

Aus dem Institut für Physiologie, physiologische Chemie und Tierernährung
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik

Arbeit angefertigt unter der Leitung von
Prof. Dr. Ellen Kienzle

**Analysen und Abschätzung des Mineralstoffgehaltes in
Heuproben aus oberbayerischen Pferdehaltungsbetrieben**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Franziska Möllmann
aus München

München 2007

**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. E. P. Märtlbauer

Referent: Prof. Dr. Kienzle

Korreferent(en): Prof. Dr. Scholz
Prof. Dr. Gerhards

Tag der Promotion: 9. Februar 2007

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	7
2.	Schrifttum.....	8
2.1.	Rohprotein- und Rohfasergehalt im Heu	8
2.2.	Einfluss des Pflanzenalters	9
2.3.	Einfluss der Pflanzengesellschaft.....	10
2.4.	Einfluss der Düngung	11
2.5.	Einfluss der Witterung und Mahd	13
2.6.	Einfluss des Bodens	13
2.7.	Beziehung zwischen Rohprotein- und Rohfasergehalt	14
2.8.	Kurzer Überblick über die Literaturstudie von GLOCKER (2003) zur quantitativen Schätzbarkeit der Mineralstoffgehalte von Grünlandaufwüchsen im Hinblick auf die computergestützte Ernährungsberatung beim Pferd	15
3.	Material und Methoden	21
3.1.	Untersuchungsmaterial.....	21
3.1.1.	Herkunft der Proben	21
3.1.2.	Sinnenprüfung	21
3.1.3.	Vorbereitung der Proben	21
3.1.4.	Trockensubstanzbestimmung (TS).....	21
3.1.5.	Rohfaser (Rfa).....	21
3.1.6.	Rohprotein.....	22
3.1.7.	Mineralstoffe	22
3.1.8.	Spurenelemente	24
4.	Beantwortung des Fragebogens und Diskussion.....	25
5.	Ergebnisse zum Calcium-Gehalt.....	26
5.1.	Kriterium Schnittfolge.....	26
5.2.	Kriterium Schnittzeitpunkt.....	26
5.3.	Kriterium Düngung	28
5.4.	Kriterium Rohfaser.....	28
6.	Diskussion der Calcium-Gehalte sowie eigenes Flussdiagramm.....	31
7.	Ergebnisse zum Magnesium-Gehalt.....	34
7.1.	Kriterium Schnittfolge.....	34
7.2.	Kriterium Schnittzeitpunkt.....	34
7.3.	Kriterium Düngung	36
7.4.	Kriterium Boden.....	36
7.5.	Kriterium Rohfaser.....	37
8.	Diskussion der Magnesium-Gehalte	39
9.	Ergebnisse zum Kaliumgehalt.....	41
9.1.	Kriterium Schnittfolge.....	41
9.2.	Kriterium Schnittzeitpunkt.....	41
9.3.	Kriterium Düngung	43
9.4.	Düngung und Schnitt.....	43
9.5.	Kriterium Rohfaser.....	44
10.	Diskussion der Kalium-Gehalte sowie eigenes Flussdiagramm	45
11.	Ergebnisse zum Phosphor-Gehalt	48
11.1.	Kriterium Schnittfolge.....	48
11.2.	Kriterium Schnittzeitpunkt.....	48
11.3.	Kriterium Düngung	49
11.4.	Phosphor-Düngung.....	49
11.5.	Stickstoff-Düngung	49

11.6.	Kriterium Witterung bei der Mahd.....	50
11.7.	Kriterium Boden-pH	51
11.8.	Kriterium Rohfaser.....	51
12.	Diskussion der Phosphor-Gehalte	52
13.	Spurenelemente	53
13.1.	Ergebnisse zum Eisen-Gehalt.....	53
13.2.	Diskussion der Eisen-Gehalte	53
13.3.	Ergebnisse zum Zink-Gehalt.....	53
13.4.	Diskussion der Zink-Gehalte.....	55
13.5.	Ergebnisse zum Kupfer-Gehalt	55
13.6.	Diskussion der Kupfer-Gehalte	57
13.7.	Ergebnisse zum Selen-Gehalt.....	57
13.8.	Diskussion der Selen-Gehalte	58
14.	Ergebnisse zum Rohproteingehalt.....	59
14.1.	Kriterium Schnittfolge.....	59
14.2.	Kriterium Schnittzeitpunkt.....	59
14.3.	Kriterium Düngung	60
15.	Ergebnisse zum Rohfasergehalt	61
15.1.	Kriterium Schnittfolge.....	61
15.2.	Kriterium Schnittzeitpunkt.....	61
15.3.	Kriterium Düngung	62
16.	Diskussion der Rohprotein- und Rohfasergehalte.....	63
16.1.	Diskussion	63
16.2.	Einsatz der Sinnenprüfung zur Abschätzung des Rohfaser- oder Rohproteingehaltes 64	64
16.2.1.	Ergebnisse der Sinnenprüfung	64
16.2.2.	Abschätzbarkeit des Rohfaser- und Rohproteinanteils	65
17.	Zusammenfassung.....	66
18.	Summary	68
19.	Literaturverzeichnis.....	69
20.	Anhang	73
21.	Danksagung.....	76
22.	Lebenslauf	77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1 (aus der DLG-Futterwerttabelle): Energie- und Nährstoffgehalt von Einzelfuttermitteln (pro kg Trockenmasse).....	8
Tabelle 2-2: Zusammenhang zwischen Schnitt/Wuchshöhe und dem Rohproteingehalt nach WOLF (1971).....	9
Tabelle 2-3: Rohprotein- und Rohfasergehalt bei verschiedenem Grasanteil nach BRÜNNER (1950):.....	10
Tabelle 2-4: Phosphorsäureversorgung des Bodens und ihr Einfluss auf den Nährstoffgehalt im Heu nach BRÜNNER (1954).....	12
Tabelle 2-5: Rohproteingehalt im Aufwuchs bei verschiedener Düngung nach SCHULZE (1953).....	12
Tabelle 2-6: Einfluss des Nährstoffgehaltes des Bodens nach BRÜNNER (1950).....	13
Tabelle 2-7: Einfluss der Phosphorsäure nach BRÜNNER (1950).....	14
Tabelle 5-1: Mittelwerte des Calciumgehaltes.....	26
Tabelle 5-2: Calcium-Gehalt im ersten und späteren Schnitten.....	26
Tabelle 5-3: Calcium-Gehalt im ersten und späteren Schnitten.....	28
Tabelle 5-4: Calcium-Gehalt in Abhängigkeit vom Rohfaser-Gehalt im ersten Schnittes.....	29
Tabelle 5-5: Calcium-Gehalt in Abhängigkeit vom Rohfaser-Gehalt im zweiten Schnittes ...	29
Tabelle 7-1: Mittelwerte des Magnesium- Gehaltes.....	34
Tabelle 7-2: Magnesium-Gehalt im ersten und späteren Schnitten.....	34
Tabelle 7-3: Einfluss der Düngung auf den Magnesium- Gehalt im ersten und zweiten Schnitt	36
Tabelle 7-4: Magnesium-Gehalt in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt im ersten Schnitt.....	37
Tabelle 7-5: Magnesium-Gehalt in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt im zweiten Schnitt ...	37
Tabelle 9-1: Mittelwerte des Kalium- Gehaltes.....	41
Tabelle 9-2: Kalium-Gehalt im ersten und in späteren Schnitten.....	41
Tabelle 9-3: Kalium- Gehalte des ersten und zweiten Schnittes gedüngt und ungedüngt.....	43
Tabelle 9-4: Einfluss der Düngung auf den Kalium- Gehalt im ersten Schnitt.....	43
Tabelle 9-5: Einfluss der Düngung auf den Kalium- Gehalt im zweiten Schnitt.....	43
Tabelle 9-6: Kalium-Gehalt in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt im ersten und zweiten Schnitt.....	44
Tabelle 10-1: Schätzdiagramm nach GLOCKER (2003) für den ersten Schnitt.....	45
Tabelle 10-2: Schätzdiagramm nach GLOCKER (2003) für den zweiten Schnitt.....	45
Tabelle 11-1: Mittelwerte des Phosphor- Gehalts.....	48
Tabelle 11-2: Phosphor-Gehalte im ersten und späteren Schnitten.....	48
Tabelle 11-3: Phosphor-Gehalte des ersten und zweiten Schnittes gedüngt und ungedüngt...	49
Tabelle 11-4: Phosphor-Gehalte in Abhängigkeit von der Stickstoff-Düngung.....	50
Tabelle 11-5: Düngung im ersten Schnitt.....	50
Tabelle 11-6: Düngung im zweiten Schnitt.....	50
Tabelle 11-7: Phosphor-Gehalt in Abhängigkeit von der Witterung.....	50
Tabelle 12-1: Vergleich Phosphorwerte von GLOCKER (2003) und eigene Analysen.....	52
Tabelle 13-1: Eisen-Gehalte der Jahre 2003/2004.....	53
Tabelle 13-2: Zink-Gehalte der Jahre 2003/2004.....	54
Tabelle 13-3: Zink-Gehalte im ersten und zweiten Schnitt.....	54
Tabelle 13-4: Zink-Gehalte gedüngt und ungedüngt.....	54
Tabelle 13-5: Gesamtmittelwerte Kupfer.....	55
Tabelle 13-6: Kupfer-Gehalte im ersten und zweiten Schnitt.....	56
Tabelle 13-7: Kupfer-Gehalte gedüngt und ungedüngt.....	56
Tabelle 13-8: Selenwerte im Vergleich.....	57
Tabelle 14-1: Rohproteingehalte.....	59

Tabelle 14-2: Rohprotein im ersten und späteren Schnitten	59
Tabelle 14-3: Rohprotein- Gehalte im ersten und zweiten Schnitt gedüngt und ungedüngt ...	60
Tabelle 15-1: Rohfasergehalte	61
Tabelle 15-2: Rohfasergehalt im ersten und späteren Schnitten	61
Tabelle 15-3: Rohfaser- Gehalte im ersten und zweiten Schnitt gedüngt und ungedüngt.....	62
Tabelle 16-1: Ergebnisse der Sinnenprüfung	64
Tabelle 16-2: Ergebnisse der Sinnenprüfung im Bezug auf den Rohproteingehalt.....	65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Flussdiagramm zur Abschätzung des Kalium-Gehaltes von Grünlandaufwüchsen unter Berücksichtigung der Faktoren: Kalium-Düngung, Boden-Kalium-Gehalt, Pflanzenalter und Schnittnutzung (GLOCKER 2003).....	16
Abbildung 2-2: Flussdiagramm zur Abschätzung des Phosphor-Gehaltes von Grünlandaufwüchsen unter Berücksichtigung der Faktoren: Boden-pH-Wert, Phosphor-Düngung, Stickstoff-Düngung, Pflanzenalter und Schnittnutzung (GLOCKER 2003) ..	18
Abbildung 2-3: Diagramm zur Abschätzung des Calcium-Gehaltes in Gräsern (GLOCKER 2003).....	19
Abbildung 2-4: Diagramm zur Abschätzung des Magnesium-Gehaltes in Gräsern (GLOCKER 2003).....	20
Abbildung 5-1: Einfluss des Schnittzeitpunktes des ersten Schnittes auf den Calcium-Gehalt in der TS.....	27
Abbildung 5-2: Einfluss des Schnittzeitpunktes des zweiten Schnittes auf den Calcium-Gehalt in der TS.....	28
Abbildung 5-3: Beziehung zwischen Rohfaser-Gehalt und Calcium-Gehalt im ersten Schnitt.....	29
Abbildung 5-4: Beziehung zwischen Rohfaser-Gehalt und Calcium-Gehalt im zweiten Schnitt.....	30
Abbildung 6-1: Vergleich des nach GLOCKER (2003) geschätzten Calcium-Gehaltes und der eigenen Analysen.....	31
Abbildung 7-1: Einfluss des Schnittzeitpunktes des ersten Schnittes auf den Magnesium-Gehalt in der TS.....	35
Abbildung 7-2: Einfluss des Schnittzeitpunktes des zweiten Schnittes auf den Magnesium-Gehalt in der TS	35
Abbildung 7-3: Magnesium-Gehalte des ersten und zweiten Schnittes, gedüngt/ungedüngt..	36
Abbildung 7-4: Beziehung zwischen Rohfaser- Gehalt und Magnesium- Gehalt im ersten Schnitt.....	37
Abbildung 7-5: Beziehung zwischen dem Rohfaser- Gehalt und dem Magnesium- Gehalt im zweiten Schnitt	38
Abbildung 8-1: Vergleich des nach GLOCKER (2003) geschätzten Magnesium Gehaltes und der eigenen Analysen.....	39
Abbildung 9-1: Einfluss des Schnittzeitpunktes auf den Kalium-Gehalt des ersten Schnittes	42
Abbildung 9-2: Einfluss des Schnittzeitpunktes auf den Kalium-Gehalt der zweiten und späteren Schnitte	42
Abbildung 10-1: Vergleich des nach GLOCKER (2003) geschätzten Kalium- Gehaltes und der eigenen Analysen	45
Abbildung 13-1: Beziehung zwischen dem Rohfaser-Gehalt und dem Zink-Gehalt der Jahre 2003 und 2004.....	54
Abbildung 13-2: Vergleich der Zink-Gehalte im Jahr 203 und 2004.....	55
Abbildung 13-3: Beziehung zwischen dem Rohfaser-Gehalt und dem Kupfer-Gehalte der Jahre 2003 und 2004	56
Abbildung 13-4: Vergleich der Kupfer-Gehalte der Jahre 2003 und 2004.....	57
Abbildung 14-1: Einfluss des Schnittzeitpunktes des ersten Schnittes auf den Rohproteingehalt in der TS	60
Abbildung 14-2: Einfluss des Schnittzeitpunktes des zweiten Schnittes auf den Rohproteingehalt in TS.....	60
Abbildung 15-1: Einfluss des Schnittzeitpunktes beim ersten Schnitt auf den Rohfasergehalt in der TS.....	62

Abbildung 15-2: Einfluss des Schnittzeitpunktes beim zweiten Schnitt auf den Rohfasergehalt der TS.....62

Abbildung 16-1: Vergleich der Werte aus der Literatur mit den eigenen Analysen, nur erster Schnitt.....63

Abbildung 16-2: Beziehung zwischen dem Rohfasergehalt und dem Rohproteingehalt in der Literatur und in den eigenen Analysen.....64

1. Einleitung

Die computergestützte Rationsberechnung hat sich in der Pferdefütterung in den letzten Jahren immer mehr etabliert. Dabei bereitet eine zufriedenstellend genaue Einschätzung der Zusammensetzung des Grundfutters, insbesondere der Grünfutterkonserven wie Heu, ohne aufwendige Futteranalysen in der Praxis einige Schwierigkeiten.

In der Arbeit von GLOCKER (2003) wurde daher anhand einer Literaturrecherche überprüft, inwieweit es möglich ist, die Mineralstoffgehalte von Grünlandaufwüchsen anhand von Parametern, wie z.B. Pflanzenalter, Schnittfolge oder Düngung, mit bekanntem Einfluss auf den Mineralstoffgehalt quantitativ abzuschätzen.

In der vorliegenden Studie wurden die zur Abschätzung der Mineralstoffgehalte von GLOCKER (2003) postulierten Schätzmöglichkeiten durch Analysen überprüft. Die verwendeten Heu- und Silageproben stammten aus Pferdebetrieben im oberbayerischen Raum.

Anhand der eigenen Ergebnisse erfolgte die Aufstellung von Empfehlungen zur Schätzung des Mineralstoffgehaltes im Heu.

2. Schrifttum

Schon in der ANLEITUNG ZUR BEURTHEILUNG DES PFERDEHEUES (1889) wurde über die Heubeurteilung Folgendes geschrieben:

... Der Werth des Heues ist hauptsächlich abhängig von den Arten und dem Alter der Pflanzen, aus denen es besteht, ferner von der Art der Ernte und namentlich der Erntewitterung sowie von der Art der Einbringung und Aufbewahrung. ...'

2.1. Rohprotein- und Rohfasergehalt im Heu

Der Nährstoffgehalt im Heu hängt vom Ausgangsmaterial sowie dessen Gewinnung und Lagerung ab. Durch den Wasserentzug liegt die Nährstoffkonzentration im Heu etwa 3 bis 4 mal höher als im Grünfutter.

Durch Werbungs- und Lagerungsbedingungen kann die ursprüngliche Variation der Nährstoffgehalte noch erweitert werden. Die Bröckel- und eventuell Auswaschungsverluste führen bei Bodentrocknung zu einem Rückgang des Rohprotein- und auch Mineralstoffgehaltes, während der Anteil an Rohfaser relativ ansteigen kann.

Wie aus der DLG-Futterwerttabelle (Tabelle 2-1) zu entnehmen ist, wird der Gehalt an Rohprotein vor allem durch das Vegetationsstadium beeinflusst. Mit fortschreitendem Alter der Pflanzen nimmt der Rohfasergehalt zu, und damit die Verdaulichkeit und der Rohproteingehalt ab.

Tabelle 2-1 (aus der DLG-Futterwerttabelle): Energie- und Nährstoffgehalt von Einzelfuttermitteln (pro kg Trockenmasse)

Futtermittel	Trockensubstanz g	Rohfaser g	Rohprotein g
Wiesenheu grasreich			
1. Schnitt vor Ährenschieben	860	241	128
1. Schnitt Beginn bis Mitte Blüte	860	313	101
1. Schnitt nach der Blüte	860	342	89
2. Schnitt unter 4 Wochen	860	233	141
Wiesenheu klee- und kräuterreich			
1. Schnitt vor Ährenschieben	860	230	183
1. Schnitt Beginn bis Mitte Blüte	860	307	138
1. Schnitt nach Blüte	860	339	124
2. Schnitt unter 4 Wochen	860	226	188
Lieschgrasheu			
1. Schnitt Beginn bis Mitte Blüte	860	332	96
1. Schnitt Ende Blüte	860	359	86
Luzerneheu			
1. Schnitt Beginn bis Mitte Blüte	860	340	161
2. Schnitt Beginn bis Mitte Blüte	860	335	173

2.2. Einfluss des Pflanzenalters

KNAUER (1963) stellte in seiner Untersuchung fest, dass der Rohproteingehalt der Pflanzen mit fortschreitendem Entwicklungsstadium abnimmt. Dies galt sowohl für Acker- als auch für Grünlandpflanzen. Er spricht hier von einem sehr engen Zusammenhang zwischen dem Entwicklungszeitraum und dem Roheiweißgehalt der Pflanzen. Für Grünlandpflanzen errechnete KNAUER (1963) in den meisten Fällen Korrelationskoeffizienten von $-0,90$ bis $-0,99$ und Tagesabnahmen von mehr als $0,10\%$ Roheiweiß.

Der Rohfasergehalt der Pflanzen nimmt mit fortschreitender Entwicklung der Pflanzen zu. Auch hier gibt es eine enge Beziehung zwischen der Entwicklungszeit und dem Rohfasergehalt der Grünlandpflanzen. Die Korrelationskoeffizienten liegen hier zwischen $0,90$ und $0,99$, die tägliche Zunahme des Rohfasergehaltes von mehr als $0,10\%$ ist fast die Regel.

Auch BUCHGRABER et al. (1997) im Alpenländischen Expertenforum stellten fest, dass der Verlauf des Rohfasergehaltes in den einzelnen Vegetationsstadien den Alterungsprozess der Pflanzen gut wiedergibt. Gegenläufig zum Rohfasergehalt verhält sich der Rohproteingehalt, denn mit zunehmender Alterung des Futters nimmt der Gehalt an Rohprotein ab.

NEHRING UND LAUBE (1955) bemerkten, dass der Gehalt der Rohfaser bei allen Pflanzen, von denen mehrere Vegetationsstadien geprüft wurden, mit steigendem Wachstumsstadium zunahm. Dabei zeigte sich, dass die Zunahme (vor allem bei Klee gras) im jüngeren Zustand der Pflanzen relativ groß ist und mit dem Älterwerden des Aufwuchses nachlässt.

Auch bei KIRCHGESSNER (1956) zeigte sich, dass mit fortschreitendem Wachstum des Wiesengrases der Gehalt an Rohprotein abnimmt und der Rohfasergehalt ansteigt. Die Veränderung des Rohproteins und der Rohfaser erklärten sich aus dem veränderten Vegetationsstadium der Pflanzen.

WOLF (1971) stellte fest, dass mit zunehmendem Alter der Grünlandpflanzen der Rohproteingehalt ab-, und der Rohfasergehalt zunimmt. In seinen Analysen (Tabelle 2-2) zeigte sich, dass, wie erwartet, in allen Schnitten mit zunehmender Wuchshöhe der Rohproteingehalt im Futter absinkt. Die Abnahme war im ersten und zweiten Schnitt größer als im vierten Schnitt. Der unterschiedliche Rohproteingehalt im Futter der drei Schnitte kann z.T. auf physiologische Unterschiede im Alter der Pflanzen beruhen, da die Gräser der ersten und zweiten Aufwüchse meist etwas mehr Stängeltriebe als die im Frühherbst aufweisen (4. Schnitt), aber auch die veränderte botanische Zusammensetzung von Frühjahr bis Herbst schlägt sich hier nieder.

Tabelle 2-2: Zusammenhang zwischen Schnitt/Wuchshöhe und dem Rohproteingehalt nach WOLF (1971)

Schnitt	Wuchshöhe	Rohprotein %	Anzahl der Analysen
1.	10 cm	28,05	15
1.	18 cm	24,53	15
1.	25 cm	22,65	15
2.	10 cm	25,45	31
2.	18 cm	23,43	31
2.	25 cm	20,33	31
4.	10 cm	27,83	31
4.	18 cm	27,19	31
4.	25 cm	25,22	31

Auch AXELSSON (1940) ging davon aus, dass der Rohfasergehalt im Heu mit dem Entwicklungsstand der Pflanzen kontinuierlich zunimmt. Des Weiteren stellte er fest, dass mit steigendem Rohfasergehalt auch der Gehalt an Rohprotein sinkt.

2.3. Einfluss der Pflanzengesellschaft

Der Einfluss der botanischen Zusammensetzung auf den Nährstoff- und Mineralstoffgehalt des Heues hängt von der jeweiligen Artengruppe, wie Gräser, Leguminosen oder Kräuter, ab. Verschiebungen in der botanischen Zusammensetzung verändern meist den Rohprotein- und Rohfasergehalt. Es ist bekannt, dass eine Verminderung des Kräuter- und Leguminosenanteils durch Düngung und Bewirtschaftungsmaßnahmen zu einer Senkung des Rohproteingehaltes und gleichzeitig zu einer Steigerung des Rohfasergehaltes führt.

Gräser haben im Vergleich zu Kräutern und Leguminosen den niedrigsten Rohproteingehalt und den höchsten Rohfaseranteil. Dies gilt auch für den Mineralstoffanteil (KNAUER 1963).

Der Mittelwert an Rohprotein lag für Gräser bei 8,9 %, für Leguminosen bei 10,9 % und für Kräuter bei 16,2 % (ZÜRN 1951).

Der Rohfasergehalt lag in den Untersuchungen von ZÜRN (1951) dagegen bei Gräsern am höchsten, bei Leguminosen niedriger und bei Kräutern am niedrigsten.

Die botanische Zusammensetzung hat also einen maßgeblichen Einfluss auf den Nährstoff- und insbesondere auf den Rohproteingehalt im Futter.

In seinen Analysen der Jahre 1963 bis 1965 zeigte WOLF (1971), dass der Gräseranteil im vierten Aufwuchs geringer ist, als im ersten Aufwuchs, und die Klee- und Kräuteranteile dementsprechend höher sind. Der Rohproteingehalt lag bei Gräsern am niedrigsten, bei Weißklee am höchsten und bei Löwenzahn dazwischen. Bei allen Artengruppen nehmen die Rohproteingehalte vom ersten Aufwuchs bis zum fünften Aufwuchs ab.

Der Einfluss der botanischen Zusammensetzung zeigte sich bei BRÜNNER (1950), hier wurden die vorliegenden Heuproben nach Grasanteil geordnet, im Mittel aller Proben zeigte sich bei absteigendem Grasanteil ein leichter Rückgang des Rohproteingehaltes, wohingegen der Rohfasergehalt eine leichte Steigerung aufwies (Tabelle 2-3).

Tabelle 2-3: Rohprotein- und Rohfasergehalt bei verschiedenem Grasanteil nach BRÜNNER (1950):

	Grasanteil <50 %	Grasanteil 50-60 %	Grasanteil 60-70 %	Grasanteil >70 %
Rohprotein in %	8,69	8,52	8,32	8,24
Rohfaser in %	24,4	25,1	25,7	26,3

In den Untersuchungen, die BRÜNNER (1954) durchführte, wurden die botanischen Analysen der Heuproben der Jahre 1946 und 1947 zusammengefasst. Im Bezug auf den Rohprotein- und Rohfasergehalt zeigte sich, dass der Rohproteingehalt mit Abnahme des Grasanteils, also mit Zunahme der Leguminosen und der übrigen Arten, eine langsame Steigerung aufwies. Die Abnahme des Rohfasergehaltes dagegen ist mit Abnahme des Grasanteils sehr deutlich zu sehen, was vor allem durch die Zunahme der rohfasererärmeren Klearten und Kräuter bedingt ist.

Auch in dieser Untersuchung konnte festgestellt werden, dass mit steigendem Rohfasergehalt der Rohproteingehalt sinkt.

KNAUER (1963) konnte nachweisen, dass Verschiebungen in der botanischen Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft, durch Dünge- und Bewirtschaftungsmaßnahmen zu Ungunsten der Leguminosen und Kräuter, zu einer Zunahme des Rohfasergehaltes und einer Abnahme Rohproteingehaltes führen.

2.4. Einfluss der Düngung

KNAUER (1963) erwähnt in seiner Arbeit einen Düngeversuch von KREIL et al.(1961), bei dem es durch Stickstoffdüngung zu einer starken Grasvermehrung kam, dies führte hier durch die Verdrängung des Weißklee zu einer Abnahme des Rohproteingehaltes und einer Zunahme des Rohfasergehaltes.

Bei weiteren Düngeversuchen mit Stickstoff stellte KNAUER (1963) fest, dass eine niedrige Stickstoffdüngung zu einem Anstieg des Rohfasergehaltes und einer Senkung des Rohproteingehaltes führte, die Abnahme des Rohproteingehaltes war hier auf die Umschichtung des Pflanzenbestandes durch Düngung zurückzuführen.

Bei einer starken Stickstoffdüngung kommt es zu einer Steigerung des Rohproteingehaltes und einer Senkung des Rohfasergehaltes.

Durch die Phosphatdüngung wird der Rohproteingehalt der Grünlandpflanzen oft erhöht, und der Rohfasergehalt sinkt ab, diese Veränderung hängt allerdings nicht mit der besseren Versorgung der Pflanzen mit Phosphor zusammen, sondern mit der dadurch bedingten Verschiebung der Pflanzengesellschaft. Dies gilt auch für die Düngung mit Kalium oder Calcium.

