind zeigt Fe-Mangelsymptome. Darüber hinaus sinkt die Cu-Verwertbarkeit mit steigendem Fe- und Ca-Gehalt im Futter (Kirchgessner, 2008). In den durchgeführten Analysen sind im Blut der Kühe sowohl niedrige Fe- als auch deutlich niedrige Cu-Werte gefunden worden. Die Fe- und Ca-Gehalte im Futter sind jedoch nicht erhöht, so dass diese Wechselwirkung vernachlässigt werden kann.

Tabelle 13: Kupferversorgung des Betriebes (↓↓ = deutlicher Mangel, ↓ = leichter Mangel, ok = optimale Versorgung)

	Acker	Grünland	Bemerkung
Boden	↓↓	ok	
Futter	↓	ok	
Kühe Blut	↓↓		78% im Mangel

Zn und Fe sowie Zn und Cu stehen hinsichtlich ihrer Aufnahme und Verwertung im engen Zusammenhang. Die Zinkversorgung der untersuchten Tiere ist weitgehend in Ordnung, nur zwei Kühe zeigen leicht abweichende Werte. Der Zn-Mangel auf dem Acker und der leichte Zn-Mangel im Futter wirken sich nicht auf die Kühe aus.

Tabelle 14: Zinkversorgung des Betriebes (↓↓ = deutlicher Mangel, ↓ = leichter Mangel, ok = optimale Versorgung, ↑ leicht erhöhte Werte)

	Acker	Grünland	Bemerkung
Boden	↓↓	ok	
Futter	↓	ok (Heu) - ↓(Silo)	
Kühe Blut	ok		1 Kuh ↓, 1 Kuh ↑

Die Manganabsorption kann durch Überschüsse von Ca, Fe und P behindert werden (Dressler, 1971). Anhand der gewählten Normwerte ist die Versorgung im Boden und im Futter tendenziell zu hoch, während die Mn-Blutwerte durchgehend leicht zu tief sind.

Tabelle 15: Manganversorgung des Betriebes (↓ = leichter Mangel, ok = optimale Versorgung, ↑ leicht erhöhte Werte)

	Acker	Grünland	Bemerkung
Boden	ok	↑	
Futter	↑	↑	ok
Kühe Blut	↓		alle leicht zu tief

4.3 Placebo-kontrollierter Interventionsversuch mit Baldrian D6 bei frischlaktierenden Kühen auf dem Breitwiesenhof

4.3.1 Darstellung der Blut- und Harnprobenergebnisse vor und nach der durchgeführten Behandlung

In der nachfolgenden Tabelle 16 finden sich die Harn- und Blutserum-Ergebnisse vor der Behandlung. Farblich sind die Einordnungen der analysierten Werte im Vergleich zum Referenzbereich gekennzeichnet.

Tabelle 16: Status quo der Harn- und Blutprobenergebnisse der untersuchten 23 Milchkühe vor der Behandlung (Tag 2 – 6 pp) (Einheiten: P, Ca in mg / dl, Se in µg/l, Hormone in U/l, BHB in mmol/l; Farben: rot = starker Mangel, orange = mittlerer Mangel, gelb= schwacher Mangel, grün = im Referenzbereich, hellblau = leicht erhöhte Werte, dunkelblau = stark erhöhte Werte)

