

## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Versuchsaufbau**

Die Zielsetzung der Arbeit lag in der Untersuchung der Nährstoffversorgung von ganzjährig extensiv gehaltenen Mutterkühen unter besonderer Berücksichtigung einer Freilandhaltung auch während der Winterperiode. Zu diesem Zweck war es erforderlich, eine ganzjährige Zeitreihe für die einzelnen Parameter der Nährstoffversorgung so aufzubauen, dass Aussagen über die jahreszeitlichen Schwankungen allgemein, aber auch hinsichtlich der jeweiligen Bedarfssituationen getätigt werden konnten. Da Formen extensiver Tierhaltung häufig aufgrund ökonomisch und ökologisch schwieriger Bedingungen gewählt werden und oft zusätzlich mit Umweltschutzauflagen hinsichtlich der Kontrolle von Intensivierungsmaßnahmen gekoppelt auftreten, kommt einer ausreichenden Versorgung von Nährstoffen über das Jahr verteilt und differenziert nach Leistungsstadien der Muttertiere eine besondere biologische wie wirtschaftliche Bedeutung zu. Aus diesem Grund war es notwendig, die Versorgungslage für unterschiedliche Muttertierrassen auf unterschiedlichen Bodenbedingungen ganzjährig darzustellen. Während der Weidesaison wurden daher über definierte Stichproben der jeweilige Weideaufwuchs, während der Winterperiode ebenfalls über Stichproben das Raufutter in seiner Nährstoffzusammensetzung bestimmt. Zusammen mit der Aufnahme und Bestimmung der Inhaltsstoffe von Mineralfutter und Trinkwasser wurde die tägliche Aufnahme an Energie und Nährstoffen bestimmt. Um die Versorgungslage der Mutterkühe über das Jahr hinweg und in Relation zu den unterschiedlichen Bedarfssituationen bestimmen zu können, wurden die Zeitreihen der Stichprobenwerte jeweils so interpoliert, dass sie aufgrund von Signifikanztests Polynomen unterschiedlichen Grades zugeordnet werden konnten. Hiermit war es möglich, den Versorgungsgrad in zeitlichen Perioden bestimmen, Phasen der Über- oder Unterversorgung kennzeichnen und Kompensationen über Mineralfuttergaben darstellen zu können. Diese Vorgehensweise erlaubte auch einen Vergleich der Winterfütterung in Stallhaltung und einer Haltung im Freien durchzuführen sowie Probleme des Managements bei extensiver Bewirtschaftung aufzuzeigen.

### 3.2 Auswahl der Betriebe und Weidetiere

Die empirischen Untersuchungen der vorliegenden Arbeit wurden von Mai 1997 bis Juni 1998 in zwei landwirtschaftlichen Betrieben in Brandenburg auf Standorten in den Landkreisen Oberhavel, Havelland und Nauen durchgeführt. Die Wahl der Betriebe erfolgte so, dass eine Differenzierung nach Bodenart und Bewirtschaftungsart bzw. -auflagen vorgenommen werden konnte.

Die alphabetisch gekennzeichneten Weidestandorte A und B hatten einen sandig / sandig-lehmigen Boden, die Standorte C, D, E und F lagen im Niedermoor. Alle Weiden wurden ganzjährig extensiv bewirtschaftet. Die Flächen des Standortes A wurden regelmäßig geschleppt, Überstände entfernt und nachgesät. Die Standorte B bis F unterlagen dem Natur- und Vogelschutz und durften daher nur beweidet werden. Im Hochsommer fand auf den Weidestandorten A und E eine Nachmahd statt (Tabelle 29).

Tab. 29. Standorte und Naturschutzauflagen

Ort	Herde	Bodenart	Auflage	Pflege	Weide-organisation
Perwenitz	A	Sandig	keine	Schleppen Nachmahd Nachsaat	Umtrieb 9 Einzelweiden
Falkensee	B	Sandig	keine	keine	Standweide 2 Teilweiden
Nauen	C D E F	} Nieder- moor	} Natur- und Vogel- schutz	keine Nachmahd keine keine	} Stand- weiden je 2 Teilweiden

Standort A war in 9 Einzelweiden parzelliert. Diese Weiden wurden nacheinander jeweils für 7 bis 14 Tage beweidet, bevor die Tiere umgetrieben werden. Die Standorte B bis F waren nur in je 2 Weiden unterteilt, die abwechselnd und zum Herbst auch gemeinsam beweidet wurden. Während des Winters stand den Kühen ein Teilstück der Weide zur Verfügung.