Die Stickstoffdüngung hat unterschiedliche Auswirkungen, bei niedrigen Stickstoffgaben kommt es zu einer Senkung des Rohproteingehaltes, bei gleichzeitiger Steigerung des Rohfaseranteils.

Wie KREIL et al. (1961) feststellten, ist dies zum Teil zweifellos auf die Umschichtung des Pflanzenbestandes zurückzuführen, und zum anderen Teil, wie KLAPP (1954) erkannte, eine Folge des vorzeitigen Verholzens des Aufwuchses. Bei sehr hoher Stickstoffdüngung kommt es, wie erwartet, zu einem Anstieg des Rohproteins bei gleichzeitigem Absinken des Rohfasergehaltes.

Nach KNAUER (1963) wird durch eine Phosphor-Düngung der Rohproteingehalt erhöht und der Rohfasergehalt verringert, diese Veränderungen beruhen weniger auf der besseren oder schlechteren Phosphor-Versorgung des Bodens, sondern werden ebenfalls durch die Umschichtung des Pflanzenbestandes verursacht. Ähnliche Einflüsse zur Artenverschiebung hat auch eine Kalium-Düngung, die allerdings auch direkt vermindern auf den Rohproteingehalt wirkt.

Über den Einfluss der Kalidüngung schrieb MARCUSSEN (1963), dass er abhängig vom Düngezeitpunkt einen Einfluss auf den Rohproteingehalt des Grases hatte. Die im Herbst erfolgte Kalidüngung hatte eine Senkung des Rohproteingehaltes von 8,9 % auf 8,52 % im ersten Schnitt zur Folge, die Frühjahrsdüngung dagegen zeigte keinerlei Auswirkung auf den Rohproteingehalt. Der zweite Schnitt enthielt im Vergleich zum ersten 64 % mehr Rohprotein, allerdings konnte hier die beim ersten Schnitt festgestellte, unterschiedliche Wirkung des Düngezeitpunktes nicht bestätigt werden.

Um den Einfluss der Düngung auf den Nährstoffgehalt des Wiesenheus zu untersuchen, hat BRÜNNER (1954) nur Wiesen gewählt, die reine Wirtschaftsdüngung mit Stallmist, Jauche oder Gülle erhalten hatten. Die Proben stammten von Betrieben in Baden-Württemberg, wo

sie wie in der Praxis üblich gewonnen wurden. Im Bezug auf die Versorgung des Bodens mit Phosphorsäure und den Kaligehalt des Bodens zeigten sich weder beim Rohprotein- noch beim Rohfasergehalt wesentliche Unterschiede (Tabelle 2-4).

Tabelle 2-4: Phosphorsäureversorgung des Bodens und ihr Einfluss auf den Nährstoffgehalt im Heu nach BRÜNNER (1954)

P2O5- versorgung des Bodens	Rohprotein in %	Rohfaser in %	Gräser in %	Leguminosen in %	Kräuter in %
gut	8,26	25,0	64,5	11,6	23,9
mittel	8,40	24,7	68,5	9,5	22,0
schlecht	8,25	24,9	65,9	10,5	23,9
Kaliversorgung des Bodens					
gut	8,51	25,5	65,9	12,1	22,0
mittel	8,25	24,7	65,8	10,3	23,9
schlecht	8,33	24,7	68,0	9,1	22,9

BRÜNNER (1954) untersuchte die botanische Zusammensetzung von Heuproben der Jahre 1946 und 1947 und der Jahre 1950 und 1951. In den ersten beiden Jahren fand eine Düngung nur mit wirtschaftseigenen Düngemitteln (Stallmist, Gülle und Jauche) statt, hier zeigte sich, dass mit Abnahme des Grasanteils der Rohproteingehalt langsam anstieg, der Rohfasergehalt allerdings deutlich absank. Diese Verschiebung war durch den steigenden Anteil der Leguminosen und Kräuter bedingt, die sehr viel rohfasärmer sind als Gras.

Die Proben der Jahre 1950 und 1951 wurden mit Kaliphosphat gedüngt, hier stieg der Grasanteil deutlich an. Im Bezug auf den Rohproteingehalt zeigte sich bei diesen Proben, dass mit sinkendem Grasanteil der Rohproteingehalt deutlich anstieg, weil hier eine Veränderung der botanischen Zusammensetzung zu Gunsten der Leguminosen stattfand. Gleichzeitig sank der Rohfasergehalt deutlich ab. BRÜNNER (1954) stellte abschließend fest, dass durch eine regelmäßige Düngung der Leguminosenanteil, und dadurch auch der Rohproteinanteil im Heu, erhöht werden konnte sowie gleichzeitig auch der Rohfaseranteil gesenkt wurde.

Bei SCHULZE (1953) wurde ebenfalls der deutliche Unterschied des Rohproteingehaltes im Bezug auf die unterschiedliche Pflanzengesellschaft festgestellt, die Kleartigen und sonstige Kräuter übertreffen dabei den Rohproteingehalt der Gräser bei weitem.

Für die Praxis kann man daraus folgern, dass sachgemäße Düngung und Nutzungsweise den Pflanzenbestand einer Wiese so beeinflussen können, dass es zu einer Zu- oder Abnahme des Rohproteins durch den veränderten Grasanteil kommt. Die unmittelbare Einwirkung der Düngung auf den Rohproteingehalt von Gras ist, je nach Düngungsweise, sehr unterschiedlich, eine PK- Düngung erhöht den Rohproteingehalt deutlich, ebenso wie eine wechselnde PK- und NPK-Düngung (Tabelle 2-5).

Tabelle 2-5: Rohproteingehalt im Aufwuchs bei verschiedener Düngung nach SCHULZE (1953)

Düngung	Rohproteingehalt in %
Ungedüngt	12,6=100
PK-Düngung	120
NPK-Düngung	97
PK- und NPK-Düngung abwechselnd	116

2.5. Einfluss der Witterung und Mahd

Den Einfluss von Witterung und Mahd überprüfte PIATKOWSKI et al (1959) in seinem Versuch 1956/1957 und fand heraus, dass durch die mechanisierte Bodentrocknung der Gehalt an Rohprotein leicht absinkt, der Rohfasergehalt hingegen allerdings ansteigt. Je schlechter die Bedingungen für die Bodentrocknung sind, desto weiter fällt der Gehalt an Rohprotein ab, und der Rohfasergehalt steigt an. Diese Veränderungen erklären sich durch die größeren Bröckelverluste. Wenn sich die Bedingungen für die Bodentrocknung (witterungsbedingt) noch verschlechtern, sinkt der Rohproteingehalt weiter ab, und der Rohfasergehalt steigt weiter an.

Dies zeigte sich in den Ergebnissen zur Unterscheidung von mechanisierter Bodentrocknung, vernachlässigter und sehr vernachlässigter Bodentrocknung, denn die Verluste an Rohprotein betragen bei der letztgenannten Methode das drei- bis vierfache der mechanisierten Bodentrocknung.

Die Reutertrocknung von Heu zeigte die geringsten Verluste an Trockenmasse und Rohprotein. Als zweckmäßigste Konservierung von Weidegras stellt sich im Hinblick auf den Rohproteingehalt und die Trockenmasse allerdings die künstliche Trocknung dar, denn die Reutertrocknung ist zu arbeitsaufwendig.

AXELSSON (1940) stellte ebenso einen Anstieg der Rohfaser bei Bodentrocknung des Heues im Vergleich zur Reutertrocknung fest.

Wie MARCUSSEN (1964) in seinem Versuch zum Einfluss der Kalidüngung und Witterung feststellte, ist der Einfluss der Witterung auf den Rohproteingehalt größer, als die Kalidüngung. Die Witterung bewirkt eine frühere oder spätere Ernte und beeinflusst damit den Rohproteingehalt, da ein Mangel an Feuchtigkeit und ungenügende Temperaturen den Gehalt an Rohprotein schmälern. Das erklärt sich dadurch, dass bei zu wenig Niederschlag und niedrigen Temperaturen das Wachstum verlangsamt, und eine ausreichende Blattbildung verhindert wird, wodurch der zum Großteil in den Blättern angelegte Rohproteinanteil der Pflanze vermindert wird. Auch zu frühes Schossen und Verholzen der Pflanzen führt zu geringeren Rohproteingehalten.

2.6. Einfluss des Bodens

BRÜNNER (1950) stellte in seinen Untersuchungen zum Mineral- und Nährstoffgehalt des Heues südwürttemberger Wiesen und deren botanischen Zusammensetzung fest, dass der Einfluss des Bodens durch Nährstoffvorrat und Reaktionszustand auf den Rohprotein- und Rohfasergehalt so gut wie nicht ins Gewicht fällt, bzw. von den Faktoren Bewirtschaftung und Schnittzeitpunkt ausgeschaltet werden (Tabelle 2-6)

Tabelle 2-6: Einfluss des Nährstoffgehaltes des Bodens nach BRÜNNER (1950)

Ergebnisse der Heuuntersuchungen	nährstoffreiche Böden	nährstoffarme Böden
Rohprotein in %	8,31	8,39
Rohfaser in %	24,8	24,4
Gras in %	63,9	68,9
Klee in %	11,9	8,4
Kräuter in %	24,2	22,7

Im Bezug auf die Heuproben von reinen Moorböden konnte er einen etwas höheren Rohproteingehalt feststellen, der Rohfasergehalt liegt hier insgesamt niedriger.

Der Reaktionszustand des Bodens zeigt im Bezug auf den Rohproteingehalt im Heu keinen Einfluss, auch bei sauren Böden ist der Gehalt an Rohprotein nicht niedriger, als bei

alkalischen Böden. Der Rohfasergehalt zeigte ebenfalls keine Änderung im Bezug auf dem Boden-pH. Der höhere Phosphorsäuregehalt des Bodens hatte einen höheren Rohproteingehalt im Heu zur Folge, dies erklärt sich zum Teil durch die dadurch veränderte botanische Zusammensetzung mit erhöhtem Kleeanteil (Tabelle 2-7). Der Rohfasergehalt des Heues von phosphorsäurereichen Böden liegt im Mittel der Proben um 0,08 % höher.

Tabelle 2-7: Einfluss der Phosphorsäure nach BRÜNNER (1950)

Gehalt an	< als 5 mg P₂O₅ in 100g Boden	> als 5 mg P₂O₅ in 100g Boden
Rohprotein in %	7,91	8,35
Rohfaser in %	24,75	24,83
Gras in %	67,9	65,9
Klee in %	9,9	10,6
Kräuter in %	22,2	23,5

2.7. Beziehung zwischen Rohprotein- und Rohfasergehalt

KNAUER (1963) postuliert in seiner Arbeit zum Zusammenhang zwischen dem Rohprotein- und Rohfasergehalt der Grünlandpflanzen, dass der Rohproteingehalt der Pflanzen mit fortschreitender Entwicklung abnimmt. Die Beziehung zwischen Rohproteingehalt und Entwicklungszeitraum ist sehr eng, was sich auch in dem Korrelationskoeffizienten von 0,9 bis 0,99 niederschlägt. Für Grünlandpflanzen errechnete er hier eine Tagesabnahme an Rohprotein von mehr als 0,10 %.

Der Rohfasergehalt der Pflanzen steht ebenfalls in einer sehr engen Beziehung zur fortschreitenden Entwicklung der Pflanzen, der Korrelationskoeffizient liegt hier bei 0,9 bis 0,99, die tägliche Zunahme an Rohfaser liegt bei mehr als 0,10 %.

Natürlich verändern sich nicht nur die Einzelwerte, sondern diese Einzelwerte stehen untereinander in Beziehung, d.h. mit zunehmendem Rohprotein- und Rohfasergehalt fällt normalerweise auch der Mineralstoffgehalt (KNAUER 1963).

Allgemein kann man feststellen, dass die normalen Zusammenhänge zwischen Rohprotein, Rohfaser und Mineralstoffen auf Wiesen relativ selten gestört werden.

Laut KNAUER (1963) eignen sich daher der Rohprotein- und Rohfasergehalt von Grünlandaufwüchsen sehr gut zur Bestimmung des Pflanzenalters im Zusammenhang mit Nährstoffbestimmungen, da sie eine sehr enge Beziehung zum Entwicklungsstand der Pflanzen haben. Bei artenreichen Proben von Grünlandaufwüchsen kann diese Beziehung beeinflusst werden. Falls die Proben nach dem Rohproteingehalt in ein anderes Entwicklungsstadium eingeordnet werden sollten, als nach dem Rohfasergehalt, so gilt immer der Zustand nach dem Rohproteingehalt.

Auch die anderen Autoren stellen einen Zusammenhang zwischen dem Rohproteingehalt und Rohfasergehalt in Grünlandaufwüchsen fest, bei dem immer eine Verschiebung des einen auch eine Veränderung des anderen Wertes zur Folge hat. Die Ursachen hierfür können entweder im Pflanzenalter, der Düngung oder der botanischen Zusammensetzung zu finden sein und beeinflussen sich auch untereinander.

2.8. Kurzer Überblick über die Literaturstudie von GLOCKER (2003) zur quantitativen Schätzbarkeit der Mineralstoffgehalte von Grünlandaufwüchsen im Hinblick auf die computergestützte Ernährungsberatung beim Pferd

In der Arbeit von GLOCKER (2003) wurde eine Einschätzung von Mengen- und Spurenelementen in Grünlandaufwüchsen und ihren Konservaten erstellt. Hierzu wurden die Einflüsse der Faktoren Bodentyp bzw. -art, Boden-pH-Wert, Stickstoff-, Phosphor-, Kaliumdüngung, Pflanzenalter, Schnittnutzung, Anteil der Artengruppen am Gesamtpflanzenbestand, Witterung während des Aufwuchses, Konservierung sowie teilweise spezielle Düngung des entsprechenden Elementes auf ihre quantitative Relevanz und Eindeutigkeit hin überprüft. Hierzu wurden Analysedaten aus der Literatur sowie unveröffentlichtes Datenmaterial mehrerer Institute ausgewertet.

Des Weiteren sollten die Faktoren unter Praxisbedingungen wenigstens durch einen Teil der Pferdehalter erfassbar sein. Als ungeeignet wurden daher die Faktoren Bodentyp und -art, die Witterung und die Heubereitung eingestuft.

Für die folgenden Elemente konnte GLOCKER (2003) ein Schätzdiagramm erstellen und auch Minimal- und Maximalwerte errechnen: Kalium, Calcium, Magnesium und Phosphor.

Wie in Abbildung 2-1 zu sehen erstellte GLOCKER (2003) ein Flussdiagramm zur Abschätzung des Kaliumgehaltes von Grünlandaufwüchsen unter Berücksichtigung der folgenden Faktoren: Kalium-Düngung, Boden-Kalium-Gehalt, Pflanzenalter und Schnittnutzung.

Für Kalium ergab sich ein Minimalwert von 6 g/kg TS und ein Maximalwert von 34 g/kg TS, und - unter Einbeziehung der errechneten Einflussnahmen bei bekanntem Kalium-Düngestatus und bekanntem Schnitttermin - eine Spanne des Kaliumgehaltes, die mit den in den Futterwerttabellen angegebenen Werten gut übereinstimmt.

Für Phosphor wurde ebenfalls ein Schätzdiagramm (Abbildung 2-2) erstellt, das die folgenden Einflussfaktoren berücksichtigte: Boden-pH-Wert, Phosphor-Düngung, Stickstoff-Düngung, Pflanzenalter und Schnittnutzung. Die Faktoren Witterung während des Pflanzenaufwuchses und Bodentyp wurden zwar als wichtig erkannt, aber wegen der mangelnden Praktikabilität der Erfassung und, weil sie nicht gleichgerichtet waren, nicht in die Abschätzung mit einbezogen. Es ergab sich hier ein Minimalwert von 2,0 g/kg TS und ein Maximalwert von 5,3 g/kg TS. GLOCKER (2003) schloss daraus, dass der Minimalwert, der sich aus dem Flussdiagramm errechnet, in der Praxis deutlich unterschritten werden könnte.

Das von GLOCKER (2003) für Calcium erstellte Flussdiagramm (Abbildung 2-3) schloss die hier aufgeführten Faktoren: Kalium-Düngung, Stickstoff-Düngung, Phosphor-Düngung, Schnittnutzung und Pflanzenalter mit ein und ergab sehr zufriedenstellende Werte für die Abschätzung der Calciumgehalte im Gras. Es ergaben sich ein Minimalwert von 1,5 g Ca/kg TS und ein Maximalwert von 16 g Ca/kg TS.

Für das Flussdiagramm zur Abschätzung des Magnesiumgehalte im Gras kamen die gleichen Einflussfaktoren zum Tragen wie bei Calcium (Abbildung 2-4). Die Maximal- und Minimalwerte für Magnesium lagen bei 1,0 g/kg TS bzw. 4,0 g/kg TS.

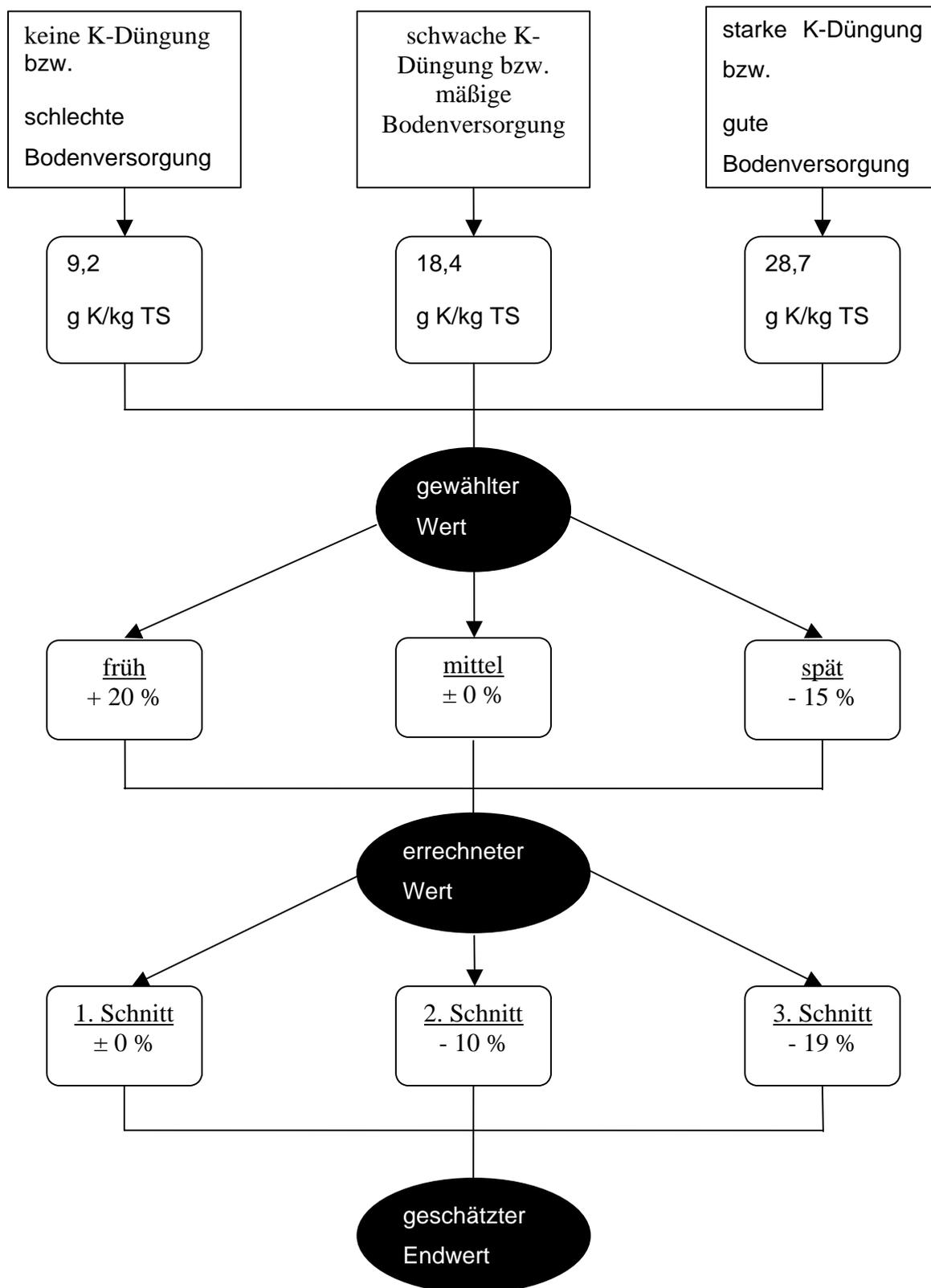


Abbildung 2-1: Flussdiagramm zur Abschätzung des Kalium-Gehaltes von Grünlandaufwüchsen unter Berücksichtigung der Faktoren: Kalium-Düngung, Boden-Kalium-Gehalt, Pflanzenalter und Schnittnutzung (GLOCKER 2003)

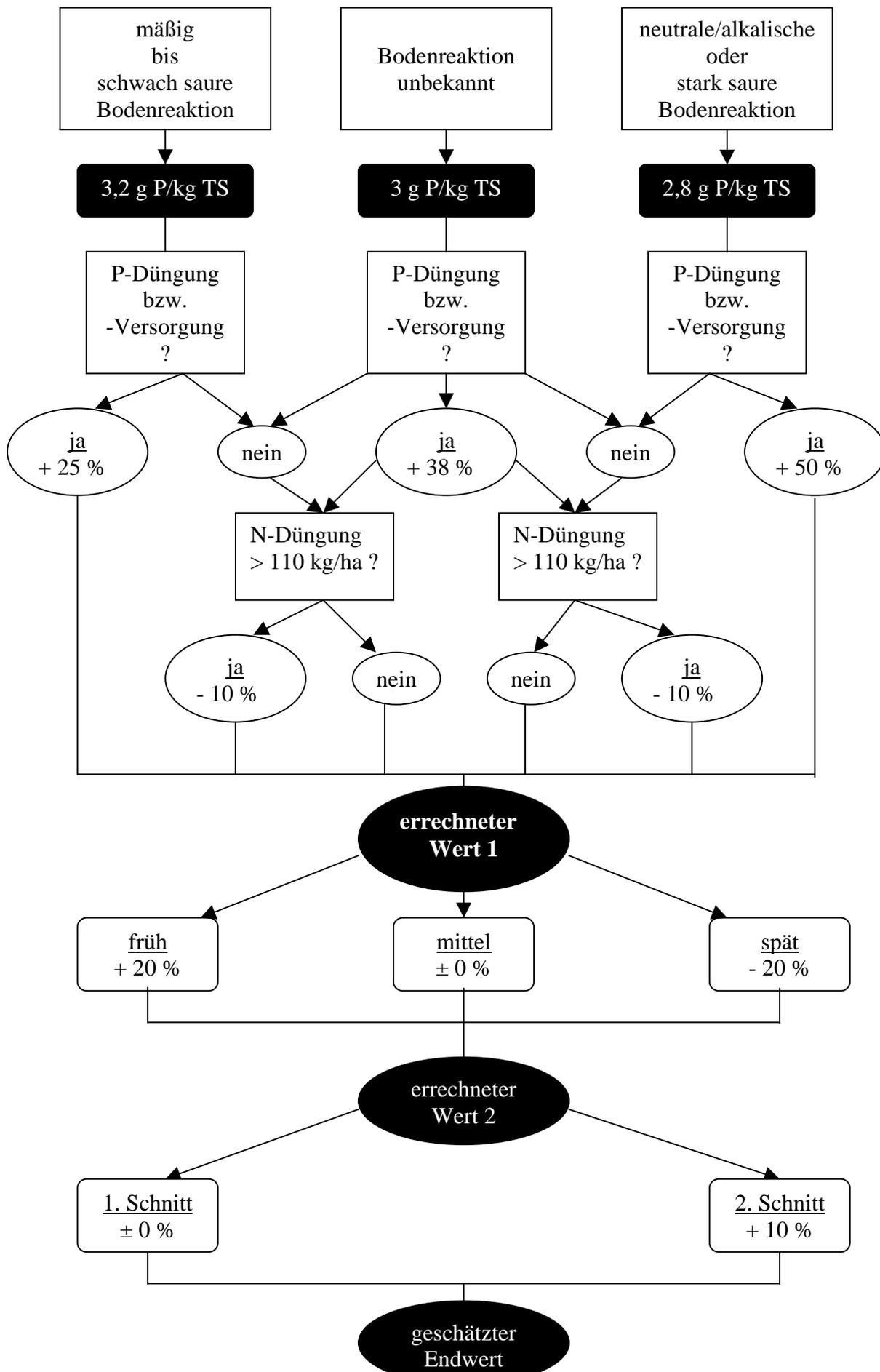


Abbildung 2-2: Flussdiagramm zur Abschätzung des Phosphor-Gehaltes von Grünlandaufwüchsen unter Berücksichtigung der Faktoren: Boden-pH-Wert, Phosphor-Düngung, Stickstoff-Düngung, Pflanzenalter und Schnittnutzung (GLOCKER 2003)