Gr.	LN	Kalbe- datum	P Harn	Ca Harn	Ketonk Harn	P Blut	Ca Blut	Se Blut	AST	CK	GLDH	Ketonk (BHB)	BCS- Score	
V	Lore	1	20.02.10	10.4	1.05	2+	7.7	8.9	1	144	1814	3.7	1.53	3
K	Maja	1	19.02.10	4.4	5.6	neg	6.4	10	3	136	281	34.3	0.53	3
V	Anita	2	20.02.10	3.9	1.15	neg	5.9	9.3	1	105	850	46.4	0.52	3
K	Rosi	2	01.03.10	2	0.7	neg	3.3	9.6	1	146	2628	30.2	0.56	2.75
V	Karin	1	15.03.10	1.8	2.05	neg	5.7	10.3	1	99	98	15.1	0.73	3.5
V	Milka	2	01.04.10	4.3	0.95	1+	4.9	9.9	20	94	213	14.6	0.84	3
K	Perle	2	03.04.10	3.55	1.5	neg	4.6	9.4	16	94	395	9.2	0.49	2.75
K	Priska	3	20.04.10	3.2	1.2	1+	4.2	9.8	58	95	168	23.5	0.69	3
V	Cilie	5	28.04.10	1.6	0.95	neg	6.3	9.8	36	98	134	7.5	0.74	3.25
K	Lydia	2	28.04.10	2.15	0.6	2+	6.1	9.7	37	102	118	9.8	0.98	3
V	Madita	2	22.05.10	2.6	0.9	1+	2.2	8.6	25	98	275	7.2	1.13	3
K	Larissa	4	13.06.10	1	0.4	neg	5.6	10.1	26	102	137	13	0.79	3
V	Thalia	7	01.07.10	1.25	2.8	neg	4.5	10	19	129	325	5.5	0.79	2.25
V	Molly	2	08.07.10	0.95	2.45	1+	6.3	11.1	21	127	343	12.3	0.77	2.75
K	Philadelphia	9	08.07.10	1.8	2.8	neg	6.2	10	23	114	193	7.1	0.68	2.75
K	Petra	2	11.08.10	1.9	11.05	neg	7.8	10.2	37	88	208	15.8	0.37	3
K	Libelle *	1	03.09.10	14.9	0.3	n.v.	2.6	9	28	132	237	3.2	0.72	n.v.
V	Magdalena*	2	20.09.10	1.7	0.7	neg	2.9	3.3	33	480	4187	24.3	0.18	2.75
K	Mischel *	4	22.09.10	42.4	0.4	neg	10.3	10.4	38	181	155	9.4	0.36	2.75
V	Hilde	1	17.09.10	0.8	6.9	neg	5.2	10.6	53	114	209	10.6	0.58	2.75
V	Loreen	1	25.09.10	16.05	1.4	neg	4.8	8.5	30	141	124	6.5	0.58	3.25
K	Suse	1	24.09.10	5.65	4.2	2+	5.9	9.8	29	143	689	9.2	1.19	3.25
K	Carola	1	24.09.10	19.95	0.75	neg	5.8	9	26	144	2108	5.6	0.75	3.25
Mittelwerte:				6.4	2.2		5.4	9.4	24	135	691	14.1	0.72	2.95
						5.0								
Referenzwerte:				0.3 - max.		-	8.8 -	60 -	max.	max.	max.	max.		
				10.2	10	neg	7.1	11.6	110	102	244	17	0.70	

* Diese Kühe waren p.p. klinisch krank (Libelle und Magdalena: Milchfieber, Mischel: akute Mastitis incl. massiver Störung des Allgemeinbefindens)

Gr. = Behandlungsgruppe, V = Verum, K = Kontrolle (Placebo), LN = Laktationsnummer, P = Phosphor, Ca = Calcium, Ketonk = Ketonkörper, Se = Selen, AST = Aspartat-Aminotransferase, CK = Creatinkinase, GLDH = Glutamatdehydrogenase, BHB = Betahydroxybuttersäure, BCS = Body Condition Score; n.v. = nicht vorhandener Wert

Von den 23 untersuchten Kühen hatten 9 Kühe (39% der Tiere) vor der Behandlung, also zwischen dem 2. und 6. Laktationstag, unterhalb des Referenzbereiches liegende Phosphorwerte im Blut (davon 4 Kühe deutlich zu niedrige Werte). Dieser Anteil ist vergleichbar mit dem diagnostizierten Anteil in Projektteil 2. Drei Kühe (13%) lagen oberhalb des Normbereiches. Die Phosphorwerte im Harn und im Blut korrelierten nicht statistisch auffällig miteinander ($r_s=0.093$, $p=0.675$).

Zwei Kühe (Magdalena und Libelle, siehe Tabelle 16) hatten zum Zeitpunkt der Probenahme eine akute Stoffwechselstörung (Milchfieber). Eine weitere Kuh (Mischel, siehe Tabelle 16) hatte eine hochakute Mastitis nach dem Kalben und damit verbundene Einschränkungen der Futteraufnahme und des Allgemeinbefindens.

Fünf Kühe (22%) zeigten P-Werte im Harn oberhalb des Referenzbereiches. Erhöhte Ca- und P-Werte im Harn sowie Ca-Werte im Blut können einen Hinweis auf akute oder chronische Azidose (Pansenübersäuerung) bedeuten (Fürl, 2004). Die kraftfutterfreie Fütterung der Herde, die lediglich aus grasbasierten Grundfutter besteht, legt allerdings nahe, dass hierfür kein Risiko besteht. Dies wird dadurch bestätigt, dass alle Kühe bis auf eine (Mischel) im Combur-Test Harn-pH-Werte im Normalbereich zwischen 8 und 9 angezeigt haben, da tiefere pH-Werte im Harn ebenfalls Azidose-Indikatoren sind. Somit könnte lediglich bei dieser Kuh (Mischel) mit pH 6 im Harn und einen stark erhöhten P-Gehalt im Urin ein Azidosebefund vorliegen, der im Zusammenhang mit ihrer Allgemeinerkrankung und stark reduzierten Futteraufnahme auch erklärbar ist.