Der Betrieb A in Perwenitz (Oberhavelland) stellte für die Untersuchungen eine Salers- und eine Pinzgauer-Mutterkuhherde mit 45 bzw. 47 Tieren zur Verfügung. Zu Beginn der Untersuchung weideten die Herden noch auf

getrennten Weideflächen. In jeder Herde lief ganzjährig ein rasseeigener und ein Charolais-Bulle mit. Beim Weideumtrieb, kurz nach Beginn der Probenentnahmen, wurden diese beiden Herden zusammengetrieben.

Der Betrieb B in Falkensee (Havelland) stellte für die Untersuchung 5 Salers-Mutterkuhherden, von denen 4 auf Weiden im Landkreis Nauen und eine im Landkreis Havelland standen (Tab. 30). In 3 Herden lief ebenfalls ganzjährig ein Salers-Bulle, in den beiden anderen ein Charolais-Bulle mit. Dadurch kalbten die Kühe über das ganze Jahr verteilt und befanden sich entsprechend jeweils in unterschiedlichen Leistungsstadien. Kälber mit einem Mindestgewicht von 250 kg wurden im Herbst von der Herde getrennt. Während der Weidesaison war der Grasaufwuchs die ausschließliche Futtergrundlage. Im Winter wurden die Tiere nicht aufgestallt, bekamen aber Heu, Stroh und gelegentlich Silage zugefüttert. Ganzjährig stand den Tieren Mineralfutter zur Verfügung. Wasser wurde den Tieren über Selbsttränken aus dem Grundwasser angeboten.

Tab. 30. Übersicht über die Herden

Ort	Herde	Rasse	Herden- größe	Weidefläche
Perwenitz	A	Salers & Pinzgauer	94	80 ha
Falkensee	B	Salers	49	60 ha
Nauen	C	Salers	36	ca. 1000 ha
	D	Salers	41	
	E	Salers	57	
	F	Salers	34	

### 3.3 Untersuchungsmaterial

Als Untersuchungsmaterial wurden während der Weidesaison insgesamt 300 Gras-, 20 Mineralfutter- und 20 Wasserproben entnommen. Während des Winters wurden 48 Heu-, 18 Stroh- und 8 Silageproben sowie 2 Mineralfutter- und 2 Wasserproben entnommen. Die Grasprobenentnahme erfolgte auf den

Umtriebsweiden jeweils bei Auf- und Abtrieb, bei den Standweiden alle 2 bis 3 Wochen.

Die Proben der Sommermonate stammten aus den Perioden Mai bis November sowie Mai bis Juni des darauffolgenden Jahres, die der Wintermonate von Dezember bis April. Die Überlappung der Monate Mai und Juni war angezeigt, um die Schnittstellen der Zeitreihe hinreichend breit abdecken zu können.

Insgesamt wurden 300 Grasproben genommen und zu 111 Sammelproben zusammen gefasst, um den Charakter der Weide im Mittel darzustellen.

Tab. 31. Übersicht über Anzahl und Art der Proben

Ort	Herde	Gras	Heu	Stroh	Silage	Wasser	Mineral- futter
Perwenitz	A	38	8	6	8	22	22
Falkensee	B	30	8	6			
Nauen	C	10	8	6			
	D	12	8				
	E	15	8				
	F	6	8				
	Σ	111	48	18	8	22	22

Heu- und Strohproben wurden in gleichen zeitlichen Etappen während der Wintermonate (Dezember bis April des darauffolgenden Jahres) genommen, um die Futterqualität während der Lagerung berücksichtigen zu können. Durch z.T. ungeeignete Lagerung im Freien mussten Schädigungen angenommen werden. Stroh wurde nur in den Betrieben A bis C, Silage nur im Betrieb A verfüttert.

Als weitere Daten standen das Gewicht der Mutterkühe vom Frühjahr und Herbst, sowie das der Kälber bei der Geburt und im Herbst zur Verfügung.

## 3.4 Methoden

### 3.4.1 Ermittlung der Futteraufnahme

Die Ermittlung der Futteraufnahme geschah zunächst durch Planimetrierung, um die Größen der einzelnen Weideparzellen bestimmen zu können. Auf der Weide des Standortes C musste ein Drittel der Fläche wegen der Staunässe von der eingezäunten Weidefläche abgerechnet werden. Über die Platzierung der Weidekäfige nach einem vorher festgelegten Stichprobenplan, bei dem insbesondere die unterschiedlichen Wachstumsbedingungen auf den Standweiden zu berücksichtigen waren, konnte nach dem Differenzschnittverfahren der Weideaufwuchs zwischen je zwei Zeitpunkten bestimmt werden. Die Zeitpunkte ergaben sich vor allem aus den zwei- bis dreiwöchigen Auf- und Abtriebszeiten, bei Standweiden aus vergleichbaren Zeitintervallen. Aus der Relation der Weideflächen zu den Stichprobenflächen konnte so das potentielle Futterangebot während der Weideperiode bestimmt werden. Nach erfolgtem Umtrieb musste noch der Weiderest bestimmt und vom potentiellen Futterangebot abgezogen werden, um die tatsächliche Futteraufnahme einer Herde bestimmen zu können. Der Weiderest bestand aus Disteln und anderen Pflanzen, die von den Kühen gemieden wurden, weitere Weideflächen, die durch Geilstellen oder Versteppungen nicht genutzt werden, so wie überständige Grasreste.

