

## 4 Ergebnisse

Zur Energie- und Nährstoffversorgung wurde der Weideertrag differenziert nach der Weidezusammensetzung, der Raufutterzusammensetzung für die Winterfütterung und nach der Trockensubstanzaufnahme im jahreszeitlichen Rhythmus untersucht. Mit den Untersuchungsergebnissen sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- 1) Ist das zur Verfügung stehende Futterangebot qualitativ und quantitativ ausreichend?
- 2) Wie lange dauern bei jahreszeitlichen Schwankungen Phasen geringer Versorgung an?

Die jeweiligen jahreszeitlichen Verteilungen für Nährstoff- und Energiegehalt sowie die der Mengen- und Spurenelementgehalte werden hierzu mit Trendkurven beschrieben. Die Originalwerte befinden sich im Tabellenanhang.

### 4.1 Weideertrag

Der Weideertrag lag zwischen 5,9 und 12,9 t TS pro Hektar. Sandboden-Standorte (Standort A und B) wiesen einen 2,2-fach höheren Weideertrag auf als die Niedermoor-Standorte (C bis F). Die niedrigsten Werte wurden für die Weiden E und F ermittelt. Große Teile dieser Weideflächen waren durch Überschwemmung bzw. Staunässen nicht nutzbar (Abb. 6).

Verglichen mit den von TERÖRDE (1997) ermittelten Werten (Mecklenburg-Vorpommern) zwischen 4,7 und 7,5 t TS pro Hektar waren die hier ermittelten Erträge höher. GABE (2000) bestimmte ebenfalls auf Sandboden in Brandenburg einen noch höheren Weideertrag von 16,5 t TS/ha.

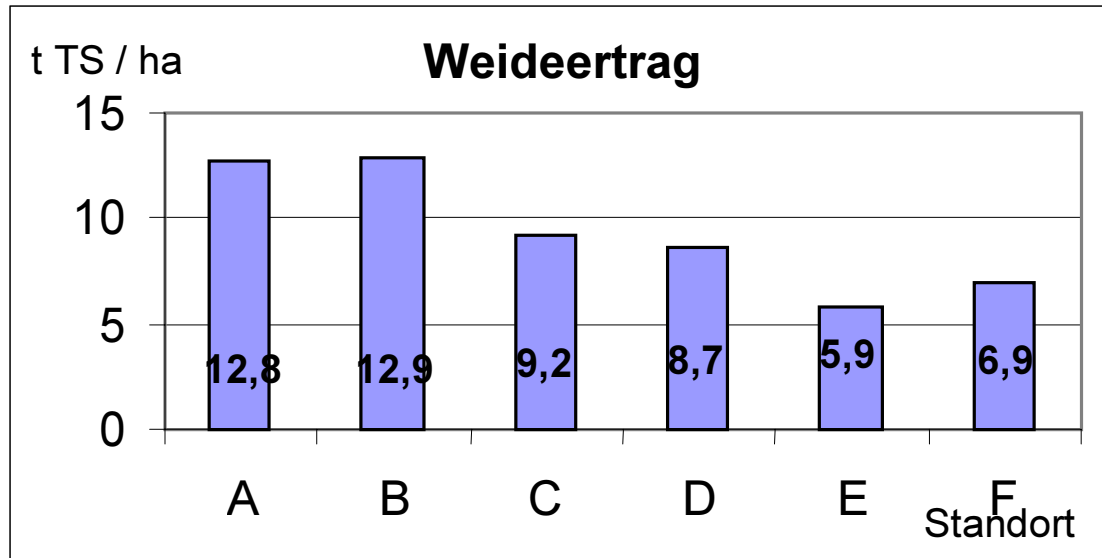


Abb. 6. Weideertrag

## 4.2 TS-Aufnahme

### 4.2.1 TS-Aufnahme während der Weidesaison

In den nachfolgenden Graphiken (Abb. 7) wird die TS-Aufnahme aller Herden, ermittelt nach dem Differenzschnittverfahren, im jahreszeitlichen Verlauf dargestellt. Die Weidesaison für die Tiere des Betriebes A war auf die Monate Mai bis November begrenzt, in den Monaten Dezember bis April wurden die Tiere auf einer Sandkoppel mit Raufutter versorgt. Die Herden der Betriebe B bis F sind auf ihrer Weide verblieben und erhielten dort zusätzlich das Raufutter. Die TS-Aufnahme folgte an allen Standorten einem vergleichbaren jahreszeitlichen Verlauf. Der Verlauf zeigte einen saisonalen Charakter mit Maximalwerten bis zu 20 kg TS im Juni. Der Mittelwert der TS-Aufnahme von Mai bis Oktober lag bei 15,3 kg TS mit einer Standardabweichung von 2,0 kg TS. Die Ertragswerte der Weide C, D und E lagen so dicht beieinander, dass ihre jahreszeitlichen Verläufe in einem Diagramm zusammengefasst werden.

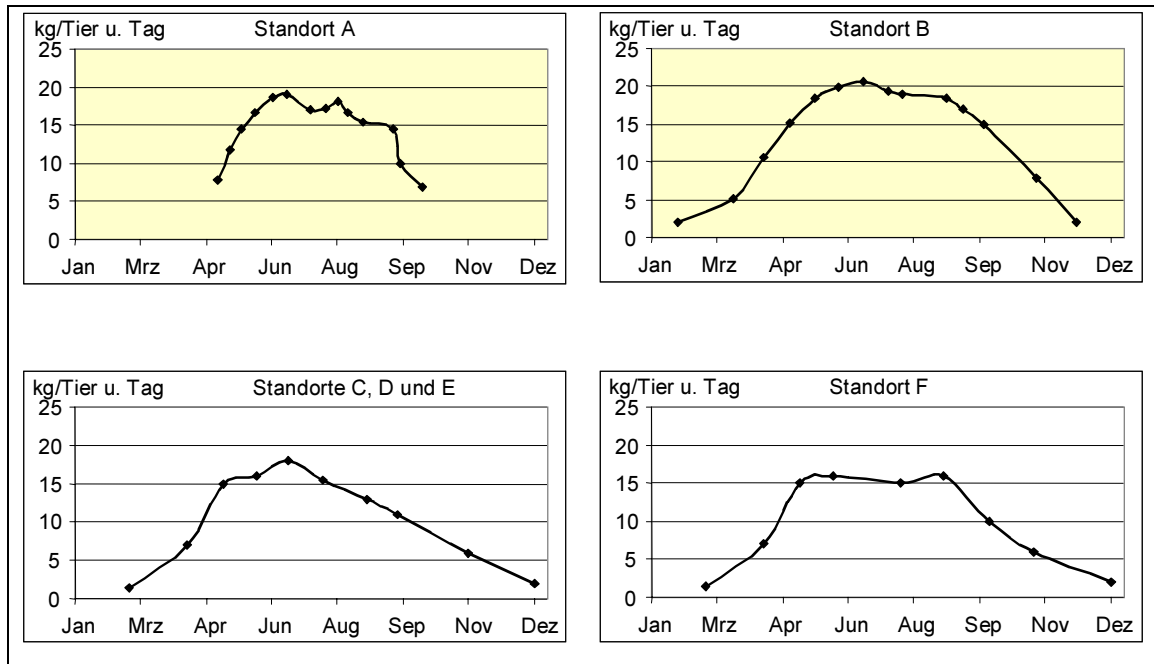


Abb. 7. Jahreszeitliche mittlere TS-Aufnahme pro Tier und Tag

WEISSBACH (1993; vgl. Kapitel 2.2.1) berechnete die Leistung einer Weide aus der Summe des Energiebedarfs von Lebenserhaltung, Körpermassezuwachs, Milchproduktion und Erzeugung von Nachkommen. Da für den Standort A eine gute Dokumentation der Kälbergeburten und Gewichtszunahmen sowie Absatzdaten der Kälber vorlag, ließ sich ein Vergleich zur Methode von WEISSBACH (1993) herstellen. Lediglich im Herbst divergierten die beiden Kurvenverläufe. Eine Ungenauigkeit bei der Berechnung nach WEISSBACH (1993) entstand dadurch, dass die täglichen Zunahmen der Kälber aus dem Geburts- und Absatzgewicht und dann einem daraus gebildeten Mittelwert errechnet wurden. Sicher nahmen die Kälber aber im Herbst nicht mehr so stark zu, wie im Frühling und Sommer, d.h. kurz nach der Geburt, so dass eine höhere Leistung unterstellt wurde.

Insgesamt unterschieden sich der nach WEISSBACH berechnete Mittelwert mit 15,6 kg TS und der nach dem Differenzschnittverfahren ermittelte Mittelwert mit 14,6 kg TS (Standort A) nicht wesentlich (Abb. 8).

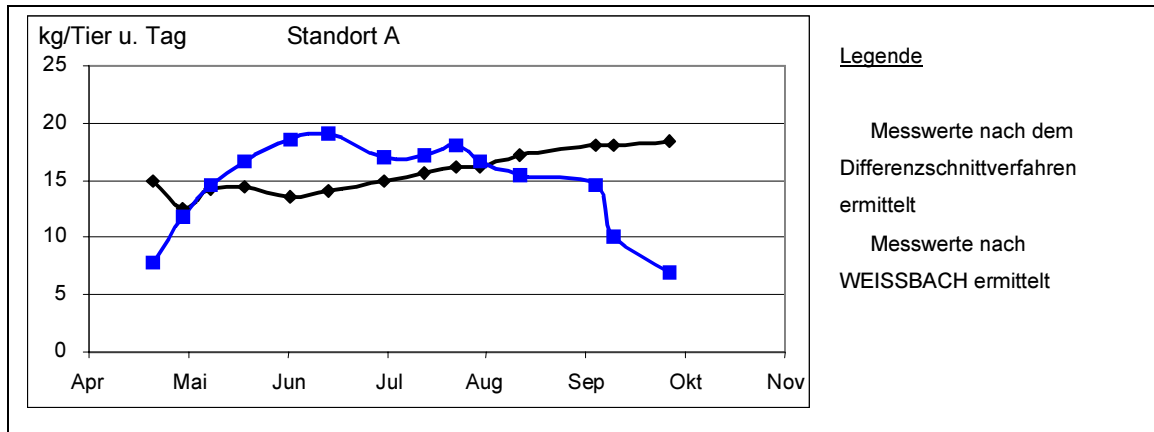


Abb. 8. Vergleich der TS-Aufnahme nach WEISSBACH berechnet bzw. nach dem Differenzschnittverfahren ermittelt

#### 4.2.2 TS-Aufnahme während der Winterperiode

Die Herden wurden auch während der Wintermonate ganz im Freien gehalten. Den Tieren der Herde A stand ein Waldgebiet als Regen- und Windschutz zur Verfügung, die Tiere der Herden B bis F hatten keinerlei Schutz weder für sich noch für die Futterdarreichung. Die Tiere erhielten ausschließlich wirtschaftseigenes Grundfutter (Heu, Stroh, Silage) und Mineralfutter. Das Grundfutter wurde in Rundballen, in Rundraufen oder offen auf dem Boden gefüttert. Das Mineralfutter erhielten die Tiere der Herde A in Blöcken aus Schalen, die der Herden B bis F lose auf ungeschützten Futtertischen.

Das Grundfutter wurde auf betriebseigenen Weiden gewonnen. Das Futter für die Herden B bis F konnte aus Naturschutzaufgaben erstmals nach dem 15. Juni gemäht werden, so dass nur zwei Schnitte zustande kamen. Das Futter für die Herde A wurde in drei Schnitten gewonnen. Heu und Stroh für die Herde A wurden in einer Scheune gelagert, die Silage auf der Weide. Heu und Stroh für die Herden B bis F wurden ohne weitere Abdeckung auf einer Weide gelagert (s. Kapitel 5.5.2).

Den Herden wurde in unterschiedlicher Menge und Zusammensetzung Grundfutter gefüttert, den Herden B bis F stand noch Restweidegras zur Verfügung (s. Tab. 32). Im Mittel erhielten die Tiere 7,5 kg TS (Standardabweichung 0,7 kg TS), das entspricht bei einer 750 kg schweren Kuh

1% des Körpergewichts. Literaturwerten zu Folge sollte 2-4% des Körpergewichts gefüttert werden (s. Kapitel 2.2.2).

Tab. 32. Grundfutteraufnahme in der Winterperiode

<b>Durchschnittliche Futteraufnahme in kg TS je Tier und Tag:</b>						
	Herde A 94 Tiere	Herde B 49 Tiere	Herde C 36 Tiere	Herde D 41 Tiere	Herde E 57 Tiere	Herde F 34 Tiere
Heu	2,6	4,5	6,1	5,4	5,8	6,5
Haferstroh	1,3	2,2	0,5	----	---	---
Grassilage	2,5	---	---	---	---	---
TS-Aufnahme Raufutter	6,4	6,7	6,6	5,4	5,8	6,5
Weidegras	----	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
TS-Aufnahme	6,4	8,2	8,1	6,9	7,3	8,0

### 4.3 Zusammensetzung des Weideaufwuchses

Allgemein wird der Weideaufwuchs als das natürliche vegetative Angebot definiert, das entweder durch Ansaat oder durch natürliche Aussaat bzw. Selektion der Pflanzen entsteht. In der Literatur variieren die Gehaltsangaben der Mengen- und Spurenelemente für den Aufwuchs erheblich. Im Folgenden wurden die typischen jahreszeitlichen Verläufe aufgezeigt und eventuelle Abweichungen von der Literatur erläutert.

#### 4.3.1 Nährstoff- und Energiegehalte

##### ▪ Rohprotein und Rohfaser

In der nachfolgenden Abbildung (Abb. 9) sind die durchschnittlichen Rohprotein- und Rohfasergehalte für die einzelnen Standorte A bis F im Jahresverlauf dargestellt. Der Rohfasergehalt aller Standorte lag im Mittel bei 258 g/kg in der TM (Standardabweichung 13,0 g/kg TS), wobei der Unterschied zwischen den Sand- und Niedermoorstandorten mit 242 g/kg TS bzw. 266 g/kg TS nur gering ausfiel. Insgesamt lagen die Werte dann im Bereich der in der Literatur genannten Werte. Der Rohproteingehalt aller Standorte erreichte im

Mittel 173 g/kg TS (Standardabweichung 11,2 g/kg TS). Die Unterschiede zwischen Sand- und Niedermoorboden waren nicht signifikant. Diese Werte decken sich mit denen der Literatur (s. Tab. 5). Auch hier war eine weitestgehende Übereinstimmung mit den Literaturwerten festzustellen.

Der jahreszeitliche Verlauf der Rfa- und der Rp- Messreihe zeigte für alle Standorte eine saisonale Abhängigkeit, wobei sich beide Verlaufskurven nahezu spiegelbildlich zu einander verhielten (Abb. 9). Dem Maximum für Rohfaser im Sommer stand ein Minimum für Rohprotein gegenüber. Entsprechend wurde zur Interpolation der Werte ein Trendpolynom dritten Grades zu Grunde gelegt. Die  $R^2$ -Werte waren signifikant mit Ausnahme für die Standorte B und D. Bei letzteren war die Probenzahl offensichtlich zu gering, um die vorhandenen „Ausreißer“ tolerieren zu können.

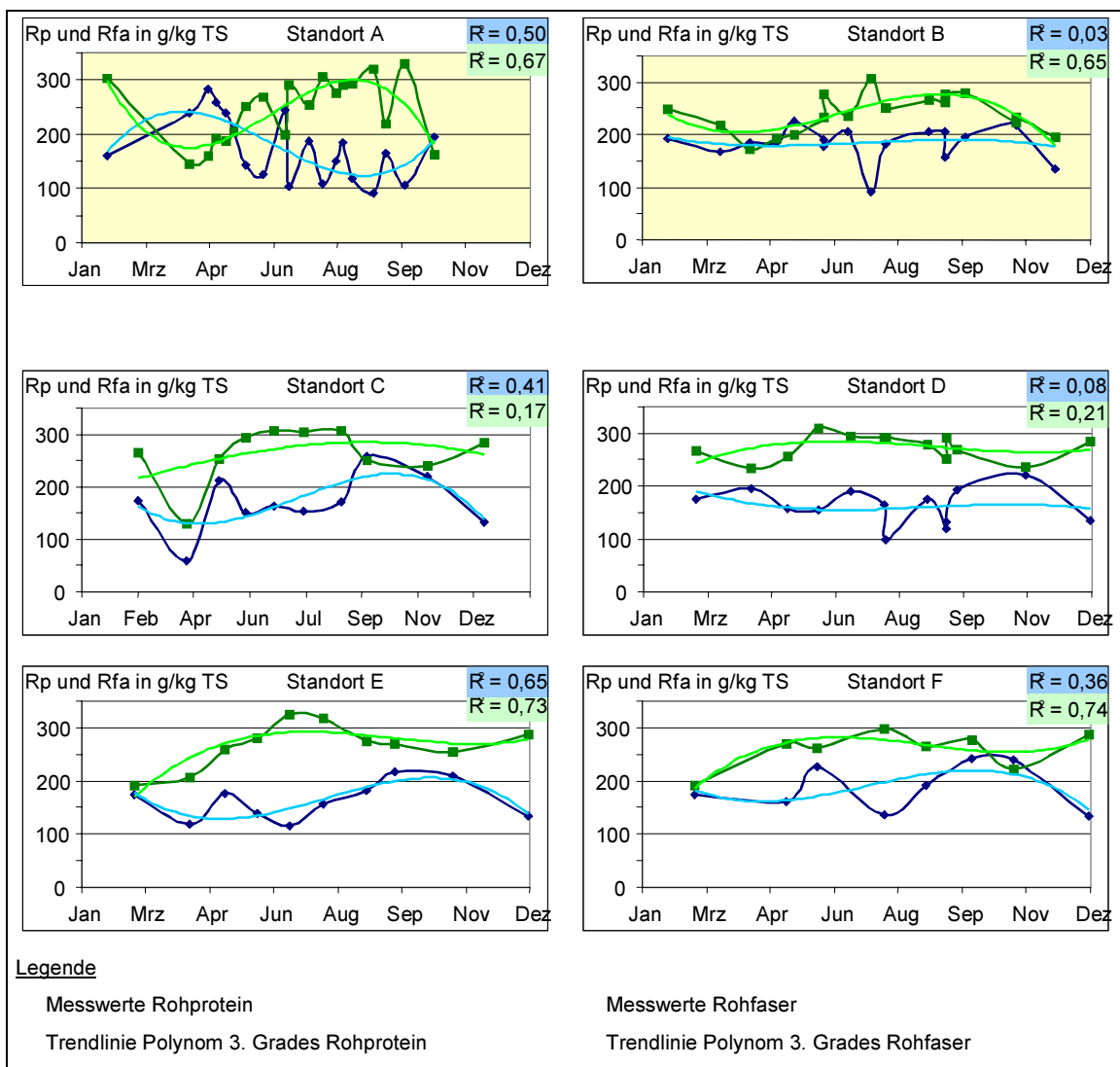


Abb. 9. Verlauf des Rohprotein- und des Rohfasergehaltes im Weidegras

## ▪ Rohfett

Die Abbildung 10 zeigt den jahreszeitlichen Verlauf des Rohfettgehaltes im Weidegras. Der Mittelwert der Rohfettgehalte aller Standorte lag bei 35,9 g/kg TS ( $s=2,8$  g/kg TS). Die beiden Sandstandorte lagen oberhalb, die Moorstandorte unterhalb des Gesamtmittelwertes. Ein für alle Standorte einheitlicher jahreszeitlicher Verlauf ließ sich nicht ermitteln. Allerdings reichten die Fallzahlen der Standorte C bis F für eine Trendanalyse nicht aus, um Maxima im Frühjahr bzw. Spätsommer statistisch absichern zu können. Die Mittelwerte der Rohfettgehalte variierten in dem Wertebereich der Literaturangaben (s. Tab. 5).