Einige Kühe (32% anhand der Harnwerte, 48% anhand der Blutanalysen) zeigten Ketonkörper in Harn und / oder Blut. Dies weist darauf hin, dass sie sich zu Beginn der Laktation in einem Energiedefizit befinden, da sie nicht genügend Energiedichte aus dem Futter aufnehmen konnten, um den Bedarf für die einsetzende Milchproduktion decken zu können.

Bei fünf Kühe (22%) sprachen die erhöhten GLDH-Befunde für eine Leberbelastung. 14 Kühe (61%) hatten erhöhte AST-Werte, die auch auf Leberbelastungen hinweisen, wenn nicht auch gleichzeitig der CK-Wert erhöht ist. Dies trifft nur auf 4 Kühe zu, diese sind aber nicht die gleichen, die auch erhöhte GLDH-Werte aufweisen. Gleichzeitig erhöhte AST- und CK-Werte (bei 10 Kühen) deuten auf Muskelbelastungen (z.B. Zerrungen oder Verletzungen) hin, was frisch nach der Geburt als normal betrachtet werden kann.

In der nachfolgenden Tabelle 17 sind die Harn- und Blutprobenergebnisse der Kontrollproben nach der Behandlung dargestellt.

Tabelle 17: Harn- und Blutprobenergebnisse der untersuchten 23 Milchkühe nach der Behandlung (Tag 19 – 27 pp) (Einheiten: P, Ca in mg / dl, Se in µg/l, Hormone in U/l, BHB in mmol/l Farben: rot = starker Mangel, orange = mittlerer Mangel, gelb= schwacher Mangel, grün = im Referenzbereich, hellblau = leicht erhöhte Werte, dunkelblau = stark erhöhte Werte)

Gr.	Kuh	LN	P Harn	Ca Harn	Ketonk. Harn	P Blut	Ca Blut	Se Blut	AST	CK	GLDH	Ketonk (BHB)	BCS- Score
V	Lore	1	2.25	1.1	1+	7.4	9.8	1	106	407	7.9	0.87	2.75
K	Maja	1	1.65	1.4	neg	6.2	10.2	19	103	239	168.4	0.69	2.75
V	Anita	2	1.5	1.95	neg	6.6	9.9	24	89	255	20.5	0.91	2.75
K	Rosi	2	3.25	1.15	neg	6.2	10	14	106	291	39.9	0.59	2.5
V	Karin	1	4.8	0.95	neg	6.4	10	41	96	325	18.5	0.45	3
V	Milka	2	2.2	1.15	3+	7.6	9.9	88	99	366	48.4	2.41	2.75
K	Perle	2	3.4	11.55	1+	6.9	9.3	36	91	197	53.2	0.86	2.75
K	Priska	3	1.9	4.6	neg	2.1	10	53	87	214	18.2	0.57	2.75
V	Cilie	5	1.85	4.6	1+	3.6	10	36	122	140	19.7	0.76	3
K	Lydia	2	2.25	0.9	neg	5.5	10.4	34	113	644	29.5	0.53	2.75
V	Madita	2	1.75	2.35	3+	5.7	10	24	141	367	11.9	1.17	2.5
K	Larissa	4	1.3	0.55	2+	6.9	9	33	121	1507	8.9	0.77	2
V	Thalia	7	1.7	2.3	neg	5.9	10	44	87	173	12.4	0.93	2.5
V	Molly	2	2.4	0.7	2+	6.9	9.4	37	101	134	12	0.94	2.75
K	Philadelphia	9	1.9	1.7	1+	5.5	9.5	30	91	161	29	0.56	2.75
K	Petra	2	1.2	0.9	neg	4.2	11.6	34	148	171	10.5	0.53	3.25
K	Libelle *	1	1.3	1.9	neg	4.2	11.6	34	148	171	10.5	0.53	3.25
V	Magdalena*	2	1.6	5.8	neg	5	9.8	66	118	185	30.5	0.66	2.5
K	Mischel *	4	43.1	1.25	neg	5	8.7	127	86	58	3	0.12	2.5
V	Hilde	1	2.1	17.9	neg	5.2	10.4	43	102	170	22	0.74	3.25
V	Loreen	1	1.15	0.95	neg	4.5	9.7	80	114	141	17.3	0.84	3
K	Suse	1	1.95	12	2+	5.1	10.5	30	101	256	20.7	1.22	3
K	Carola	1	1.5	5.95	neg	5.1	10.9	42	224	10252	22.2	0.75	3
Mittelwerte:			3.8	3.6		5.6	10.0	42	113	731	27.6	0.80	2.78
Referenzwerte:			0.3 - 10.2	max. 10	neg	5.0 - 7.1	8.8 - 11.6	60 - 110	max. 102	max. 244	max. 17	max. 0.70	