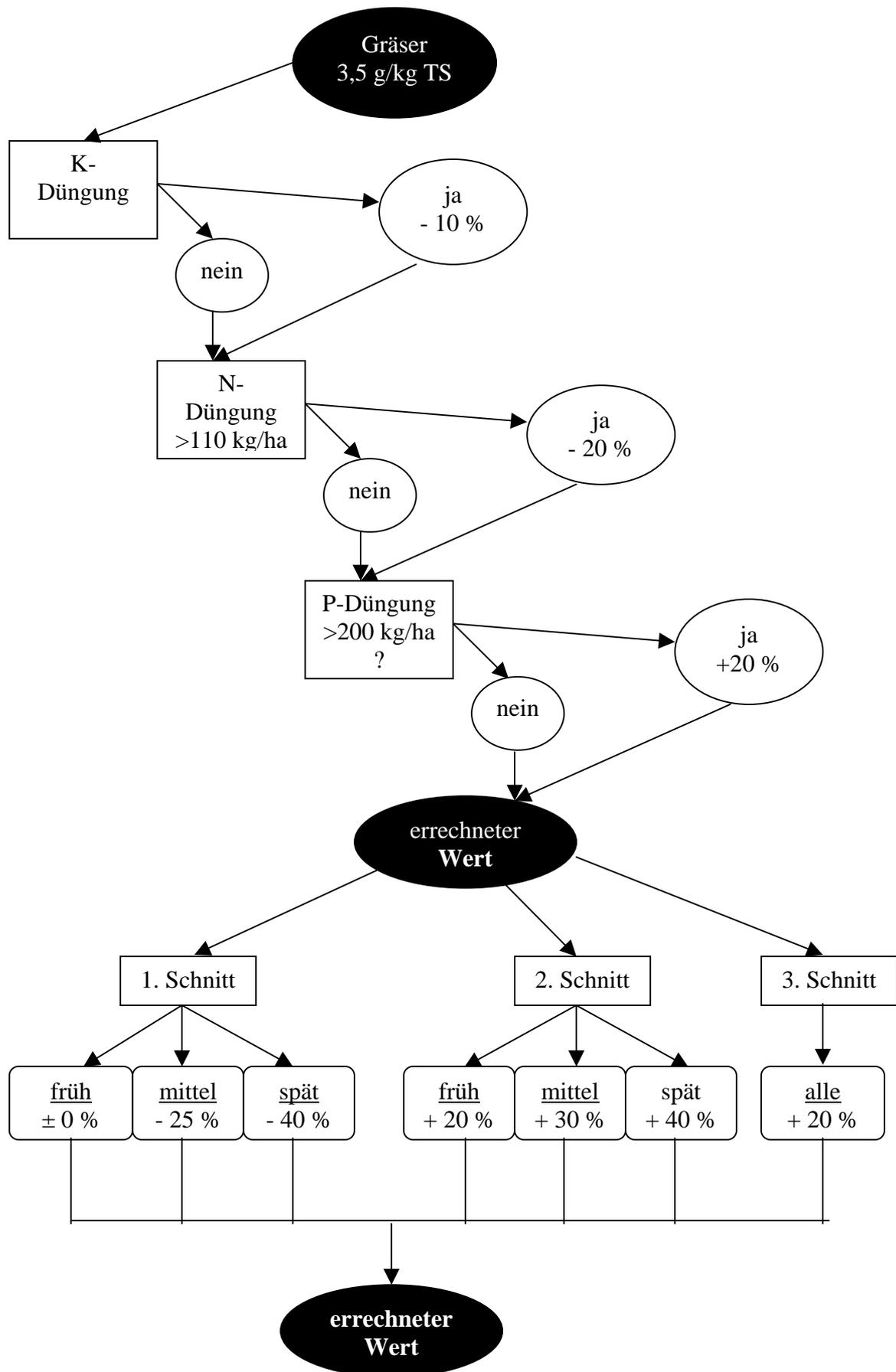


Abbildung 2-3: Diagramm zur Abschätzung des Calcium-Gehaltes in Gräsern (GLOCKER 2003)

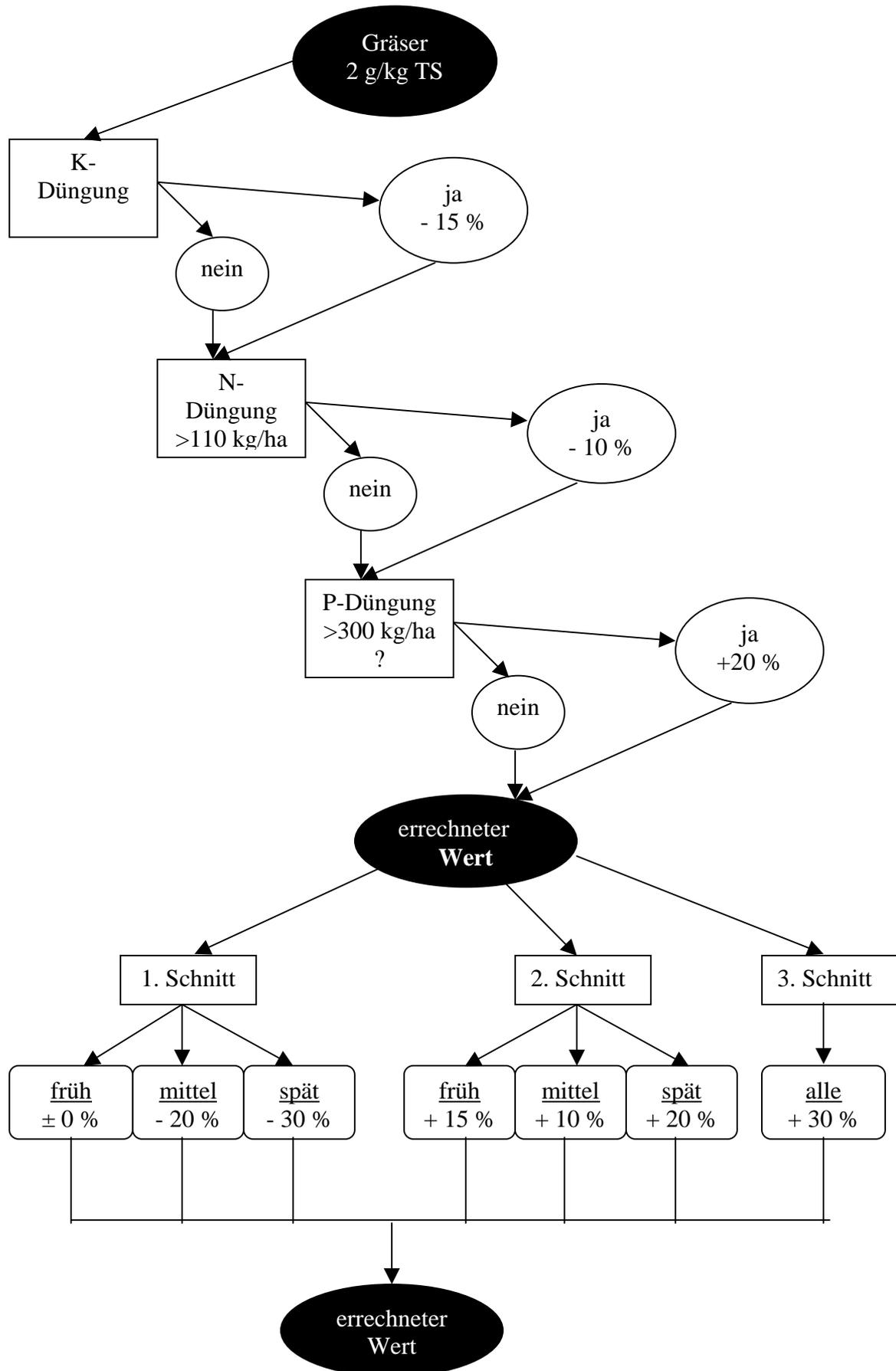


Abbildung 2-4: Diagramm zur Abschätzung des Magnesium-Gehaltes in Gräsern (GLOCKER 2003)

3. Material und Methoden

3.1. *Untersuchungsmaterial*

3.1.1. Herkunft der Proben

Die gesammelten 104 Proben stammen aus dem südlichen Oberbayern.

Während meiner Tätigkeit in der Pferdepraxis Dr. Thomas Möllmann hatte ich Gelegenheit, diese Heu- und Silageproben der Jahre 2003 und 2004 zu sammeln.

Sie stammen fast überwiegend aus Betrieben mit reiner Pferdehaltung und wurden vom jeweiligen Betrieb selbst hergestellt.

In der Arbeit von GLOCKER (2003) wurden die Proben nach ihren Hauptbestandteilen in Grasheu, Leguminosen- oder Kräuterheu unterteilt.

Bei den von mir gesammelten Heuproben handelte es sich ausschließlich um reine Grasheuproben.

Zu jeder Probe wurde ein Fragebogen ausgefüllt, der über verschiedene, einflussreiche Faktoren Auskunft gibt.

3.1.2. Sinnenprüfung

Vor der Aufbereitung der Proben für die Analysen wurde bei jeder Probe eine Sinnenprüfung nach Vorgabe der Supplemente durchgeführt (siehe Anhang).

3.1.3. Vorbereitung der Proben

Vor und nach dem Vermahlen der Proben zu einer Partikelgröße von 0,5 mm in einer Mühle (Retsch ZM 100) erfolgte die Trockensubstanzbestimmung.

Alle Proben wurden bis zur Analyse bei Zimmertemperatur trocken und dunkel gelagert.

3.1.4. Trockensubstanzbestimmung (TS)

Zur Bestimmung der Trockensubstanz wurden die Heu- und Silageproben bis zur Gewichtskonstanz, jedoch mindestens 4 Stunden im Trockenschrank bei 103 °C getrocknet. Danach wurden die Proben sofort in den Exsikkator gestellt und nach vollständigem Abkühlen sofort gewogen.

3.1.5. Rohfaser (Rfa)

Ca. 1 g der gemahlten Probe wurde eingewogen und dann jeweils mit 1,25 %iger Schwefelsäure, danach mit 1,25 %iger Natronlauge im Fibertec-Heißextraktor (Fa. Tecator) ca. 30 Minuten gekocht.

Zwischen den beiden Kochgängen und am Ende der Bestimmung wurde die Probe jeweils mit heißem Aqua dest. gewaschen. Danach wurde die Probe im Kaltextraktionsgerät mit Aceton entfettet, im Trockenschrank getrocknet, gewogen, dann bei 500 °C 1 Stunde im Muffelofen verascht und anschließend wieder gewogen.

Um den Wert der Rohfaser in % zu erhalten, wurde das Gewicht der Asche vom Wert des Rückstandes nach dem Trocknen abgezogen, durch die Einwaage geteilt und mit 100 multipliziert.

Bei der Heubeurteilung ist es auch bei einem späten ersten Schnitt, wie er in der Pferdehaltung üblich ist, möglich, zwischen einem stängelreichen und einem strohig-harten Heu zu unterscheiden (MEYER 2002)

Als Grenze für den ersten Schnitt wurde ein Rohfasergehalt von 34 % der TS festgesetzt, da dies in etwa dem Rohfasergehalt im Stroh entspricht. Für den zweiten Schnitt wurde ähnlich verfahren. Als Grenze wurde hier 28 % Rohfasergehalt festgelegt, der Unterschied wurde hierbei zwischen blattreichem und stängelreichem Heu gemacht.

3.1.6. Rohprotein

Der Rohproteingehalt der Proben wurde mit Hilfe des Kjeltec 2400 (Firma Foss) gemessen. Hierzu wurden ca. 0,5 g der Proben in Schiffchen eingewogen und in einen 250 ml Tube verbracht, dazu wurden dann jeweils eine Tablette Kjeltab Cu/3,5 und 10 ml 96 %ige Schwefelsäure gegeben. Anschließend wurden die Proben bei 410 °C im Digestor (Firma Foss) gekocht, und dann der Rohproteingehalt mit Hilfe des Kjeltec 2400 gemessen.

Hierbei wurde der gesamte Stickstoffgehalt der Proben gemessen und mit dem Faktor 6,25 in % Rohprotein umgerechnet.

Für die Messung werden die folgenden Substanzen benötigt:

32 %ige Natronlauge, 0,2 normale Salzsäure, 1 %ige Borsäurelösung, Aqua dest.

3.1.7. Mineralstoffe

Zur Vorbereitung der Mineralstoffanalyse wurden von jeder Probe zweimal ca. 0,5 g in ein Quarzglaschen eingewogen, mit 5 ml 65 %iger Salpetersäure aufgefüllt, anschließend wurden die Proben in der Mikrowelle MLS-Ethos 1600(Firma MLS GmbH) nassverascht. Nach dem Abkühlen wurden die Proben in Reagenzglaschen umgefüllt und mit Aqua dest. auf 10 ml aufgefüllt. Mit dieser Nassveraschungslösung wurden die weiteren Analysen von Calcium, Kalium, Natrium, Magnesium und Phosphor durchgeführt.

3.1.7.1. Calcium, Kalium, Natrium

Zur Messung von Calcium, Kalium und Natrium wurde das Flammenphotometer EFFOX 5053 der Fa. Eppendorf verwendet. Das Gerät stammt aus der Humanmedizin, daher muss zur Bestimmung dieser Elemente ein Urinstandard verwendet werden.

Das Prinzip dieser Messung beruht darauf, dass die Probenlösung (Nassveraschungslösung) mit Acetylen gas in der Flamme des Flammenphotometers verbrannt wird. Jedes Element erzeugt in der Flamme eine charakteristische Farbe, mit einer bestimmten Wellenlänge. Das Zwischenschalten eines Filters erlaubt eine Selektion für jedes Element, das durch den Filter gehende Licht wird dann photoelektrisch gemessen.

Der Calciumgehalt in g/kg errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{g Ca/kg TS} = \frac{\text{Atomgewicht von Ca (g/mol)} \times \text{Messwert} \times \text{Verdünnung}}{1000 \times \text{Einwaage (g)}}$$

Atomgewicht Ca = 40,08

Der Kaliumgehalt in g/kg errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{g K/kg TS} = \frac{\text{Atomgewicht von K (g/mol)} \times \text{Messwert} \times \text{Verdünnung}}{1000 \times \text{Einwaage (g)}}$$

Atomgewicht K = 39,102

Der Natriumgehalt in g/kg errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{g Na/kg TS} = \frac{\text{Atomgewicht von Na (g/mol)} \times \text{Messwert} \times \text{Verdünnung}}{1000 \times \text{Einwaage (g)}}$$

Atomgewicht Na = 22,99

3.1.7.2. Phosphor

Die Bestimmung des Phosphorgehaltes der Proben erfolgte ebenfalls aus der Nassveraschungslösung am Spektralphotometer GENESYS 10UV der Fa. Thermo Spectronic.

Mit dem Photometer werden Extinktionen von Lösungen unterschiedlicher Farbintensität gemessen. In Einmalküvetten wurden 0,05 ml der Proben mit 1 ml Trichloressigsäure, 1 ml Molybdät- und 1 ml Vanadatlösung in PP-Röhrchen pipettiert und dann im Reagenzglas-Schüttler geschüttelt. Während der 10-minütigen Wartezeit konnte die Reaktion vollständig ablaufen, es bildete sich Phosphormolybdänsäure, deren gelbe Farbe als Extinktion bei 366 nm im Photometer gemessen werden konnte.

Durch das vorherige Messen eines Nullwertes (ohne Probe) wird die Durchlässigkeit des Gerätes auf 100 % eingestellt.

Die Umrechnung des Messwertes in den Gehalt an Phosphor in g/kg erfolgte nach folgender Formel:

$$\text{g P/kg TS} = \frac{\text{Messwert} \times 10,5 \times \text{Verdünnung}}{\text{Standard} \times 100 \times \text{Einwaage}}$$

Standard = 0,34

3.1.7.3. Magnesium

Die Messung des Magnesiumgehaltes der Proben erfolgte am Atomabsorptionsspektrometer (AAS) 939 AAS der Fa. Unicam ebenfalls aus der Nassveraschungslösung.

In diesem Gerät werden die anwesenden Elemente in den atomaren Zustand überführt, indem es feine Tröpfchen der zerstäubten Nassveraschungslösung in eine Flamme saugt. Die so entstandenen Atome absorbieren Strahlung bei jeweils charakteristischen Wellenlängen. Emittiert werden bestimmte Linienspektren von Hohlkathodenlampen des ASS, die das zu analysierende Element enthalten. Ein Empfängersystem mit Sekundärvervielfacher misst jetzt die Extinktion, welche zur Konzentration des entsprechenden Elementes proportional ist.

3.1.8. Spurenelemente

Kupfer, Zink, Eisen, Selen:

Die Bestimmung dieser Spurenelemente erfolgte aus der mikrowellenveraschten Lösung im Aanalyst 200 (atomic absorptions system, Fa. Perkin Elmer). Dazu werden 5 ml der Lösung in das Reaktionsgefäß überführt und mit 1,5%iger Salzsäure auf 10 ml aufgefüllt. Der ersten Probe werden während einer Analysenserie 1-2 Tropfen Silicon- Entschäumer zugefügt. Vor jeder Probenserie wird eine externe Kalibrierung durchgeführt.

4. Beantwortung des Fragebogens und Diskussion

Zu jeder Probe wurde ein Fragebogen ausgefüllt, der über die verschiedenen, einflussreichen Faktoren Auskunft gibt (siehe Anhang).

Hierzu gehörten der Schnitt und das Schnittdatum, Bodenart und -pH, die Düngung, die Nutzung der Flächen, Witterung während der Mahd und die Lagerung.

Bei der Beantwortung der Fragebögen ergaben sich einige Schwierigkeiten im Bezug auf die genauen Angaben zu einigen Fragen.

Hier zeigte sich, wie GLOCKER (2003) schon in ihrer Arbeit erwähnte, dass das Wissen der Pferdebesitzer bzw. auch der Heuhersteller im Bezug auf manche Daten sehr gering bis gar nicht vorhanden war.

Bei der Beantwortung der Frage nach der Bodenreaktion bzw. nach dem Boden-pH zeigten sich die größten Schwierigkeiten, da in den meisten Fällen einfach nur, ohne gesicherte Bodenanalysen, neutral angegeben wurde. Daher musste hier bei der Verwertung der Daten größtenteils von einer unbekanntem Bodenreaktion ausgegangen werden.

Auch die Frage nach der Bodenart konnte nur sehr selten korrekt beantwortet werden, so dass mit diesem Faktor nicht gearbeitet werden konnte.

Im Bezug auf die Düngung konnte zwar zu einem Teil der Proben relativ genaue Angaben gemacht werden, v. a. im Bezug auf die verwendete Menge und Arten von Kunstdünger. Hingegen konnte im Bezug auf die Menge von ausgebrachtem tierischen Dünger keinerlei quantitative Angaben gemacht werden, sondern nur zur Häufigkeit der Düngung.

Zur Verwertung dieser Daten wurde, anhand einer Tabelle aus dem Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland von der bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, ein Mittelwert für die Verwendung von Festmist oder Gülle ermittelt.

Im Gegensatz zu diesen Schwierigkeiten konnten die Fragen nach dem Schnitt und dem Schnittdatum immer exakt und auf den Tag genau beantwortet werden.

Auch die Frage, ob die Probe angeregt wurde oder nicht, wurde immer genau beantwortet, ebenso wie die Frage nach der Art der Lagerung.

5. Ergebnisse zum Calcium-Gehalt

Der Gesamtmittelwert an Calcium lag bei 4,7 g Ca/kg TS.

Der Minimalwert wurde mit 1,8 g Ca/kg TS in einer Probe des ersten Schnittes einer mit Festmist gedüngten Wiese gemessen.

Der Maximalwert lag bei 10,2 g Ca/kg TS und fand sich bei einer Probe des dritten Schnittes einer mit Festmist gedüngten Mähweide.

Tabelle 5-1: Mittelwerte des Calciumgehaltes

Calcium-Gehalt	g Ca/kg TS
Gesamtmittelwert	4,7 ± 1,8
min	1,8
max	10,2

5.1. Kriterium Schnittfolge

Die Calcium-Gehalte lagen im ersten Schnitt im Mittel niedriger als in den folgenden Schnitten (Tabelle 5-2). Auch die Minima und Maxima waren im ersten Schnitt jeweils niedriger, als in den folgenden Schnitten.

Die höchsten Calcium-Gehalte wurden im ersten und den weiteren Schnitten auf einer Mähweide festgestellt. Die niedrigsten Calcium-Gehalte traten jeweils bei starker Stickstoff-Düngung auf.

Tabelle 5-2: Calcium-Gehalt im ersten und späteren Schnitten

Kriterium	g Ca/kg TS	min	max	n
1. Schnitt	4,1 ± 1,3	1,8	7,2	76
spätere Schnitte	6,2 ± 2,0	2,6	10,2	28

Die Differenz zwischen erstem und zweitem Schnitt lag bei plus 34 %.

5.2. Kriterium Schnittzeitpunkt

Beim ersten Schnitt handelte es sich nahezu ausschließlich um späte Schnitte, die von Mitte Mai bis Ende Juli (Ausnahme: 1. September) geschnitten wurden.

Zwischen den Schnitten von Mitte Mai bis Ende Juli gab es keinen systematischen Effekt.

Innerhalb des Zeitfensters zwischen 15. Mai und 1. September für den ersten Schnitt ergab sich keinerlei Trend hinsichtlich des Calcium-Gehaltes (Abbildung 5-1).

Bei den späteren Schnitten handelt es sich fast ausschließlich um mittlere zweite Schnitte, die in einem Zeitraum von 30. Juni bis 03. Oktober geschnitten wurden.

Zwischen diesen Schnitten ergab sich ebenfalls kein systematischer Effekt und innerhalb dieses Zeitfensters ergab sich kein Trend im Bezug auf den Calcium-Gehalt der Proben (Abbildung 5-2).

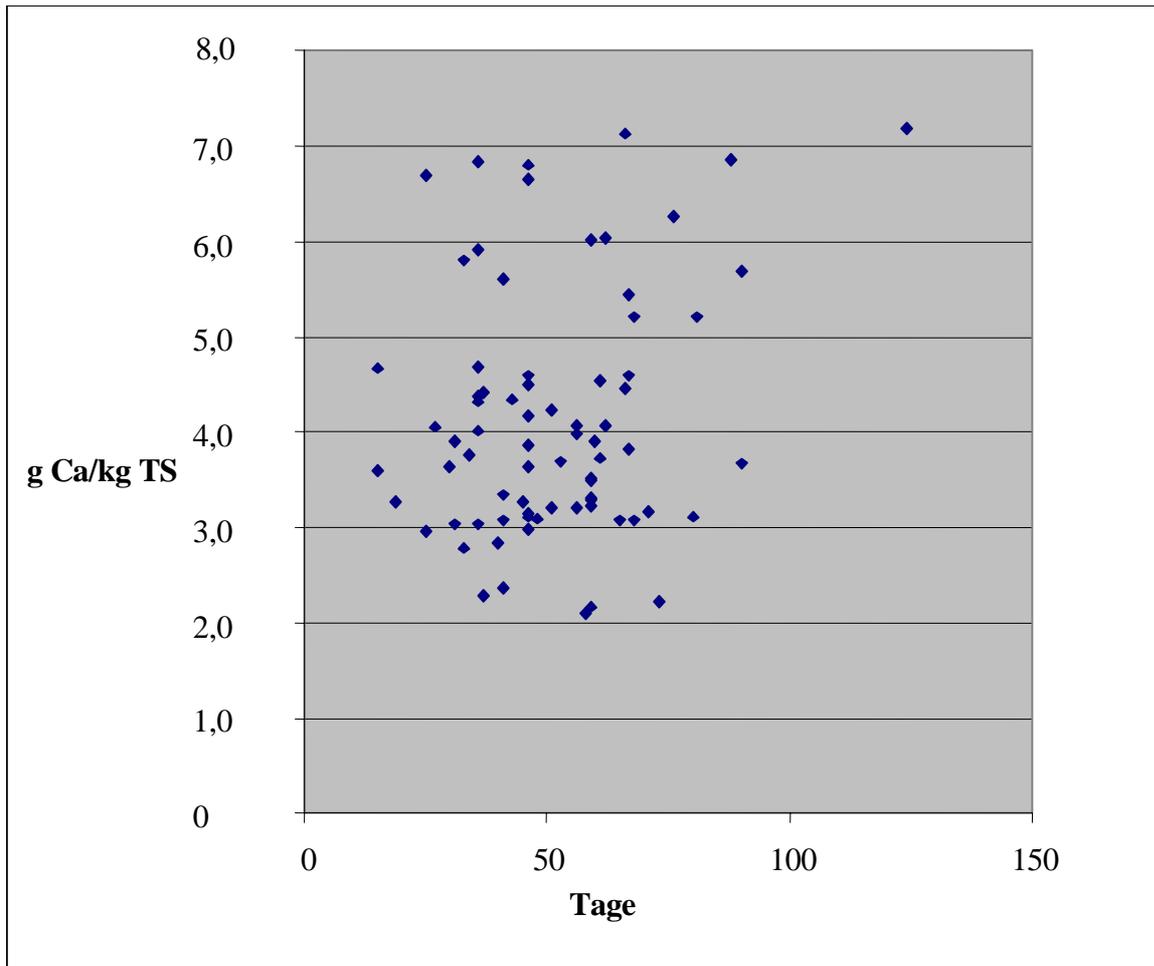


Abbildung 5-1: Einfluss des Schnittzeitpunktes des ersten Schnittes auf den Calcium-Gehalt in der TS
 Tag1 = 1. Mai und Tag 150 = 27. September

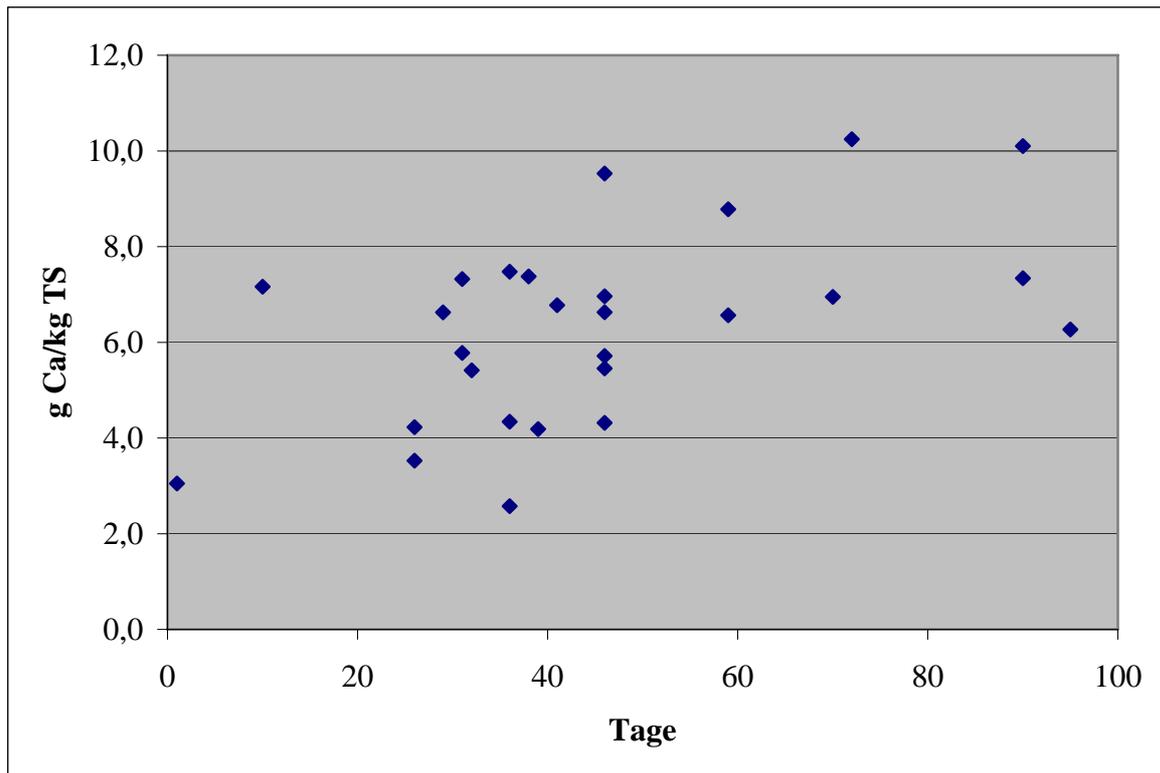


Abbildung 5-2: Einfluss des Schnittzeitpunktes des zweiten Schnittes auf den Calcium-Gehalt in der TS
Tag 1= 30. Juni und Tag 100= 07. Oktober

5.3. Kriterium Düngung

Die Düngung hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Calcium-Gehalt im Heu.