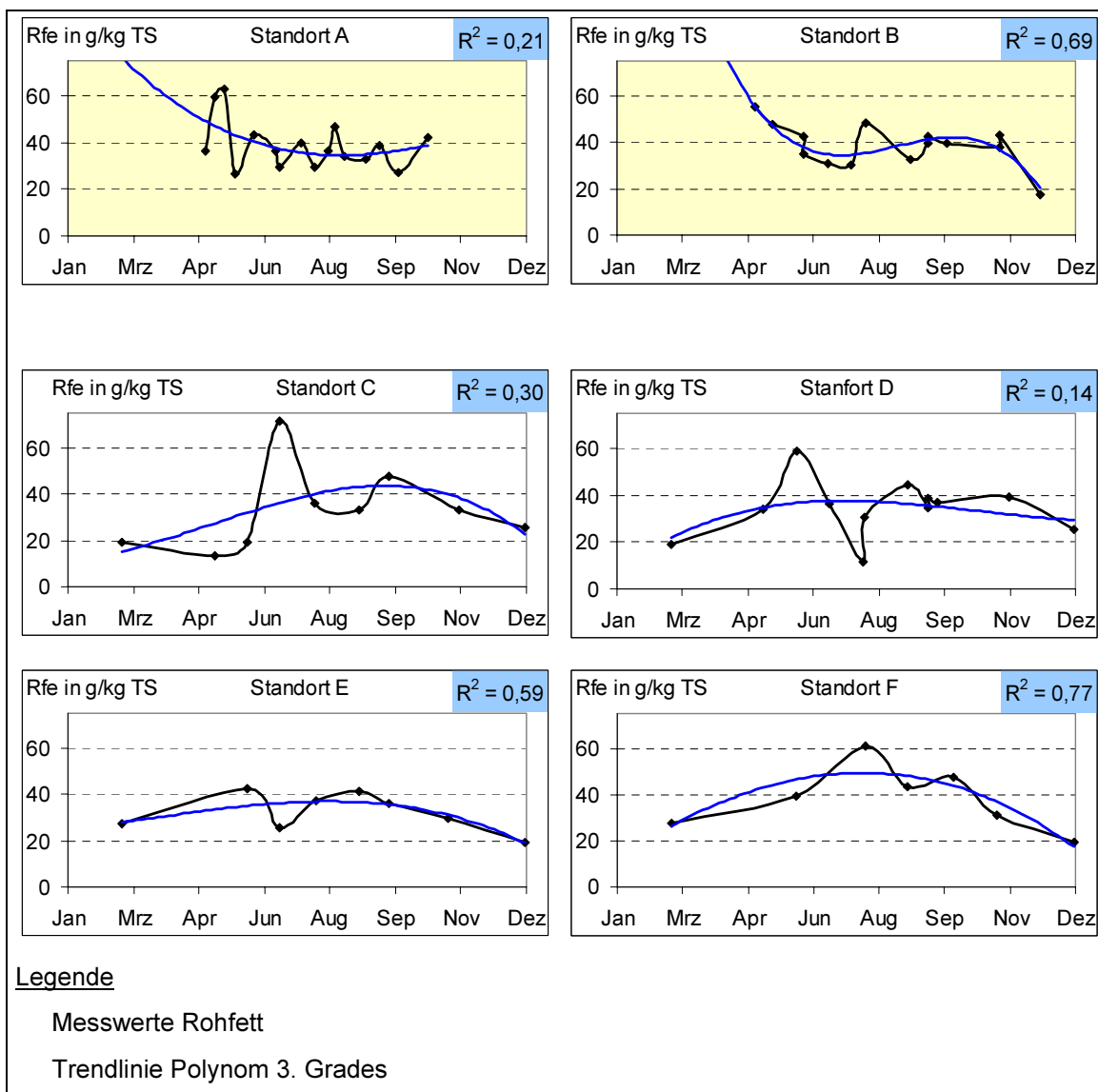


Abb. 10. Verlauf des Rohfettgehaltes im Weidegras

## ▪ Energie

Der NEL-Gehalt (Berechnung im Kapitel Material und Methoden 3.4.3 beschrieben) im Weideaufwuchs an allen sechs Standorten lag im arithmetischen Mittel bei 5,9 MJ/kg TS (s. Abb. 11). Die geringe Standardabweichung von 0,1 MJ/kg TS bestätigt einen konstanten jahreszeitlichen Verlauf. Die Vergleichswerte der Literatur konnten hier keine Bestätigung finden (s. Tab. 5). Nach KIRCHGESSNER (1992) und DLG (1997) sinken die NEL-Werte sowohl während der Saison wie auch von Schnitt zu Schnitt.

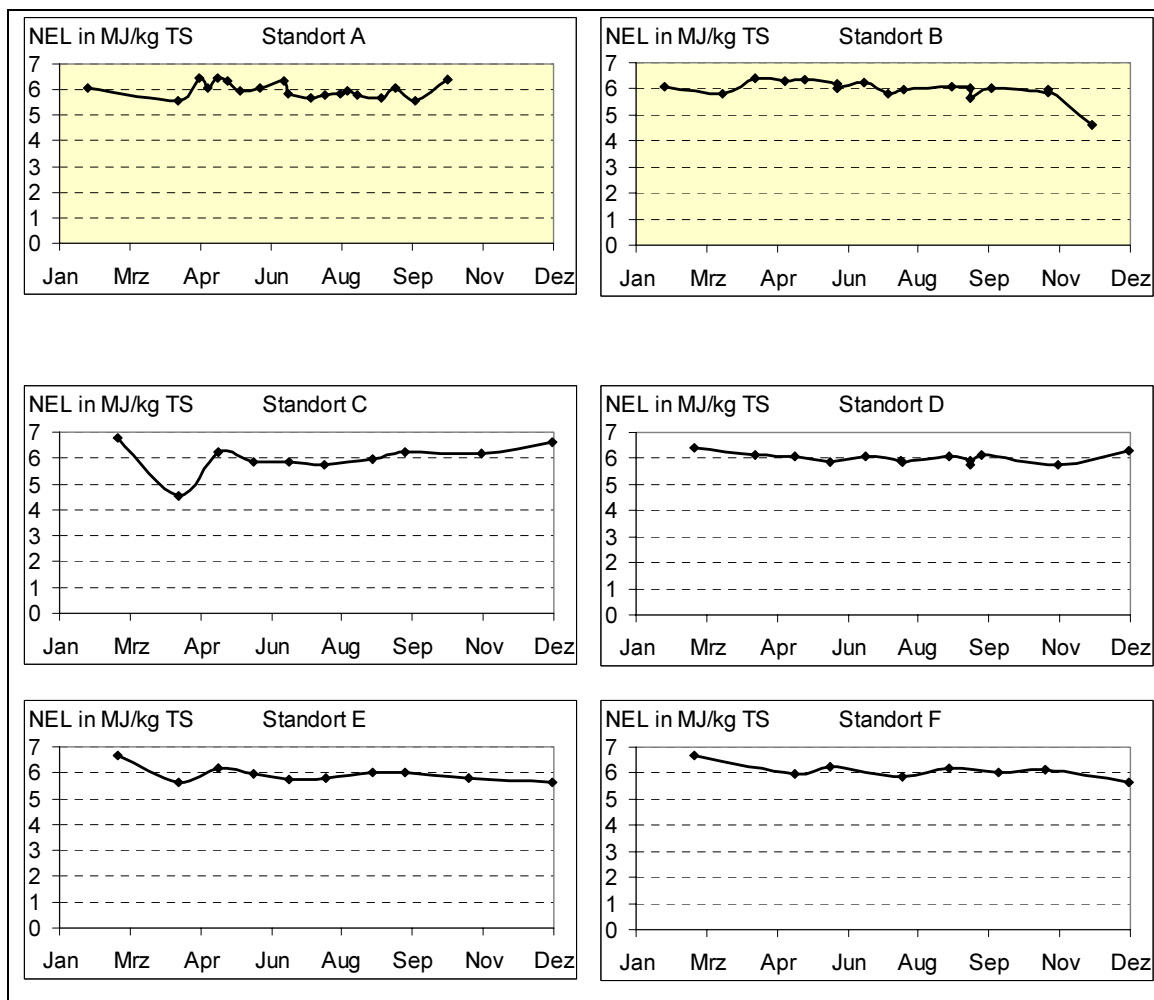


Abb. 11. Verlauf des Energiegehaltes im Weidegras



### 4.3.2 Mengenelementgehalte

#### ▪ Kalzium

Die jahreszeitliche Verteilung des Kalziumgehaltes der sechs Standorte zeigte sehr uneinheitliche Muster sowohl bzgl. der ganzjährigen Schwankungen als auch bzgl. der Verteilung der Extremwerte (Abb. 12).

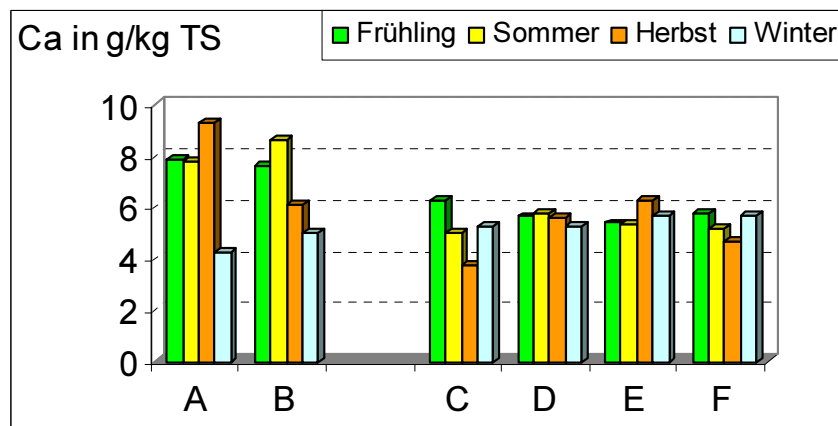


Abb. 12. Kalziumgehalt in Quartalen dargestellt

Die Kalziumwerte der sechs Weidestandorte variierten jahreszeitlich und nach Bodentyp sehr stark (Abb. 12). Im Jahresmittel lagen die Kalziumwerte auf Sandböden mit 7,5 g/kg TS über denen der Niedermoorstandorte mit 5,4 g/kg TS. Mit Ausnahme der Winterzeit hatten die Sandboden-Standorte höhere Kalziumwerte als die Niedermoor-Standorte. Die jahreszeitlichen Schwankungen auf die Standardabweichung ( $s$ ) bezogen fielen auf den Sandböden ( $s = 1,6$  g/kg TS) höher aus als auf den Niedermoorböden ( $s = 0,6$  g/kg TS). Insgesamt lagen alle Gehalte im oberen Bereich im Vergleich mit den Literaturwerten (s. Tab. 7).

#### Hypothetische Verteilung der Kalziumwerte

Aus den sich z.T. widersprechenden Literaturquellen lässt sich keine einheitliche Hypothese für den jahreszeitlichen Verlauf der Kalziumwerte ableiten. Daher seien die späteren Tests bzgl. der eigenen Untersuchung auf einen linearen resp. fehlenden und einen nicht-linearen, polynomialen (dritten

Grades) Zusammenhang aufgrund der Arbeiten von ROTH und KIRCHGESSNER (1972) bzw. TERÖRDE (1997) gerichtet.

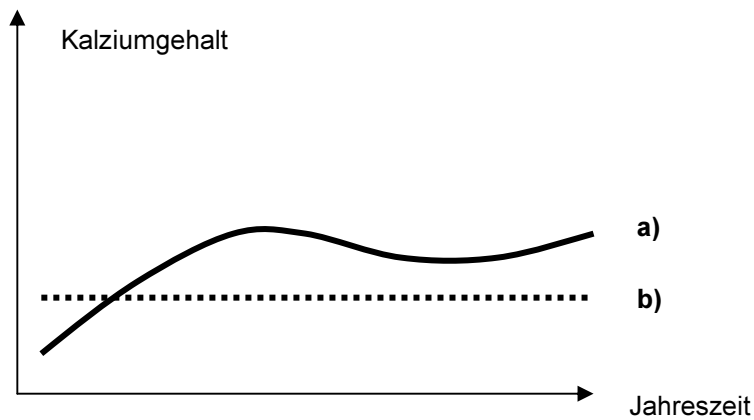
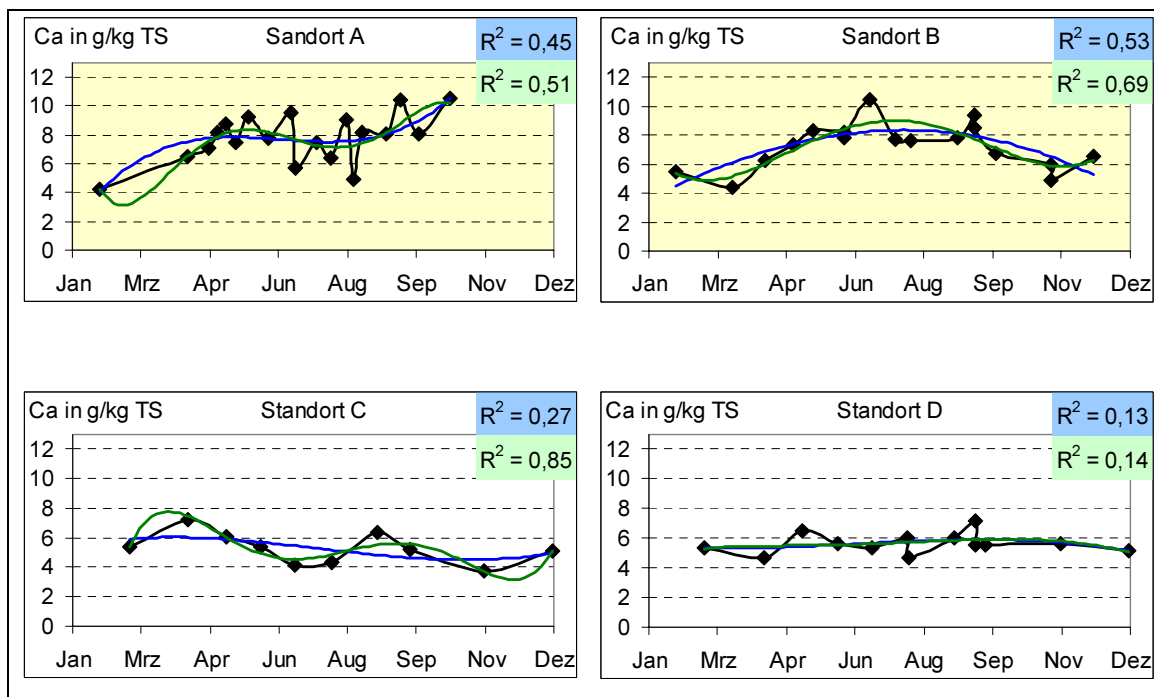


Abb. 13. Hypothetischer Verlauf des Kalziumgehaltes

#### Analyse des jahreszeitlichen Verlaufes der Kalziumwerte

Die Graphiken der Abb. 14 zeigen auf Sandböden einen saisonalen Trend mit Maximalwerten im Sommer. Niedermoorböden zeigten dagegen einen jahreszeitlich unabhängigen Verlauf.



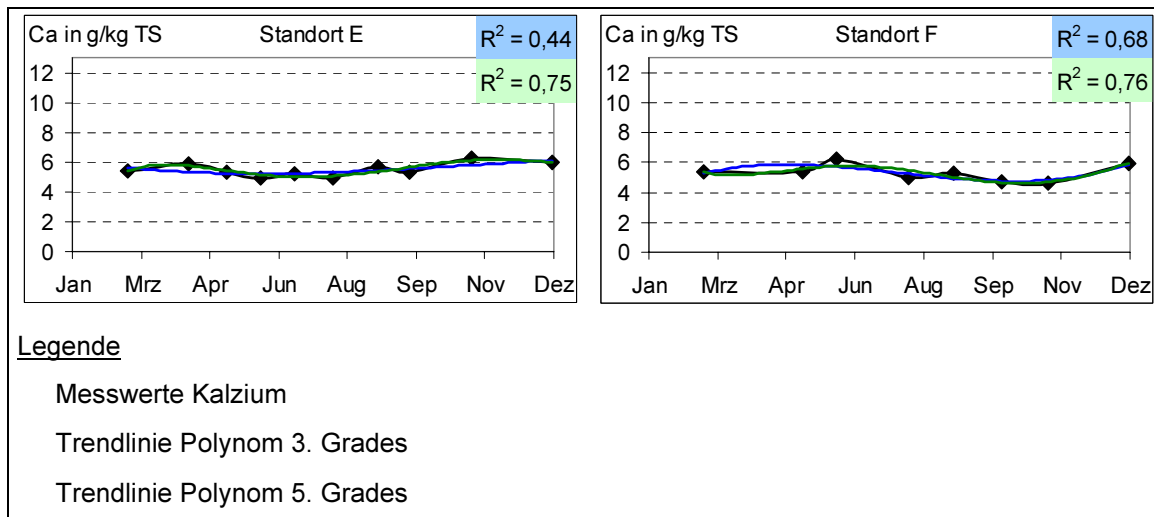


Abb. 14. Jahreszeitlicher Verlauf des Kalziumgehaltes im Weidegras

### ▪ Phosphor

Die Phosphorgehalte der sechs Standorte zeigten weitgehend übereinstimmende Werte. Maximale Werte wurden im Frühjahr gemessen, mit zunehmendem Vegetationsverlauf sanken die Werte um 25-50% ab. Hiervon ausgenommen waren die Standorte E und F, die überwiegend gleich bleibende Werte aufwiesen (Abb. 15).