Die Berechnung der täglichen Trinkwasseraufnahme erfolgte durch folgende Formel: für jedes aufgenommene kg TS wurde ein durchschnittlicher Wasserbedarf von 4 Liter veranschlagt, sowie 4 Liter Wasser für jedes kg Milchleistung (NRC 1984; KIRCHGESSNER 1987b). Die so errechneten Werte waren um den Faktor zu korrigieren, der als Wasseranteil bereits im Futter (Weidegras, Heu, Stroh und Silage) enthalten war.

Die tägliche Mineralfutteraufnahme wurde anhand der über ein Jahr verfütterten Menge und der Anzahl der Weidetiere unter Berücksichtigung eines Verlustanteils von 25% berechnet. Aufgrund meist ungeeigneter Darreichungsformen (das Mineralfutter war i.d.R. Wind und Wetter frei

ausgesetzt) musste dieser Verlustanteil geschätzt werden. So wurden z.B. im Betrieb A insgesamt 775 kg Mineralfutter im Untersuchungs Jahr verfüttert. Bei 94 Tieren ergab dies eine tägliche Menge von 17 g/ Tier. Wie Beobachtungen ergaben, war die Mineralfuttermenge der Kälber vernachlässigbar.

### **3.4.2 Probenentnahme und Aufbereitung**

Der Weideertrag aller Standorte wurde mit Hilfe des Differenzschnittverfahrens über das ganze Jahr ermittelt (VOIGTLÄNDER und VOSS, 1979). Hierzu wurden pro Weide zwischen 4 und 7 Weidekäfige mit á 1,13 m<sup>2</sup> aufgestellt, so dass die Erntefläche jeweils insgesamt 4,5 bis 7,9 m<sup>2</sup> umfasste. Das Verfahren folgte dem Versuchsaufbau nach ZILELSTRA (1940). Die Weidekäfige wurden regelmäßig umgesetzt, um so auch den Weidecharakter der Grasnarbe zu erfassen (VOIGTLÄNDER und JACOB, 1987). Nach dem Umtrieb der Tiere wurden ebenfalls mit Hilfe der Weidekäfige 2 bis 4 Proben des Weiderestes entnommen.

Die Einzelproben wurden zu einer Sammelprobe vereinigt und, um den Trockensubstanzgehalt zu ermitteln, unmittelbar nach der Entnahme und nach 24h Trocknung bei 75<sup>0</sup> C im Labor gewogen. Anschließend wurden die Grasproben mit einer Ultrazentrifugalmühle (Fa. Retsch KG, Haan; Sieb 0,5 mm Porengröße) gemahlen und in UV-undurchlässigem Glas bei Zimmertemperatur gelagert.

Von dem Winterfutter (Heu, Stroh, Silage) wurden in 14tägigem Abstand aus der Mitte der Rundballen ca. 10 Stichproben gesammelt, nach Futterart getrennt zu Sammelproben vereinigt und in gleicher Weise wie die Grasproben gewogen, getrocknet, gemahlen und gelagert.

Aus jeder Mineralfuttercharge der Einzelbetriebe wurde eine Doppelprobe entnommen und nach dem oben erläuterten Verfahren aufbereitet. Mittels AAS und Eppendorf-Photometer wurde die Deklaration überprüft.

Der Mineralstoffgehalt von 5 Stichproben je Tränkebrunnen wurde einmal pro Monat als Sammelprobe mittels AAS und Eppendorf-Photometer ermittelt.