Tabelle 5-3: Calcium-Gehalt im ersten und späteren Schnitten

Kriterium	1. Schnitt Ca g/kg TS	n	2. Schnitt Ca g/kg TS	n
ungedüngt	4,8 ± 1,9	9	6,6 ± 0,3	4
gedüngt	4,0 ± 1,1	65	6,2 ± 2,2	24
Differenz	17 %		6 %	

Es bestand auch keine signifikante Beziehung zwischen Düngung und Schnittfolge.

5.4. Kriterium Rohfaser

Ein signifikanter Zusammenhang ergab sich dagegen zwischen dem Rohfasergehalt und dem Calcium-Gehalt im Aufwuchs. Wie Tabelle 5-4 und **Abbildung 5-3** zeigen, liegt der Calcium-Gehalt bei niedrigerem Rohfasergehalt deutlich höher, als bei einem höherem Rohfasergehalt. Anders ausgedrückt, sinkt der Calcium-Gehalt bei rohfaserreicherem Heu, also beim ersten Schnitt bei über 34 % Rohfaser oder auch strohig-hartem Heu, deutlich ab. Für rohfasererärmeres, also stengelreiches Heu unter 34 % Rohfaser lag der Calcium-Gehalt höher.

Tabelle 5-4: Calcium-Gehalt in Abhängigkeit vom Rohfaser-Gehalt im ersten Schnittes

Kriterium	g Ca/kg TS	min	max	n
rohfaserreich = >34% Rfa/TS	3,2 ± 1,0	1,8	5,4	21
rohfaserärmer = <34% Rfa/TS	4,5 ± 1,3	2,9	7,2	55

Für den zweiten Schnitt liegt die Grenze zwischen rohfaserreichem und rohfaserarmem Heu bei 28 % Rohfaser. Hier wird zwischen blattreichem, also rohfaserärmerem Heu mit höherem Calcium-Gehalt und stengelreichem, also rohfasereichem Heu mit niedrigerem Calcium-Gehalt unterschieden (Abbildung 5-4 und Tabelle 5-5).

Tabelle 5-5: Calcium-Gehalt in Abhängigkeit vom Rohfaser-Gehalt im zweiten Schnittes

Kriterium	g Ca/kg TS	min	max	n
rohfaserreich = >28 % Rfa/TS	5,5 ± 1,9	2,6	9,5	17
Rohfaserärmer = <28 % Rfa/TS	7,4 ± 1,8	4,2	10,2	11

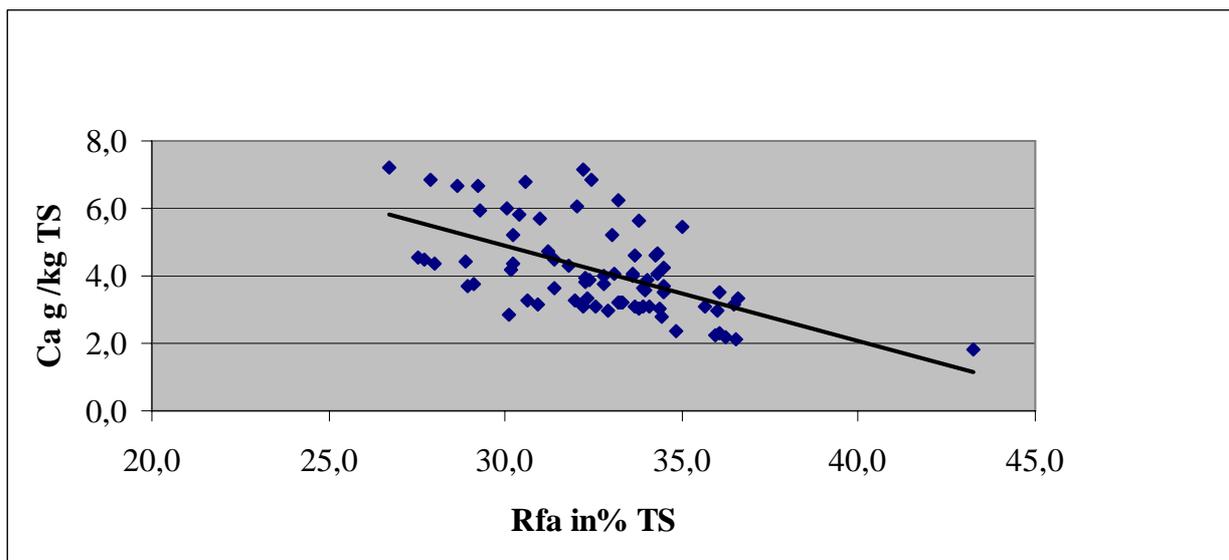


Abbildung 5-3: Beziehung zwischen Rohfaser-Gehalt und Calcium-Gehalt im ersten Schnitt

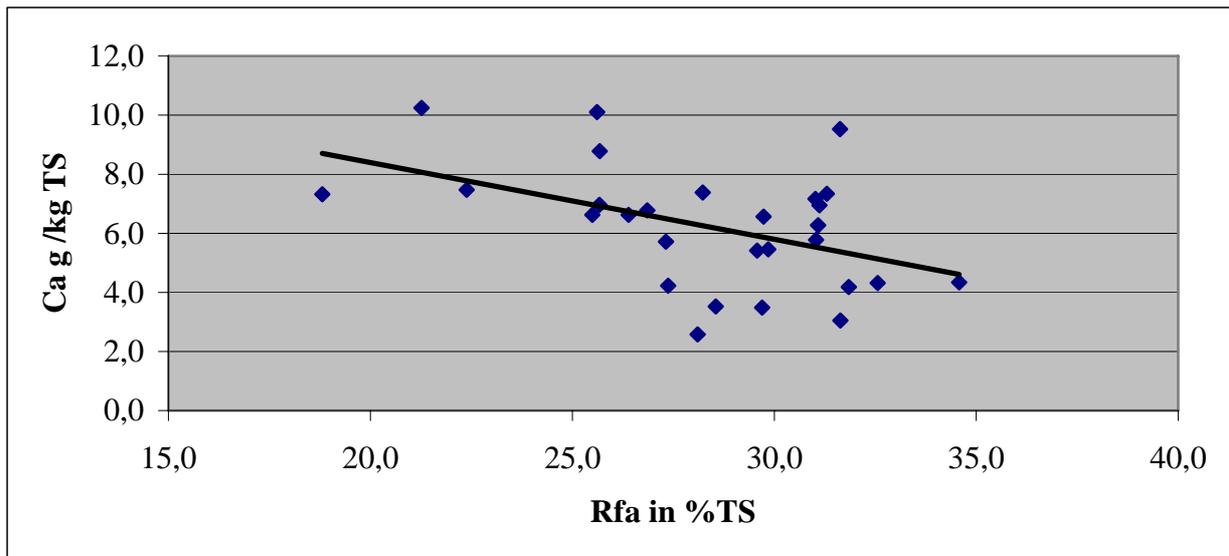


Abbildung 5-4: Beziehung zwischen Rohfaser-Gehalt und Calcium-Gehalt im zweiten Schnitt

6. Diskussion der Calcium-Gehalte sowie eigenes Flussdiagramm

Zunächst wurden die eigenen Werte mit der Vorhersage nach GLOCKER (2003) verglichen. Wie Abbildung 2-3 (vgl. Kapitel 2) zu entnehmen ist, berücksichtigte GLOCKER (2003) die Schnittfolge und den Schnittzeitpunkt sowie die Düngung mit Kalium, Stickstoff und Phosphor. Sie ging dabei von einem Mittelwert von 3,5 g/kg TS aus.

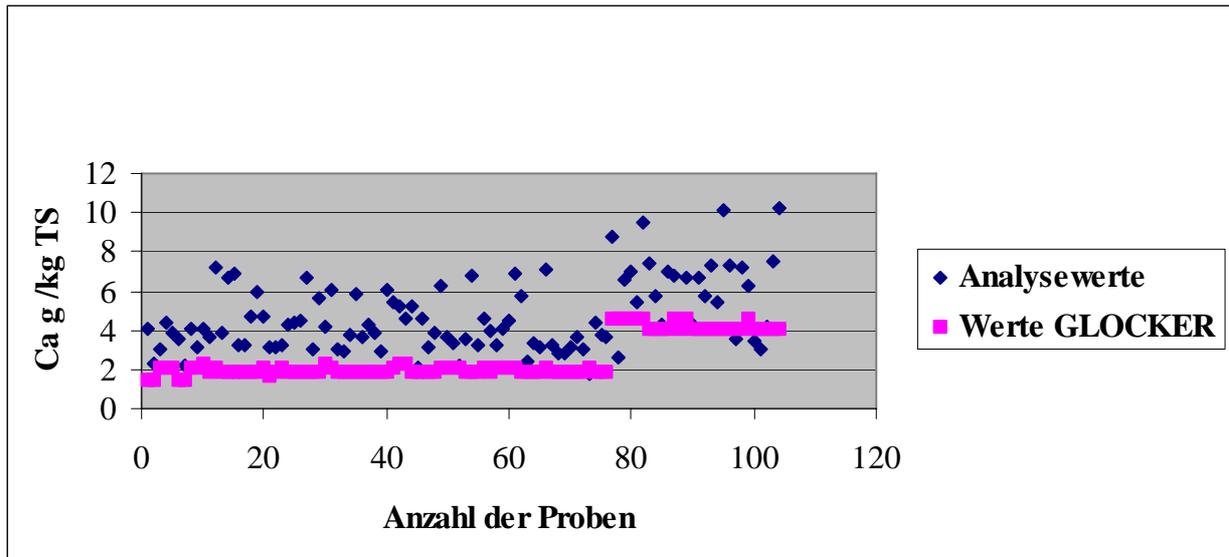


Abbildung 6-1: Vergleich des nach GLOCKER (2003) geschätzten Calcium-Gehaltes und der eigenen Analysen

Die eigenen Werte lagen unabhängig von Düngung und Schnittfolge oder Zeitpunkt deutlich höher als die Schätzwerte.(Abbildung 6-1)

Von den von GLOCKER (2003) postulierten Einflussfaktoren Schnittfolge, Schnittzeitpunkt sowie Düngung auf den Calcium-Gehalt ließ sich in den eigenen Untersuchungen nur die Schnittfolge bestätigen. In den eigenen Untersuchungen waren ungedüngte Heuproben zumeist spät geschnitten, während die gedüngten Flächen in der Regel früher gemäht wurden. Dies zeigt, dass das Datum des Schnittes nicht immer eine klare Definition des Pflanzenalters vorgibt, da abhängig von der Düngung und zum Teil auch von der Witterung, die Entwicklung der Pflanzen erheblich variieren kann.

In der Praxis geben Wetter und Entwicklungsstand des Aufwuchses den Schnittzeitpunkt vor, während bei Versuchen zum Einfluss der Düngung alle Proben gleichzeitig geschnitten werden. Dies dürfte hinreichend erklären, warum sich ein Düngungseinfluss bzw. ein Effekt des Schnittzeitpunktes nicht herausarbeiten ließ.

Als Parameter zur Einschätzung des Pflanzenalters bzw. der Entwicklung bietet sich statt des Schnittzeitpunktes der Rohfasergehalt an.

Im Flussdiagramm von GLOCKER (2003) wurden für die Schnittfolge 40 % vom Ausgangswert abgezogen, sofern es sich um einen späten ersten Schnitt handelte.

Für einen zweiten Schnitt wurden 30 % hinzuaddiert, so dass der Calcium-Gehalt im zweiten Schnitt fast doppelt so hoch eingeschätzt wurde, wie im ersten Schnitt.

Diese Relation war in den eigenen Untersuchungen nicht zutreffend. Mittelt man ersten und zweiten Schnitt (nicht gewogen, sondern absolute Mittelwerte), so erhält man in den eigenen Untersuchungen einen Wert von 5,2 g Ca/kg TS.

Ein Abzug von 20 % für einen (späten) ersten Schnitt, das ergäben 4,2g Ca/kg TS, und eine Addition von 20 % für einen zweiten Schnitt, das wären 6,2 g Ca/kg TS, würden realistischere Werte liefern, als die von GLOCKER (2003) angenommenen.

Dies ließe sich einfacher ausdrücken, sofern man vom Mittelwert des ersten Schnittes ausgeht, und diesem für den zweiten Schnitt 50 % hinzufügt.

Anstelle von Düngung und Schnittzeitpunkt kann der Rohfasergehalt zur Einschätzung des biologischen Pflanzenalters verwendet werden. Zwischen dem Rohfasergehalt und dem Calcium-Gehalt bestand in den eigenen Untersuchungen eine signifikante Beziehung (Abbildung 5-3 und Abbildung 5-4). Diese werden aus praktischen Gründen für den ersten und zweiten Schnitt getrennt betrachtet.

Bei der Heubeurteilung ist es auch bei einem späten ersten Schnitt, wie er in der Pferdehaltung üblich ist, möglich, zwischen einem stengelreichen und einem strohig-harten Heu zu unterscheiden (MEYER 2002).

Als Grenze wurde ein Rohfasergehalt von 34 % der TS gesetzt, da dies in etwa dem Rohfasergehalt im Stroh entspricht.

Es wurde dann der Mittelwert des Calcium-Gehaltes von Heu aus dem ersten Schnitt unterhalb und oberhalb dieser Grenze gebildet. Dieser lag bei $4,5 \pm 1,3$ bzw. $3,2 \pm 1,0$ g Ca/kg TS.

Für den zweiten Schnitt wurde ähnlich verfahren. Als Grenze wurden hier 28 % Rohfasergehalt festgelegt, der Unterschied wurde hierbei zwischen blattreichem und stengelreichem Heu gemacht. Es ergaben sich Mittelwerte von $7,4 \pm 1,0$ bzw. $5,5 \pm 1,9$ g/kg TS.

Daher muss für rohfaserreicherer Heu des ersten Schnittes ein Abzug von 30 % gegenüber dem Wert für rohfaserermerer Heu erfolgen, beim zweiten Schnitt muss ein Abzug von 25 % bei rohfaserreicherem Heu vorgenommen werden.

Für ein verbessertes Diagramm wird zunächst vom mittleren Calcium-Gehalt im ersten, rohfaserermeren Schnitt ausgegangen (5 g/kg TS).

Bei einem zweiten Schnitt werden 50 % hinzugefügt.

Danach wird der Rohfasergehalt geschätzt: Für rohfaserreicherer, also beim ersten Schnitt für strohiges Heu werden 30 % abgezogen, beim zweiten Schnitt wird für stengelreicherer Heu ein Abzug von 25 % vorgenommen.

Es ergeben sich vier mögliche Schätzwerte, nämlich:

3,5 g Ca/kg TS für einen strohigen ersten Schnitt,

5 g Ca/kg TS für einen „normalen“ ersten Schnitt,

5,6 g Ca/kg TS für einen wenig blattreichen zweiten Schnitt sowie

7,5 g Ca/kg TS für einen blattreichen zweiten Schnitt.

In den betreffenden Kategorien reduziert sich dadurch eine Fehleinschätzung des Calcium-Gehaltes im Vergleich zu einem mittleren Wert für Heu.

Würde man als Mittelwert für Heu 4 g Ca /kg TS einsetzen, so ergäben sich eine mittlere Abweichung zu den Werten in den eigenen Untersuchungen von 1,4 g/kg TS und eine maximale Fehleinschätzung von 6,2 g/kg.

Verwendet man dagegen die o. a. vier Kategorien, so reduziert sich der mittlere Fehler auf 1,2 g Ca /kg TS, vor allem aber sinkt die maximale Fehleinschätzung auf 3,9 g Ca /kg TS ab.

Für die Rationsberechnung ergibt sich somit die Möglichkeit, mit dem Mittelwert der betreffenden Kategorien zu arbeiten und anschließend zu überprüfen, ob die Calcium-Aufnahme für die betreffende Leistung noch vertretbar wäre, wenn es sich um eine maximale Fehleinschätzung jeweils nach oben und nach unten handelt.

7. Ergebnisse zum Magnesium-Gehalt

Der Gesamtmittelwert an Magnesium lag bei 1,78 g Mg/kg TS.

Der Minimalwert lag bei 0,70 g Mg/kg TS und fand sich bei einer Probe des ersten Schnittes einer mit Festmist und Stickstoff gedüngten Wiese.

Der Maximalwert lag bei 5,3 g Mg/kg TS und wurde bei einer Probe des 2. Schnittes einer nur mit Gülle gedüngten Wiese festgestellt.

Tabelle 7-1: Mittelwerte des Magnesium- Gehaltes

Magnesium-Gehalt	g Mg/kg TS
Gesamtmittelwert	1,8 ± 0,96
min	0,7
max	5,3

7.1. Kriterium Schnittfolge

Die Magnesium-Gehalte lagen im Mittel im ersten Schnitt niedriger als in den späteren Schnitten. Dies gilt auch für die Minimal- und Maximalwerte (Tabelle 7-2)

Tabelle 7-2: Magnesium-Gehalt im ersten und späteren Schnitten

Kriterium	g Mg/kg TS	min	max	n
1. Schnitt	1,5 ± 0,6	0,7	4,0	76
spätere Schnitte	2,6 ± 1,3	0,9	5,3	28

7.2. Kriterium Schnittzeitpunkt

Beim ersten Schnitt handelt es sich fast ausschließlich um späte Schnitte, die von Mitte Mai bis Ende Juli (Ausnahme: 1. September) geschnitten wurden.

Zwischen diesen Schnitten ergab sich kein systematischer Effekt.

Innerhalb des Zeitfensters zwischen Mitte Mai und 1. September ergab sich keinerlei Trend im Bezug auf den Magnesium-Gehalt der Proben (Abbildung 7-1).

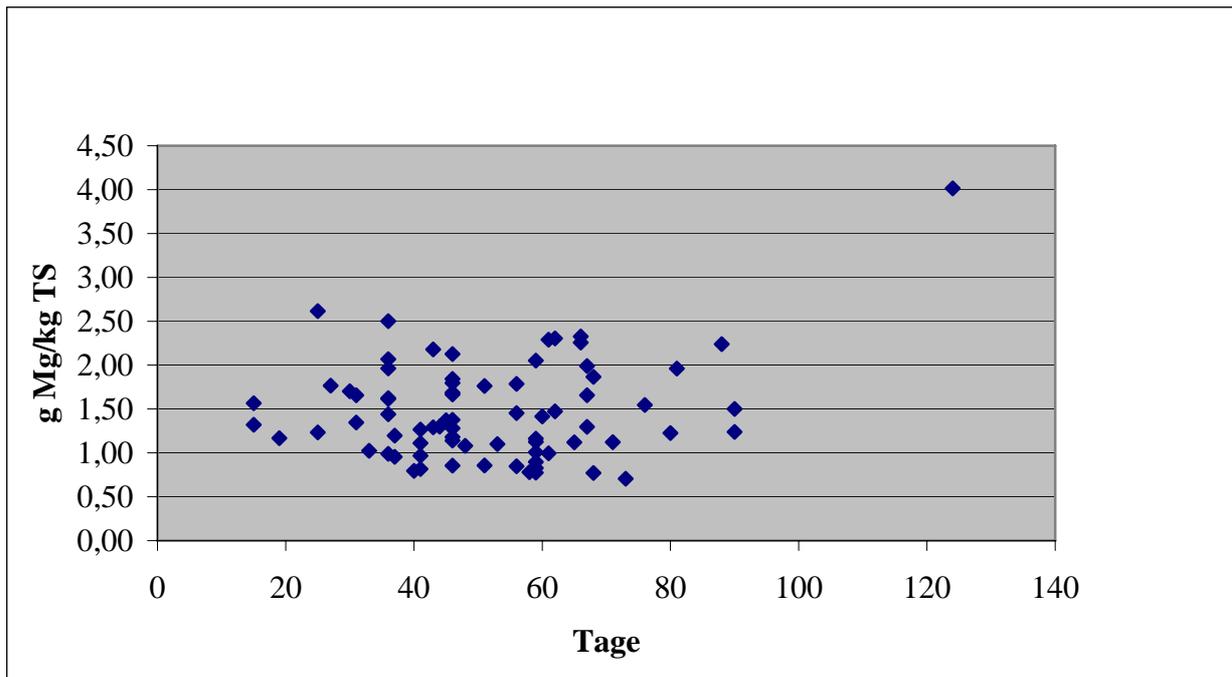


Abbildung 7-1: Einfluss des Schnittzeitpunktes des ersten Schnittes auf den Magnesium-Gehalt in der TS
 Tag 1= 1. Mai und Tag 140 = 17. September

Bei den späteren Schnitten handelt es sich fast ausschließlich um mittlere 2. Schnitte, die in einem Zeitraum von 30. Juni bis 3. Oktober geschnitten wurden.

Zwischen diesen Schnitten ergab sich ebenfalls kein systematischer Effekt und innerhalb dieses Zeitfensters ergab sich kein Trend im Bezug auf den Magnesium-Gehalt der Proben (Abbildung 7-2).

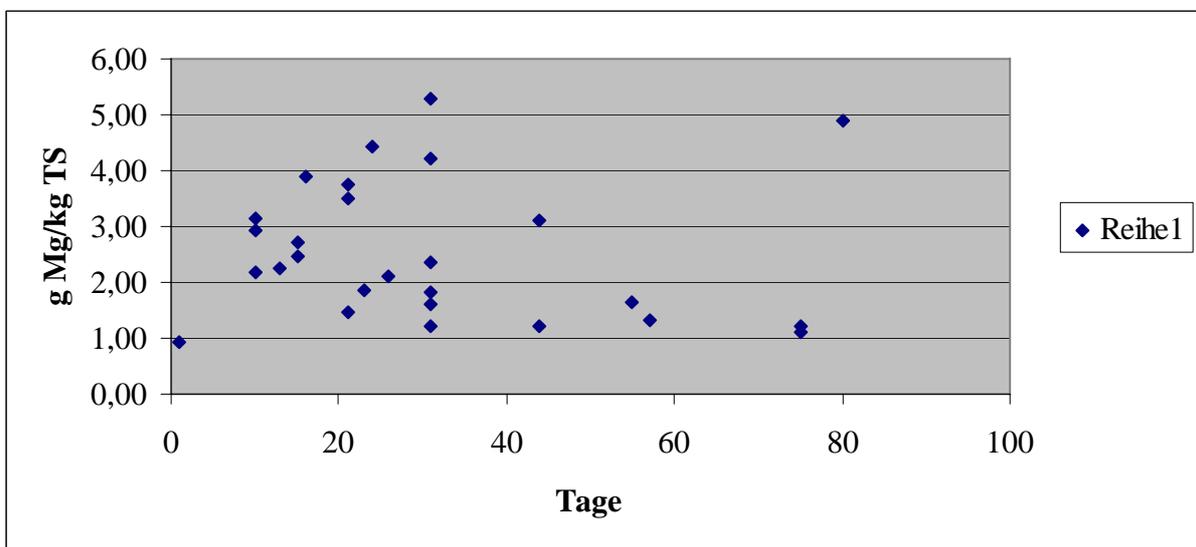


Abbildung 7-2: Einfluss des Schnittzeitpunktes des zweiten Schnittes auf den Magnesium-Gehalt in der TS
 Tag 1 = 30. Juni und Tag 100 = 7. Oktober

7.3. Kriterium Düngung

Die Düngung hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Magnesium-Gehalt im Heu der eigenen Untersuchungen.

Der Gesamtminimalwert lag bei 0,70 g Mg/kg TS und fand sich bei einer Probe des ersten Schnittes einer mit Festmist und Stickstoff gedüngten Wiese.

Der Gesamtmaximalwert lag bei 5,3 g Mg/kg TS und wurde bei einer Probe des 2. Schnittes einer nur mit Gülle gedüngten Wiese festgestellt.

Tabelle 7-3: Einfluss der Düngung auf den Magnesium- Gehalt im ersten und zweiten Schnitt

Kriterium	1. Schnitt – g Mg/kg TS	n	2. Schnitt - g Mg/kg TS	n
ungedüngt	1,8 ± 0,9	11	3,0 ± 1,1	4
gedüngt	1,4 ± 0,5	65	2,5 ± 1,3	24
Differenz	23 %		17 %	

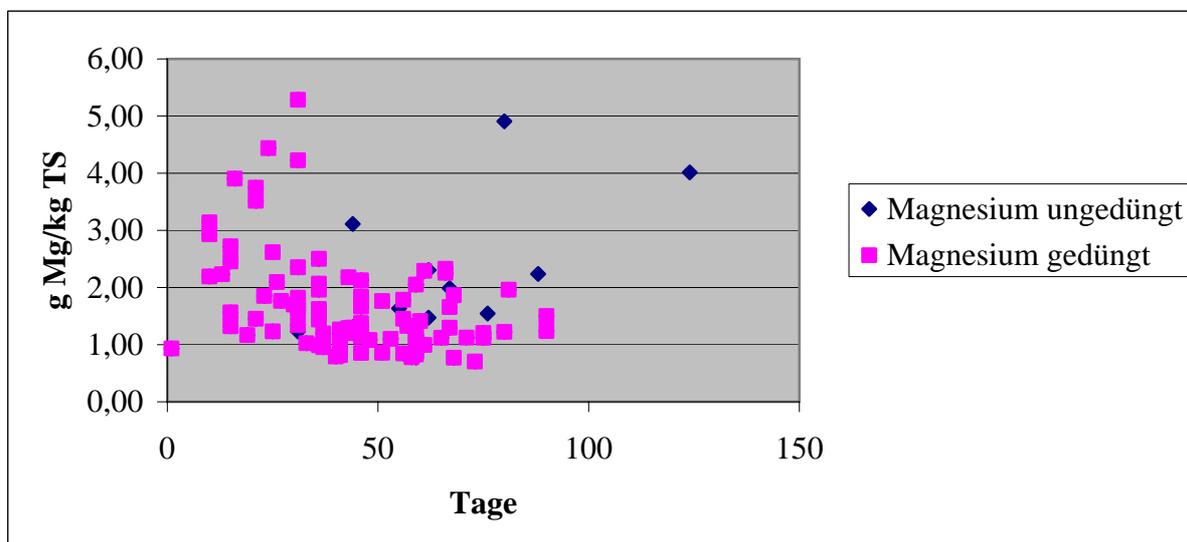


Abbildung 7-3: Magnesium-Gehalte des ersten und zweiten Schnittes, gedüngt/ungedüngt: Tag 1= 1. Mai und Tag 150= 27. September

7.4. Kriterium Boden

Zwar konnte der Faktor Bodentyp/-art nicht genau genug in den Fragebögen angegeben werden, es zeigte sich jedoch, dass jeweils die Maximalwerte von Moorböden (Niedermoor) stammten, die laut GLOCKER (2003) prinzipiell höhere Magnesium-Gehalte im Heu aufweisen.

Der Minimalwert an Magnesium beim ersten Schnitt fand sich bei einer stark mit Stickstoff gedüngten Wiese, der Maximalwert trat bei einer ungedüngten Moorwiese auf.

Im zweiten Schnitt wurde der Minimalwert bei einer stark mit Stickstoff gedüngten Wiese, der Maximalwert bei einer nur mit Festmist gedüngten Moorwiese festgestellt.