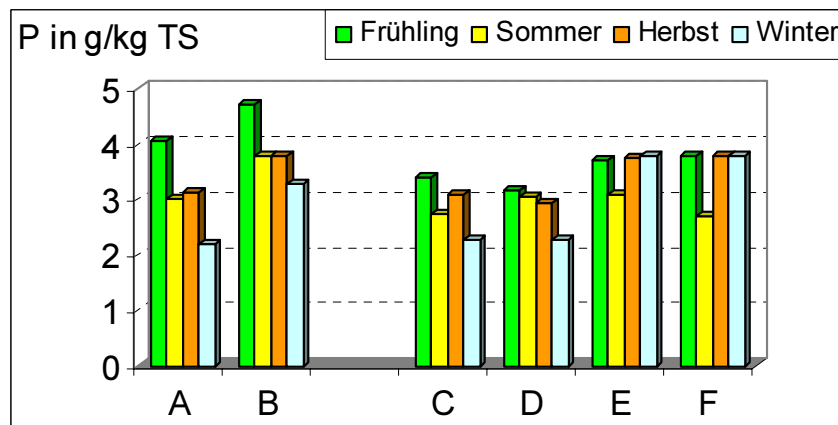


Abb. 15. Phosphorgehalt in Quartalen dargestellt

Der Mittelwert der Phosphorgehalte aller Standorte lag bei 3,4 g/kg TS ( $s=0,4$  g/kg TS). Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Bodenarten waren nicht auszumachen. Die Phosphorgehalte lagen in dem Bereich, der in der Literatur angegeben wird (s. Tab. 9).

### Hypothetische Verteilung der Phosphorwerte

Trotz unterschiedlicher Pflanzenzusammensetzung auf den Weiden und anderer Einflussgrößen (u.a. Bodenarten, Bodenfeuchte) kann von einem einheitlichen Modell des jahreszeitlichen Ganges von Phosphorgehalten ausgegangen werden. Es stellt sich nach den bisherigen Ergebnissen der Literaturquellen überwiegend als eine eingipflige Verteilung folgenden Typs dar.

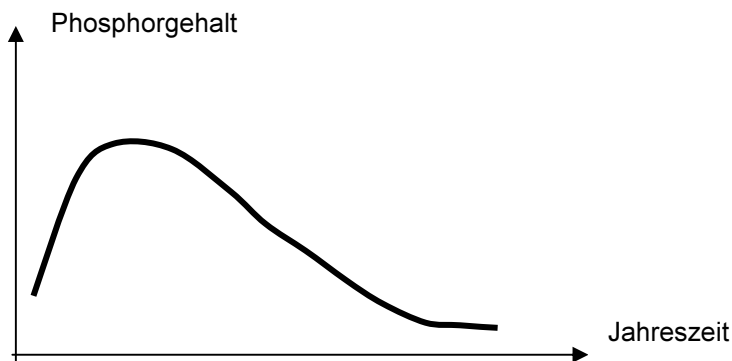


Abb. 16. Hypothetischer Verlauf des Phosphorgehaltes

### Analyse des jahreszeitlichen Verlaufes der Phosphorwerte

Der jahreszeitliche Verlauf der Phosphorgehalte wurde mit einem Polynom dritten Grades getestet (Abb. 17). Die Bestimmtheitsmaße lagen im Mittel bei nur 20%. Setzte man ein Polynom fünften Grades an, d.h. einen Test auf eine zweigipflige Verteilung, erhöhte sich die Varianz auf das bis zu Dreifache. Statistisch wurde hiermit deutlich, dass eine zweigipflige Verteilung eine angemessene Beschreibung der Werte darstellt und damit neben den hohen Werten im Frühjahr ebenfalls hohe Werte im Herbst verlaufstypisch sind.

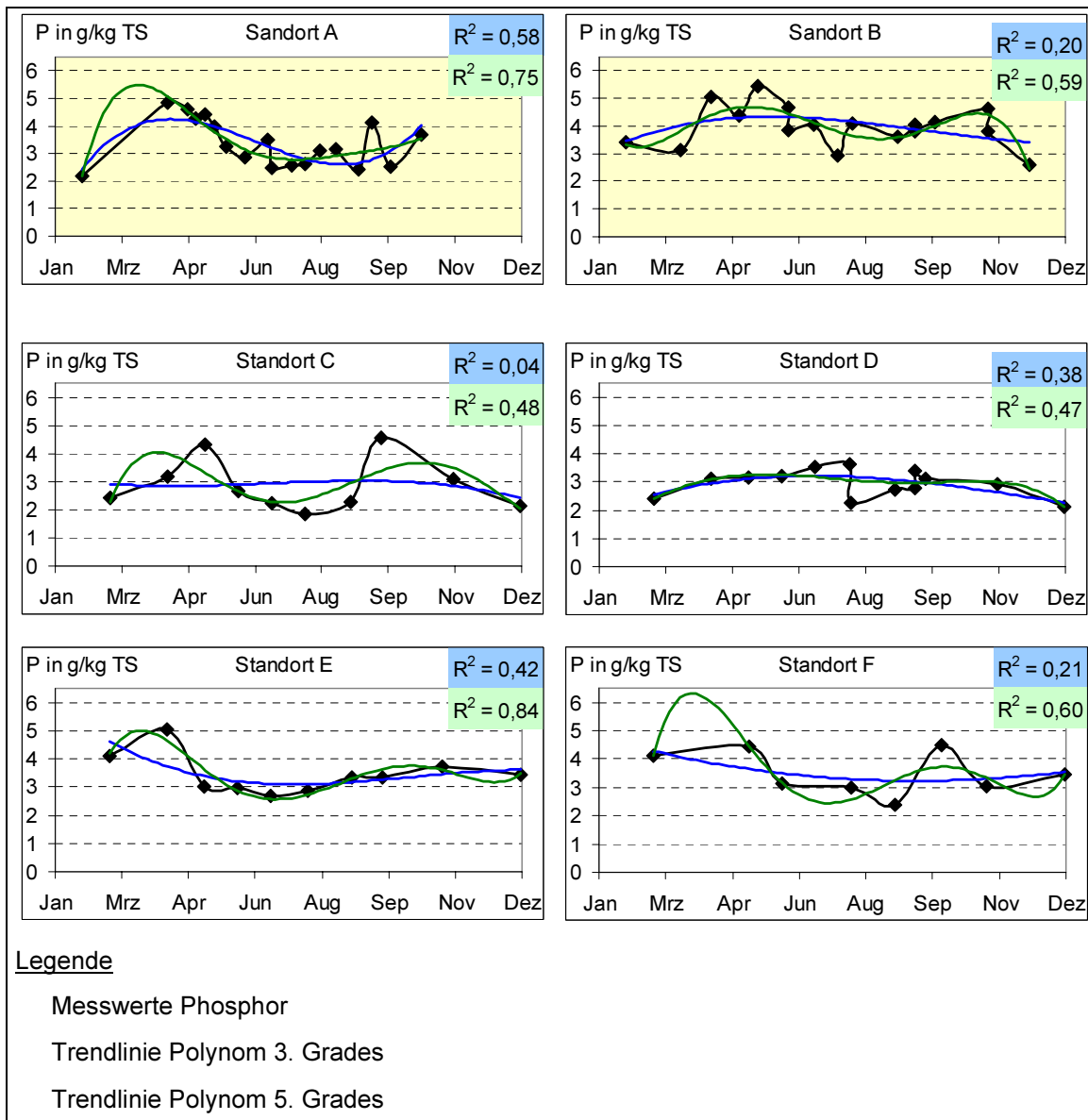


Abb. 17. Jahreszeitlicher Verlauf des Phosphorgehaltes im Weidegras

### ▪ Natrium

Fünf der sechs Standorte zeigten in sofern einheitliche Verteilungen der Natriumgehalte, als im Winter die niedrigsten Werte und im Sommer die höchsten Werte vorlagen (Abb. 18).

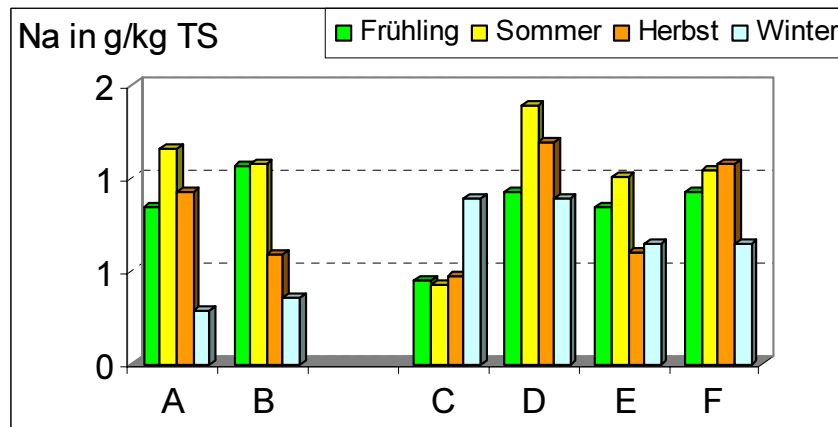


Abb. 18. Natriumgehalt in Quartalen dargestellt

Die Mittelwerte der Standorte lagen bei 0,8 g/kg TS. Anhand der geringen Standardabweichung von 0,2 g/kg TS wurde deutlich, dass die Unterschiede zwischen den verschiedenen Standorten und somit auch zwischen den verschiedenen Bodentypen minimal waren. Die jahreszeitliche Streuung bezogen auf die jeweiligen Standorte lag bei 0,4 g/kg TS, d.h. die jahreszeitliche Variation war groß. Die ermittelten Natriumgehalte waren vergleichbar mit denen der Literatur (s. Tab. 11).

#### Hypothetische Verteilung der Natriumwerte

Die Literaturrecherche ergab ein uneinheitliches Bild der Verteilung der Natriumwerte über das Jahr. Sowohl Anstiege, Abstiege wie auch jahreszeitlich unabhängige Verläufe der Natriumgehalte während der Vegetationsperiode wurden beschrieben (Abb. 19 a-c). Von diesen Alternativen ist ein Anstieg während der Vegetationsperiode deswegen als wahrscheinlich anzunehmen, weil hohe Kaliumgehalte die Natriumaufnahme der Pflanze verhindern (vgl. Kaliumgehalte). Wird dieser Anstieg in ein Ganzjahresmodell eingepasst wird ein Polynom dritten Grades als typische Verteilung für Natrium erwartet (d.

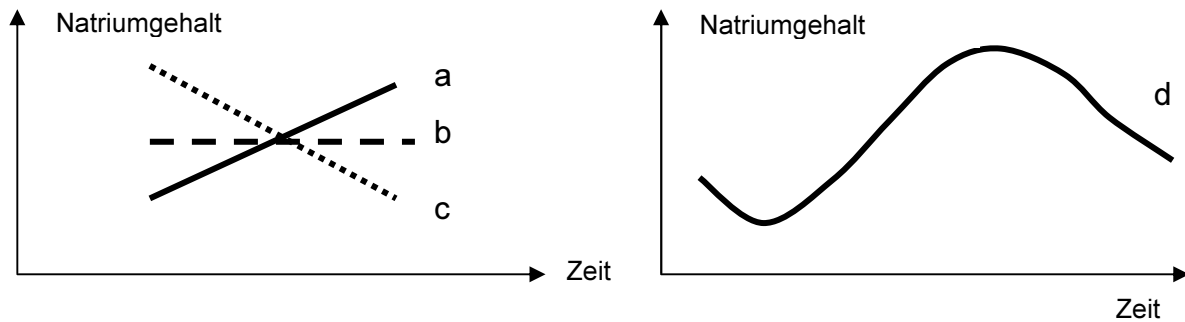


Abb. 19. Hypothetischer Verlauf des Natriumgehaltes

### Analyse des jahreszeitlichen Verlaufes der Natriumwerte

Der Test auf ein Polynom dritten Grades bestätigte statistisch die Hypothese „d“ bzgl. eines Maximums und eines Minimums mit Bestimmtheitsmaßen um 50% bei fünf der sechs Standorte. Danach nahm im Laufe der Vegetationsperiode der Natriumgehalt bis zum Sommer zu und im Spätherbst wieder ab. Einen Varianzsprung auf bis zu 72% erhielt man für drei Standorte, wenn ein Polynom mit zwei Maxima gerechnet wurde. Eine Ausnahme bildete der Standort C, der deutlich geringere Werte und während der Vegetationsperiode kaum Veränderungen aufwies.

Für diese Auswertungen wurden für Standort A zwei und Standort D drei „Ausreißer“ eliminiert, da sie zwar im Trend richtig, aber viel zu hoch gemessen wurden. Würden die „Ausreißer“ dem Trend nach einbezogen, wäre das Polynom dritten Grades einheitlich als typisch gegeben.

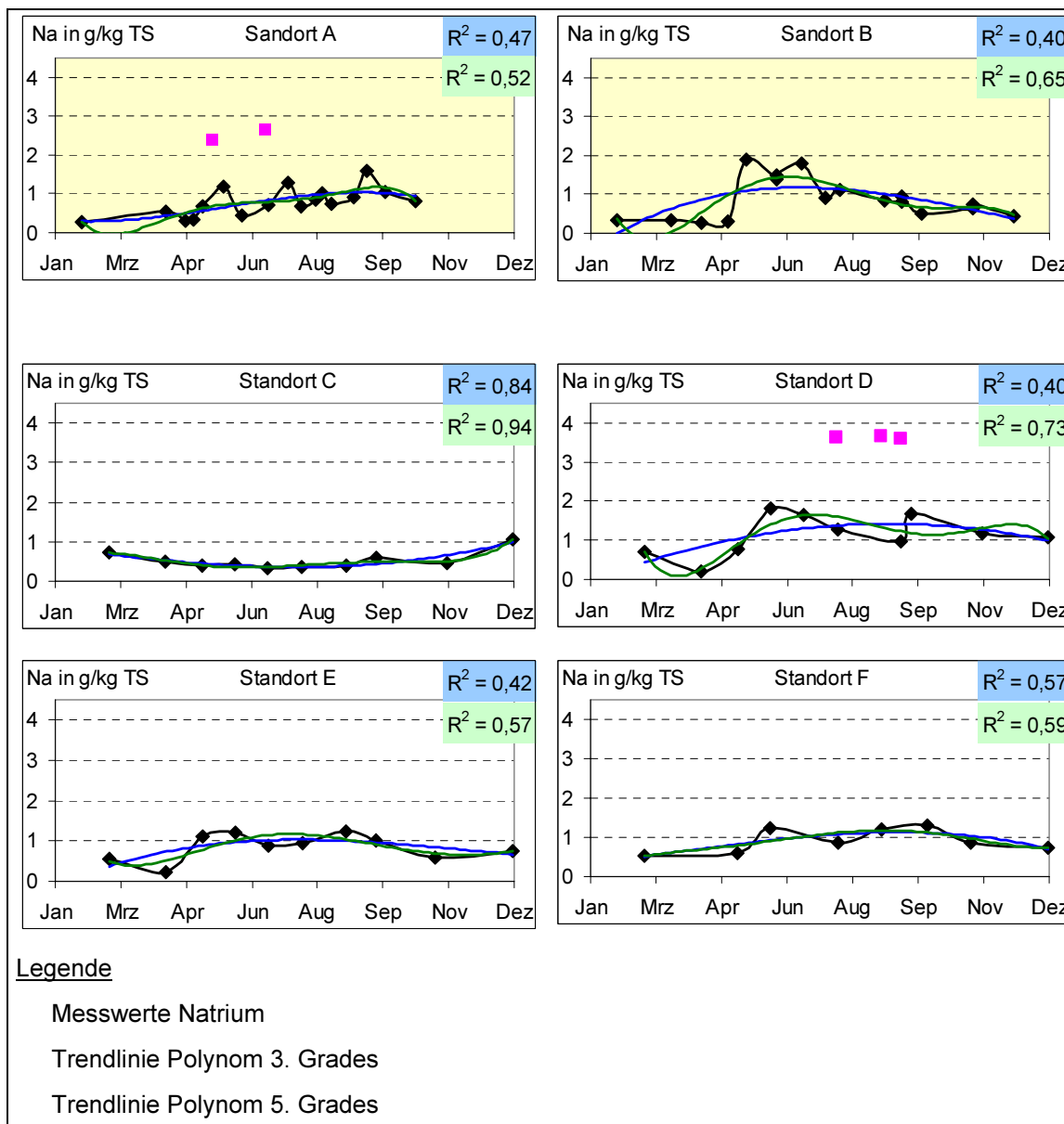


Abb. 20. Jahreszeitlicher Verlauf des Natriumgehaltes im Weidegras

### ▪ Kalium

Bei quartalsweiser Betrachtung der Kaliumwerte ergab sich für alle Standorte ein nahezu homogenes Verteilungsmodell mit hohen Werten im Frühjahr und niedrigen im Winter (Abb. 21).