* Diese Kühe waren p.p. klinisch krank (Libelle und Magdalena: Milchfieber, Mischel: akute Mastitis incl. massiver Störung des Allgemeinbefindens)

Gr. = Behandlungsgruppe, V = Verum, K = Kontrolle (Placebo), LN = Laktationsnummer, P = Phosphor, Ca = Calcium, Ketonk = Ketonkörper, Se = Selen, AST = Aspartat-Aminotransferase, CK = Creatinkinase, GLDH = Glutamatdehydrogenase, BHB = Betahydroxybuttersäure, BCS = Body Condition Score

In den Kontrollproben zwischen dem 19. und 27. Laktationstag zeigten lediglich 5 Kühe (22 %) einen Phosphormangel anhand niedriger P-Werte im Blut, davon 2 einen stark niedrigen Wert. Dieser Rückgang war aber nur anhand der Anzahl der unteren Abweicher vom Referenzbereich festzustellen, die Mittelwerte der Blut-P-Gehalte waren zu beiden Probezeitpunkten ähnlich (LT 2-6: 5.4 mg/dl, LT 19-27: 5.6 mg/dl, t-test für abhängige Variablen: p=0.809).

Alle Ca-Blutwerte befanden sich im Normalbereich, auch im Harn gab es nur einzelne Abweicher nach oben (3 Kühe, 13 %). Lediglich die zu Beginn ihrer Laktation klinisch erkrankte Kuh Mischel zeigte erneut einen hohen P-Wert im Harn, wiederum mit einem niedrigen Harn-pH-Wert von 7.

Die insgesamt niedrigen Selenwerte, haben sich im Laufe der Versuchsmonate deutlich erhöht. Einerseits lagen die Kontrollproben signifikant über den Se-Werten im Blut direkt nach dem Abkalben (LT 2-6: 24.4 µg/l, LT 19-27: 42.2 µg/l, t-test für abhängige Variablen: $p=0.002$). Andererseits zeigte sich eine signifikante Korrelation aller Selenwerte mit dem Probedatum, d.h. es war ein genereller Anstieg zu verzeichnen (lineare Regression: $p<0.001$, siehe Abbildung 4). Insbesondere im Zusammenhang mit den extrem niedrigen Selenwerten aus Projektteil 2 ist hier eine allgemeine, versuchsunabhängige Verbesserung festzustellen. Die Erklärung dafür bleibt bisher offen, da die Gehalte von frischem Gras im Sommer und in Form von Heu oder Silage konserviertem Gras im Winter in der Regel keine markant verschiedenen Selengehalte aufweisen (Ulbrich et al., 2004).

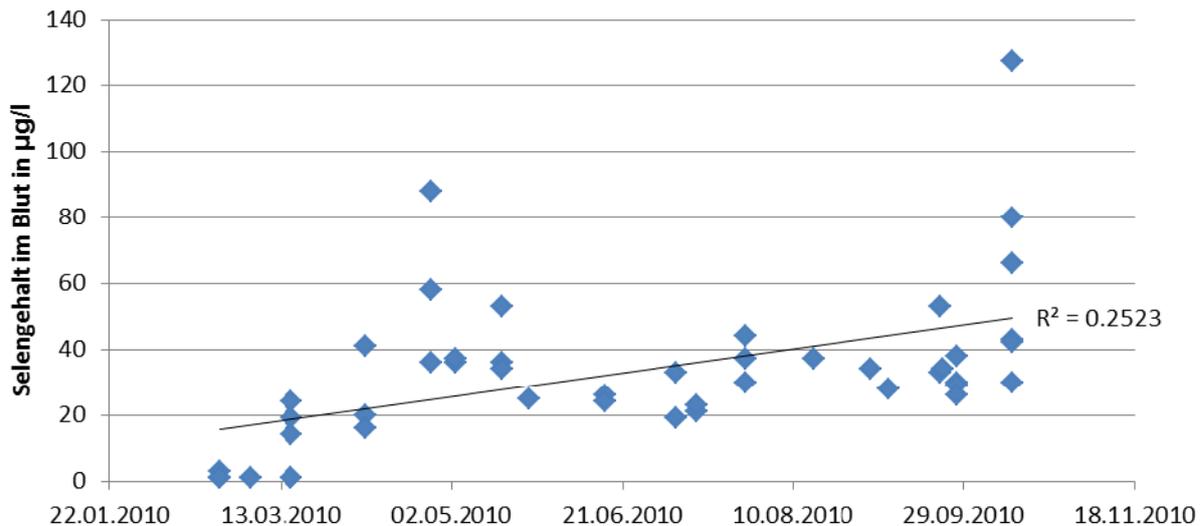


Abb 4: Entwicklung aller untersuchten Selenwerte in µg/l in den Untersuchungsmonaten (incl. einer Regressionsgraden)