7.5. Kriterium Rohfaser

Im Bezug auf den Rohfasergehalt zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen diesem und dem Magnesium-Gehalt im Heu. Wie Tabelle 7-4 und Abbildung 7-4 zeigen, liegt der Magnesium-Gehalt bei einem niedrigeren Rohfasergehalt der Pflanzen höher, als bei einem höheren Rohfasergehalt.

Das heißt, bei einem ersten Schnitt mit über 34 % Rohfaser oder auch strohig-hartem Heu liegt der Magnesium-Gehalt deutlich niedriger.

Für rohfaserarmeres, also stengelreiches Heu unter einem Rohfasergehalt von 34 % liegt der Magnesium-Gehalt deutlich höher.

Tabelle 7-4: Magnesium-Gehalt in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt im ersten Schnitt

Kriterium	g Mg/kg TS	min	max	n
rohfasereich = >34 % Rfa/kg TS	1,2 ± 0,4	0,7	2,0	21
rohfaserarmer = <34 % Rfa/kg TS	1,6 ± 0,6	0,8	4,0	55

Für den zweiten Schnitt liegt die Grenze zwischen rohfasereichem und rohfaserarmerem Heu bei 28 % Rfa/kg TS.

Hier wird zwischen blattreichem, rohfaserarmerem Heu mit höherem und stengelreichem, rohfasereichem Heu mit niedrigerem Magnesium-Gehalt unterschieden (Abbildung 7-5 und Tabelle 7-5).

Tabelle 7-5: Magnesium-Gehalt in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt im zweiten Schnitt

Kriterium	g Mg/kg TS	min	max	n
rohfasereich = >28 % Rfa/kg TS	1,9 ± 0,7	0,9	3,1	17
rohfaserarmer = <28 % Rfa/kg TS	3,7 ± 1,0	2,0	5,3	11

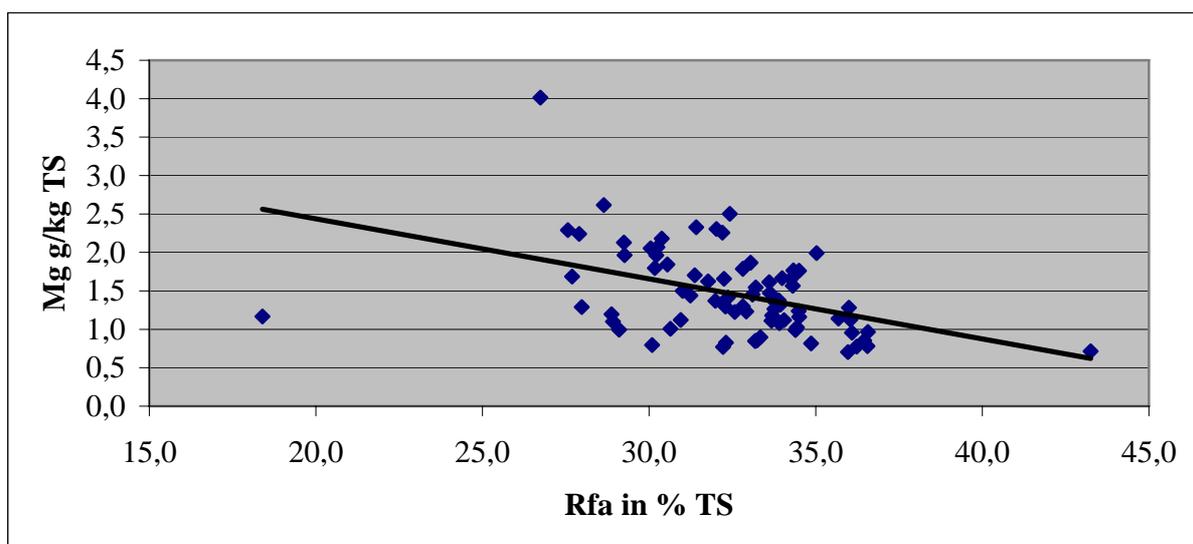


Abbildung 7-4: Beziehung zwischen Rohfaser- Gehalt und Magnesium- Gehalt im ersten Schnitt

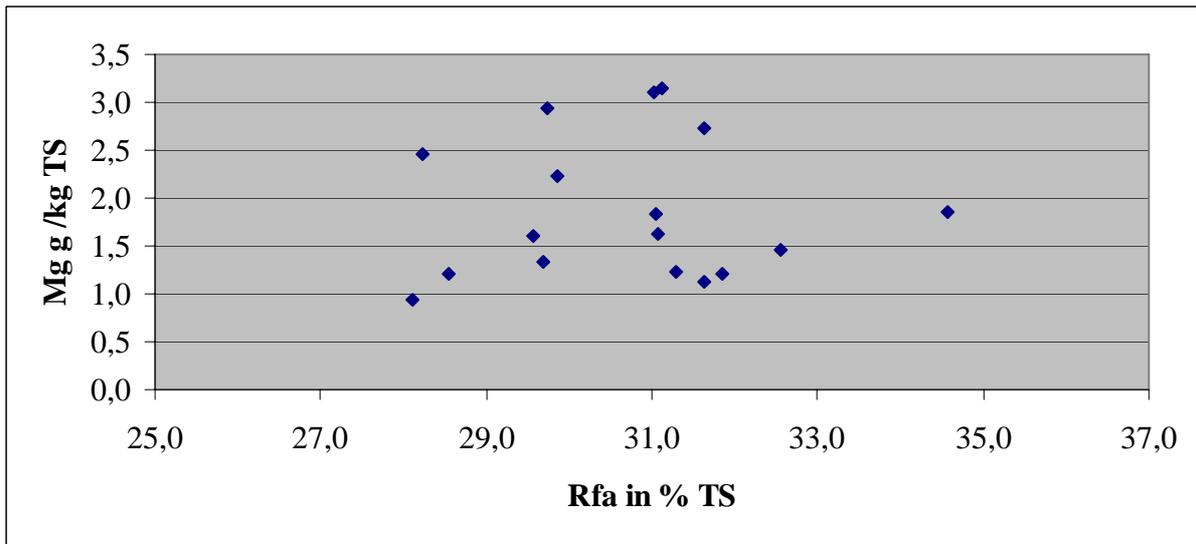


Abbildung 7-5: Beziehung zwischen dem Rohfaser- Gehalt und dem Magnesium- Gehalt im zweiten Schnitt

8. Diskussion der Magnesium-Gehalte

Zunächst wurden die eigenen Analysewerte mit der Vorhersage nach GLOCKER (2003) verglichen (Abbildung 8-1).

Wie der Abbildung 2-4 (vgl. Kapitel 2) zu entnehmen ist, berücksichtigte GLOCKER (2003) die Düngung mit Kalium, Stickstoff und Phosphor sowie die Schnittfolge und den Schnittzeitpunkt.

Sie ging dabei von einem Mittelwert von 2 g Mg/kg TS aus.

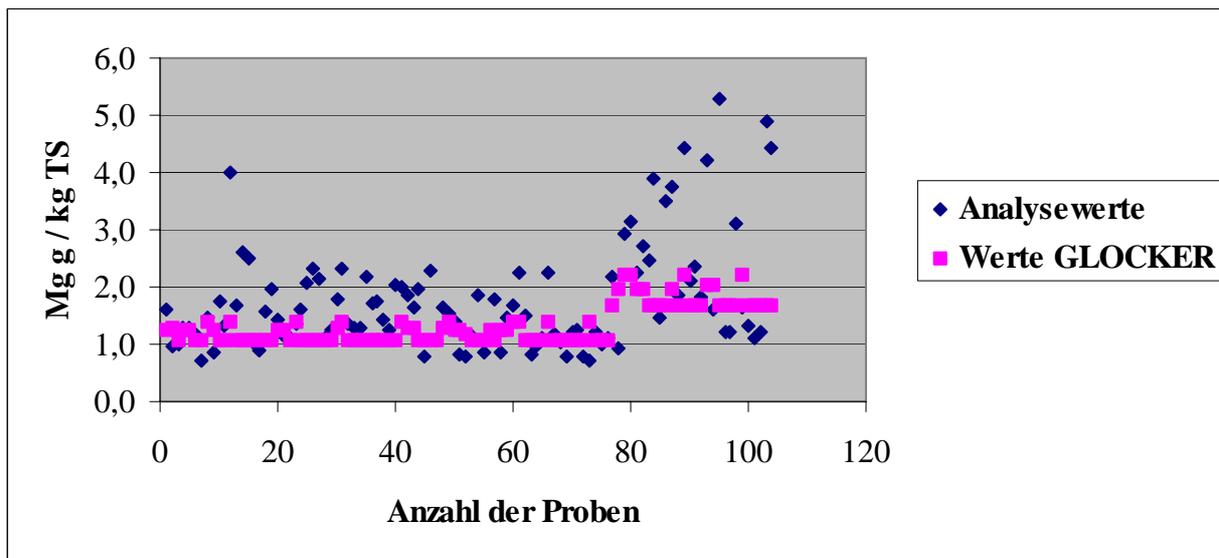


Abbildung 8-1: Vergleich des nach GLOCKER (2003) geschätzten Magnesium- Gehaltes und der eigenen Analysen

Von den von GLOCKER verwendeten Einflussfaktoren Schnittfolge, Schnittzeitpunkt, Düngung auf den Magnesium-Gehalt fand sich in eigenen Untersuchungen nur die Schnittfolge bestätigt.

In den eigenen Untersuchungen waren die ungedüngten Heuproben meist später geschnitten, während die gedüngten Flächen in der Regel früher gemäht wurden.

Dies zeigt, dass das Schnittdatum nicht immer eine klare Definition des Pflanzenalters wiedergibt, da abhängig von der Düngung und auch der Witterung, das Entwicklungsstadium der Pflanzen stark variieren kann.

In der Praxis geben Wetter und Entwicklungsstadium des Aufwuchses den Schnittzeitpunkt vor, während bei Versuchen zum Einfluss der Düngung alle Proben gleichzeitig geschnitten werden.

Dies dürfte hinreichend erklären, warum sich ein Düngungseinfluss bzw. ein Effekt des Schnittzeitpunktes nicht herausarbeiten ließ.

Als Parameter zur Einschätzung des biologischen Pflanzenalters bietet sich stattdessen der Rohfasergehalt an, denn zwischen diesem und dem Magnesium-Gehalt ergab sich in den eigenen Untersuchungen ein signifikanter Zusammenhang.

Aus Gründen der Praktikabilität wurden der erste und zweite Schnitt dazu getrennt betrachtet.

Als Grenze für den ersten Schnitt wurde ein Rohfasergehalt von 34 % festgesetzt und dann der Mittelwert für Magnesium unter- und oberhalb dieser Grenze erfasst.

Er lag bei $1,2 \pm 0,4$ g Mg /kg TS für einen rohfaserreichen ersten Schnitt bzw. bei $1,6 \pm 0,6$ g Mg /kg TS für einen rohfaserärmeren Schnitt.

Die Grenze für den zweiten Schnitt wurde bei 28 % Rohfasergehalt festgelegt und hier ergaben sich Werte von $1,9 \pm 0,7$ g Mg /kg TS für einen rohfaserreichen Schnitt und $3,7 \pm 1,0$ g Mg /kg TS für einen rohfasererärmeren zweiten Schnitt.

Bei der Schnittfolge wurde im Diagramm von GLOCKER Abbildung 2-4 (vgl. Kapitel 2) für einen späten ersten Schnitt 30 % vom errechneten Wert abgezogen.

Für den zweiten Schnitt wurde, falls es sich um einen mittleren zweiten Schnitt handelte, nur 10 % hinzuaddiert.

Diese Relationen trafen in meinen Untersuchungen nicht zu. Die Differenz der Mittelwerte zwischen erstem und zweitem Schnitt lag in den eigenen Untersuchungen bei 57 %, d.h. der Mittelwert des ersten Schnittes lag bei 1,5 g Mg/kg TS, der des zweiten Schnittes lag bei 2,6 g Mg/kg TS.

Mittelt man ersten und zweiten Schnitt (nicht gewogen, sondern absolute Mittelwerte), so erhält man einen Wert von 2,05 g Mg/kg TS.

Ein Abzug von 20 % für einen (späten) ersten Schnitt ergibt 1,6 g Mg/kg TS und eine Addition von 20 % für einen zweiten Schnitt 2,5 g Mg/kg TS, dies sind realistischere Werte als die von GLOCKER (2003) angenommenen.

Dies ließe sich einfacher ausdrücken, sofern man vom Mittelwert des ersten, rohfaserarmeren Schnittes (1,6 g Mg/kg TS) ausgeht, und diesem für den zweiten Schnitt 60 % hinzufügt, dann ergibt sich ein Wert von 2,6 g Mg /kg TS.

Es resultieren hier die folgenden Werte:

Für einen rohfaserarmeren ersten Schnitt liegt der Mittelwert bei 1,6 g Mg/kg TS,

für einen rohfaserreichen ersten Schnitt ergibt sich ein Mittelwert von 1,2 g Mg/kg TS.

Der Mittelwert für einen rohfaserarmeren zweiten Schnitt liegt bei 3,7 g Mg/kg TS und für einen rohfaserreichen zweiten Schnitt liegt der Mittelwert bei 1,9 g Mg/kg TS.

Verwendet man nun diese Mittelwerte als Werte zur Einschätzung des Magnesium-Gehaltes im Heu, so ergeben sich diese vier Kategorien.

In diesen Kategorien reduziert sich dadurch eine Fehleinschätzung des Magnesium-Gehaltes im Vergleich zu einem mittleren Wert für Heu.

Wenn man zur Abschätzung des Magnesium-Gehaltes im Heu von einem Gesamtmittelwert von 1,8 g Mg/kg TS ausgehen würde, so ergäben sich mittlere Abweichungen zu den eigenen Untersuchungen von 0,7 g Mg/kg TS und eine maximale Fehleinschätzung von 3,5 g Mg/kg TS.

Verwendet man hingegen die o. a. vier Kategorien, so reduziert sich der mittlere Fehler auf 0,5 g Mg/kg TS, und die maximale Fehleinschätzung sinkt auf 2,4 g Mg/kg TS ab.

Durch diese vier Kategorien ergibt sich für die Rationsgestaltung von Heu in der Pferdefütterung die Möglichkeit, mit den jeweiligen Mittelwerten an Magnesium zu arbeiten, und sie je nach Leistungsanforderung und möglicher maximaler Fehleinschätzung nach unten oder oben zu korrigieren.

9. Ergebnisse zum Kaliumgehalt

Der Gesamtmittelwert an Kalium lag bei 20,0 g K/kg TS.

Der Minimalwert lag bei 5,3 g K/kg TS und fand sich bei einer Probe des ersten Schnittes einer mit Festmist und Gülle gedüngten Moorwiese.

Der Maximalwert lag bei 34,0 g K/kg TS und wurde bei einer Probe des zweiten Schnittes einer mit Festmist und Naturkalk gedüngten Wiese festgestellt.

Tabelle 9-1: Mittelwerte des Kalium- Gehaltes

K-Gehalt	g K/kg TS
Gesamtmittelwert	20,0 ± 6,0
min	5,3
max	34,0

9.1. Kriterium Schnittfolge

Die Schnittfolge hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Kalium-Gehalt im Heu (Tabelle 9-2)

Es bestand auch kein Zusammenhang zwischen der Schnittfolge und der Düngung.

Tabelle 9-2: Kalium-Gehalt im ersten und in späteren Schnitten

Kriterium	g K/kg TS	min	max	n
1. Schnitt	19,7 ± 6,0	5,3	34	76
spätere Schnitte	21,0 ± 6,0	10,4	34	28

9.2. Kriterium Schnittzeitpunkt

Beim ersten Schnitt handelte es sich fast ausschließlich um späte Schnitte, die von Mitte Mai bis Ende Juli (Ausnahme: 1. September) geschnitten wurden.

Zwischen diesen Schnitten ergab sich kein systematischer Effekt.

Innerhalb des Zeitfensters zwischen Mitte Mai und 1. September ergab sich keinerlei Trend im Bezug auf den Kalium-Gehalt der Proben (Abbildung 9-1).

Bei den späteren Schnitten handelte es sich fast ausschließlich um mittlere zweite Schnitte, die in einem Zeitraum von 30. Juni bis 3. Oktober geschnitten wurden.

Zwischen diesen Schnitten ergab sich ebenfalls kein systematischer Effekt, innerhalb dieses Zeitfensters ergab sich kein Trend im Bezug auf den Kalium-Gehalt der Proben (Abbildung 9-2).

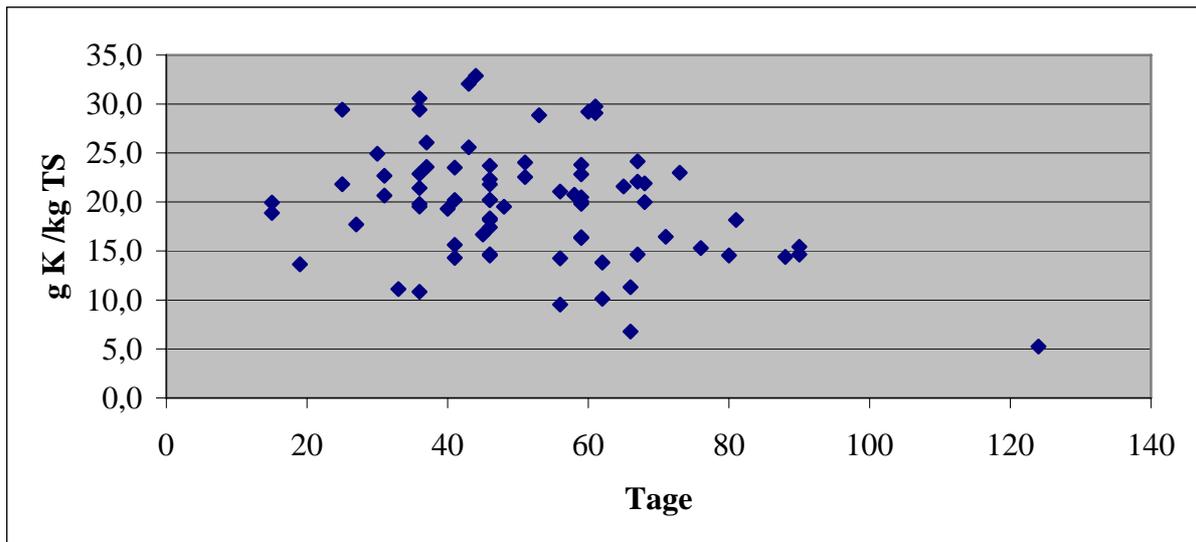


Abbildung 9-1: Einfluss des Schnittzeitpunktes auf den Kalium-Gehalt des ersten Schnittes: Tag 1= 1. Mai und Tag 140= 17. September

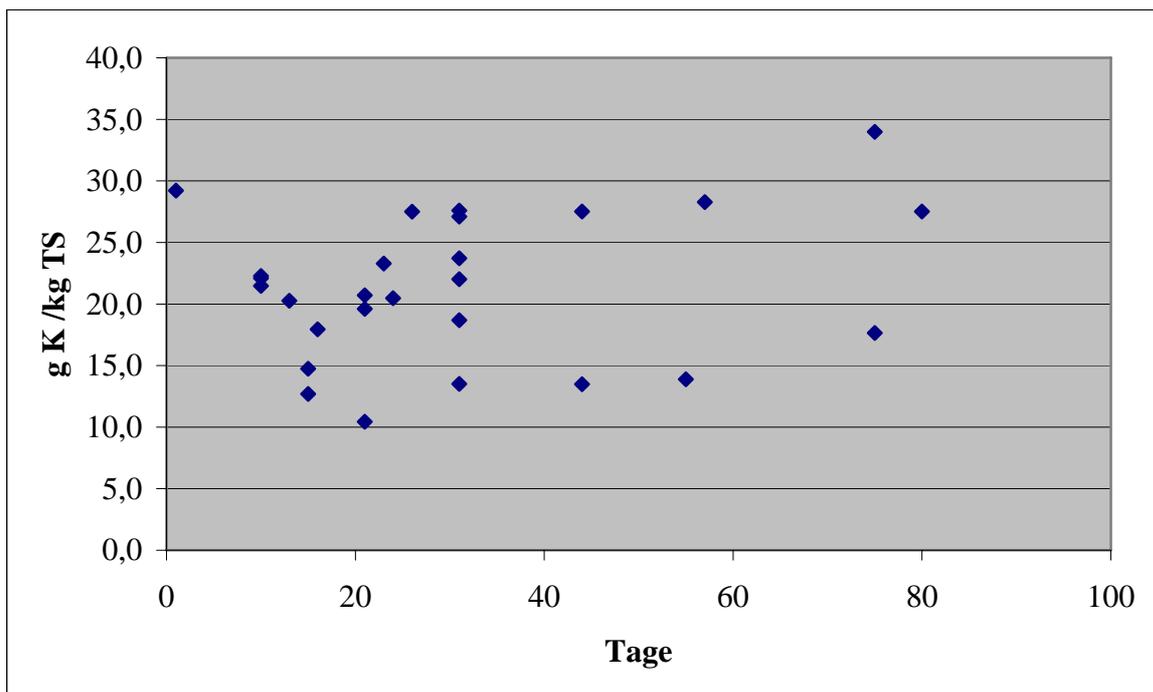


Abbildung 9-2: Einfluss des Schnittzeitpunktes auf den Kalium-Gehalt der zweiten und späteren Schnitte: Tag 1= 30. Juni und Tag 100= 07. Oktober

9.3. Kriterium Düngung

Wie Tabelle 9-3 zeigt, stieg der mittlere Kalium-Gehalt bei Düngung generell an.

Dies gilt auch für die Minimal- und Maximalwerte. Die Differenz zwischen ungedüngten und gedüngten Proben lag bei plus 25 %.

Es bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Düngung und dem Kalium-Gehalt im Heu.

Tabelle 9-3: Kalium- Gehalte des ersten und zweiten Schnittes gedüngt und ungedüngt

Kriterium	g K/kg TS	min	max	n
ungedüngt	15,6 ± 5,7	5,3	22,3	13
gedüngt	20,7 ± 5,8	6,8	34,0	91
Differenz	+ 25 %			

Der Minimalwert der gedüngten Proben fand sich bei einem ersten Schnitt einer Mähweide, der Maximalwert ergab sich bei einem zweiten Schnitt einer mit Festmist und Naturkalk gedüngten Wiese.

Der Minimalwert der ungedüngten Proben wurde bei einem ersten Schnitt einer Moorwiese, der Maximalwert ebenfalls bei einem ersten Schnitt einer ungedüngten Wiese ermittelt.

Der Kalium-Wert der Proben ohne Kalium-Düngung lag im Mittel niedriger, als der mit Kalium-Düngung. Eine Düngung erfolgte bei den meisten Proben in der Regel vor dem ersten Aufwuchs im Frühjahr und nach dem letzten Schnitt im Herbst.

Düngemittel mit Kalium steigern den Kalium-Gehalt im Heu.

9.4. Düngung und Schnitt

Der Einfluss der Düngung auf den ersten Schnitt war signifikant, hierbei spielte es keine Rolle mit welchem Düngemittel und wie viel gedüngt wurde, sondern nur ob gedüngt wurde.

Die Differenz zwischen den ungedüngten und gedüngten Proben des ersten Schnittes lag bei 34 %.

Tabelle 9-4: Einfluss der Düngung auf den Kalium- Gehalt im ersten Schnitt

Kriterium	g K/kg TS	min	max	n
1. Schnitt ohne K-Düngung	13,7 ± 5,5	5,3	22,1	9
1. Schnitt gedüngt gesamt	20,7 ± 5,8	6,8	32,9	67

Der Einfluss der Düngung auf den zweiten Schnitt war nicht signifikant.

Hier zeigte sich, dass die Düngung nur einen signifikanten Einfluss auf den ersten Schnitt hat, beim zweiten Schnitt spielte es keine Rolle, ob gedüngt wurde oder nicht.

Tabelle 9-5: Einfluss der Düngung auf den Kalium- Gehalt im zweiten Schnitt

Kriterium	g K/kg TS	min	max	n
2. Schnitt ohne K-Düngung	20,0 ± 3,5	13,9	22,3	4
2. Schnitt gedüngt gesamt	21,3 ± 6,4	10,4	34,0	24

9.5. Kriterium Rohfaser

Es bestand kein statistischer Zusammenhang zwischen dem Rohfasergehalt und dem Kaliumgehalt im Heu. Für den Rohfasergehalt ergab sich weder im Bezug auf den ersten noch auf den zweiten Schnitt ein signifikanter Effekt (Tabelle 9-6).

Tabelle 9-6: Kalium-Gehalt in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt im ersten und zweiten Schnitt

Rohfaser	g K/kg TS	n	Rohfaser	g K/kg TS	n
1. Schnitt <34 % Rfa	20,0 ± 6,2	55	2. Schnitt <28 % Rfa	19,7 ± 6,1	11
1. Schnitt >34 % Rfa	18,8 ± 5,2	21	2. Schnitt >28 % Rfa	21,9 ± 6,1	17

10. Diskussion der Kalium-Gehalte sowie eigenes Flussdiagramm

Zunächst wurden die eigenen Analysewerte mit der Vorhersage nach dem Schätzdiagramm von GLOCKER (2003) verglichen (Abbildung 10-1).

Tabelle 10-1: Schätzdiagramm nach GLOCKER (2003) für den ersten Schnitt

Kriterium	g K/kg TS	g K/kg TS	g K/kg TS
Düngung	9,2=schwach	18,4=mittel	28,7=stark
Pflanzenalter spät	-15 %	-15 %	-15 %
1. Schnitt	±0 %	±0 %	±0 %
geschätztes Ergebnis	7,82	15,64	24,40

Der Mittelwert der eignen Proben des ersten Schnittes **geschätzt** nach dem Diagramm von GLOCKER (2003) lag bei 16,0 g K/kg TS.

Tabelle 10-2: Schätzdiagramm nach GLOCKER (2003) für den zweiten Schnitt

Kriterium	g K/kg TS	g K/kg TS	g K/kg TS
Düngung	9,2=schwach	18,4=mittel	28,7=stark
Pflanzenalter mittel	±0 %	±0 %	±0 %
2. Schnitt	-10 %	-10 %	-10 %
geschätztes Ergebnis	8,28	16,56	25,83

Der Mittelwert der eignen Proben des zweiten Schnittes **geschätzt** nach dem Diagramm von GLOCKER (2003) lag bei 17,0 g K/kg TS.