### 3.4.3 Untersuchungs- und Messmethoden

Die Trockensubstanz, der Rohfaser-, Rohfett-, Rohprotein- und Rohaschegehalt aller Futterproben wurden mit dem Weender-Verfahren (NEHRING, 1960) ermittelt. Die einzelnen Proben wurden in einer vorher definierten Menge einem vierstündigen Trocknungsvorgang bei 103<sup>0</sup> C unterzogen. Die Trockensubstanz selbst bestimmt sich aus dem verbleibenden Anteil gegenüber der Menge vor dem Trocknen. Zur Berechnung der Netto-Energie Laktation (NEL) wurde auf die durch Regression gewonnene Formel zurückgegriffen:

- $NE = 12.47 - 0.00686 R_{fa} + 0.00388 R_p - 0.01335 R_a$  (mit  $R_{fa}$  Rohfaser,  $R_p$  Rohprotein und  $R_a$  Rohasche)
- $NEL = NE \times 0.6$

Zur Bestimmung der Mengen- (Ca, Na, K, Mg) und Spurenelemente (Cu, Zn, Mn, Fe) wurden alle Proben zunächst 18 Stunden bei 600<sup>0</sup> C verascht, dann die Rohasche mit Salzsäure (37%ig rauchend, pro analysi der Fa. Merck) versetzt, um die Lösung der Mineralien zu erreichen. Die durch diese Nassveraschung erreichten Mineralstoffausschlüsse wurden dann mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS-Gerät Perkin-Elmer 1100 B und Hohlkathodenlampe) analysiert. Der Phosphorgehalt wurde mit einem Eppendorf-Spektralphotometer gemessen. Um den Selengehalt zu ermitteln, wurden die Proben mit Salpetersäure, Perchlorsäure und Schwefelsäure aufgeschlossen und ebenfalls mittels AAS bestimmt. Alle Proben wurden zur Kontrolle zweifach aufgeschlossen und gemessen. Um Laborfehler kontrollieren zu können, wurde bei Abweichungen von über 10% zwischen den Doppelproben eine erneute Doppelprobe bestimmt.

### 3.4.4 Statistische Methoden

Sämtliche Messwerte wurden in einer Datenbank mit ihrem zeitlichen Index organisiert. Ziel der Untersuchung war zunächst die statistische und graphische Darstellung der einzelnen Parameter in ihrer zeitlichen Variabilität. Hierzu wurden alle für die Fragestellung relevanten statistischen Verfahren der uni- und bivariaten Statistik zur Anwendung gebracht (Berechnung von

arithmetischem Mittelwert, Standardabweichung, Korrelationskoeffizient) und ihre Darstellung in Abbildungen bzw. Tabellen übertragen (siehe auch Anhang). Ein weiteres Ziel der Untersuchung bestand in der rechnerischen Bestimmung des jahreszeitlichen Verlaufs sämtlicher Mengen- und Spurenelemente. Hierfür wurden die jeweiligen Messwerte auf Polynome unterschiedlichen Grades abgebildet. Für die Beurteilung der Güte der Abbildung, d.h. für den Grad der Abweichung von dem jeweiligen Testmodell und für die Entscheidung über den Grad des Polynommodells, wurde das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  berechnet. Die Entscheidung für die einzelnen Polynome (i.d.R. dritten oder fünften Grades) wurde über einen Signifikanztest abgesichert. Zur inhaltlichen Kontrolle dienten zusätzlich die Literaturanalyse und die auf dieser Grundlage definierten hypothetischen Verteilungen. So wurde ein Polynom dritten Grades der Berechnung dann zu Grunde gelegt, wenn ein jahreszeitlicher Verlauf mit einem Maximum und einem Minimum unterstellt wurde, ein Polynom fünften Grades, wenn ein jahreszeitlicher Verlauf mit je zwei Maxima und Minima erwartet wurde. Sämtliche Zeitreihen wurden für die sechs Herden getrennt bestimmt, um mögliche Unterschiede in den Bodenarten, den Landschaftsschutzauflagen sowie den Haltungs- und Fütterungsformen nachweisen zu können.

Die durch die verschiedenen Analyseverfahren ermittelten Rohdaten wurden in einer ersten Datenbank gespeichert. Jeder Datensatz, der durch Datenmanipulationen (Mittelwertbildung, Doppelproben) verändert wurde, wurde in einer eigenen Datenbank gespeichert. Sämtliche Werte wurden durch Kontrollanalysen abgesichert. Im Falle von geringen Abweichungen ( $< 10\%$ ) wurden die Werte je Probe und Datum arithmetisch gemittelt. In Fällen stärkerer Abweichungen wurden Wiederholungsanalysen durchgeführt, die Extremwerte ausgeschlossen und die verbleibenden Werte ebenfalls gemittelt. Diese Daten wurden je in einer eigenen Datenbank verwaltet. Je nach Fragestellung und zum Vergleich mit bestehenden Literaturquellen wurden diese Daten zeitlich aggregiert, meist in Jahresquartale. Es handelt sich dann um die arithmetischen Mittelwerte von je drei Monaten. Für aggregierte Daten wurden Darstellungen in Balkendiagrammen, für die gemittelten Rohdaten Zeitreihendarstellungen gewählt. Die Datenverwaltung, die statistische Analyse und die graphische Darstellung wurden mit dem Programm Excel ausgeführt.