Der Anteil der Kühe, der anhand der Ketonkörper in Harn und Blut durch einen Energiemangel bedingte Fettmobilisierung anzeigte, lag in den Kontrollproben zwischen dem 19. und 27. Laktationstag mit 39% (Harnproben, 9 Kühe) bzw. 57% (Blutproben, 13 Kühe) etwas höher als in den Proben zu Beginn der Laktation. Dies ist dadurch bedingt, dass das Maximum der Milchleistung ca. in der 5.-7. Laktationswoche liegt. Dies erklärt auch den in den Kontrollproben höheren Anteil an erhöhten GLDH-Befunden, der eine Leberbelastung anzeigt (15 Kühe, 65%). Lediglich 4 Kühe zeigen zum zweiten Untersuchungszeitpunkt gleichzeitig erhöhte AST- und CK-Werte, was sich mit dem länger zurückliegenden Kalbetermin erklären lässt.

Die Phosphorwerte im Harn und im Blut korrelierten wiederum nicht signifikant miteinander ($r_s = 0.385$, $p=0.070$), wenn sie auch eine tendenziell gleiche Ausrichtung zeigte. Es lässt sich schlussfolgern, dass die Harnwerte weniger geeignet sind, Phosphormangelsituationen am Anfang der Laktation zu diagnostizieren, da neben der mangelnden Korrelation zu den Blutwerten zudem der Referenzbereich nach unten so niedrig ist, dass nur Kühe nach oben aber nicht nach unten aus dem Referenzbereich herausstechen. Für die nachfolgenden Analysen werden deshalb nur die Blutwerte weiter berücksichtigt.

4.3.1 Analyse des Einflusses der Behandlung auf die Blut- und Harnprobenergebnisse

Im Folgenden sind die zentralen Auswertungen des Behandlungseffektes auf die Phosphorwerte im Blut dargestellt (Tabelle 18).

Tabelle 18: Ergebnisse der Analysen des Behandlungseffektes V = Verum gegen K = Kontrolle (Placobo) auf die Phosphor (P)-Werte im Blut nach der Behandlung

Variablen	alle Kühe (n=23)	p-Werte	nur Kühe mit P- Mangel im Blut am 2.-6. LT (n=9)	p-Werte
P-Wert im Blut 19. – 27. LT	V: 5.89 mg/dl K: 5.24 mg/dl	0.254	V: 5.74 mg/dl K: 4.85 mg/dl	0.624
P-Mangel im Blut ja / nein 19. – 27. LT	V: nein: 9 / ja: 2 K: nein: 9 / ja: 3	0.692	V: nein: 4 / ja: 1 K: nein: 2 / ja: 2	0.343
P-Wert-Diff. im Blut („nach“ minus „vor“ Behandlung)	V: 0.76 mg/dl P: - 0.49 mg/dl	0.139	V: 1.88 mg/dl K: 1.17 mg/dl	0.807
Ca-P-Verhältnis im Blut 19. – 27. LT	V: 1.76 : 1 K: 2:15 : 1	0.356	V: 1.77 : 1 K: 2:62 : 1	0.624

Die Auswertungen besagen, dass die Behandlungsgruppen weder bei einer Auswertung aller untersuchten Kühe noch derjenigen Kühe, die anfangs einen P-Mangel im Blut zeigten, statistisch signifikante Effekte auf die Phosphorwerte im Blut zeigten, obwohl die Mittelwert und Häufigkeiten einen geringen Vorteil der Gruppe V vermuten lassen könnten.

Des Weiteren wurden Behandlungseffekte auf Ca-, Se-, AST-, GLDH- und Ketonkörper-Werte im Blut nach der Behandlung und auf die Entwicklung von Se- und BCS-Werten (Differenz beider Zeitpunkte) einerseits innerhalb von allen 23 aber auch innerhalb der 9 Kühe mit anfänglichem P-Mangel untersucht. Es zeigten sich wiederum keine signifikanten Behandlungseffekte. Die einzigen Tendenzen bestanden darin, dass von den 9 P-Mangel-Kühen, die Verum-Gruppe im Mittel höhere Se-Werte nach der Behandlung (V: 60.4 K: 34.3 µg/l) und eine grössere Differenz (V: +35, K: +8.5 µg/l) aufzeigte als die Placebo-Gruppe (Wilcoxon-Test, p=0.142; p=0.086), aber dies kann nur als interessanter Hinweis und nicht als belegbarer Effekt interpretiert werden.