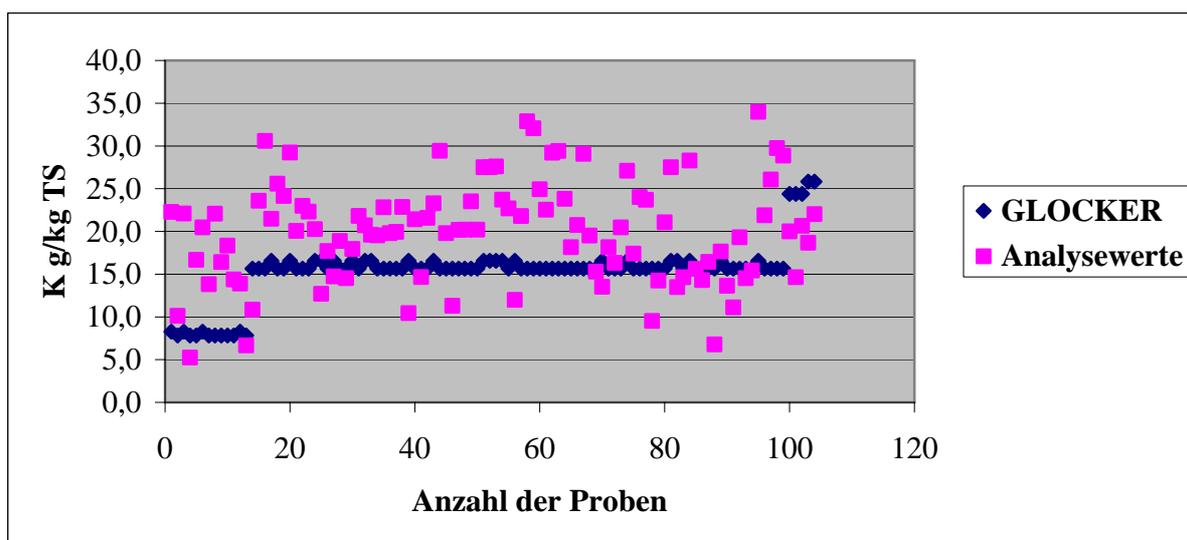


Abbildung 10-1: Vergleich des nach GLOCKER (2003) geschätzten Kalium- Gehaltes und der eigenen Analysen

Wie das Schätzdiagramm von GLOCKER (2003) (Abbildung 2-1, vgl. Kapitel 2) zeigt, wurden hier je nach Kalium-Versorgung des Bodens verschiedene Ausgangswerte gewählt und anschließend nach Pflanzenalter und Schnittfolge korrigiert.

GLOCKER (2003) ging von einem Mittelwert von 28,7 g K/kg TS bei einem ersten Schnitt zu Beginn des Ährenschiebens mit guter Kalium-Versorgung des Bodens aus.

Dieser Wert wurde je nach Kalium-Versorgung bzw. Düngung des Bodens nach unten korrigiert.

So werden bei mäßiger Versorgung des Bodens 36 % abgezogen, dies ergibt einen Wert von 18,4 g K/kg TS, bei schlechter Versorgung kommt es nochmals zu einem Abzug von 50 %.

Im Flussdiagramm von GLOCKER (2003) wurden von den folgenden verschiedenen Düngungen ausgegangen:

Keine Düngung bedeutet, dass kein Dünger, kein Festmist oder Gülle ausgebracht wurden, und es sich nicht um eine Mähweide handelt, bzw. kein Dung von Weidetieren in den Boden gelangte. Dies entspricht laut GLOCKER (2003) einer schlechten Versorgung des Bodens mit Kalium.

Eine mäßige Kaliumversorgung des Bodens entspricht laut GLOCKER (2003) einer schwachen Kalium-Düngung mit ca. 60-80 kg Kalidünger/ha und Jahr.

Hierzu werden Festmist und Gülle sowie jegliche Düngung mit mineralischem Dünger, außer Thomaskali, gerechnet.

Eine gute Versorgung des Bodens mit Kalium ergibt sich bei einer starken Kalium-Düngung mit über 80 kg K_2O /ha und mehrere Jahre oder über 150 kg Kalium-haltigen Dünger/ha und Jahr, einschließlich Thomaskali.

Die Düngung mit Kalium wurde in den eigenen Untersuchungen zu einem Parameter zusammengefasst, da nicht zu ermitteln war, mit wie viel Kalium gedüngt wurde, sondern nur ob gedüngt wurde, oder nicht.

Eine Unterschätzung zeigt sich auch betrachtet man Abbildung 10-1 in der die eigenen Mittelwerte mit den Schätzwerten von GLOCKER (2003) verglichen werden, auch durch eine Unterstellung einer besseren Kalium-Versorgung konnte die Schätzgenauigkeit nicht verbessert werden.

Hier wird bei GLOCKER(2003) eine deutliche Unterschätzung bei ungedüngten und mäßig gedüngten Proben deutlich, bei einer starken Düngung des Bodens mit Kalium decken sich die Werte annähernd.

Die Ausgangswerte von GLOCKER (2003) konnten durch die eigenen Analysen nicht bestätigt werden, dabei war unklar, wodurch diese Diskrepanz entstand, ob es z.B. daran lag, dass der Faktor Bodenversorgung mit Kalium bzw. Kalium-Düngung den Pferdebesitzern oftmals nicht oder nur ungenau bekannt ist (siehe Fragebogen), oder ob noch andere Gründe eine Rolle spielten.

Im Flussdiagramm von GLOCKER (2003) wird als Kriterium das Pflanzenalter unabhängig vom Schnitt angegeben, für spätes Pflanzenalter sollen 15 % vom Ausgangswert abgezogen werden, für mittleres Pflanzenalter 0 %, und für ein frühes Pflanzenalter sollen 20 % zum Ausgangswert addiert werden. In den eigenen Untersuchungen ergab sich allerdings kein systematischer Effekt zwischen dem Schnittzeitpunkt und dem Kalium-Gehalt im Heu.

Dies hängt mit den großen Zeitfenstern zusammen, und damit, dass in der Praxis nicht nach Pflanzenalter in Tagen, sondern nach Wachstum der Pflanzen und abhängig von der Witterung gemäht wird.

Für das Kriterium Schnittfolge wird bei GLOCKER (2003) bei einem zweiten Schnitt 10 % abgezogen, für den ersten Schnitt erfolgt kein Abzug, da ja von einem frühen ersten Schnitt ausgegangen wird.

Da in den eigenen Untersuchungen die Schnittfolge keinen signifikanten Einfluss auf den Kalium-Gehalt im Heu hatte, muss in einem verbessertem Diagramm kein Abzug für den zweiten Schnitt erfolgen.

Im Bezug auf den Faktor Düngung, ist festzustellen, dass der Pferdehalter normalerweise keine Kenntnis über die Kalium-Düngung bzw. die Kaliumversorgung des Bodens besitzt. Daher ist eine Abschätzung, wie im Flussdiagramm von GLOCKER (2003), in der Praxis nicht möglich.

Die eigenen Untersuchungen zeigten deutlich, dass ein Unterschied von 25 % zwischen gedüngten Proben besteht. Allerdings zeigt die zweifaktorielle Varianzanalyse, dass der Einfluss der Düngung nur auf den ersten Schnitt signifikant ist. Hier lag die Differenz zwischen gedüngten und ungedüngten Proben bei 34 %. Hierbei spielte es keine Rolle, welches Düngemittel ausgebracht wurde, und ob es Kalium enthielt oder nicht, sondern nur die Tatsache, dass gedüngt wurde, schlug sich im Kalium-Gehalt des Heues nieder.

Für eine verbesserte Schätzung des Kalium-Gehaltes im Heu wird zunächst von einem ungedüngten, ersten Schnitt mit einem Mittelwert von 14,0 g K/kg TS ausgegangen. Der Faktor Düngung wird nur für den ersten Schnitt miteinbezogen.

Für eine Düngung des ersten Schnittes werden also 34 % addiert und es ergibt sich ein Mittelwert für den gedüngten ersten Schnitt von 21 g K/kg TS.

Beim zweiten Schnitt wird nur von einem Mittelwert von 21,0 g K /kg TS ausgegangen, da hier der Faktor Düngung keinen Einfluss hat.

Es ergeben sich daher die folgenden Werte zur Einschätzung des Kalium-Gehaltes im Heu:

Für einen späten, ungedüngten ersten Schnitt 14,0 g K/kg TS,

für einen späten, gedüngten ersten Schnitt 21,0 g K/kg TS,

für einen mittleren zweiten Schnitt 21,0 g K kg TS,

11. Ergebnisse zum Phosphor-Gehalt

Der Gesamtmittelwert an Phosphor lag bei 3,8 g/kg TS.

Der Minimalwert lag bei 2,2 g P/kg TS und wurde bei einem ersten Schnitt einer mit Gülle gedüngten Wiese festgestellt.

Der Maximalwert war 5,4 g P/kg TS und ergab sich bei einer Probe des zweiten Schnittes einer mit Festmist und Stickstoff gedüngten Wiese.

Tabelle 11-1: Mittelwerte des Phosphor- Gehalts

Phosphor-Gehalt	g P/kg TS
Gesamtmittelwert	3,8 ± 0,6
min	2,2
max	5,4

11.1. Kriterium Schnittfolge

Die Phosphor-Gehalte lagen im ersten Schnitt im Mittel niedriger, als in den folgenden Schnitten (Tabelle 11-2). Auch die Minima und Maxima waren im ersten Schnitt jeweils niedriger, als in den folgenden Schnitten.

Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen dem ersten und den späteren Schnitten.

Die Differenz betrug für die späteren Schnitte plus 5 %((Tabelle 11-2).

Tabelle 11-2: Phosphor-Gehalte im ersten und späteren Schnitten

Kriterium	g P/kg TS	min	max	n
1.Schnitt	3,8 ± 0,6	2,2	5,3	76
spätere Schnitte	4,0 ± 0,8	2,4	5,4	28
Differenz	+5 %			

11.2. Kriterium Schnittzeitpunkt

Beim ersten Schnitt handelt es sich fast ausschließlich um späte Schnitte, die zwischen Mitte Mai und Ende Juli geschnitten wurden.

Es gab keinen systematischen Effekt zwischen diesen Schnitten.

Im Bezug auf die Phosphorwerte der Proben des ersten Schnittes war keinerlei Trend zu erkennen.

Bei den späteren Schnitten handelt es sich fast ausschließlich um mittlere zweite Schnitte die von 30. Juni bis 03. Oktober geschnitten wurden.

Innerhalb dieses Zeitfensters ergab sich kein Trend im Bezug auf den Phosphor-Gehalt der Proben, zwischen den späteren Schnitten gab es keinen systematischen Effekt.

11.3. Kriterium Düngung

Wie Tabelle 11-3 zeigt, stieg der mittlere Phosphor-Gehalt bei Düngung generell an.

Der Unterschied zwischen gedüngten und ungedüngten Proben war signifikant.

Die Differenz zwischen ungedüngten und gedüngten Proben lag bei plus 10 %.

Der Maximal- und Minimalwert bei ungedüngten Proben fand sich jeweils beim zweiten Schnitt einer Wiese. Eine Düngung erfolgte bei den meisten Proben in der Regel vor dem ersten Aufwuchs im Frühjahr und nach dem letzten Schnitt im Herbst.

Bei gedüngten Proben fand sich der Maximalwert bei einem zweiten Schnitt, der mit Festmist und Kalkstickstoff gedüngt wurde. Der Minimalwert wurde beim ersten Schnitt einer mit Gülle gedüngten Probe festgestellt.

Der Maximalwert des ersten Schnittes fand sich bei einer mit Festmist gedüngten Mähweide, für die späteren Schnitte lag der höchste Phosphor-Gehalt bei einer mit Festmist und Stickstoff gedüngten Wiese.

Der Minimalwert des ersten Schnittes trat bei einer nur mit Gülle gedüngten Wiese auf, für die späteren Schnitte fand er sich bei einer ungedüngten Wiese.

Tabelle 11-3: Phosphor-Gehalte des ersten und zweiten Schnittes gedüngt und ungedüngt

Kriterium	g P/kg TS	min	max	n
ungedüngt	3,5 ± 0,7	2,4	4,9	14
gedüngt	3,9 ± 0,6	2,2	5,4	90
Differenz	+ 10%			

11.4. Phosphor-Düngung

Eine reine Phosphor-Düngung, unabhängig von einer Stickstoff-Düngung, fand bei keiner der Proben der eigenen Untersuchung statt. Eine Darstellung des Effekts der Phosphor-Düngung ist daher nicht möglich.

In der Praxis werden äußerst selten reine Phosphor-Dünger verwendet, sondern meist NPK-Dünger, deshalb konnten in den vorliegenden Untersuchungen nur die Proben mit NPK-Düngung zusammengefasst werden.

11.5. Stickstoff-Düngung

Die Gehalte für Phosphor liegen im Mittel bei ungedüngten Proben niedriger, als bei gedüngten Proben.

Die Gehalte an Phosphor bei gedüngten Proben lassen sich im Bezug auf die Düngeart nicht so deutlich unterscheiden, wie gedüngt und ungedüngt.

Die Unterschiede im Phosphor-Gehalt zwischen Proben, die nur mit Festmist, nur mit Stickstoff, oder mit beidem kombiniert gedüngt wurden, sind aber signifikant.

Die Differenz zwischen ungedüngten und mit NPK gedüngten Proben lag bei 5 %, ebenso die Differenz zwischen mit Stickstoff und Festmist gedüngten Proben gegenüber Proben, die auch mit Phosphor gedüngt wurden (Tabelle 11-4).

Tabelle 11-4: Phosphor-Gehalte in Abhängigkeit von der Stickstoff-Düngung

Kriterium	g P/kg TS	min	max	n
Ohne Düngung	3,5 ± 0,7	2,4	4,9	14
Düngung mit Festmist und N	3,9 ± 0,7	2,2	5,4	82
Düngung mit P, NPK-Düngung	3,7 ± 0,3	3,3	4,0	8

Tabelle 11-5: Düngung im ersten Schnitt

Kriterium	g P/kg TS	min	max	n
1. Schnitt ungedüngt	3,3 ± 0,4	2,9	4,0	10
1. Schnitt Düngung mit N und/oder Festmist	3,9 ± 0,6	2,2	5,3	61
1. Schnitt mit NPK-Düngung	3,7 ± 0,3	4,0	3,3	5
1. Schnitt gedüngt gesamt	3,8 ± 0,6	2,2	5,3	66

Tabelle 11-6: Düngung im zweiten Schnitt

Kriterium	g P/kg TS	min	max	n
2. Schnitt ungedüngt	4,0 ± 1,1	2,4	4,9	4
2. Schnitt Düngung mit N und/oder Festmist	4,0 ± 0,8	2,7	5,4	22
2. Schnitt mit NPK-Düngung	3,7 ± 0,2			2
2. Schnitt gedüngt gesamt	4,0 ± 0,7	2,7	5,4	24

Es bestand kein signifikanter Zusammenhang zwischen Düngung und Schnittfolge.(Tabelle 11-5 und Tabelle 11-6)

11.6. Kriterium Witterung bei der Mahd

Die Witterungsverhältnisse bei der Mahd zeigen keinen Einfluss auf den Phosphor-Gehalt der Proben.(Tabelle 11-7)

Tabelle 11-7: Phosphor-Gehalt in Abhängigkeit von der Witterung

Kriterium	g P/kg TS
nicht angeregt	3,86 ± 0,67
angeregt	3,73 ± 0,45

11.7. Kriterium Boden-pH

Im Bezug auf den Boden-pH lagen die Werte der Analysen im Durchschnitt höher, als die Ausgangswerte des Schätzdiagramms (Abbildung 2-2) von GLOCKER (2003).

11.8. Kriterium Rohfaser

Im Bezug auf den Rohfasergehalt der Proben ergab sich bei Phosphor keinerlei Trend. Die Phosphor-Gehalte der Proben zeigten weder im Bezug auf die Schnittfolge noch im Bezug auf die unterschiedlichen Grenzen des Rohfasergehaltes im ersten oder zweiten Schnitt, einen deutlichen Unterschied.

12. Diskussion der Phosphor-Gehalte

Wie GLOCKER (2003) bereits bemerkt, ist eine genaue Abschätzung des Phosphor-Gehaltes nicht möglich.

Bei Betrachtung des von GLOCKER (2003) erstellten Schätzdiagramms (Abbildung 2-2, vgl. Kapitel 2) für den Phosphor-Gehalt im Heu zeigt sich, dass dieses für die Anwendung in der Praxis viel zu kompliziert ist, und viele der hier zu erfragenden Parameter den Pferdehaltern nicht oder nur ungenau bekannt sind.

Der Faktor Bodenreaktion ist sowohl den Pferdebesitzern wie auch oft den Erzeugern nicht bekannt, deshalb konnte auch nur in den wenigsten Fällen ein genauer pH-Wert angegeben werden. Bei der Angabe der Erzeuger „normale Bodenreaktion“ muss demnach von einer unbekanntem Bodenreaktion ausgegangen werden. Dieser Faktor eignet sich daher nicht zur Abfrage bei den Pferdebesitzern.

Zur Düngung konnten zwar Angaben gemacht werden, allerdings nicht so genau, wie es in dem Flussdiagramm von GLOCKER (2003) (Abbildung 2-2) verlangt wurde. Außerdem wurde bei den mir vorliegenden Proben keine reine Phosphordüngung durchgeführt, sondern nur wie in der Praxis üblich NPK-Düngung. Zur Stickstoff-Düngung muss angemerkt werden, dass zwar eine reine Düngung mit Stickstoff stattfand, aber niemals die Mengen von 110 kg N/ha erreicht wurden und daher der Faktor Stickstoff-Düngung über oder unter 110 kg N/ha, wie GLOCKER (2003) ihn anwendet, sich nicht für die Praxis eignet.

Man muss GLOCKER (2003) im Bezug auf die geringe Praktikabilität des verwendeten Schätzdiagramms für Phosphor Recht geben, denn viele der hier benötigten Parameter sind den Pferdebesitzern und oft sogar auch den Erzeugern nicht oder nur ungenau bekannt.

Die Erstellung eines neuen Flussdiagramms ist daher nicht sinnvoll, da in den eigenen Untersuchungen ebenfalls keine verlässlichen Faktoren gefunden werden konnten, die eine genaue Abschätzung ermöglichen.

Tabelle 12-1: Vergleich Phosphorwerte von GLOCKER (2003) und eigene Analysen

	GLOCKER (2003)	Analysen
max	5,3 g P/kg TS	5,404 g P/kg TS
min	2,0 g P/kg TS	2,190 g P/kg TS

Die im Flussdiagramm von GLOCKER (2003) errechneten Maximal- und Minimalwerte kommen sehr nahe an die in den eigenen Untersuchungen gefundenen Werte heran. (Tabelle 12-1). Bei Betrachtung der Mittelwerte zeigt sich, dass bei Phosphor eine sehr geringe Streuung vorlag, denn bei Werten von 2,2 bis 5,4 g P/kg TS zeigte sich kaum eine Fehleinschätzung.

Für die Rationsberechnung ergibt sich somit die Möglichkeit mit einem Mittelwert von 3,8 g/kg TS zu arbeiten und anschließend zu überprüfen, ob die Phosphoraufnahme für die betreffende Leistung noch vertretbar wäre, wenn man die maximale Abweichung nach oben bis 5,4 g/kg TS oder nach unten bis 2,2 g/kg TS mit einbezieht.

13. Spurenelemente

Bei den Spurenelementen zielte die eigene Fragestellung weniger in Richtung einer Abschätzung der Gehalte, da nach GLOCKER (2003) nicht zu erwarten ist, dass eine solche mit Hilfe der überprüfbaren Parameter möglich ist.

Hierbei kam es im Wesentlichen darauf an, zwei aufeinanderfolgende Jahre zu vergleichen, um eine Aussage machen zu können, ob eine jährliche Neuanalyse anzuraten ist, oder nicht.

Es wurden daher nur Proben aus den Jahren 2003 und 2004 miteinander verglichen, die jeweils von derselben Wiese stammten und denselben Schnitt hatten.

13.1. Ergebnisse zum Eisen-Gehalt

Der Gesamtmittelwert an Eisen lag bei 387,1 mg/kg TS.

Der Minimalgehalt wurde mit 51 mg /kg TS in einer Probe des ersten Schnittes einer mit Festmist gedüngten Wiese gefunden.

Der Maximalwert lag bei 2310 mg/kg TS und fand sich bei einer ungedüngten Probe des ersten Schnittes.

Tabelle 13-1: Eisen-Gehalte der Jahre 2003/2004

Fe-Gehalt mg/kg TS	2003/2004	2003	2004
Mittelwert	387±517	200	574
Min	51	51	74
Max	2310	562	2310
N	26	13	13

Es gab keinen erkennbaren Zusammenhang zwischen dem Eisengehalt und den in dieser Studie erfassten Parametern. Weder Düngung, Schnittzeitpunkt oder Rohfasergehalt hatten einen Einfluss. Die Werte zweier aufeinander folgender Jahre differierten ebenfalls sehr stark.

13.2. Diskussion der Eisen-Gehalte

Damit bestätigt sich die Arbeit von GLOCKER (2003) wonach sich der Eisengehalt nicht abschätzen lässt. Eine mögliche Erklärung ist die unterschiedliche Kontamination insbesondere mit eisenreichem Erdreich.

13.3. Ergebnisse zum Zink-Gehalt

Der Gesamtmittelwert an Zink beider Jahre zusammen lag bei 22,8 mg/kg TS.

Der Minimalwert lag bei 16,3 mg/kg TS und fand sich bei einer Probe des ersten Schnittes, die mit Stickstoff gedüngt wurde, im Jahr 2004.

Der Maximalwert wurde mit 34,3 mg/kg TS bei einem zweiten Schnitt einer mit Festmist und Gülle gedüngten Wiese im Jahr 2004 gefunden.

Zwischen den Jahren 2003 und 2004 zeigten sich weder im Vergleich der Mittelwerte (Tabelle 13-2), noch im Vergleich der Einzelwerte deutliche Unterschiede.

Tabelle 13-2: Zink-Gehalte der Jahre 2003/2004

Zink-Gehalt mg/kg TS	2003/2004	2003	2004
Mittelwert	22,8±4,4	22,6±3,5	23,0±5,3
min	16,3	16,6	16,3
max	34,3	28,1	34,3
n	26	13	13

Der Zink-Gehalt im ersten Schnitt lag im Mittel bei 21,8 mg/kg TS, im zweiten Schnitt lag er um 23 % höher bei 28,4 mg/kg TS. Der Unterschied zwischen erstem und zweitem Schnitt war signifikant.

Tabelle 13-3: Zink-Gehalte im ersten und zweiten Schnitt

Kriterium	Mittelwert	min	max	n
1. Schnitt	21,8±3,7	16,3	31,0	22
2. Schnitt	28,4±4,6	23,2	34,3	4

Bei gedüngten Proben lag der mittlere Zink-Gehalt um 7 % niedriger als bei ungedüngten Proben. Der Unterschied zwischen gedüngten und ungedüngten Proben war signifikant.

Tabelle 13-4: Zink-Gehalte gedüngt und ungedüngt

Kriterium	Zn g/kg TS	min	max	n
gedüngt	22,6±4,4	16,3	34,3	22
ungedüngt	24,3±4,6	20,6	31,0	4

Bei Betrachtung des Rohfasergehaltes konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen diesem und dem Zink-Gehalt im Heu gefunden werden (Abbildung 13-1). Ebenfalls eine signifikante, aber negative Beziehung bestand zwischen Calcium- und Zinkgehalt ($R^2=0,58$) sowie zwischen Zink- und Kupfer-Gehalt im Heu ($R^2=0,36$).

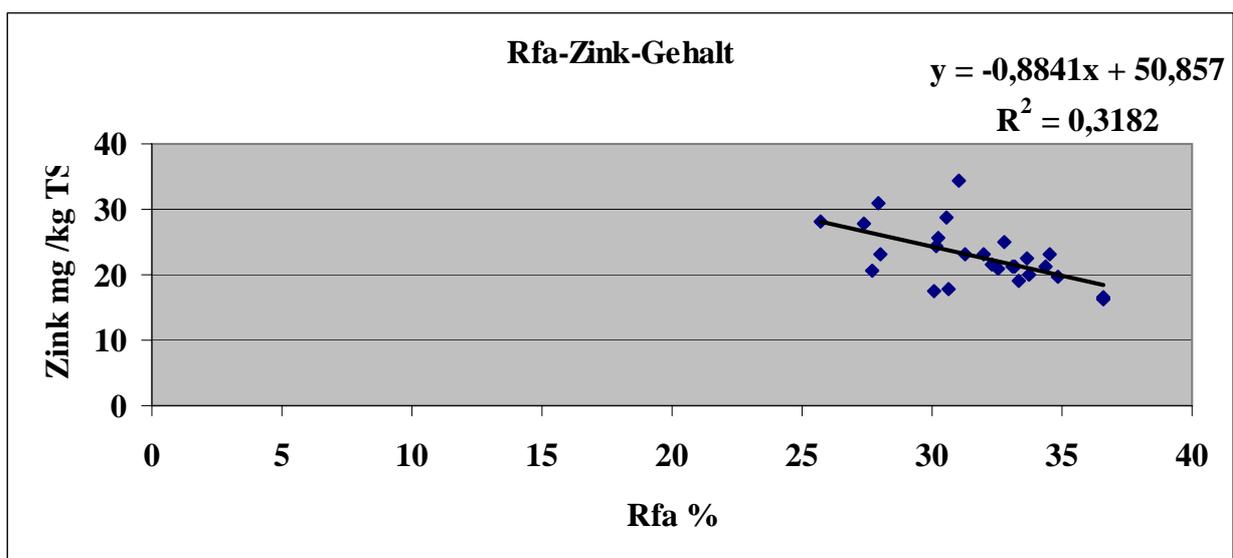


Abbildung 13-1: Beziehung zwischen dem Rohfaser-Gehalt und dem Zink-Gehalte der Jahre 2003 und 2004

Im Vergleich der Jahre 2003 und 2004 blieb der Zink-Gehalt im Heu relativ gleich (Abbildung 13-2).

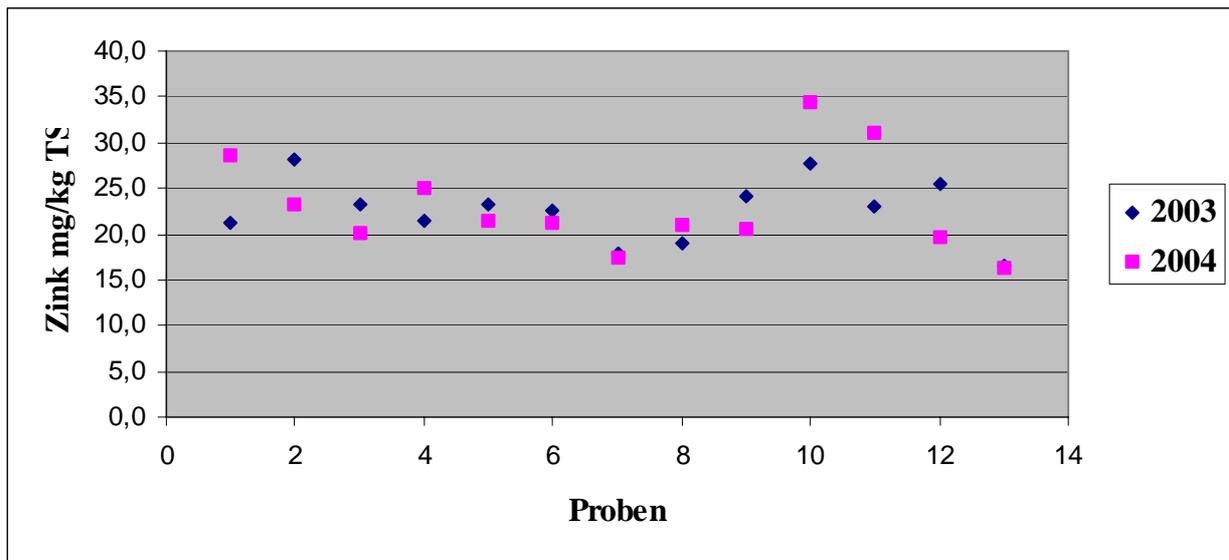


Abbildung 13-2: Vergleich der Zink-Gehalte im Jahr 2003 und 2004

13.4. Diskussion der Zink-Gehalte

Nach den eigenen Ergebnissen sind späte erste Schnitte zinkärmer als frühere erste Schnitte und zweite Schnitte. Der Zink-Gehalt im Aufwuchs einer bestimmten Wiese ist in der Größenordnung beim gleichen Schnitt nicht sehr variabel. Demnach kann anhand einmaliger Analysen eine Abschätzung des Zink-Gehaltes im Aufwuchs des folgenden Jahres erfolgen.