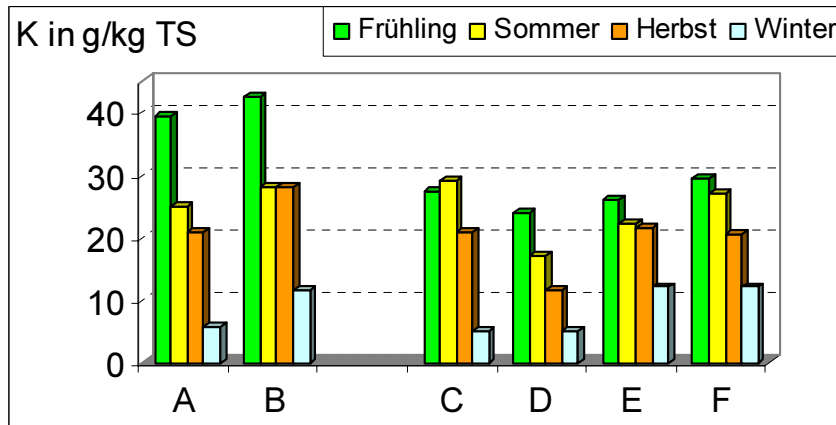


Abb. 21. Kaliumgehalt in Quartalen dargestellt

Der Mittelwert aller Standorte lag bei 24,4 g/kg TS ( $s=5,9$  g/kg TS). Auf Sandboden lagen die Mittelwerte der Kaliumgehalte um 33% höher als die auf Niedermoorboden. Die gemessenen Werte deckten sich mit den in der Literatur angegebenen (s. Tab. 13).

#### Hypothetische Verteilung der Kaliumwerte

Wie in der Literaturlauswertung diskutiert, ergaben sich für den jahreszeitlichen Verlauf divergierende Aussagen, die für das Frühjahr bis zum Sommer auf- bzw. absteigende bzw. unabhängige Verläufe (a-d) beinhalteten (Abb. 22). Berücksichtigt man die unterschiedlichen Längen der Messreihen und kombiniert diese in einem Diagramm, erscheint eine ein- bzw. zweigipflige Verteilung (e bzw. f) wahrscheinlich.

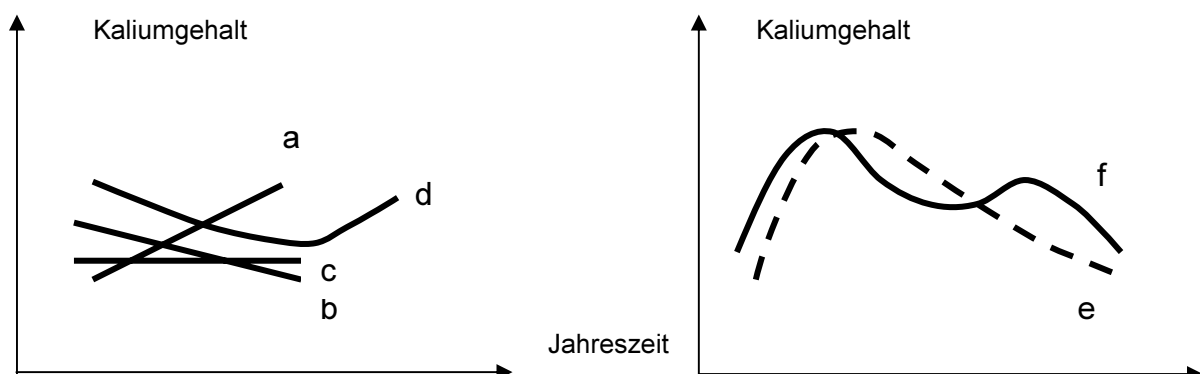


Abb. 22. Hypothetischer Verlauf des Kaliumgehaltes

### Analyse des jahreszeitlichen Verlaufes der Kaliumwerte

Der jahreszeitliche Verlauf der Kaliumwerte wurde in Abb. 23 dargestellt und zeigte dabei zwei verschiedene Verteilungsmodelle. Für alle Standorte einheitlich blieb ein Anstieg der Werte vom Winter zum Frühling auf das dreibis vierfache und ein Absinken über die Saison. Für einen solchen Verlauf ist ein Polynom dritten Grades charakteristisch. Dies traf für die Standorte A, C und D mit Bestimmtheitsmaßen von ca. 75% zu. Für die übrigen Standorte musste ein Polynom fünften Grades angenommen werden, da das Bestimmtheitsmaß sich nahezu verdoppelte, was belegt, dass ein Kaliumanstieg zum Herbst hin verlaufstypisch ist.

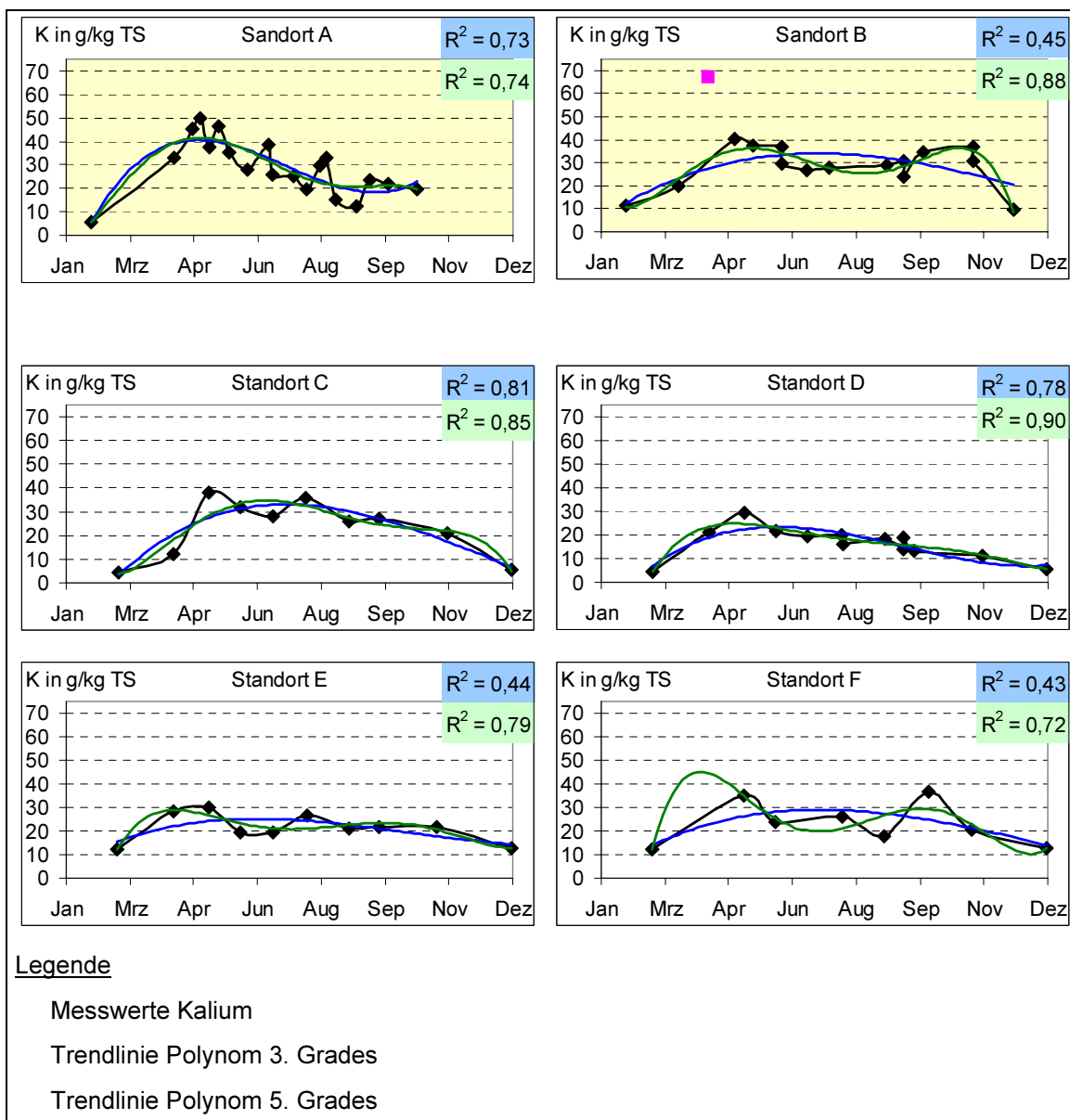


Abb. 23. Jahreszeitlicher Verlauf des Kaliumgehaltes im Weidegras

## ▪ Magnesium

Die quartalsbezogene Darstellung in Abbildung 24 zeigt, dass die Magnesiumwerte gleich bleibend hohe Gehalte von Frühling bis Herbst aufwiesen und zum Winter stark abfielen.

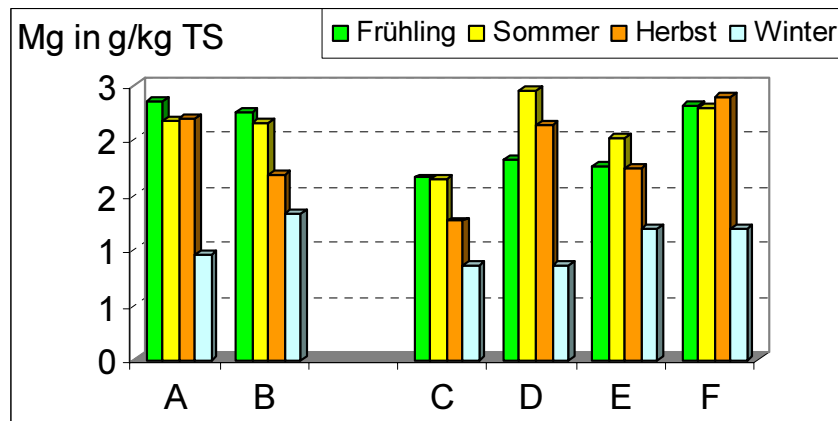


Abb. 24. Magnesiumgehalt in Quartalen dargestellt

Die Mittelwerte der Magnesiumgehalte aller Standorte lagen bei 1,9 g/kg TS ( $s=0,3$  g/kg TS). Die Standardabweichungen der einzelnen Standorte lagen im Mittel bei 0,5 g/kg TS. Die stärkeren Streuungen waren auf die niedrigen Winterwerte zurückzuführen. Zwischen den beiden Bodentypen lag kein signifikanter Unterschied vor. Alle diese Werte waren mit denen in der Literatur vergleichbar (s. Tab. 15).

### Hypothetische Verteilung der Magnesiumwerte

Aus den Literaturquellen ergab sich einheitlich folgende hypothetische jahreszeitliche Verteilung mit einem Anstieg im Frühjahr, einem ausgeprägten Plateau im Sommer und einem Abfall der Magnesiumwerte im Herbst und Winter (Abb. 25).

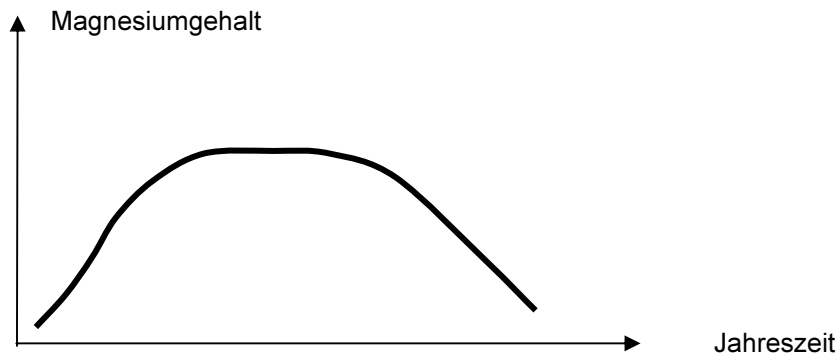
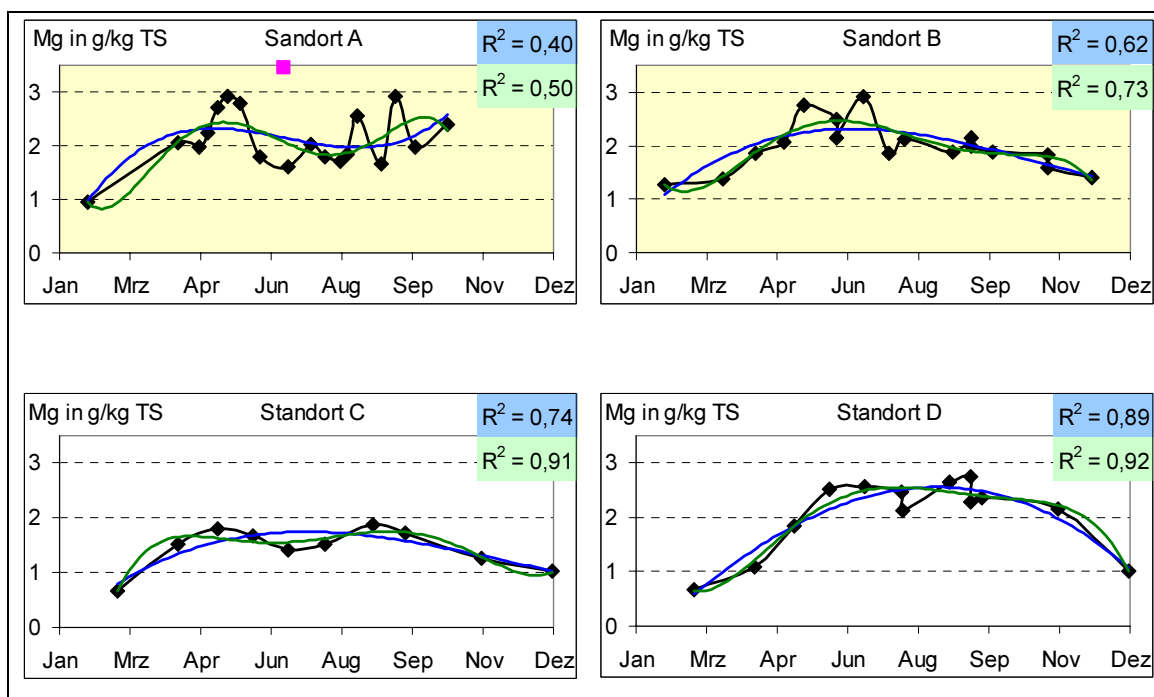


Abb. 25. Hypothetischer Verlauf des Magnesiumgehaltes

### Analyse des jahreszeitlichen Verlaufes der Magnesiumwerte

Durch hohe Bestimmtheitsmaße eines Polynoms dritten Grades wurde die Hypothese der Literatur bestätigt. Das Polynom beschreibt einen jahreszeitlichen Verlauf der Magnesiumgehalte mit Maximalwerten im Frühsommer. Um das in den Daten enthaltene Plateau von Frühling bis Herbst mit hohen Werten besser abbilden zu können, wurden die Daten anschließend mit einem Polynom fünften Grades modelliert. Hiermit konnten im Mittel 79% Varianz erzielt werden.



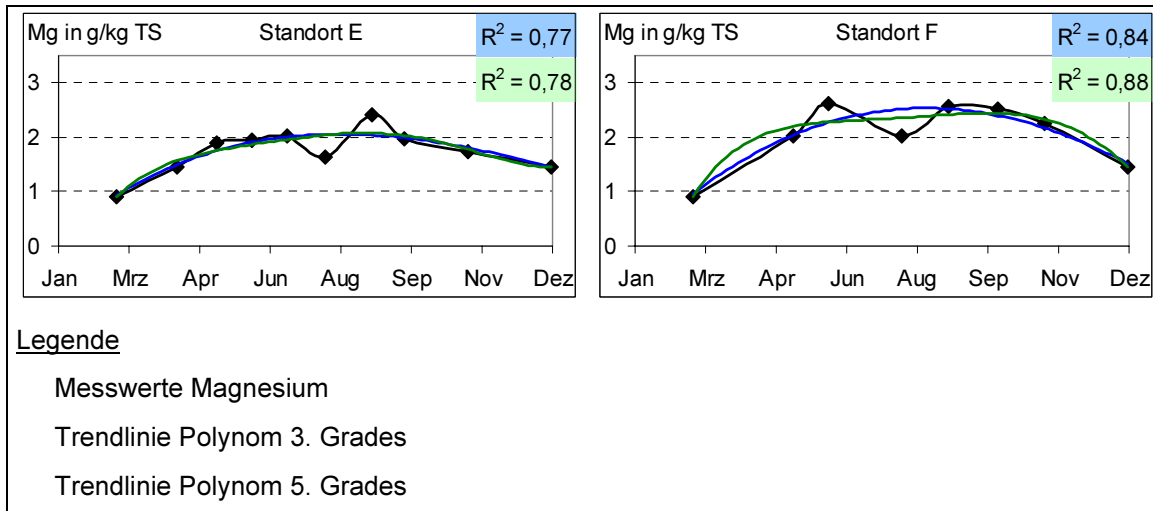


Abb. 26. Jahreszeitlicher Verlauf des Magnesiumgehaltes im Weidegras

### 4.3.3 Spurenelementgehalt im Weidegras

#### ▪ Kupfer

Fast ausnahmslos zeigten alle sechs Standorte im Frühjahr die höchsten und im Winter die niedrigsten Kupfergehalte (Abb. 27).

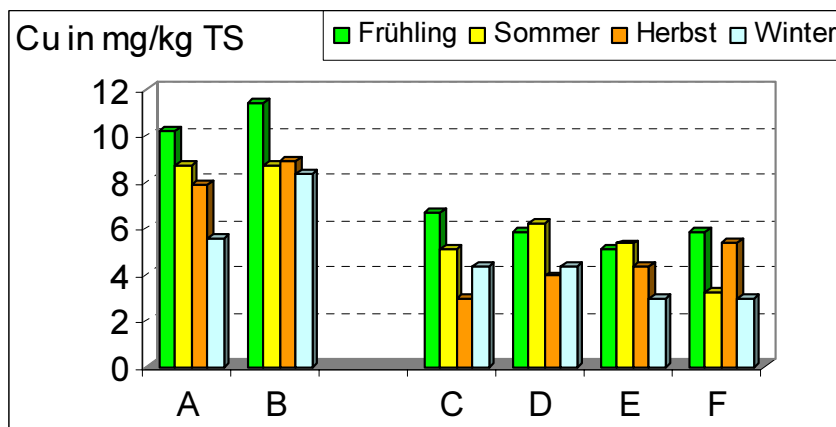


Abb. 27. Kupfergehalt in Quartalen dargestellt

Die Mittelwerte der Kupfergehalte lagen bei 6,3 mg/kg TS ( $s=1,8$  mg/kg TS). Die Mittelwerte der Sandboden-Standorte lagen mit 9,1 mg/kg TS fast doppelt so hoch wie die der Niedermoor-Standorte (5,0 mg/kg TS). Die niedrigen jahreszeitlichen Standardabweichungen der Niedermoor-Standorte ( $s=1,5$  mg/kg TS) deuteten auf ein über das Jahr gleichmäßig verteiltes Kupferangebot

hin. Für die Sandboden-Standorte traf dies nicht zu. Die in der Literatur angegebenen Werte waren höher als die hier ermittelten (s. Tab. 17).