Die untersuchte Formulierung des Baldrianpräparates zeigte sich somit innerhalb dieses Versuches nicht als wirksam und kann somit nicht als Konzept für die Behandlung von P-Mangel bei Milchkühen empfohlen werden.

5. Zusammenfassung

Die Evaluation der Fütterungspraxis mittels einer schriftlichen Umfrage hat ergeben, dass bis zum jetzigen Stand des Fragebogenrücklaufes 70.3% der biologisch dynamischen Betriebe der Schweiz und Deutschlands Mineralfutter bei den Milchkühen einsetzt, während 29.7% vollständig darauf verzichten (mit Ausnahme von Viehsalz). 72% der antwortenden Betriebe sehen einen Forschungsbedarf zur Entwicklung von Alternativen zu chemisch-synthetischen Mineralfutterkomponenten. Aus dem für schriftliche Umfragen überdurchschnittlich hohen Rücklauf des Fragebogens von über 40% lässt sich ein hohes Interesse der Praktikerinnen und Praktiker an dem Thema schliessen. Die Ergebnisse der Umfrage legen die Schlussfolgerung nahe, dass externes Mineralfutter eingesetzt wird, um Mangelsituationen im Betrieb auszugleichen, dass andere Lösungswege, die betriebliche Phosphorsituation zu verbessern, aber bevorzugt werden würden.

Die Untersuchungen auf dem Breitwiesenhof lassen einen leichten Phosphormangel im Gesamtbetrieb feststellen. Niedrige P-Gehalten wurden vor allem in Boden und Futter des Dauergrünlandes analysiert. Bei sechs von neun untersuchten Kühen liegen die Blutgehalte des Phosphors im Normbereich, nur drei Kühe wiesen P-Gehalte unter dem Normbereich auf. Darüber hinaus ergaben die Analysen der Spurenelementgehalte im Blut der Kühe teilweise sehr niedrige Werte. Die Spurenelementversorgung im Ackerboden ist grösstenteils gering, während im Grünland die Spurenelemente in ausreichender Form zur Verfügung stehen. Die Gehalte der Futtermittel korrelieren insgesamt mit dem jeweiligen Versorgungsgrad des Herkunftsbodens.

Unter den gegebenen Voraussetzungen des Breitwiesenhofes der mehrjährigen mineralstofffreien und langjährigen kraffutterfreien Fütterung der Milchkühe zeigen die Untersuchungen zwar einen leichten Mangel, aber keine massive Unterversorgung der Kühe. Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass ohne externe P-Zufuhr eine nahezu ausreichende Versorgung möglich ist. Auch wenn die Unterversorgung nicht gravierend und nicht mit klinischen Mangelsymptomen verbunden ist, bot die Herde des Breitwiesenhofes die Möglichkeit, mithilfe von in einem dritten Projektteil zu erarbeitenden Methoden, zu untersuchen, ob sich die P-Versorgung der Kühe optimieren lässt.

Die untersuchte Formulierung des Baldrianpräparates zeigte sich innerhalb des durchgeführten Versuches nicht als einflussnehmend auf die Harn- und Blutwerte, insbesondere hinsichtlich der P-Versorgung, und kann somit nicht für die Behandlung von P-Mangel bei Milchkühen empfohlen werden. Im dritten Projektteil bestätigt sich das Ergebnis aus dem zweiten Projektteil, dass ca. ein Drittel der Milchkühe zu Beginn der Laktation niedrige P-Werte im Blut anzeigt, welche auf einen P-Mangel hindeuten. Somit bleibt eine praxistaugliche Empfehlung zur Behandlung von P-Mangeltieren noch offen.

Die Selenwerte im Blut der Kühe auf dem Breitwiesenhof entwickelten sich über den Untersuchungszeitraum positiv, das heisst, die Ende Winter 2009 und 2010 diagnostizierten extrem niedrigen Selenwerte (ohne klinische Mangelsymptome) stiegen im Laufe der Untersuchungsmonate im dritten Projektteil kontinuierlich an. Die Ursache dafür ist noch offen.