Wie GLOCKER (2003) in ihrer Arbeit feststellte, blieben die Zink-Gehalte im Heu deutlich unter den für Pferde angegebenen Bedarfszahlen von 35,0 mg/kg TS (MEYER und COENEN 2002). Die Werte der eigenen Analysen, von meist spät geschnittenem Heu des ersten Schnittes, lagen sogar noch unter den von GLOCKER (2003) angegebenen Mittelwerten von 28,38 mg/kg TS für einen späten ersten Schnitt.

13.5. Ergebnisse zum Kupfer-Gehalt

Der Gesamtmittelwert an Kupfer lag bei 4,4 mg/kg TS.

Der Minimalwert mit 1,5 mg/kg TS fand sich bei einer mit Festmist und Kalkstickstoff gedüngten Probe einer Mähweide und stammte aus dem Jahr 2004.

Der Maximalwert lag bei 7,4 mg/kg TS und wurde bei einer mit Stickstoff gedüngten Probe des ersten Schnittes 2003 gefunden.

Tabelle 13-5: Gesamtmittelwerte Kupfer

Cu-Gehalt mg/kg TS	2003/2004	2003	2004
Mittelwert	4,4±1,4	4,8±1,4	3,9±1,5
min	1,5	3,2	1,5
max	7,4	7,4	6,2
n	26	13	13

Der Kupfer-Gehalt des ersten Schnittes mit 4,2 mg/kg TS lag um 9 % niedriger, als der des zweiten Schnittes mit 5,2 mg/kg TS. Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen erstem und zweitem Schnitt.

Tabelle 13-6: Kupfer-Gehalte im ersten und zweiten Schnitt

Kriterium	Mittelwert	min	max	n
1. Schnitt	4,2± 1,4	1,5	7,4	22
2. Schnitt	5,2± 1,3	3,9	6,9	4

Bei den ungedüngten Heuproben der Jahre 2003/2004 lag der Kupfer-Gehalt um 5 % niedriger als bei den gedüngten. Zwischen den gedüngten und ungedüngten Proben bestand ein signifikanter Unterschied.

Tabelle 13-7: Kupfer-Gehalte gedüngt und ungedüngt

Kriterium	Zn g/kg TS	min	max	n
gedüngt	4,4±1,4	6,8	7,4	22
ungedüngt	4,2±1,2	3,1	5,8	4

Es bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Kupfer-Gehalt der in den Heuproben gefunden wurde und dem Rohfaser-Gehalt (Abbildung 13-3).

Auch zwischen dem Calcium- und dem Kupfer-Gehalt bestand eine negative signifikante Beziehung ($R^2=0,17$).

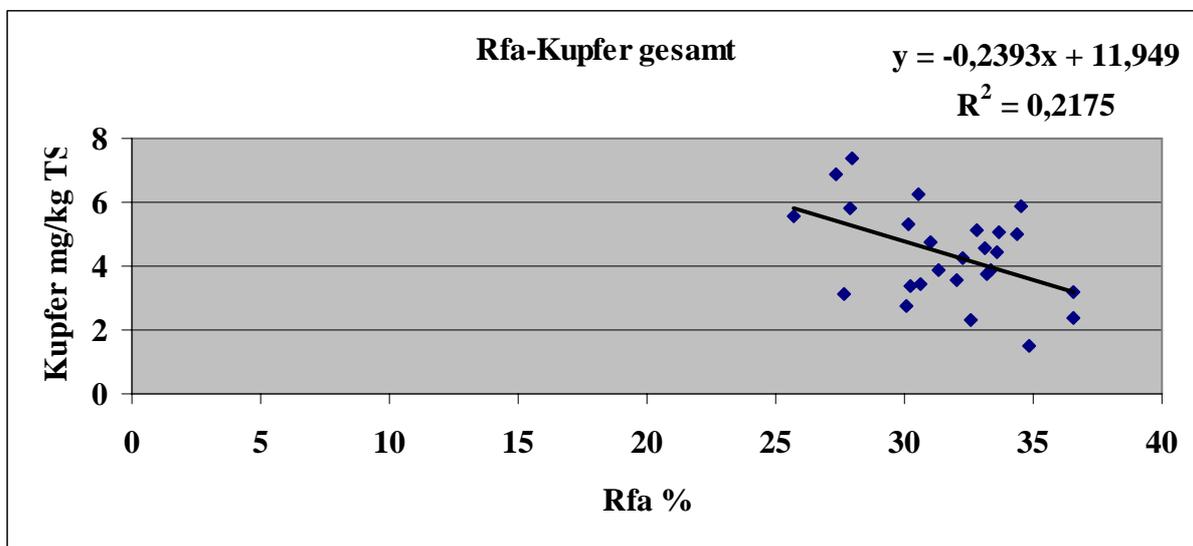


Abbildung 13-3: Beziehung zwischen dem Rohfaser-Gehalt und dem Kupfer-Gehalte der Jahre 2003 und 2004

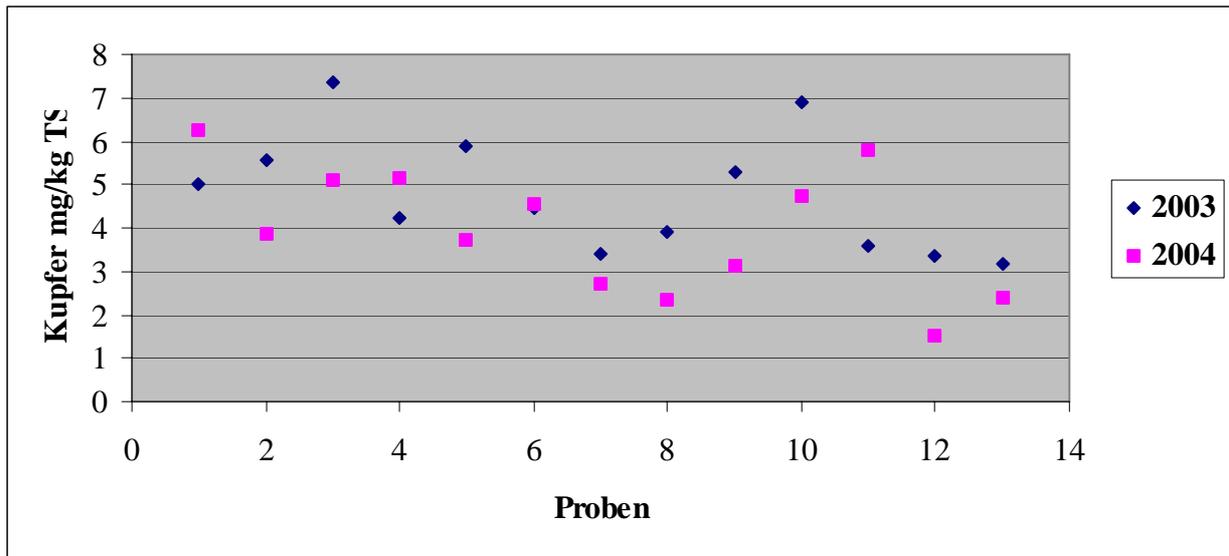


Abbildung 13-4: Vergleich der Kupfer-Gehalte der Jahre 2003 und 2004

13.6. Diskussion der Kupfer-Gehalte

Bei den Ergebnissen der eigenen Analysen zeigte sich, dass der Kupfer-Gehalt in den ersten Schnitten deutlich niedriger lag, als in den zweiten Schnitten.

Diese niedrigen Kupferwerte kommen vor allem durch den späten ersten Schnitt, wie er in der Pferdehaltung üblich ist, zustande.

Als weitere, den Kupfer-Gehalt erniedrigende Faktoren werden bei GLOCKER (2003) noch die Konservierung sowie die kräuter- und leguminosenarmen Bestände angeführt.

Die eigenen Analysen lagen sogar noch unter den von FRANK (2001) angegebenen Mittelwerten für Heu von 5,0 mg/kg TS und noch deutlicher unter den für Pferde empfohlenen Kupferbedarf von 10 mg /kg Futtertrockenubstanz.

Dies erklärt sich vor allem dadurch, dass es in den eigenen Analysen überwiegend späte erste Schnitte aus reinem Grasheu mit nur sehr niedrigem Kräuteranteil gab.

13.7. Ergebnisse zum Selen-Gehalt

Zum Selen-Gehalt der untersuchten Proben konnten keine Aussagen getroffen werden, da in den eigenen Untersuchungen nur vier verwertbare Ergebnisse zu ermitteln waren, alle anderen Werte lagen unterhalb der Nachweisgrenze von 0,002 mg/g.

Tabelle 13-8: Selenwerte im Vergleich

Kriterium	2003	2004
1.Schnitt gedüngt	0,0165 mg/g TS	0,007 mg/g TS
2.Schnitt gedüngt		0,011 mg/g TS
1.Schnitt ungedüngt		0,021 mg/g TS

13.8. Diskussion der Selen-Gehalte

Die eigenen Analysen haben bestätigt, dass das Gebiet, in dem die Proben aufwuchsen, ein Selenmangelgebiet ist, und demzufolge grundsätzlich Selen zugefüttert werden sollte. Der Selenbedarf des Pferdes wird mit 0,1 - 0,2 mg/kg Futterrockensubstanz angesetzt, bei Gehalten unter 0,05 mg/kg Futterrockensubstanz sind mit Sicherheit Störungen durch Minderversorgung zu erwarten, hingegen kommt es bei Gehalten von über 4 mg/kg Futterrockensubstanz schon zu einer chronischen Selenvergiftung (MEYER, 2002).

14. Ergebnisse zum Rohproteingehalt

Der Gesamtmittelwert an Rohprotein lag bei 7,5 %.

Der Minimalwert mit 4,4 % wurde bei einer mit Festmist und Kalkstickstoff gedüngten Probe des ersten Schnittes gemessen.

Der Maximalwert lag bei 17 % und wurde bei einer mit Thomaskali und Gülle gedüngten Wiese des zweiten Schnittes gefunden.

Tabelle 14-1: Rohproteingehalte in der TS

Rohproteingehalt	%
Gesamtmittelwert	7,5±2,4
min	4,4
max	17,0

14.1. Kriterium Schnittfolge

Die Rohproteingehalte lagen im ersten Schnitt im Mittel niedriger als in den folgenden Schnitten (Tabelle 14-2).

Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen erstem und zweitem Schnitt.

Sowohl die höchsten als auch die niedrigsten Rohproteingehalte fanden sich im 2. Schnitt.

Tabelle 14-2: Rohprotein in der TS im ersten und späteren Schnitten

Kriterium	% Rohprotein	min	max	n
1.Schnitt	6,8±1,7	4,4	11,7	76
spätere Schnitte	9,3±3,1	4,4	17,0	27

Die Differenz zwischen erstem und zweitem Schnitt lag bei plus 37 %.

14.2. Kriterium Schnittzeitpunkt

Beim ersten Schnitt handelte es sich fast ausschließlich um späte Schnitte, die von Mitte Mai bis Ende Juli (Ausnahme: 1. September) geschnitten wurden.

Zwischen diesen Schnitten ergab sich kein systematischer Effekt.

Innerhalb des Zeitfensters zwischen Mitte Mai und 1. September ergab sich keinerlei Trend im Bezug auf den Rohproteingehalt der Proben (Abbildung 14-1).

Bei den späteren Schnitten handelte es sich fast ausschließlich um mittlere zweite Schnitte, die in einem Zeitraum von 30. Juni bis 3. Oktober geschnitten wurden.

Zwischen diesen Schnitten ergab sich ebenfalls kein systematischer Effekt, innerhalb dieses Zeitfensters ergab sich kein Trend im Bezug auf den Rohproteingehalt der Proben (Abbildung 14-2).

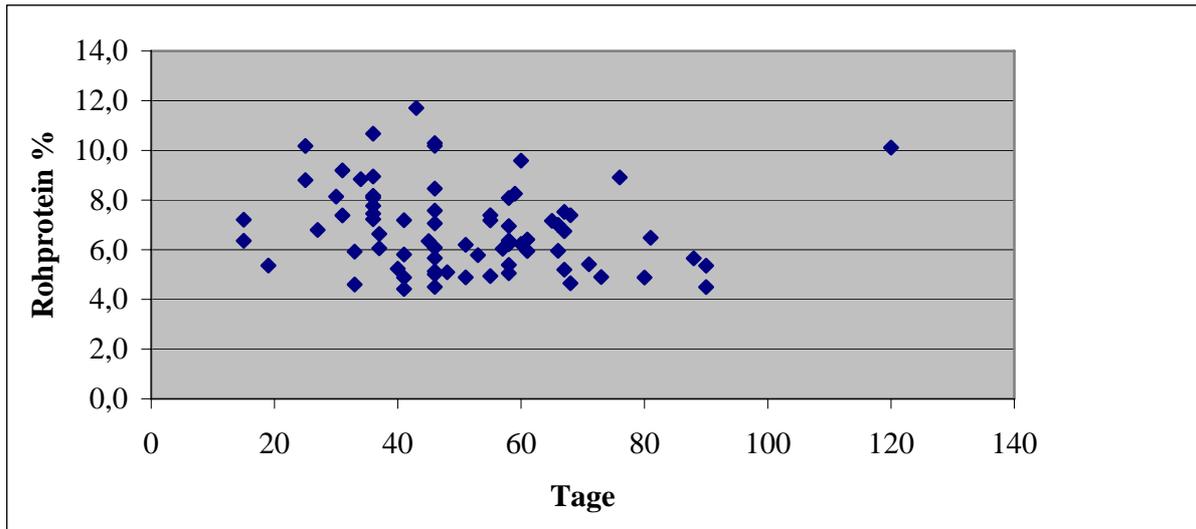


Abbildung 14-1: Einfluss des Schnittzeitpunktes des ersten Schnittes auf den Rohproteingehalt in der TS
Tag 1= 1. Mai und Tag 140 = 17. September

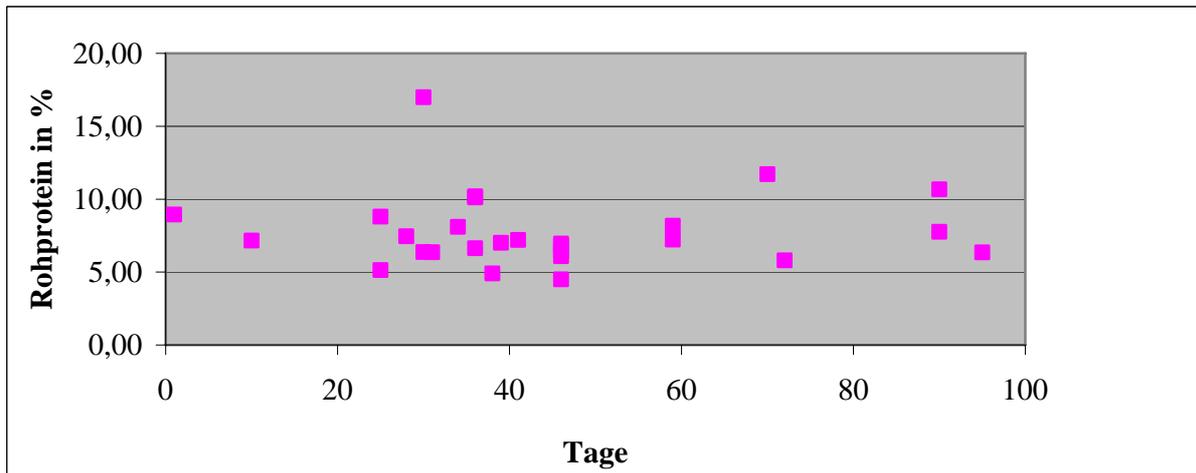


Abbildung 14-2: Einfluss des Schnittzeitpunktes des zweiten Schnittes auf den Rohproteingehalt in der TS
Tag 1= 30. Juni und Tag 100 = 7. Oktober

14.3. Kriterium Düngung

Die Düngung hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Rohproteingehalt der Proben (Tabelle 14-3).

Es bestand auch keine signifikante Beziehung zwischen Schnittfolge und Düngung.

Tabelle 14-3: Rohprotein- Gehalte im ersten und zweiten Schnitt gedüngt und ungedüngt

Kriterium	% Rohprotein	min	max	n
ungedüngt	7,2±2,3	4,4	12,4	14
gedüngt	7,5±2,5	4,4	17,0	88
Differenz	4 %			

15. Ergebnisse zum Rohfasergehalt

Der Gesamtmittelwert an Rohfaser lag bei 31,6 %.

Der Minimalwert lag bei 18,4 % und fand sich bei einer Probe des zweiten Schnittes die mit Thomaskali und Gülle gedüngt wurde.

Der Maximalwert betrug 36,6 % und wurde bei einer Probe des ersten Schnittes, die mit Festmist gedüngt wurde, festgestellt (Tabelle 15-1).

Tabelle 15-1: Rohfasergehalte

Rohfasergehalt	%
Gesamtmittelwert	31,2±3,6
min	18,4
max	36,6

15.1. Kriterium Schnittfolge

Die Rohfasergehalte lagen im ersten Schnitt im Mittel höher, als die der späteren Schnitte (Tabelle 15-2).

Die Differenz lag bei plus 15 %. Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen erstem und zweitem Schnitt.

Tabelle 15-2: Rohfasergehalt im ersten und späteren Schnitten

Kriterium	Rohfaser in %	min	max	n
1.Schnitt	32,3±2,9	18,4	36,6	76
spätere Schnitte	28,4±3,6	18,8	34,6	28

15.2. Kriterium Schnittzeitpunkt

Beim ersten Schnitt handelte es sich fast ausschließlich um späte Schnitte, die von Mitte Mai bis Ende Juli (Ausnahme: 1. September) geschnitten wurden.

Zwischen diesen Schnitten ergab sich kein systematischer Effekt.

Innerhalb des Zeitfensters zwischen Mitte Mai und 1. September ergab sich keinerlei Trend im Bezug auf den Rohfasergehalt der Proben (Abbildung 14-1).

Bei den späteren Schnitten handelte es sich fast ausschließlich um mittlere zweite Schnitte, die in einem Zeitraum von 30. Juni bis 3. Oktober geschnitten wurden.

Zwischen diesen Schnitten ergab sich ebenfalls kein systematischer Effekt, innerhalb dieses Zeitfensters ergab sich kein Trend im Bezug auf den Rohfasergehalt der Proben (Abbildung 15-2).

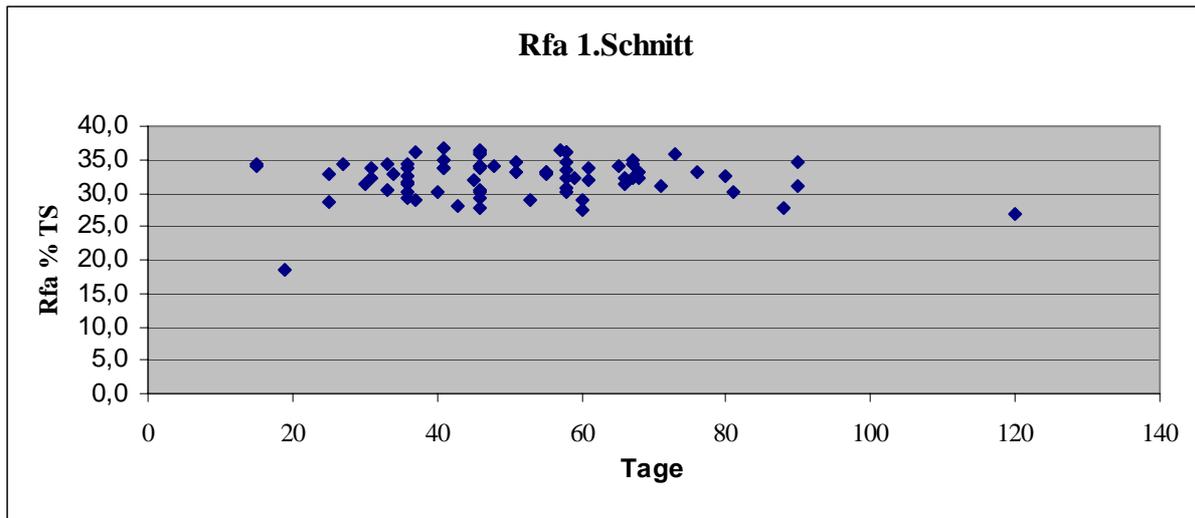


Abbildung 15-1: Einfluss des Schnittzeitpunktes beim ersten Schnitt auf den Rohfasergehalt in der TS
Tag 1= 1. Mai und Tag 140 = 17. September

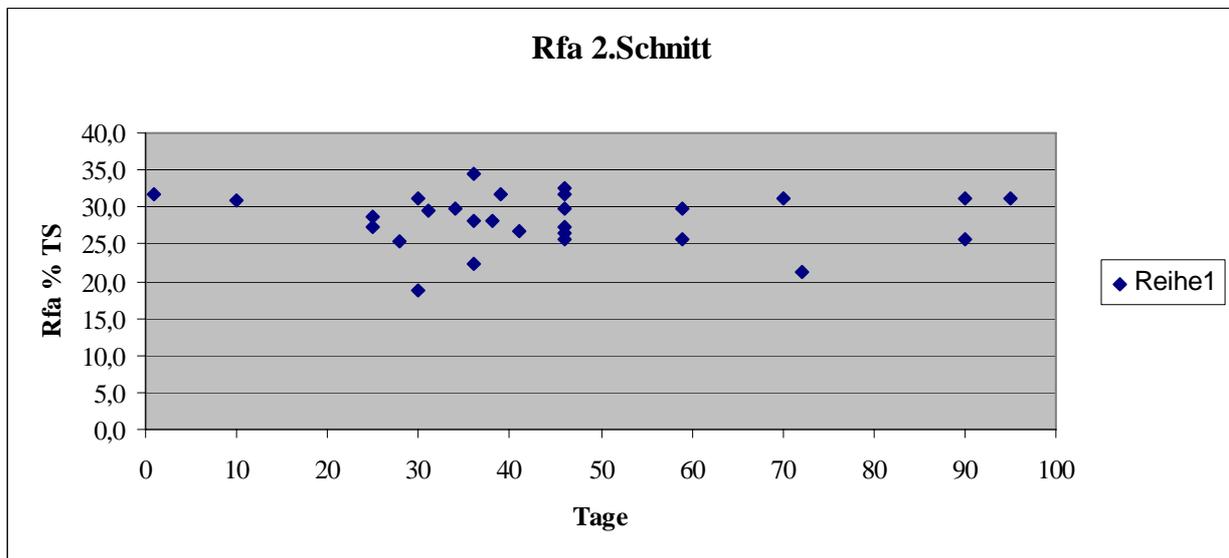


Abbildung 15-2: Einfluss des Schnittzeitpunktes beim zweiten Schnitt auf den Rohfasergehalt in der TS
Tag 1= 30. Juni und Tag 100 = 7. Oktober

15.3. Kriterium Düngung

Die Düngung hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Rohfasergehalt der Proben. Es bestand auch keine signifikante Beziehung zwischen Düngung und Schnittfolge (Tabelle 15-3).

Tabelle 15-3: Rohfaser- Gehalte im ersten und zweiten Schnitt gedüngt und ungedüngt

Kriterium	% Rohfaser	min	max	n
ungedüngt	31,0±3,1	26,4	36,4	28
gedüngt	31,3±3,6	18,4	36,6	76
Differenz	<1 %			

16. Diskussion der Rohprotein- und Rohfasergehalte

16.1. Diskussion

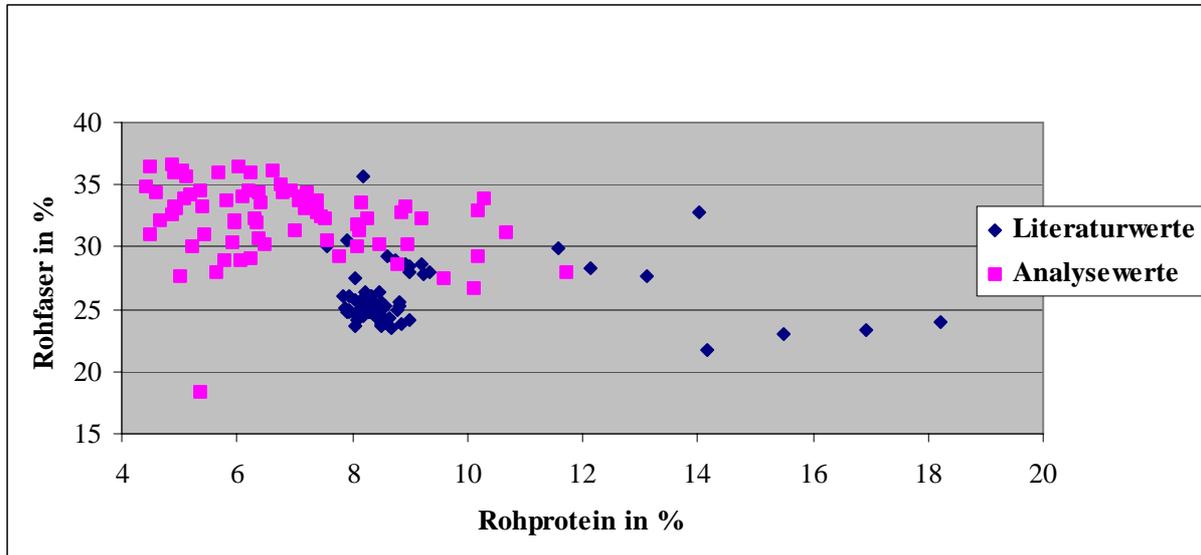


Abbildung 16-1: Vergleich der Werte aus der Literatur mit den eigenen Analysen, nur erster Schnitt

Quelle: KNAUER (1963), NEHRING UND LAUBE (1955), PIATKOWSKI et al. (1960) und BRÜNNER (1950, 1955)

Im Vergleich der Rohfaser- und Rohproteingehalte der eigenen Analysen mit den Werten aus der Literatur wurden nur die ersten Schnitte berücksichtigt (Abbildung 16-1). Es zeigte sich, dass die eigenen Werte im Rohfasergehalt meist über denen der Literatur lagen, die Rohproteingehalte lagen fast immer etwas niedriger. So bestätigte sich auch in den eigenen Analysen, dass mit steigendem Rohfasergehalt der Rohproteingehalt der Proben sinkt, und umgekehrt.