### Hypothetische Verteilung der Kupferwerte

Eine einheitliche Hypothese aus den zuvor genannten Literaturquellen abzuleiten, fiel im Falle von Kupfer besonders schwer. Unterschiedliche jahreszeitliche Schwankungen bzw. An- oder Abstiege wurden ebenso belegt wie eine jahreszeitliche Konstanz. Die jeweiligen Literaturaussagen wurden weder mit variierenden Boden- noch unterschiedlichen Pflanzenarten begründet. Zusammenfassend sollte man auf keinen Fall auf einen linearen Zusammenhang sondern auf Polynome dritten bzw. höheren Grades testen, wobei die Amplitude gering ausfallen wird (Abb. 28).

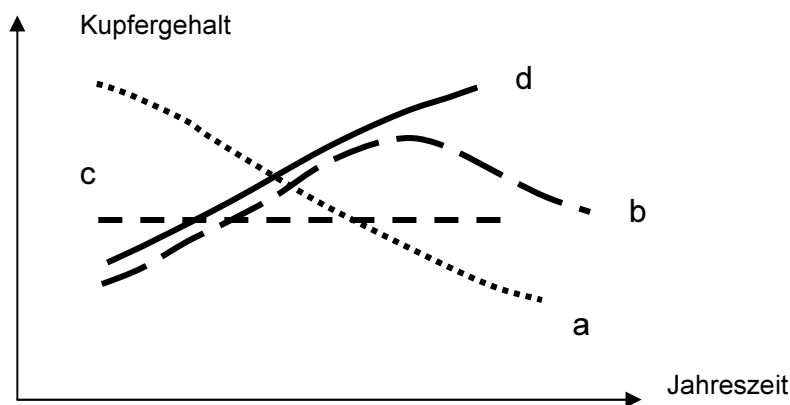


Abb. 28. Hypothetischer Verlauf des Kupfergehaltes

### Analyse des jahreszeitlichen Verlaufes der Kupferwerte

Die Graphiken der Abb. 29 zeigen einen mehr oder weniger starken Anstieg vom Winter zum Frühjahr und einen gleichmäßigen Abfall zum Herbst und Winter. Ein Polynom dritten Grades wurde mit 40-50% Varianz bestätigt. Die Varianz eines Polynoms fünften Grades war nur bei zwei Standorten signifikant höher, die durch minimal höhere Werte im Herbst verursacht werden. Damit erscheint der Verlauf von Hypothese „a“ bestätigt.

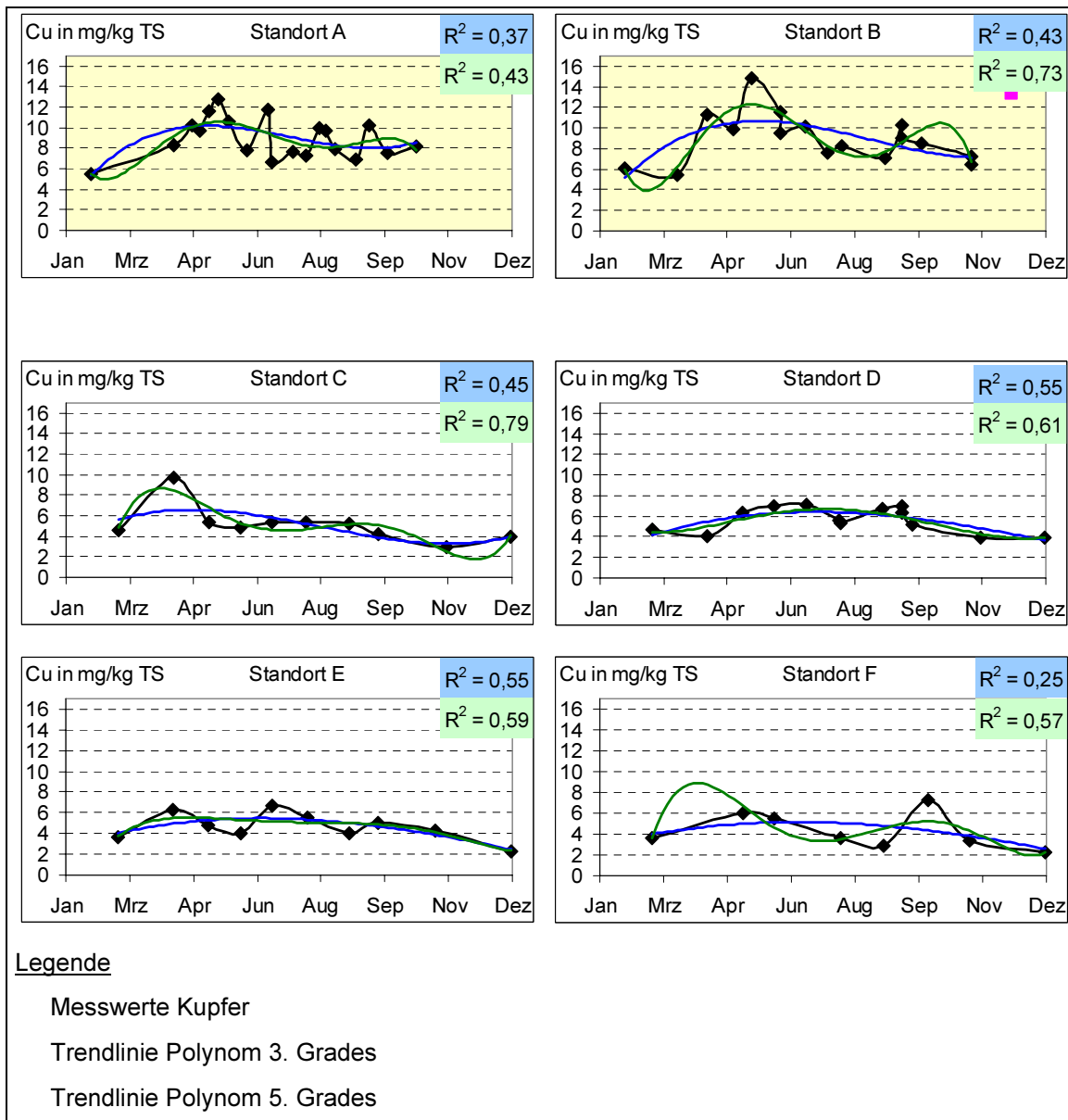


Abb. 29. Jahreszeitlicher Verlauf des Kupfergehaltes im Weidegras

### ▪ Zink

Bei quartalsweiser Darstellung der Zinkgehalte zeigte sich in vier von sechs Fällen ein jahreszeitlicher Anstieg bzw. ein kurzer Abfall im Sommer mit anschließendem kontinuierlichem Anstieg. Standort C war aufgrund zahlreicher Extremwerte (Verunreinigungen bei den Proben) für eine Diskussion nicht auswertbar, während sich die Werte auf dem Standort B mit einem stetigen Abfall (Frühjahr bis Herbst) völlig konträr verhielten (Abb. 30).

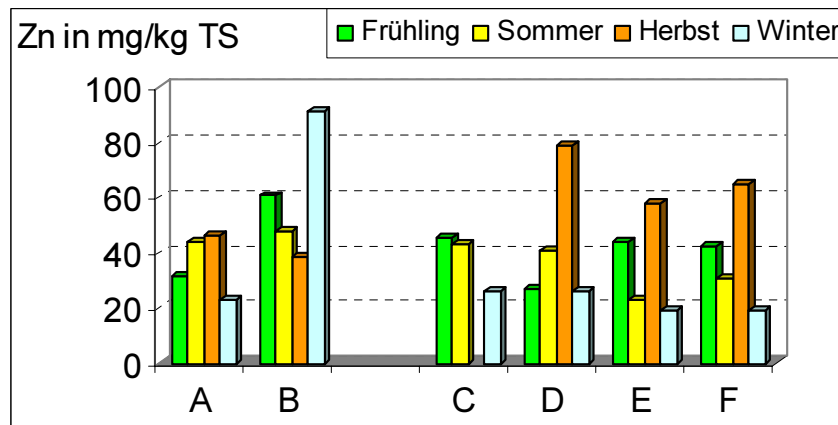


Abb. 30. Zinkgehalt in Quartalen dargestellt

Die Mittelwerte aller Standorte lagen bei 41,1 mg/kg TS mit geringer Streuung ( $s=6,1$  mg/kg TS), die daraufhin deutet, dass es keine Unterschiede zwischen den zwei Bodentypen gab. Allerdings lag die jahreszeitliche Standardabweichung der Messwerte mit 20,1 mg/kg TS hoch, d.h. es bestanden große jahreszeitliche Schwankungen. Die Mittelwerte der Literatur lagen sämtlich unterhalb der hier vorliegenden Werte (s. Tab. 19). Dies kann damit begründet werden, dass die meisten in der Literatur angegebenen Messreihen im Hochsommer enden, hier hingegen die Werte vom Herbst und Winter in die Mittelwerte mit einberechnet wurden.

#### Hypothetische Verteilung der Zinkwerte

In der Literatur werden zwei Typen von Verteilungen belegt: ein jahreszeitlicher Anstieg (Messwerte von Frühjahr bis Herbst) bzw. eine jahreszeitliche Unabhängigkeit (Abb. 31). TERÖRDE differenzierte Typ „a“ dahingehend, dass bei einem Teil ihrer Untersuchungen die Zinkgehalte erst abfielen, bevor sie ihr Maximum im Herbst erreichten (Typ c).



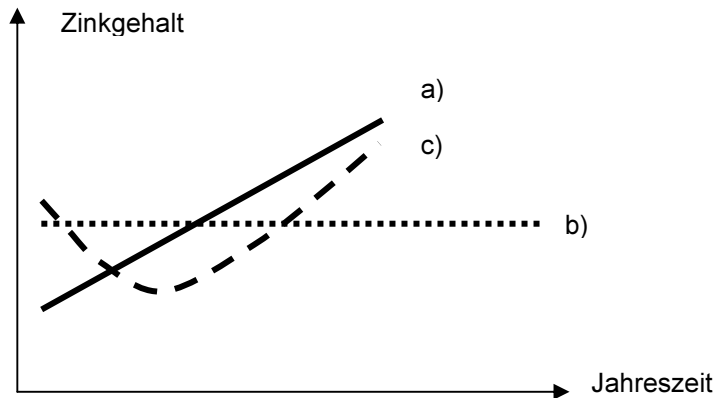


Abb. 31. Hypothetischer Verlauf des Zinkgehaltes

### Analyse des jahreszeitlichen Verlaufes der Zinkwerte

Die Messreihen waren durch einige Extremwerte belastet, die bis knapp über 300 mg /kg TS reichten. Werte über 100 mg/kg TS wurden aufgrund vergleichbarer Arbeiten ausgeschlossen. Da eine Korrelation mit den Rohaschegehalten nicht vorlag, konnte eine Verunreinigung der Proben als alleinige Ursache für die extrem hohen Werte ausgeschlossen werden. Auffallend war, dass diese Ausreißer im Herbst und Winter auftraten. Daher war es bei der Diskussion des jahreszeitlichen Verlaufes der Zinkgehalte im Weidegras sinnvoll, nur den Bereich von April bis Ende September zu betrachten. In diesem Zeitraum zeigten alle Standorte einen einheitlichen Anstieg (Polynom dritten Grades). Betrachtet man die Messreihen von März an, zeigten fünf Standorte (Ausnahme D) zunächst einen geringen Abfall (Typ c). Damit war ein Polynom fünften Grades angemessen.

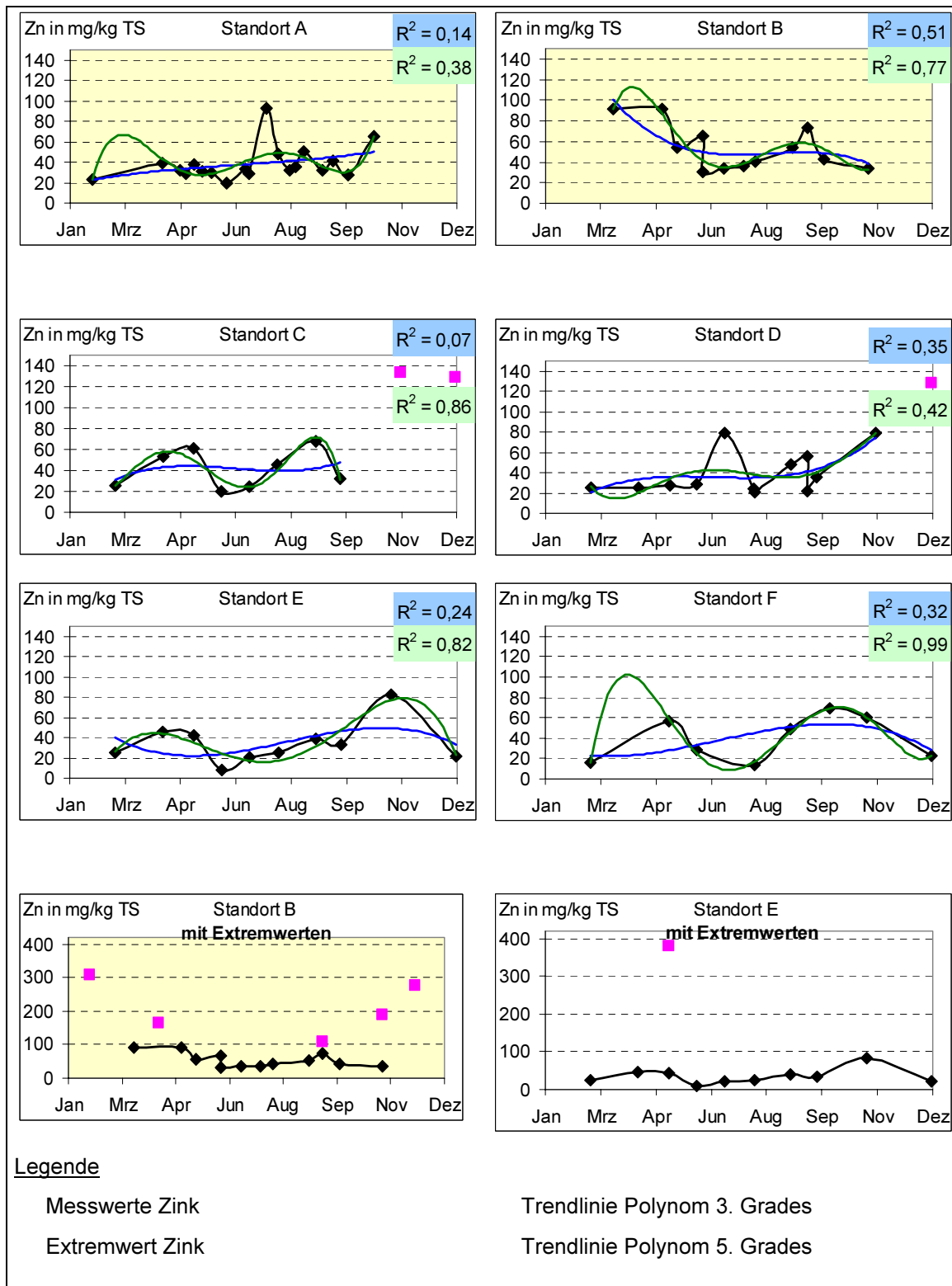


Abb. 32. Jahreszeitlicher Verlauf des Zinkgehaltes im Weidegras

▪ **Mangan**

Die quartalsweise Darstellung der eigenen Messreihen stellte ein weitgehend einheitliches, doch zur Literatur vollständig verschiedenes Bild dar. Die Werte

sanken vom Frühling zum Sommer und stiegen über den Herbst zum Winter mit den höchsten Werten an (Abb. 33).

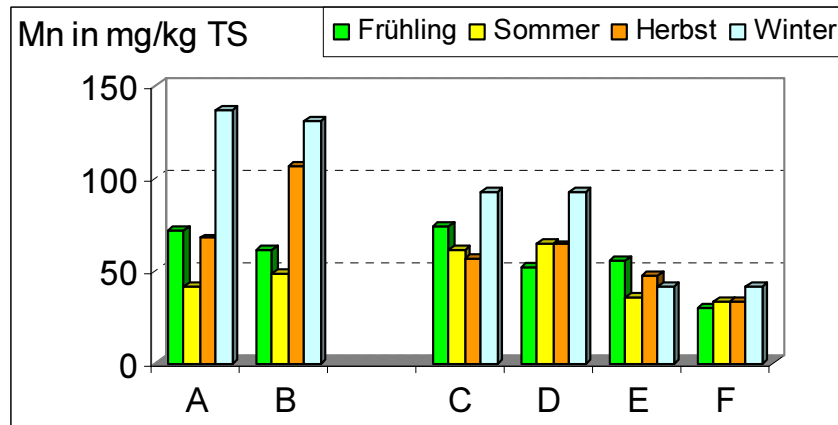


Abb. 33. Mangangehalt in Quartalen dargestellt

Die Manganwerte bewegten sich im Mittel um 57,5 mg/kg TS, mit erheblichen Abweichungen ( $s=27,9$  mg/kg TS). Ein Unterschied zwischen den beiden Bodenarten ließ sich nicht ausmachen. Die Werte wurden durch die Literatur bestätigt (s. Tab. 21).

#### Hypothetische Verteilung der Manganwerte

Die Ergebnisse der Literatur belegen keinen einheitlichen Trend in der jahreszeitlichen Verteilung der Manganwerte (Abb. 34). Zwei nahezu spiegelbildliche Verläufe werden detaillierter beschrieben (Modell a bzw. Modelle b und c).