Für zukünftige Untersuchungen wird aus den Projektteilen 2 und 3 geschlussfolgert, dass Blutwerte eine bessere Aussagekraft zur Diagnose von P-Mangel haben als Harnanalysen, da im Harn keine unterhalb des Referenzbereiches liegenden Werte gefunden wurden.

6. Ausblick

Weitere potenzielle Lösungsansätze für die Regulierung von Phosphormangel wären die Behandlung von P-Mangel-Tieren mit potenziertem Phosphor oder phytomedizinisch mit Pflanzenextrakten, die die P-Aufnahme der Kühe steigern.

Die positive Entwicklung der Selenwerte im Blut der Kühe des Breitwiesenhofes im Verlaufe des Untersuchungszeitraumes des dritten Projektteiles wirft neue verfolgenswerte Fragen zur Selenversorgung auf.

7. Am Projekt beteiligte Personen

Silvia Ivemeyer (Projektleitung), Agronomin, wissenschaftliche Mitarbeiterin der Fachgruppe Tiergesundheit, FiBL, CH-Frick

Urs Sperling, Landwirt, Breitwiesenhof, D-Ühlingen

Dr. Michael Walkenhorst, Katharina Abb und Pamela Staehli, Tierärzte/-innen, Expertise Blutprobenahme und Physiologie, Fachgruppe Tiergesundheit, FiBL

Tim Jäger, Umweltwissenschaftler, Expertise Homöopathie, Fachgruppe Tiergesundheit, FiBL

Dr. Paul Mäder, Alfred Berner, Expertisen Bodenproben, Phosphor-Umsätze im Boden, Fachgruppe Bodenwissenschaften, FiBL

8. Anhänge

8.1 Literatur

- Baumgarten A. (2000): Extraktion von pflanzenverfügbarem Phosphat: CAL- und DL-Methode im Vergleich. Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten, Gmunden
- Blum J.W. (2005): Calcium- und Phosphorstoffwechsel und deren Regulation, Vorlesungsunterlagen, Vetsuisse Uni Bern
- Daccord R., Arrigo Y., Kessler J. (2001): Nährwerte von Wiesenpflanzen: Gehalt an Ca, P, Mg und K. *Agrarforschung* 8 (7): 264-269
- Dressler D. (1971): Mineralische Elemente in der Tierernährung. Ulmer-Verlag, Stuttgart
- Durst L. (2007): Die Mineralstoffversorgung der Milchkuh, Teil 2 – Phosphor. *Nutztierpraxis aktuell März/2007*: 22-26
- Galler J. (2008): Phosphormangel beginnt im Boden. 01.07.2008, *Bauernjournal West*, <http://land.lebensministerium.at/article/articleview/67672/1/4995>
- Glauser (2007): Probennahme in Futtermitteln auf dem landwirtschaftlichen Betrieb. Merkblatt Nr. 30, Eidgenössische Forschungsanstalt Agroscope ALP CH-Liebefeld-Posieux
- Friedli R. (2007): Wenn der Phosphor fehlt. *UFA-Revue* 9/2007: 64-65
- Fuchs M. (2004): Wasser – das billigste Futter. 10.02.2004, *Bauernjournal West*, <http://land.lebensministerium.at/article/articleview/16937/1/4998>
- Fürll M. (2004): Stoffwechselkontrollen und Stoffwechselüberwachung bei Rindern. *Nutztierpraxis aktuell* 9/2004
- Hauschka R. (1950): Substanzlehre. Verlag Erwin Lokay, Reinheim / Odenwald
- Hennenkämper U. (2008): Wirkungen eines Präparates aus den Blüten des Baldrian auf die Phosphoreffizienz von Hafer (*Avena sativa*) und weißer Lupine (*Lupinus albus*), Diplomarbeit, Universität Kassel - Witzenhausen
- Hofmann W. (1999): Rinderkrankheiten Band 1 – Innere und chirurgische Erkrankungen, UTB Ulmer-Verlag, Stuttgart
- Jäger T., Scherr C., Simon M., Heusser P., Baumgartner S. (2010): Effects of Homeopathic Arsenicum Album, Nosode, and Gibberellic Acid Preparations on the Growth Rate of Arsenic-Impaired Duckweed (*Lemna gibba* L.), *The Scientific World Journal* 10: 2112-2129
- Mäder P., Koller M. (2006): Bodenuntersuchungen für Biobetriebe. Merkblatt 1158, FiBL, Frick
- Kessler J. (2001): Mineralstoffversorgung der Milchkuh auf einen Blick. *rap* aktuell 3/2001, RAP Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere, Posieux
- Kirchgessner M., Roth F.X., Schwarz F.J., Stangl F.I. (2008): Tierernährung: Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 12. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt
- Kolbe H., Köhler B. (2008): BEFU – Teil Ökologischer Landbau, Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen, Heft 36/2008