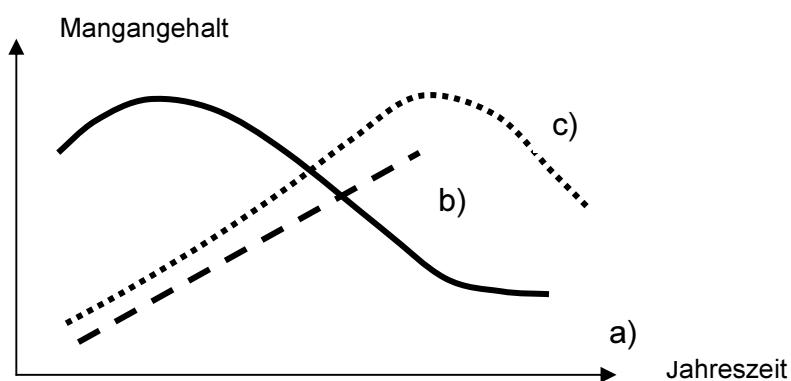


Abb. 34. Hypothetischer Verlauf des Mangangehaltes

### Analyse des jahreszeitlichen Verlaufes der Manganwerte

Die differenzierte jahreszeitliche Darstellung der Messreihen bestätigte eine U-förmige Verteilung mit einem Bestimmtheitsmaß von 60%. Diese Verteilung entsprach den Aussagen der beiden hypothetischen Typen insofern, als im Sommer geringere Werte als im Frühjahr bzw. Herbst anzunehmen waren.

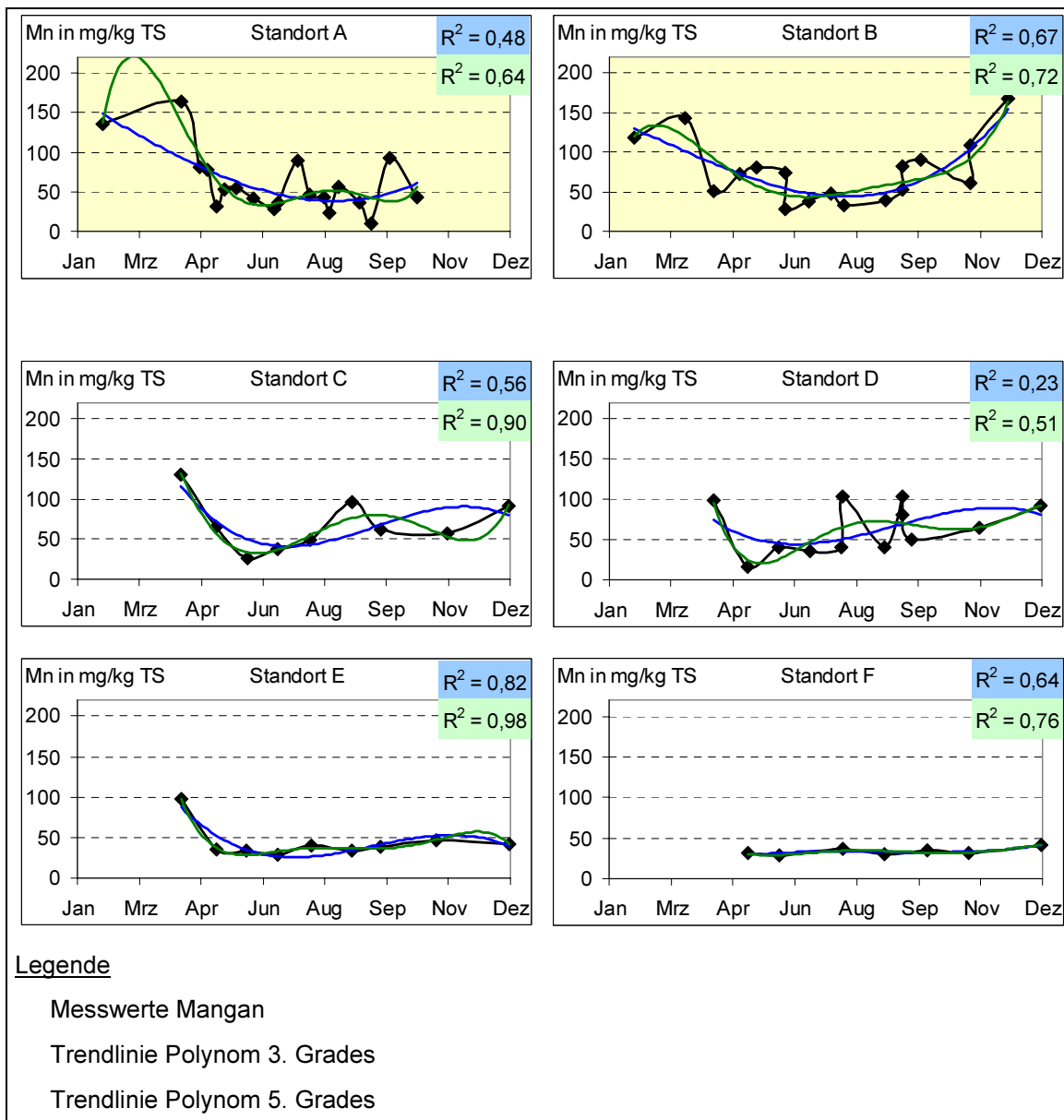


Abb. 35. Jahreszeitlicher Verlauf des Mangangehaltes im Weidegras

### ▪ Eisen

Die Eisengehalte variierten zwischen 107 und 6770 mg/kg TS. In der Literatur (s.Tab. 23) jedoch lagen die entsprechenden Werte zwischen 170 und 270

mg/kg TS, so dass zu überprüfen war, ob diese Abweichungen eher durch Kontaminationen über Regen und Erde als durch Anreicherung in den Pflanzen zustande gekommen waren. Bei einer Reinigung der Proben wären die Wertangaben der Literatur evtl. bestätigt worden; aber die Tiere nahmen die Pflanzen auch mit den „Verunreinigungen“ auf. Um diese Kontamination zu überprüfen, wurden Korrelationen zwischen den Eisen- und den Rohaschegehalten berechnet, die mit einer Ausnahme an einem Standort sämtlich über  $R^2 = 0,8$  lagen (Abb. 36). Damit galt die Verunreinigung als bestätigt.

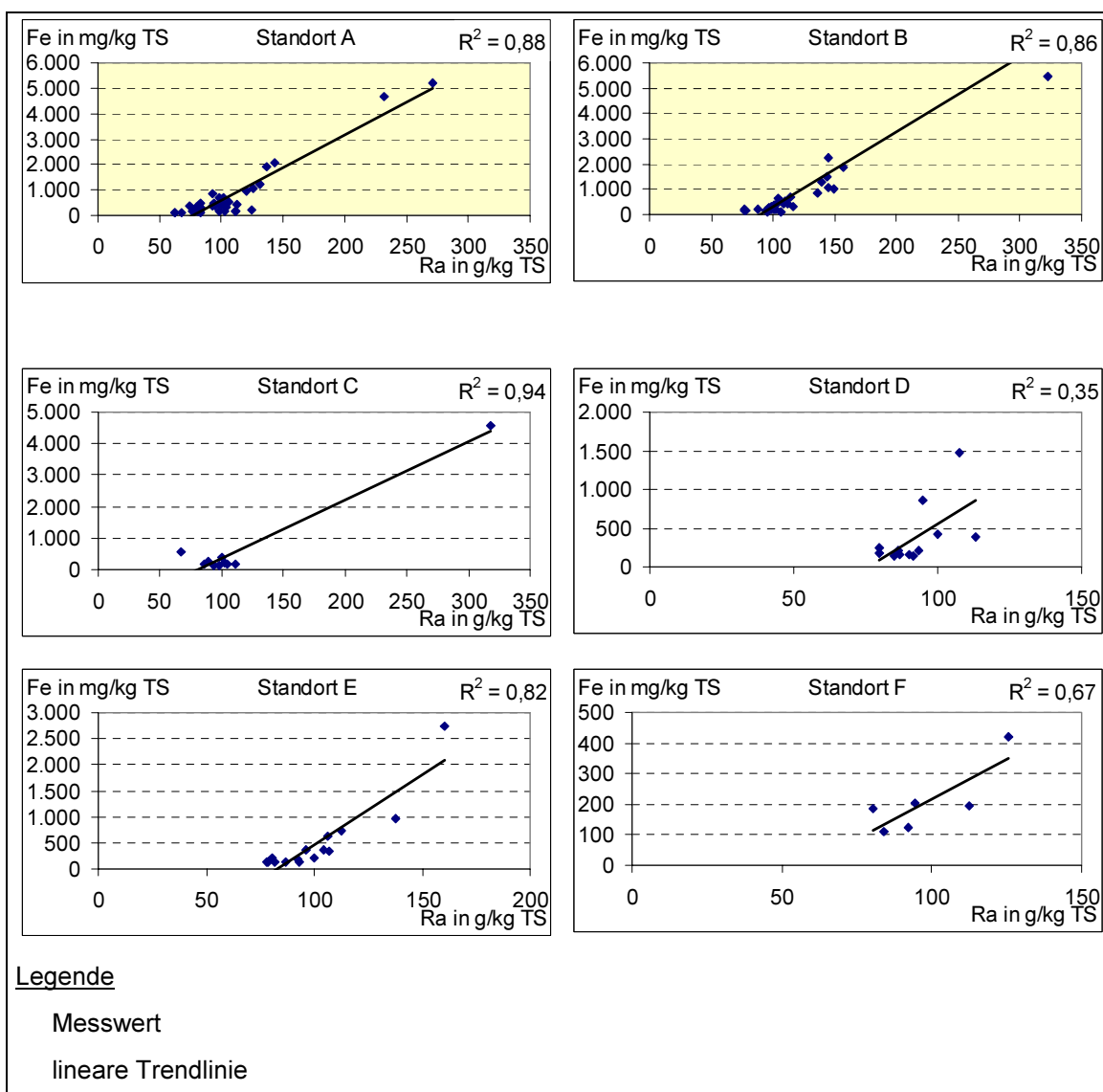


Abb. 36. Korrelation Eisen/Rohasche im Weidegras

Der Mittelwert aller Standorte, berechnet unter Ausschluss der Extremwerte ( $>1500$  mg/kg TS) lag bei  $333,1 \pm 95,3$  mg/kg TS, inklusive der Extremwerte bei  $604,3 \pm 270,1$  mg/kg TS. Die Mittelwerte auf den Sandbodenstandorten lagen um 25% höher als auf den Niedermoorstandorten.

#### Hypothetische Verteilung der Eisenwerte

Die Literaturaussagen legen einen Trend nahe, der einen jahreszeitlichen Anstieg wiedergibt, im Frühjahr jedoch leicht sinkende Werte einschließt (Abb. 37).

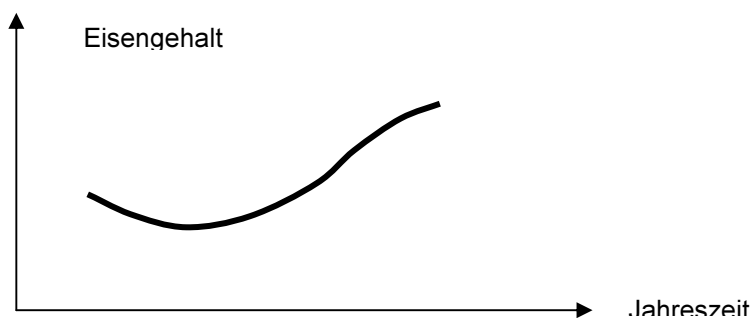


Abb. 37. Hypothetischer Verlauf des Eisengehaltes

#### Analyse des jahreszeitlichen Verlaufes der Eisenwerte

Ein leichter Anstieg der Gehalte im Verlaufe der Vegetationsperiode zeichnete sich ab unter der Voraussetzung, dass die Extremwerte ausgeschlossen wurden (Abb. 38). 21% der Werte überschritten den toxischen Bereich von über 500 mg/kg TS Fe. Aufgrund der gesamten Datensituation war ein Verteilungstest über Polynome nicht angezeigt.

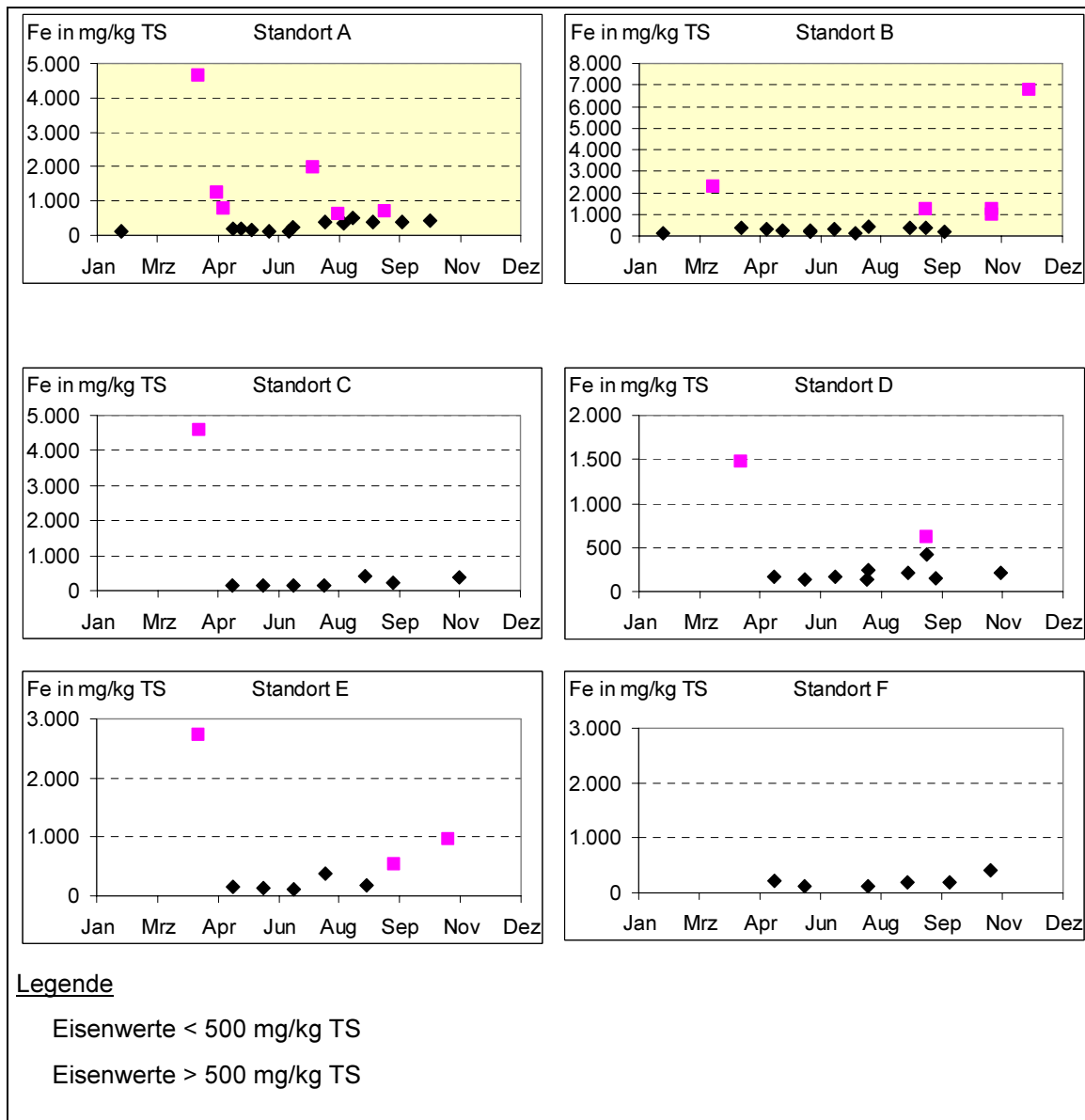


Abb. 38. Jahreszeitlicher Verlauf des Eisengehaltes im Weidegras

## ▪ Selen

### Empirische Verteilung der Selenwerte

Bereits bei quartalsweiser Betrachtung reflektierten alle Standorte ein U-förmiges Verhalten. Für den Winterbereich ergaben sich Unterschiede zwischen Sandboden- und Niedermoorstandorten. Auf Sandboden wurden die niedrigsten Werte, auf Niedermoor die höchsten Werte gemessen. Der Unterschied zwischen den Standorten war ein Artefakt, da die Messreihen im Winterquartal nicht zu den gleichen Zeitpunkten erhoben werden konnten. Dies hatte zur Folge, dass im Falle der Sandboden-Standorte die Messwerte dem Frühjahr

und die der Niedermoor-Standorte dem Herbst zuzuordnen waren. Allerdings bestand eine hohe positive Korrelation zwischen den gemessenen Selenkonzentrationen im Gras und dem Rohaschegehalt derselben Probe.

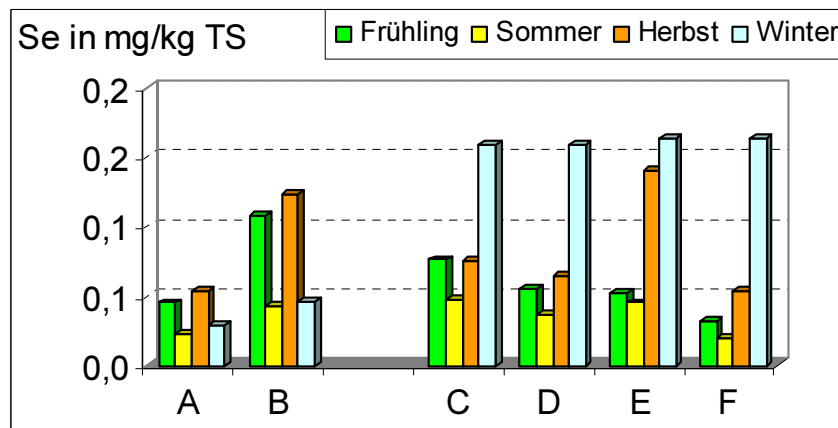


Abb. 39. Selengehalt in Quartalen dargestellt

Die Mittelwerte der sechs Messreihen lagen bei 0,071 ( $s=0,02$  mg/kg TS). Ein Unterschied in den Bodenarten war nicht signifikant. Hohe jahreszeitliche Schwankungen waren durch eine durchschnittliche Standardabweichung von 0,05 mg/kg TS belegt. Die Werte lagen im unteren Bereich der in der Literatur angegebenen Mittelwerte (s. Tab. 25).

#### Hypothetische Verteilung der Selenwerte

In der Literatur wird die jahreszeitliche Verteilung der Selengehalte auf Weiden über unterschiedlich lange Zeiträume beschrieben. In der Kombination der Aussagen hierüber ergibt sich insgesamt eine U-förmige Verteilung mit hohen Werten im Frühjahr, einem anschließenden raschen Abfall und einem kontinuierlichen Anstieg der Selenwerte zum Winter (Abb. 40).



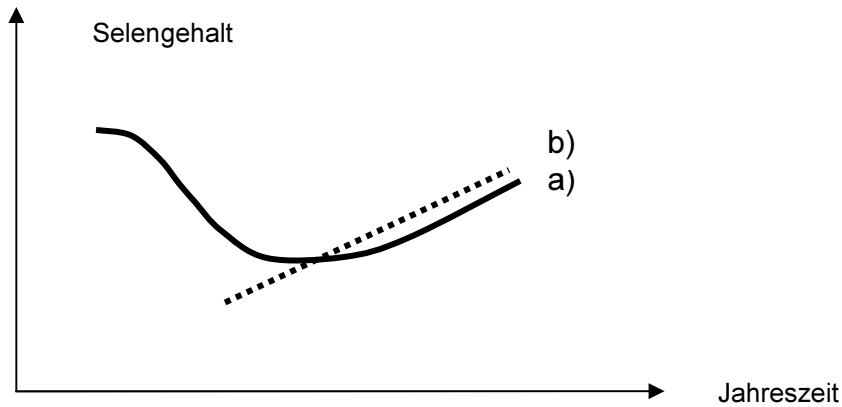
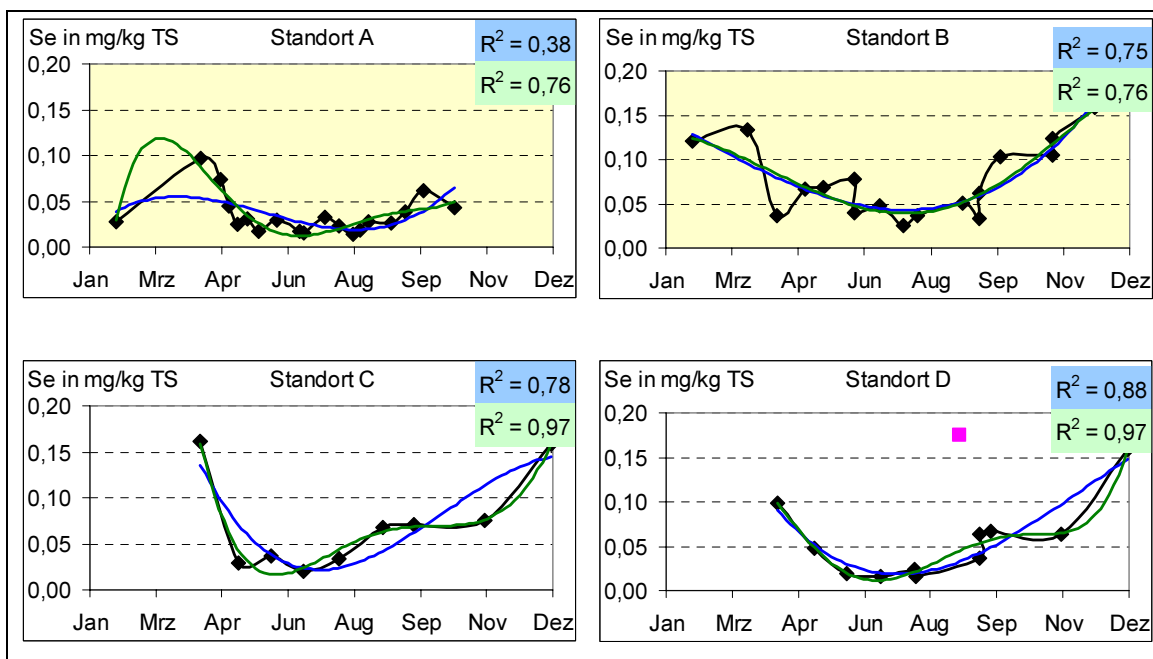


Abb. 40. Hypothetischer Verlauf des Selengehaltes

### Analyse des jahreszeitlichen Verlaufes der Selenwerte

Obwohl die Werte jahreszeitlich insgesamt niedrig lagen, ließ sich eindeutig ein Trend mit zum Jahresende steigenden Selenwerten nachweisen. Einheitlich für alle Standorte galt, dass die niedrigsten Selenkonzentrationen im Juli ermittelt wurden. Der Gesamtverlauf wurde mit Hilfe eines hohen Bestimmtheitsmaßes von mindestens 75% (ausgenommen Standort A) durch ein Polynom dritten Grades belegt (Abb. 41).



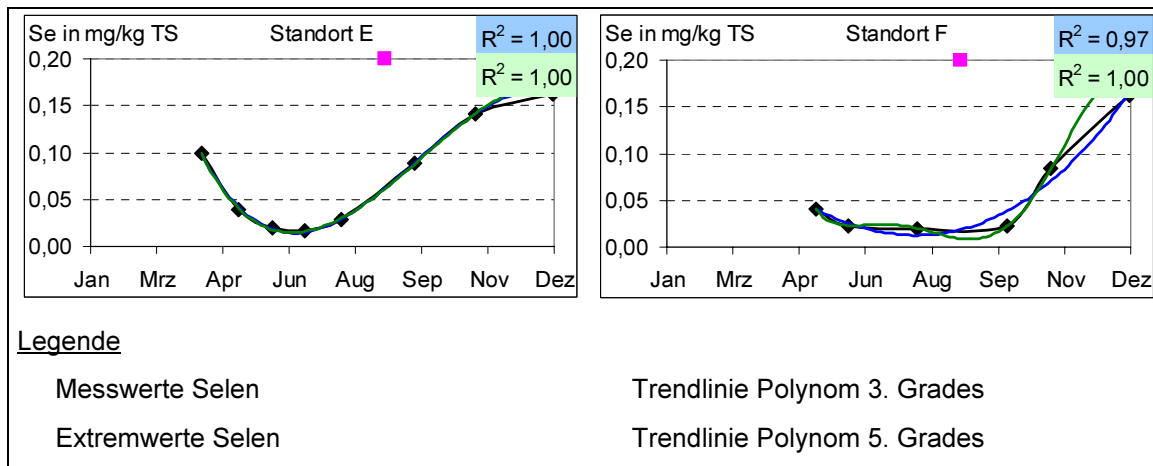


Abb. 41. Jahreszeitlicher Verlauf des Selengehaltes im Weidegras

## 4.4 Inhaltsstoffe des Winterfutters

Während der Winterfütterung erhielten die Tiere je nach Standort Heu, Stroh und Silage in unterschiedlicher Menge. In den nachfolgenden Tabellen (Tab. 33-35) werden die Inhaltsstoffe des Raufutters dargestellt, um die Versorgungslage der Tiere über das gesamte Jahr beurteilen zu können.

### 4.4.1 Nährstoff- und Energiegehalt im Grundfutter

Das qualitativ wertvollste Winterfutter stellte Silage dar, gefolgt von Heu und Stroh. Die Standardabweichungen im Rohprotein von Stroh und Silage waren vergleichsweise gering, während bei Heu mit mittleren Abweichungen von ca. 30 g/kg TS große Qualitätsschwankungen auftraten (Tab. 33). Die Werte der Rohasche, des Rohproteins, des Rohfettes und der Rohfaser stimmten mit denen der Literatur überein, die Energiegehalte waren vergleichbar jedoch im oberen Bereich (s. Tab. 6).

Tab. 33. Nährstoff- und Energiegehalte im Raufutter

	Rohasche in g/kg TS	Rohprotein in g/kg TS	Rohfett in g/kg TS	Rohfaser in g/kg TS	NEL in MJ/kg TS
Heu A	86,6 ± 21,0	108,6 ± 40,6	20,4 ± 9,3	321,5 ± 55,7	5,7 ± 0,3
Heu B	100,7 ± 9,7	96,5 ± 16,3	16,9 ± 11,0	322,5 ± 26,3	5,6 ± 0,1
Heu C	96,8 ± 19,7	106,7 ± 20,5	13,5 ± 5,6	322,6 ± 28,8	5,6 ± 0,2
Heu D	80,5 ± 26,6	92,6 ± 36,7	15,3 ± 7,6	358,9 ± 29,2	5,6 ± 0,2
Heu E	100,0 ± 45,9	117,3 ± 25,1	12,1 ± 6,7	342,1 ± 59,3	5,6 ± 0,3
Heu F	94,8 ± 25,7	124,6 ± 34,8	24,2 ± 13,1	325,2 ± 26,4	5,7 ± 0,1
Stroh A	62,8 ± 24,4	35,6 ± 3,7	46,1 ± 34,8	416,5 ± 54,4	5,4 ± 0,2
Stroh B	74,4 ± 5,6	44,3 ± 5,7	16,1 ± 0,0	459,8 ± 3,9	5,1 ± 0,0
Stroh C	72,1 ± 0,9	50,8 ± 7,1	15,3 ± 3,1	450,1 ± 8,7	5,2 ± 0,1
Silage A	95,4 ± 5,3	150,0 ± 18,5	26,8 ± 10,0	302,7 ± 32,3	5,8 ± 0,2

#### 4.4.2 Mengenelementgehalt im Grundfutter

Die Mengenelementgehalte des Grundfutters werden in Tabelle 34 dargestellt. Bezüglich aller Mengenelemente konnte kein Unterschied zwischen den beiden Bodenarten Sand und Niedermoor festgestellt werden.

Der **Kalzium**gehalt im Heu lag mit durchschnittlich 7,8 g/kg TS im Mittel der Literaturwerte, mit jedoch starken Schwankungen ( $s=2,6$ ). Die Kalziumgehalte der Silage lagen mit 7,8 g/kg TS genauso hoch. Die Gehalte an Kalzium im Stroh waren niedriger jedoch etwa doppelt so hoch wie die in der Literatur genannten (GABE, 2000; MEYER et al., 1993; s. Tab. 8).

Die im Heu für **Phosphor** gemessenen Mittelwerte (2,3 g/kg TS) und Standardabweichungen (0,4 g/kg TS) stimmten mit den entsprechenden Werten der Literatur überein (s. Tab. 10). Die Durchschnittswerte für Stroh lagen niedriger, bei 1,6 g/kg TS mit geringen Schwankungen in Übereinstimmung mit GABE (2000) und MEYER et al. (1993). Die höchsten Gehalte für Phosphor wurden in der Silage (3,2 g/kg TS) gemessen.

Die **Natrium**gehalte waren im Heu (0,2 g/kg TS) am niedrigsten, gefolgt von Stroh (0,6 g/kg TS), während für Silage (1,1 g/kg TS) doppelte so hohe Beträge gemessen wurden. Alle diese Werte unterlagen starken Schwankungen. Die gemessenen Natriumgehalte befanden sich in dem in der Literatur angegebenen Wertebereich (s. Tab. 12).

Entsprechend den hohen Gehalten im Aufwuchs (24,4 g/kg TS) waren auch die **Kalium**gehalte in Heu (19,8 g/kg TS), Stroh (21,1 g/kg TS) und Silage (28,9 g/kg TS) hoch. Die Literatur bestätigt diese Werte (s. Tab. 14).

Die **Magnesium**gehalte lagen je nach Grundfutter bei 0,8 g/kg TS (Stroh), 1,3 g/kg TS (Heu) und 1,5 g/kg TS (Silage) und entsprachen den entsprechenden Literaturwerten (s. Tab. 16).

Tab. 34. Mengenelementgehalte im Raufutter

	Kalzium in g/kg TS	Phosphor in g/kg TS	Natrium in g/kg TS	Kalium in g/kg TS	Magnesium in g/kg TS
Heu A	7,81±3,61	2,37±0,57	0,25±0,11	20,56±9,8	1,28±0,39
Heu B	9,07±3,02	2,52±0,09	0,53±0,19	23,73±4,3	1,29±0,25
Heu C	8,30±2,90	2,57±0,10	0,32±0,14	26,58±8,0	1,35±0,19
Heu D	8,17±3,46	1,87±0,28	0,26±0,09	13,18±5,8	1,01±0,23
Heu E	7,06±1,40	2,31±0,37	0,40±0,26	14,64±4,9	1,36±0,46
Heu F	6,40±1,03	2,04±0,79	0,29±0,12	20,0±13,8	1,37±0,32
Stroh A	5,33±2,43	2,04±1,35	0,46±0,37	18,06±3,9	1,01±0,43
Stroh B	5,06±1,00	1,09±0,01	0,64±0,07	23,24±7,7	0,64±0,17
Stroh C	5,97±1,17	1,60±0,33	0,64±0,33	21,85±3,0	0,63±0,06
Silage A	7,87±0,80	3,15±0,49	1,08±0,56	28,95±8,2	1,52±0,42

#### 4.4.3 Spurenelementgehalt im Grundfutter

Die Spurenelementgehalte des Grundfutters werden in Tabelle 35 dargestellt. Die ermittelten **Kupfer**werte für Heu (6,6 mg/kg TS), Stroh (4,3 mg/kg TS) und Silage (7,1 mg/kg TS) stimmten mit den Literaturwerten überein (s. Tab. 18). Der Kupfergehalt der Silage war am höchsten, gefolgt von Heu, die Gehalte im

Stroh fielen ab. Signifikante Unterschiede zwischen den Bodenarten Sand und Niedermoor waren nicht auszumachen. Aufgetretene Schwankungen in den Mittelwerten waren auf verschiedene Schnitzeitpunkte zurückzuführen.

Die Mittelwerte für **Zink** lagen zwischen 11,5 und 16,1 mg/kg TS und stimmten damit mit der Literatur überein (s. Tab. 20). Stroh wies damit erwartungsgemäß die geringsten Zinkgehalte auf. Hohe Standardabweichungen (Standorte E und F) wiesen wieder auf eine Vermengung verschiedener Schnitte oder starke Verunreinigungen hin. Unterschiede in den Bodenarten lagen nicht vor.

Die höchsten **Mangan**anreicherungen waren bei der Silage zu finden. Etwa ein Drittel davon waren noch in Heu und Stroh vorhanden. Alle Werte waren mit denen der Literatur vergleichbar (s. Tab. 22). Unterschiede bzgl. der beiden Bodenarten bestanden keine.

Die **Eisengehalte** in Heu (315 mg/kg TS), Stroh (183 mg/kg TS) und Silage (454 mg/kg TS) lagen im oberen Bereich der Literaturwerte (s. Tab. 24). Extremwerte resultierten aus der Kontamination des Raufutters sowohl während der Mahd wie auch bei der Fütterung, da die offenen Rundballen von den Rindern auf dem meist schlammigen Boden verteilt wurden.

Die **Selengehalte** für Heu (0,05 mg/kg TS), Stroh (0,04 mg/kg TS) und Silage (0,07 mg/kg TS) stimmten mit den in der Literatur zitierten Werten überein (s. Tab. 26). Unterschiede bzgl. Sand- und Niedermoorstandorten konnten nicht nachgewiesen werden.

Tab. 35. Spurenelementgehalte im Raufutter

	Kupfer in mg/kg TS	Zink in mg/kg TS	Mangan in mg/kg TS	Eisen in mg/kg TS	Selen in mg/kg TS
Heu A	7,93±0,86	25,10±4,8	64,0±18,5	361±377	0,06±0,03
Heu B	6,90±1,58	18,11±2,9	28,4±9,3	296±234	0,05±0,02
Heu C	8,47±1,56	25,60±3,6	31,6±14,6	209±76	0,06±0,01
Heu D	4,79±0,60	17,86±3,1	54,8±27,0	616±660	0,06±0,02
Heu E	6,87±3,28	23,7±11,7	62,2±24,3	201±157	0,06±0,02
Heu F	4,79±1,76	46,1±21,4	32,1±3,1	207±111	0,03±0,01
Stroh A	4,04±0,87	14,52±6,7	74,2±50,3	112±81	0,06±0,03
Stroh B	4,60±0,02	9,90±1,9	28,0±2,8	245±74	0,04±0,01
Stroh C	4,33±0,37	10,05±3,4	27,9±7,9	193±46	0,03±0,01
Silage A	7,08±1,44	25,71±3,0	139,2±15	454±240	0,07±0,03

#### 4.5 Aufnahme und Inhaltsstoffe des Mineralfutters

Die Herde A erhielt zwei unterschiedliche Zusammensetzungen von Mineralfutter (A I und A II) in je gleichen Mengen angeboten. Der Unterschied bestand im Magnesiumanteil. Die Herden B bis F bekamen ein einheitliches Mineralfutter (B-F). Die Deklaration des Herstellers wurde in 5 Stichproben bestätigt, die mit ihren mittleren Werten in Tabelle 36 dargestellt sind.

Tab. 36. Mineralstoffgehalte der Mineralfutter

Herde	A I	A II	B-F	Element	A I	A II	B-F
	g/kg TS				mg/kg TS		
Kalzium	170	120	105	Kupfer	700	675	800
Phosphor	30	50	66	Zink	3000	3000	3000
Natrium	120	100	110	Eisen	4524	4374	5127
Kalium	---	---	---	Mangan	3000	3000	2000
Magnesium	35	85	120	Selen	30	30	30

Im jahreszeitlichen Mittel nahmen die Tiere zwischen 16 und 21 g Mineralfutter pro Tag auf (Tab. 37). Diese Werte errechneten sich aus der im Untersuchungszeitraum ausgelegten Menge an Lecksteinen bzw. Granulat. Verluste durch Wind und Niederschlag waren erheblich, jedoch nur schwer abzuschätzen.

Tab. 37. Mittlere Mineralfuttermittelaufnahme pro Tier und Tag

	Herde A	Herde B	Herde C	Herde D	Herde E	Herde F
TS-Aufnahme des Mineralfutters pro Tier und Tag	17 g	19 g	18 g	21 g	17 g	16 g

#### 4.6 Aufnahme und Inhaltsstoffe des Trinkwassers

Um eine vollständige Aufnahme an Mineralien zu erhalten, wurde auch das Trinkwasser auf Mengen- und Spurenelemente analysiert. Der Trinkwasserbedarf berechnete sich wie folgt: pro aufgenommenes Kilogramm Trockensubstanz wurden vier Liter Wasser und während der Laktation je Liter Milch zusätzlich vier Liter Wasser angesetzt. Die Abkalbzeitpunkte der Mutterkühe lagen zwischen März und September, im Herbst und Winter wurden nur vereinzelt Kälber geboren. Daher konnte im März bis September ein Herdenmittelwert von 15 l Milch pro Kuh (Herde B-F) bzw. 18 l Milch (Herde A) und im Oktober bis Februar 7 l bzw. 8 l Milch pro Kuh zugrunde gelegt werden. Eine Differenzierung in der Milchleistung war aufgrund unterschiedlicher Rassen erforderlich. Die Tiere der Standorte B-F waren Salers, des Standortes A ca. hälftig Salers und Pinzgauer Kühe.