- Krebs M., Martin C. (2006): Befragung – Befragungsmethoden, Skalenkonstruktion, Befragungstaktiken und Checklisten, Seminararbeit, Fachhochschule Worms
- Lüdtke K. (2004): Erhebungen zum Umgang der Landwirte mit ihren Rindern, Dissertation, Tierärztlichen Fakultät der Ludwig – Maximilians – Universität München
- Öhlschläger S. (2006): Mineralstoff-, Spurenelement- und Vitamingehalte im Blutserum bei erstlaktierenden Kühen (Deutsche Holstein) in Abhängigkeit von deren Versorgungsniveau. Dissertation, Tierärztliche Hochschule TiHo, Hannover
- Paulsen M. (2003): P-Düngung im Ökologischen Landbau. Beitrag am Informationstag zur P-Düngung am 27.11.2003.
- Pötsch E.M., Oeschlmüller R., Slad I. (2001): Aktuelle Forschungsergebnisse zur Enzootischen Kalzinose. Tagungsbeitrag Jahrestagung 2001, Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten, Wolfpassing, S. 153-154
- RAP (1999): Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. Zollikofen, Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale
- Rosenberger G. (1990): Die klinische Untersuchung des Rindes. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- Runge-Metzger A. (1995): Closing the cycle: obstacles to efficient P management for improved food security. In: Phosphorus in the Global Environment. H. Tiessen (ed.) SCOPE, New York
- Ulbrich M., Hoffmann M., Drochner W. (2004): Fütterung und Tiergesundheit. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Scheffer F., Schachtschabel P. (1982): Lehrbuch der Bodenkunde. Enke-Verlag, Stuttgart
- Schumacher U. (Hrg.) 2002: Milchviehfütterung im ökologischen Landbau, Bioland Verlag GmbH, Mainz
- Spranger J., Lorenz S., Stöger E., Walkenhorst, M. (2007): Lehrbuch der anthroposophischen Tiermedizin. Sonntag Verlag, Stuttgart
- Steiner R. (1920): Geisteswissenschaft und Medizin. GA 312. Rudolf-Steiner Verlag, Dornach
- Steiner, R. (1920): Physiologisch-Therapeutisches auf Grundlage der Geisteswissenschaft. Zur Therapie und Hygiene. GA 314. Rudolf-Steiner Verlag, Dornach
- Steiner R. (1921): Geisteswissenschaftliche Gesichtspunkte zur Therapie. GA 313. Rudolf-Steiner Verlag, Dornach
- Steiner R. (1922): Vorträge und Kurse über christlich-religiöses Wirken, III. GA 344. Rudolf-Steiner Verlag, Dornach
- Steiner R. (1924): Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft, GA 327. Rudolf-Steiner Verlag, Dornach
- Steinwider A., Wurm K. (2005): Milchviehfütterung - Tier- und leistungsgerecht. Leopold Stocker Verlag, Graz und Stuttgart
- von Engelhardt W., Breves G. (2000): Physiologie der Haustiere. Enke Verlag, Stuttgart
- von Wistinghausen C., Scheibe W., Heilmann H. (1991): Anleitung zur Anwendung der Biologisch-Dynamischen Präparate, Arbeitsheft Nr. 2. Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart

von Wistinghausen C., Scheibe W., von Wistinghausen E. (1996): Anleitung zur Herstellung der Biologisch-Dynamischen Präparate, Arbeitsheft Nr. 1. Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart

8.2 Bisher aus dem Projekt hervorgegangene Veröffentlichungen und Vorträge

Ivemeyer S. (2010): Mineralfutter zufüttern oder Kreislauf schliessen. Beiträge, 59 (2): 10-11

Ivemeyer S. (2010): Mineralstofffütterung – Eine Umfrage. Lebendige Erde, 61 (3): 41

Ivemeyer S. (2010): Mineralstoffe zufüttern oder Kreislauf schliessen? Bioaktuell 19 (8): 10

Ivemeyer S. (2010): Mineralstoffversorgung von Milchkühen im biologisch-dynamischen Landbau ohne Mineralfutterzugabe unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors. Vortrag am Treffen der biologisch-dynamischen Rinderzüchter der Schweiz und Süddeutschlands auf dem Breitwiesenhof am 08. März 2010

Ivemeyer S., Walkenhorst M. (accepted): Praxiserhebung zur Mineralstofffütterung in der biologisch-dynamischen Milchviehhaltung, Poster und Bericht in Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau in Giessen, Februar 2011