Der tägliche Wasserbedarf von 25-28 l für Januar und Februar stieg im Frühling aufgrund gesteigerter TS-Aufnahme und einsetzender Laktation auf über das Vierfache (120-150 l/Tier/Tag) an. Mit rückgehender Milchleistung und vermindertem Futterangebot im Spätsommer fiel der Wasserbedarf auf ca. ein Drittel des Maximalwertes (ca. 50 l/Tag). Unterschiede im Wasserbedarf errechneten sich aus dem unterschiedlich hohen Weideaufwuchs der beiden Bodenarten und aus den Rasseunterschieden.

In Abbildung 42 sind der Wasserbedarf (gestrichelte Kurven) und die Wasseraufnahme aus Tränken (durchgezogene Kurven) im jahreszeitlichen Verlauf für die Standorte A, B und C-F dargestellt. Die Standorte C bis F konnten zusammengefasst werden, da die Tiere dieser Standorte weitgehend identische TS-Aufnahmen hatten. Die über das Trinkwasser aufgenommene Wassermenge wurde aus dem Wasserbedarf abzüglich der im Futter enthaltenen Wassermengen berechnet. Im Weidegras betrug der Wasseranteil im Mittelwert 65%, für Heu 13%, für Stroh 9% und für Silage 57%.

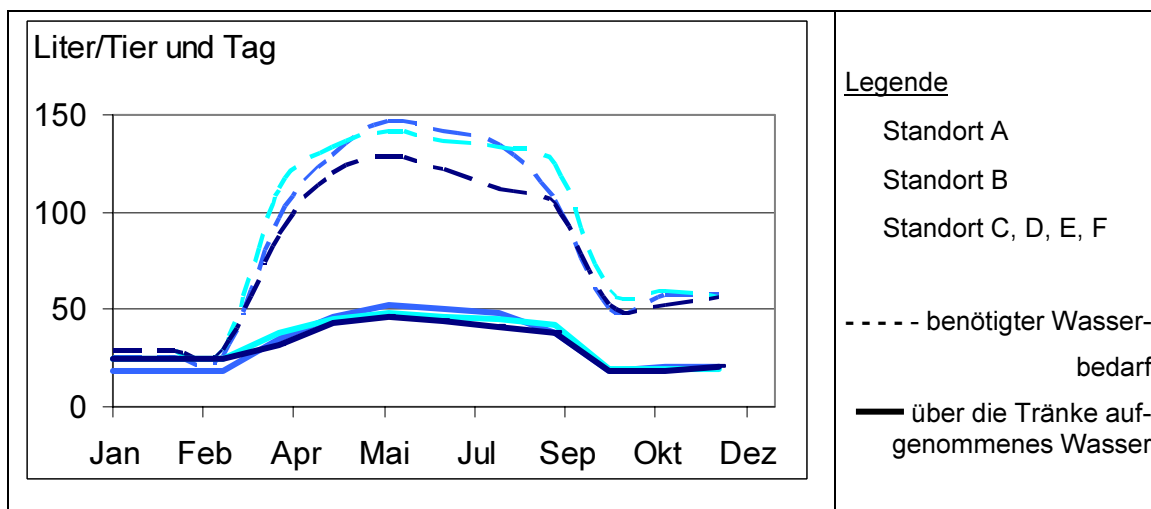


Abb. 42. Jahreszeitlicher Verlauf der mittleren Wasseraufnahme pro Tier und Tag

Die aufgenommene Trinkwassermenge erreichte damit während der Weidesaison nur ein Drittel des Wasserbedarfs. In den Wintermonaten wurden 85% des Wasserbedarfs aus dem Trinkwasser aufgenommen. Unterschiede zwischen den Standorten waren im Winter durch die unterschiedliche Futterzusammensetzung, im Sommer durch unterschiedlich hohe TS Aufnahme begründet.

Folgende Mineralstoffgehalte wurden im Trinkwasser ermittelt (Tab. 38). Dabei wurden die Standorte zusammengelegt, da signifikante Unterschiede zwischen ihnen nicht nachgewiesen werden konnten.



Tab. 38. Mineralstoffgehalte im Trinkwasser

	<b>g/l Wasser</b>		<b>mg/l Wasser</b>
<b>Kalzium</b>	212,6	<b>Kupfer</b>	0,08
<b>Phosphor</b>	n.n.	<b>Zink</b>	0,15
<b>Natrium</b>	40,6	<b>Mangan</b>	0,42
<b>Kalium</b>	39,7	<b>Eisen</b>	2,06
<b>Magnesium</b>	17,0	<b>Selen</b>	n.n.

## 4.7 Tägliche Aufnahme an Energie, Nähr- und Mineralstoffen

### 4.7.1 Energie und Nährstoffe

Die Versorgung der Tiere mit Energie und Nährstoffen von Mai bis Oktober bestand ausschließlich aus Weidefutter. Von November bis April setzte sich die Ration aus Weidegras sowie Heu und Stroh bzw. bei Betrieb A zusätzlich aus Silage zusammen. Die Herde A wurde mit Heu, Stroh und Silage im Verhältnis von 2:1:2 versorgt, den Herden B und C wurde Heu und Stroh im Verhältnis 2:1 angeboten und den Herden D bis F stand nur Heu zur Verfügung. Zur Bilanzierung der täglichen Aufnahme von Energie und Nährstoffen wurden während der Weidesaison die TS-Aufnahme der Tiere und die Inhaltsstoffe der Weide bzw. im Winter die Inhaltsstoffe des Grundfutters berücksichtigt.

Die tägliche Aufnahme von Rohprotein, Rohfett und Energie wird in Tab. 39 aufgelistet. Die Werte betragen im Frühjahr 2386 g, 414 g bzw. 76 MJ NEL und stiegen zum Sommer um bis zu 50% an. Im Herbst fiel die Aufnahme auf höchstens 50% der Aufnahme im Frühling ab. Im Winter halbierte sich die tägliche Aufnahme von Eiweiß und Fett nochmals, während Energieaufnahme nicht weiter absank. Einem ähnlichen Verlauf folgte die tägliche Rohfaseraufnahme, jedoch stiegen die Werte im Winter aufgrund des Raufutters wieder um die Hälfte an. Bodenspezifische Unterschiede bestanden nicht, auch die unterschiedlichen Futterzusammensetzungen zwischen den

Betrieben wirkten sich nicht signifikant auf die tägliche Versorgung im Winter aus.

Die Proteinversorgung überstieg im Frühling und Sommer an allen Standorten den Laktationsbedarf um 100%. Auch die Energieversorgung war für laktierende Tiere im Frühling und Sommer gedeckt. Im Herbst reichte die Proteinversorgung im Mittel aus, der Energiebedarf konnte nur noch den Erhaltungsbedarf der Kühe decken. Die tägliche Aufnahme an Energie und Protein reichte im Winter nur noch für den täglichen Bedarf zur Erhaltung.

Der Rfa-Anteil in der Trockenmasse lag während der Weidesaison bei 25%, im Winter bei 37%. Die Anteile lagen damit über dem Schwellenwert von 18% einer wiederkäuergerechten Ernährung (MEYER et al., 1993). Entsprechend sollte der Rohfettanteil unterhalb von 4% an der Gesamttrockensubstanzaufnahme bleiben. Im Mittel lagen alle Werte unterhalb dieser Grenze; im Winter war die Fettaufnahme mit 1,7% niedrig.

Tab. 39. Tägliche Aufnahme an Nährstoffen und Energie

	A	B	C	D	E	F	<b>Mittelwert</b>	Bedarf Laktation bzw. Erhaltung
<b>Rohprotein in g</b>								
Frühling	2193,8	3171,9	2005,8	2056,1	1882,4	3011,5	<b>2386</b>	1275,0
Sommer	2084,0	3205,9	2588,0	2597,9	2409,6	2510,6	<b>2566</b>	
Herbst	900,4	1648,7	1326,0	1326,0	1252,9	1435,3	<b>1315</b>	
Winter	785,94	628,54	646,53	676,1	745,32	872,27	<b>726</b>	425,0
<b>Energie in MJ</b>								
Frühling	69,9	84,5	73,0	75,9	75,8	76,5	<b>75,9</b>	68,7
Sommer	96,6	113,2	83,7	86,9	84,4	93,3	<b>93,0</b>	
Herbst	33,9	48,5	37,2	36,7	34,9	48,4	<b>39,9</b>	
Winter	39,32	39,49	38,67	39,34	34,71	39,32	<b>38,5</b>	37,0

	A	B	C	D	E	F	Mittelwert	Bedarf Laktation bzw. Erhaltung
Rohfaser in g								in % der TS-Aufn.
Frühling	2499,9	3272,0	3129,7	3481,7	3271,0	4122,6	<b>3296</b>	25,4
Sommer	4392,2	5184,7	4244,4	4097,5	4326,8	3828,8	<b>4345</b>	27,7
Herbst	745,8	2115,0	1445,3	1414,0	1531,5	1329,2	<b>1430</b>	21,3
Winter	2277,6	2604,1	2512,4	2471,3	2087,8	2211,7	<b>2361</b>	36,9
Rohfett in g								in % der TS-Aufn.
Frühling	448,8	853,4	252,5	480,8	233,9	216,7	<b>414</b>	3,2
Sommer	569,0	695,1	701,3	455,8	491,6	802,2	<b>619</b>	3,9
Herbst	191,8	313,1	197,2	234,5	177,4	328,9	<b>240</b>	3,6
Winter	179,31	112,17	102,67	25,32	79,84	166,26	<b>111</b>	1,7

#### 4.7.2 Mengenelemente

Bei der Berechnung der täglichen Mineralstoffaufnahme wurden neben den Mineralstoffgehalten im Grundfutter (Weidegras, Heu, Stroh, Silage) auch die entsprechenden Werte im Trinkwasser und Mineralfutter einbezogen (Tab. 40). Das Mineralfutter wurde das Jahr über stets in gleichen Mengen aufgenommen. Die Wasseraufnahme variierte mit dem Wasseranteil im Grundfutter und dem jahreszeitlich unterschiedlichen Bedarf an Wasser.

Im Frühling und Sommer lagen die täglichen Aufnahmen aller Mengenelemente im Mittel doppelt so hoch wie im Herbst und Winter. Obwohl der Weideertrag der Standorte A und B um 25% bzw. 50% höher war als der der Standorte C und D bzw. E und F, zeigten sich bodenspezifische Unterschiede in der täglichen Aufnahme der Mengenelemente nur im Falle von Kalzium und Kalium, bei denen die Mittelwerte der Sandboden-Standorte signifikant höher als die der Niedermoorstandorte lagen.

Die tägliche Mengenelementaufnahme reichte im Frühling und Sommer für eine Versorgung von laktierenden Tieren aus, im Herbst und Winter nur für den Erhaltungsbedarf. Kalzium war im Herbst, Phosphor im Winter nicht mehr

bedarfsdeckend. Standort D wies im Winter bei allen Mengenelementen die niedrigsten d.h. zwischen 20 und 40% unter dem Bedarf liegende Werte auf, ausgenommen Kalzium.

Tab. 40. Tägliche Aufnahmen an Mengenelementen

	A	B	C	D	E	F	<b>Mittelwert</b>	Bedarf Laktation bzw. Erhaltung
<b>Kalzium in g</b>								
Frühling	103,7	134,6	86,9	84,7	77,2	83,9	<b>95,1</b>	50,0
Sommer	130,0	168,8	81,5	93,6	86,7	90,4	<b>108,5</b>	
Herbst	54,6	60,3	28,2	39,9	43,2	43,0	<b>44,9</b>	
Winter	53,1	63,7	58,6	53,1	50,0	50,4	<b>54,8</b>	20,0
<b>Phosphor in g</b>								
Frühling	43,6	79,7	44,5	41,5	44,0	51,8	<b>50,8</b>	31,0
Sommer	45,4	71,5	38,4	48,6	44,5	42,7	<b>48,5</b>	
Herbst	17,7	36,5	19,7	18,9	23,6	32,6	<b>24,8</b>	
Winter	17,4	17,9	17,0	12,4	16,1	15,9	<b>16,1</b>	20,0
<b>Natrium in g</b>								
Frühling	14,6	21,1	9,2	17,9	16,1	13,6	<b>15,4</b>	13,0
Sommer	21,4	24,2	9,5	39,6	17,9	19,6	<b>22,1</b>	
Herbst	6,3	7,9	5,6	24,6	6,2	12,0	<b>10,4</b>	
Winter	6,6	7,2	5,9	4,8	6,1	4,8	<b>5,9</b>	6,0
<b>Kalium in g</b>								
Frühling	433,0	689,0	391,6	311,4	319,6	371,0	<b>413,3</b>	90
Sommer	388,3	437,3	424,6	262,7	319,6	340,7	<b>362,2</b>	
Herbst	91,4	291,5	126,0	69,0	130,0	244,4	<b>158,7</b>	
Winter	150,2	165,5	167,9	73,9	91,2	135,9	<b>130,8</b>	60
<b>Magnesium in g</b>								
Frühling	29,2	40,7	24,2	28,4	25,1	30,0	<b>29,6</b>	20
Sommer	34,6	42,9	26,0	39,4	31,4	38,4	<b>35,5</b>	
Herbst	12,4	18,0	10,0	15,7	12,8	21,8	<b>15,1</b>	
Winter	9,7	11,1	10,3	8,7	10,8	11,7	<b>10,4</b>	10

### 4.7.3 Spurenelemente

In Tabelle 41 sind die Aufnahmewerte für die Spurenelemente dargestellt. Während der Aufwuchsperiode waren Weidefutter, Mineralfutter und Trinkwasser, im Winter geringe Mengen an Weidegras sowie Heu, Stroh, teilw. Silage, Mineralfutter und Trinkwasser die Versorgungsquellen.

Die tägliche Aufnahme an Kupfer, Zink und Mangan zeigte einen einheitlichen jahreszeitlichen Verlauf. Die Werte im Frühling und Sommer setzten sich deutlich von denen in Herbst und Winter ab. Während sich bei Kupfer und Mangan in Frühling und Sommer bzw. Herbst und Winter weitgehend identische Werte einstellten, nahm die tägliche Zinkaufnahme vom Frühling zum Sommer zu, fiel zum Herbst ab und halbierte sich zum Winter. Ein Unterschied in der täglichen Spurenelementaufnahme zwischen den beiden Bodenarten wurde nur für Kupfer und Mangan während der Weideperiode ermittelt. Die Tiere auf Sandboden nahmen 30 - 50% mehr Kupfer und Mangan auf als die auf den Niedermoorböden. Die Silagefütterung von Standort A im Winter wirkte sich in einer fast 100% höheren täglichen Manganaufnahme gegenüber den anderen Standorten, die nur Heu und Mineralfutter erhielten, aus (s. Tab. 22). Bzgl. Kupfer, Zink und Mangan wurde der Bedarf für laktierende Mutterkühe im Frühling und Sommer im Mittel gedeckt, auf einzelnen Standorten vor allem im Niedermoor wurde die Bedarfsdeckung nicht mehr erreicht. Entsprechendes gilt für die Kupfer- und Manganversorgung im Herbst und Winter. Die Zinkaufnahme konnte im Herbst nur auf den Niedermoor-Standorten den Erhaltungsbedarf decken. Die tägliche Eisenaufnahme (Extremwerte über 1500 mg/kg TS wurden ausgeschlossen, da diese durch Kontamination bedingt waren) lag ganzjährig auf allen Standorten weit über den Bedarfsempfehlungen. Die tägliche Selenaufnahme (im Mittel 1,0 mg) unterschritt ganzjährig sämtliche Bedarfswerte.

Tab. 41. Tägliche Aufnahmen an Spurenelementen

	A	B	C	D	E	F	<b>Mittelwert</b>	Bedarf Laktation bzw. Erhaltung
<b>Kupfer in mg</b>								
Frühling	132,2	207,0	92,9	99,3	77,5	90,8	<b>116,6</b>	120,0
Sommer	156,9	180,4	91,3	109,4	95,4	66,2	<b>116,6</b>	
Herbst	58,1	86,9	33,5	41,9	41,1	61,7	<b>53,8</b>	
Winter	56,7	63,6	64,9	46,3	56,5	47,0	<b>58,8</b>	90,0
<b>Zink in mg</b>								
Frühling	393,4	899,9	599,6	414,9	417,8	594,6	<b>553,3</b>	600,0
Sommer	768,6	945,0	658,5	765,9	465,1	543,6	<b>691,1</b>	
Herbst	297,3	364,4	553,3	536,5	545,6	579,2	<b>479,4</b>	
Winter	201,9	174,2	201,6	172,0	202,2	360,0	<b>218,6</b>	450,0
<b>Mangan in mg</b>								
Frühling	739,2	1199,3	818,4	581,6	630,9	583,7	<b>758,8</b>	720,0
Sommer	759,7	898,6	897,8	642,9	552,0	568,8	<b>720,0</b>	
Herbst	475,5	835,5	384,3	433,7	322,4	311,8	<b>460,5</b>	
Winter	672,1	291,1	285,0	385,2	425,4	270,7	<b>388,2</b>	540,0
<b>Eisen in mg</b>								
Frühling	2793	4426	2284	5171	2469	5222	<b>3894</b>	600,0
Sommer	6517	6128	3346	2802	2782	2591	<b>4028</b>	
Herbst	2422	5988	2405	1387	1367	2375	<b>2672</b>	
Winter	2289	2187	1638	3618	1455	1622	<b>2135</b>	450,0
<b>Selen in mg</b>								
Frühling	0,9	1,5	1,2	1,0	1,0	1,0	<b>1,1</b>	3,8
Sommer	0,9	1,4	1,2	1,0	1,1	0,8	<b>1,0</b>	
Herbst	0,8	1,5	1,0	1,0	1,4	0,9	<b>1,1</b>	
Winter	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,7	<b>0,9</b>	2,7