Der höhere Rohfasergehalt in den eigenen Proben erklärt sich zum einen dadurch, dass Pferdeheu in der Regel zu einem späteren Zeitpunkt geschnitten wird, als Heu für Rinder. Zum anderen stammten die Werte in der Literatur überwiegend aus Versuchen zur Düngung, deshalb wurden die Proben zu einem idealen Zeitpunkt geschnitten. Die eigenen Proben stammen aus einem sehr trockenen Jahr (2003) und einem relativ feuchten Jahr (2004) und wurden unter Praxisbedingungen gewonnen, was bedeutet, dass gemäht wurde, wenn das Wetter und das Pflanzenalter zusammenpassten.

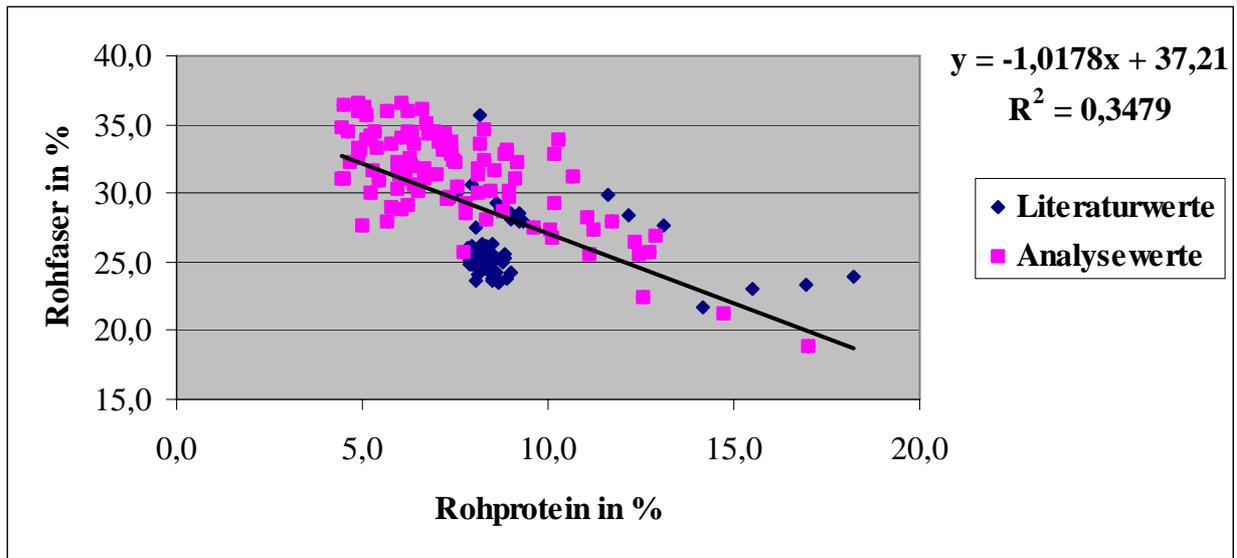


Abbildung 16-2: Beziehung zwischen dem Rohfasergehalt und dem Rohproteingehalt in der Literatur und in den eigenen Analysen

Quelle: KNAUER (1963), NEHRING UND LAUBE (1955), PIATKOWSKI et al. (1960) und BRÜNNER (1950, 1955)

16.2. Einsatz der Sinnenprüfung zur Abschätzung des Rohfaser- oder Rohproteingehaltes

16.2.1. Ergebnisse der Sinnenprüfung

Für alle in den eigenen Analysen untersuchten Heuproben wurde eine Sinnenprüfung nach den Vorgaben von KAMPHUES et al. (1999) durchgeführt (siehe Anhang).

Dabei wurde der Futterwert unter anderem durch den Griff beurteilt, hierbei gab es verschiedene Einteilungen für den Zustand der Proben:

Weich und blattreich - blattärmer - sehr blattarm - strohig hart

Wie aus Tabelle 16-1 hervorgeht, ist es beim ersten Schnitt nicht möglich, die geringe Differenz der unterschiedlichen Rohfasergehalte sensorisch zu unterscheiden. Beim zweiten Schnitt lässt sich sensorisch ein Unterschied zwischen weichem, blattreichem Heu gegenüber strohig hartem oder blattärmerem Heu feststellen.

Tabelle 16-1: Ergebnisse der Sinnenprüfung

Schnitt	Kriterium	Rohfasergehalt in %	n
1.	weich, blattreich	32,0± 3,1	14
1.	blattärmer	31,1± 3,6	21
1.	sehr blattarm	33,1± 2,7	9
1.	strohig hart	33,1± 2,1	23
2.	strohig hart	30,9± 0,8	5
2.	blattärmer	30,3± 3,7	5
2.	weich, blattreich	27,1± 3,6	19

In der Tabelle 16-2 wird der Rohproteingehalt im ersten und zweiten Schnitt nach den Kriterien der Sinnenprüfung eingeteilt. Im ersten Schnitt lässt sich ein deutlicher Unterschied zwischen weichem, blattreichem Heu mit höherem Rohproteinanteil gegenüber strohig hartem oder blattärmerem Heu mit einem niedrigeren Rohproteinanteil erkennen.

Der zweite Schnitt hat insgesamt einen höheren Rohproteinanteil, der sich nur in strohig hart mit niedrigerem Rohproteinanteil, und weich, blattreich oder blattärmer mit höherem Rohproteinanteil sensorisch differenzieren lässt.

Tabelle 16-2: Ergebnisse der Sinnenprüfung im Bezug auf den Rohproteingehalt

Schnitt	Kriterium	Rohprotein-Gehalt in %	n
1.	blattärmer	6,2± 1,2	31
1.	strohig hart	6,4± 1,6	23
1.	weich, blattreich	8,3± 1,8	14
2.	blattärmer	9,4± 2,6	5
2.	strohig hart	7,0± 1,4	5
2.	weich, blattreich	9,6± 3,9	19

16.2.2. Abschätzbarkeit des Rohfaser- und Rohproteinanteils

Da es sich beim ersten Schnitt fast ausschließlich um späte Schnitte mit hohem Rohfaseranteil handelt, ist hier eine Differenzierung durch die Sinnenprüfung, d.h. durch den Griff, nicht möglich. Derart geringe Unterschiede bei einem relativ hohen Rohfaseranteil, wie in Tabelle 16-1 zu erkennen, können so nicht differenziert werden.

Beim zweiten Schnitt dagegen zeigte sich ein deutlicher Unterschied zwischen weichem, blattreichem Heu mit einem niedrigeren Rohfaseranteil gegenüber blattärmerem, strohig hartem Heu mit höherem Rohfaseranteil. Dieser Unterschied konnte, wie in Tabelle 16-1 zu sehen, auch mit der Sinnenprüfung erkannt werden.

Für den Rohproteinanteil der Heuproben konnte dargestellt werden, dass beim ersten Schnitt für blattärmeres und strohig hartes Heu ein niedrigerer Rohproteinanteil zu erwarten ist, bei weichem, blattreichem Heu dagegen ein höherer Anteil an Rohprotein vorliegt, was durch eine Sinnenprüfung zwar nicht in absoluten Zahlen, aber in Annäherung erfasst wird.

Beim zweiten Schnitt geht man grundsätzlich von einem höheren Rohproteinanteil als beim ersten Schnitt aus, hier liegt die Einteilung allerdings bei weichem, blattreichem und blattärmerem Heu mit höherem Rohproteinanteil gegenüber strohig hartem Heu mit niedrigerem Rohproteinanteil (Tabelle 16-2).

Diese Unterschiede können auch bei einer Sinnenprüfung erkannt werden.

Es zeigt sich also, dass die Durchführung einer Sinnenprüfung zwar nicht die Analysen der Heuproben ersetzen kann, aber zumindest vorab schon einmal eine grobe Einschätzung zum Rohfaser- und Rohproteinanteil vorgenommen werden kann, sofern die Schnittfolge bekannt ist.

17. Zusammenfassung

Franziska Möllmann: Analysen und Abschätzung des Mineralstoffgehaltes in Heuproben aus oberbayerischen Pferdehaltungsbetrieben

Der Mineralstoffgehalt im Heu kann sehr stark variieren. Für die Rationsberechnung und die Fütterungspraxis spielt daher eine genaue Abschätzung des Mineralstoffgehaltes eine wichtige Rolle.

Daher wurden in der vorliegenden Arbeit 104 Proben reines Grasheu aus oberbayerischen Pferdebetrieben der Jahre 2003 und 2004 auf ihren Gehalt an Mineralstoffen, Spurenelementen, Rohfaser- und Rohproteingehalt untersucht.

Bei den Mineralstoffen wurde der Calcium-, Magnesium-, Kalium- und Phosphorgehalt bestimmt. Bei den Spurenelementen wurden nur bei Proben, die von derselben Wiese stammten und gleiche Schnittfolge hatten, ein Vergleich der Elemente Eisen, Kupfer, Zink und Selen erstellt.

Bei allen vorliegenden Proben waren sowohl der genaue Schnittzeitpunkt und die Schnittfolge, als auch der ungefähre Düngestatus bekannt.

Der Mittelwert an Calcium lag bei $4,7 \pm 1,8$ g/kg TS.

Hier zeigte sich, dass der erste Schnitt im Mittel weniger Calcium enthielt, als die späteren Schnitte. Der Schnittzeitpunkt und die Düngung hatten keinen signifikanten Einfluss auf den Calciumgehalt im Heu, dies zeigt, dass die Erzeuger den Schnittzeitpunkt der Wiesen und Mähweiden vom tatsächlichen Pflanzenalter abhängig machten, z. B. wurde gedüngtes Gras dadurch früher im Jahr gemäht als ungedüngtes.

Allerdings gab es sowohl im ersten, als auch in den späteren Schnitten eine signifikante negative Korrelation des Rohfasergehaltes mit dem Calciumgehalt im Heu.

Im ersten Schnitt mit einem Rohfasergehalt unter 34 % lag der Calciumgehalt bei $4,5 \pm 1,3$ g/kg TS, bei einem Rohfasergehalt von über 34 % lag er bei $3,2 \pm 1,2$ g/kg TS.

Für den zweiten und spätere Schnitte ergaben sich bei einer Rohfasergrenze von 28 % die folgenden Werte: unter 28 % Rfa lag der Calciumgehalt bei $7,4 \pm 1,8$ g/kg TS, bei über 28 % Rfa lag er bei $5,5 \pm 1,8$ g/kg TS.

Daher wurden für oberbayerisches Heu mit unbekanntem Calciumgehalt die folgenden Schätzwerte empfohlen:

für strohiges Heu des ersten Schnittes	3,5 g/kg TS
für einen normalen ersten Schnitt	5,0 g/kg TS
für spätere blattarme Schnitte	5,6 g/kg TS
für spätere blattreiche Schnitte	7,5 g/kg TS

Vergleicht man diese Werte mit dem Gesamtmittelwert, so reduziert sich die mittlere Fehleinschätzung auf etwa 50 %.

Der Mittelwert bei Magnesium lag bei $1,8 \pm 1,0$ g/kg TS.

Die Effekte der verschiedenen Faktoren glichen hier denen von Calcium.

Für die Abschätzung des Magnesiumgehaltes im Heu wurden die folgenden Werte empfohlen:

für einen strohigen ersten Schnitt	1,2 g/kg TS
für einen normalen ersten Schnitt	1,6 g/kg TS
für spätere blattarme Schnitte	1,9 g/kg TS
für spätere blattreiche Schnitte	3,7 g/kg TS

Wenn man diese Werte mit dem Gesamtmittelwert für Magnesium vergleicht, so wird auch hier die mittlere Fehleinschätzung auf 50% reduziert.

Der Phosphorgehalt lag im Mittel bei $3,8 \pm 0,6$ g/kg TS und wies eine sehr geringe Streuung auf. Dementsprechend gering war der Einfluss der unterschiedlichen Parameter auf den Phosphorgehalt im Heu hatten.

Für die Rationsberechnung bei oberbayerischem Heu wird daher empfohlen, mit dem Mittelwert von 3,8 g Phosphor/kg TS zu arbeiten.

Der Gesamtmittelwert an Kalium lag bei $20,0 \pm 6,0$ g/kg TS.

Im Bezug auf den Kaliumgehalt der Heuproben spielte die Düngung die größte Rolle, hierbei war es allerdings nicht ausschlaggebend, mit welchem Düngemittel gedüngt wurde, sondern nur, ob die Wiesen gedüngt wurden, oder nicht.

Die Düngung spielte aber nur beim ersten Schnitt eine signifikante Rolle. Für die Rationsberechnung wird daher empfohlen, mit den folgenden Mittelwerten aus den Analysen zu rechnen:

für ungedüngtes Heu des ersten Schnittes 14,0 g/kg TS

für gedüngtes Heu des ersten Schnittes 21,0 g/kg TS

für den zweiten Schnitt 21,0 g/kg TS

Bei den Spurenelementen ergab sich bei der Untersuchung der Proben der Jahre 2003 und 2004, die von derselben Wiese stammten und den gleichen Schnitt hatten, die folgenden Erkenntnisse:

Der Eisengehalt lies sich nicht abschätzen, was zum Teil auf die unterschiedliche Kontamination der Proben insbesondere mit eisenreichem Erdreich, zurück zuführen ist.

Bei Zink und Kupfer zeigte sich, dass die späten ersten Schnitte, wie sie in der Pferdehaltung üblich sind, immer niedriger lagen, als frühe erste oder zweite Schnitte. Sowohl der Zink- als auch der Kupfergehalt zeigten sich im Aufwuchs einer bestimmten Wiese beim selben Schnitt nicht sehr variabel, daher kann anhand einer einmaligen Analyse auch der Gehalt des folgenden Jahres abgeschätzt werden. Außerdem bestand zwischen dem Zink- und Kupfergehalt jeweils eine negative Korrelation mit dem Calcium- Gehalt.

Für den Selen-Gehalt konnten keine Aussagen getroffen werden, da in den eigenen Untersuchungen nur vier verwertbare Ergebnisse ermittelt werden konnten, alle anderen Selenwerte lagen unter der Nachweisgrenze.

18. Summary

Mineral content of hay harvested in upper Bavarian horse farms. Predictive value of cutting time, number of cut and fertilisation

Möllmann, F. Kienzle, E.

The content of major minerals in hay may vary considerably. For ration calculation and feeding practice it is important to make an educated guess on mineral content of hay. Therefore in the present investigation 104 samples of grass hay from Bavarian horse farms or livery yards harvested in 2003 or 2004 were analysed for major minerals and proximates. Time of cutting, number of cut and fertilisation of the meadows were known in all samples.

Mean calcium content amounted to 4.7 ± 1.8 g/kg dry matter (dm). The first cut contained less calcium than the second and later cuts (4.1 ± 1.3 and 6.2 ± 2.0 g/kg dm, respectively). There was no effect of cutting time and fertilisation, probably because the farmers tended to cut hay at the same stage of vegetation, i.e. fertilised grass was cut earlier in the year than unfertilised grass. There was, however, a significant negative correlation between crude fibre and calcium content in dry matter in the first as well as in later cuts. In first cuts with less than 34 % of crude fibre in dm the mean calcium content was 4.5 ± 1.3 g/kg dm. In first cuts with more than 34 % crude fibre in dm calcium amounted to 3.2 ± 1.0 g/kg dm. A similar difference existed for second and later cuts the critical crude fibre content being 28 % dm. For grass hay in Bavaria with unknown calcium content the following estimates (g Ca/kg dm) are recommended: Straw-like first cut 3.5, normal first cut 5.0, later cut with few leaves 5.6, later cut with many leaves 7.5. Compared to overall means errors are reduced to about 50 %.

Magnesium content averaged 1.8 ± 1.0 g/kg dm. The effect of all parameters followed a similar pattern as in calcium. The following recommendations are given for magnesium prediction (g Mg/kg dm): Straw-like first cut 1.2, normal first cut 1.6, later cut with few leaves 1.9, later cut with many leaves 3.7. Compared to overall means errors are reduced to about 30 %.

Phosphorus content was rather uniform (3.8 ± 0.6 g/kg dm). Consequently there was little effect of all parameters investigated. For Bavarian hay it is therefore recommended to work with the mean value of 3.8 g P/kg dm. It is however, to caution that the knowledge of soil pH of the farmers was limited, and the amount of phosphorus used for fertilisation was not precisely known. There were no samples from meadows with long-term (> 10 years) lack of phosphorus fertilisation.

Potassium content depended mainly on fertilisation, but only on the first cuts, even though it was not possible to differentiate between the amount of potassium fertilisation and it was combined with various other elements. Fertilised grass hay of the first cut had a mean content of 21,0 g K/kg dm and unfertilised grass hay first cut of 14,0 g/kg dm. For the second cut there was no difference between fertilised and unfertilised hay, mean value was 21,0 g K/dm.

There were no systematic differences between samples from 2003 and 2004, even though 2003 was extremely dry and 2004 a rather moist year.

19. Literaturverzeichnis

AXELSSON, J. (1941)

Der Wert des Grünlandfutters für die Ernährung der Haustiere
Archiv Tierernährung, 13, 133-163

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR BODENKULTUR UND PFLANZENBAU (1997)
Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland
6., überarbeitete Auflage

BRÜNNER, F. (1950)

Mineral- und Nährstoffgehalt des Heues südwürttemberger Wiesen und deren botanische
Zusammensetzung
Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, 92, 306-349

BRÜNNER, F. (1955)

Nähr- und Mineralstoffgehalt des Wiesenheus in seiner Abhängigkeit von Düngung und
Pflanzenbestand
Das Grünland, 3, 18-20

BUCHGRABER, K. und RESCH, R. (1997)

Der Futterwert und die Grundfutterbewertung des alpenländischen Grünlandfutters in
Abhängigkeit vom Pflanzenbestand, von der Nutzungsfrequenz und der Konservierungsform.
Bericht über das Alpenländische Expertenforum zum Thema Grundfutter und
Grundfutterbewertung Januar 1997 in Gumpenstein
S.7-18

CLAUSSEN, H.C. und BOHLE, H. (1980)

Wirkung von Gülle- und Mineraldüngung auf Entwicklung, Ertrag und Gehalte verschiedener
Futterpflanzen
Das wirtschaftseigene Futter, 26, 228-237

DLG-FUTTERWERTTABELLEN - PFERDE - (1995)

3., erweiterte und neu gestaltete Auflage
DLG-Verlag, Frankfurt am Main

FEHRLE, S. (1999)

Untersuchungen zur Verdaulichkeit von Mischfutter beim Pferd in Abhängigkeit von der
Raufutteraufnahme
München, Tierärztliche Fakultät der LMU München

- FINCK, A. (1989)
Dünger und Düngung
1. Auflage, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim
- FRANK, T. (2001)
Versorgung von Pferden in Oberbayern mit den Spurenelementen Zink, Kupfer und Selen-
Eine Feldstudie
Tierärztl. Fakultät der LMU München, Diss. med. vet.
- GLOCKER, A. (2003)
Literaturstudie zur quantitativen Schätzbarkeit der Mineralstoffgehalte von
Grünlandaufwüchsen im Hinblick auf die computergestützte Ernährungsberatung beim Pferd
Tierärztl. Fakultät der LMU München, Diss. med. vet.
- JEROCH, H., FLACHOWSKY, G., WEIßBACH, F. (1993)
Futtermittelkunde
1. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena
- KAMPHUES, J., SCHNIEDER, D. und LEIBETSEDER, J. (1999)
Supplemente zur Vorlesung und Übung in der Tierernährung
9. Auflage, Verlag M. & H. Schaper, Alfeld-Hannover
- KARNS, L. (1955)
Nährstoff- und Mineralstoffgehalt des Weidefutters im Ablauf der Vegetationsperiode
Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, 100, 335-348
- KIRCHGESSNER, M. (1957b)
Der Einfluß verschiedener Wachstumsstadien auf den Makro- und Mikronährstoffgehalt von
Wiesengras
Landwirtschaftliche Forschung, 10, 45-55
- KIRCHGESSNER, M. (2004)
Tierernährung
11., neu überarbeitete Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- KNAUER, N. (1963)
Zusammenhänge zwischen Roheiweiß-, Rohfaser- und Mineralstoffgehalt von
Grünlandpflanzen und deren Bedeutung bei der Auswertung von Pflanzenanalysen zur
Vorhersage der Düngerwirkung
Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, 116, 361-373

KÖNIGLICH PREUßISCHES KRIEGSMINISTERIUM (1889)

Anleitung zur Beurtheilung des Pferdeheues

Verlag Paul Parey, Berlin

MARCUSSEN, N.R. (1963)

Einfluß der Kalidüngung und der Witterung auf Ertrag, Rohprotein- und Mineralstoffgehalt des Grases auf Marschböden

Das wirtschaftseigene Futter, 9, 280-288

MEYER, H. (2002)

Pferdefütterung

8. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

MEYER, H. (1995)

Pferdefütterung

3. Auflage, Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin

NEHRING, K. und LAUBE, W. (1955)

Untersuchung über die Zusammensetzung der pflanzlichen Gerüstsubstanz in Grün- und Raufutterstoffen und ihren Einfluss auf die Verdaulichkeit dieser Futterstoffe

Arch. Tierernährung, 5, 177-214

PIATKOWSKI, B., STEGER, H., KASDORF, K. und PÜSCHEL, F. (1960)

Untersuchungen über die Nährstoff-, Mineralstoff- und Spurenelementverluste von Mähweiden bei verschiedenen Trocknungsverfahren unter den Witterungsverhältnissen Norddeutschlands

Arch. Tierernährung, 10, 20-36

SCHULZE, E. (1953)

Über den Rohprotein- und Mineralstoffgehalt von Wiesenpflanzen

Das Grünland, 2, 82-85

VERBAND DER LANDWIRTSCHAFTSBERATER IN BAYERN E.V. (1968)

Pflanzliche Erzeugung, Teil A Grundlagen

8., überarbeitete Auflage, BLV Verlagsgesellschaft München

VOIGTLÄNDER, G., JACOB, H. (1987)

Grünlandwirtschaft und Futterbau.

1. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

VON BOBERFELD, W.O. (1994)

Grünlandlehre

1. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

WOLF, H. (1972b)

Untersuchung über den Rohprotein- und Mineralstoffgehalt von Weidefutter in verschiedenen Wachstumsstadien

Landwirtschaftliche Forschung, 25, 24-32

ZÜRN, F. (1951)

Der Nährstoff- und Mineralstoffgehalt von Gräsern, Leguminosen und Kräutern auf Wiesen

Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, 92, 444-463

20. Anhang

Heuprobe-Nr.

Betrieb:

Adresse:

Tel.:

Schnitt:

ungefähres Datum (falls bekannt)

Bodenart, falls bekannt:

Boden- pH:

Handelt es sich um eher sauren oder normalen Boden?

Herkunft aus Gegend, Umgebung

Düngung in den letzten Jahren (falls bekannt)

Was? Welche?
(auch Pferdemist)

Wieviel?

Wie oft in welchen Jahren?

Wann?

Nutzung der Fläche:

(Mähweide, Wiese, Ackerbau?)

Wurde das Heu während des Trocknens ein- oder mehrmals angereget?

Lagerung:

Großballen: rund eckig

Kleinballen

Unter Dach: offen geschlossener Raum?

Heuboden?

Draußen?

Sinnenprüfung Probe Nr.:

	Futterwert	Hygienestatus
Griff:	weich, blattreich (kaum Blütenbest.)	trocken
	Blattärmer	leicht klamm
	Sehr blattarm	klamm- feucht
	Strohig hart (überwiegend abgeblüht)	
Geruch:	angenehm aromatisch	ohne Fremdgeruch
	Leichter Heugeruch	dumpf- muffiger
	Flach	schimmelig- faulig
Farbe:	kräftig grün	schmutzig grau
	Leicht ausgebleichen	nesterweise grau- weiß
	Stark ausgebleichen	diffus verfärbt
Verun- reinigung:	makroskopisch frei	Besatz mit Schimmel
	Geringe Sand-/ Erdbeimengung	Käfer/ Milben u.a.: frei
	Höherer Sand/Erd (Grasnarbe/Wurzelmasse)	mittelgradig stark Besatz mit Giftpflanzen

21. Danksagung

Mein Dank gilt den folgenden Personen:

Frau Prof. Dr. Ellen Kienzle für die Überlassung des Themas, die effektive Unterstützung und die wissenschaftliche Anleitung während der Erstellung und Korrektur dieser Arbeit.

Gestüt Ammerland, Herrn Ralf Hierl, Herrn Michael Pranke, Herrn Paul Haberl jun., Frau Christine Müller-Gut, Gestüt Jettenhausen, Herrn Sigi Böhm, Herrn Michael Schäfer, Baroness Dr. von Lotzbeck, Familie Weiß, Herrn Sebastian Leis, Herrn Georg Orterer, Herrn Roman Feichtner, Herrn Leonard Zach, Herrn Martin Fühlhuber, Herrn Dr. Remmler vom Haupt- und Landgestüt Schwaiganger, Familie Gröbmair, Herrn Georg Bernwieser, Familie Tschiesche, Herrn Martin Schwinghammer, Frau Erika Kraus, Herrn Alois Haselbeck, Herrn Josef Lechner, Familie Mittermeier, Frau Renate Bruns, Familie Wunderlich, Frau Dr. Dorothe Meyer, Herrn Walther Neumeyer, Herrn Georg Huber für die freundliche Überlassung der Futterproben und Unterstützung.

Frau Elisabeth Stadler und Herrn Werner Hesselbach, die mich sehr geduldig in die verschiedenen Analysetechniken eingeweiht, mir tatkräftig geholfen und mich stets unterstützt haben.

Allen Tierpflegern am Oberwiesenfeld – besonders Gabi Reder –, die stets hilfsbereit waren und für ein Klima sorgten, in dem man gerne arbeitet.

Meinen Mitdoktoranden, den Assistenten – besonders Dr. Uli Wehr – und den anderen Mitarbeitern am Institut für ihre Unterstützung.

Meiner gesamten Familie für ihre unermüdliche Unterstützung – besonders meinem Bruder Dominik für seine Hilfe und Engelsgeduld beim Formatieren dieser Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir meinen Werdegang ermöglicht haben, und meinem Mann Thomas für seine Hilfe.

22. Lebenslauf

Name: Franziska Möllmann, geb. Foucar

Geburtsdatum: 3. August 1975

Geburtsort: München

Staatsangehörigkeit: deutsch

Familienstand: verheiratet

Eltern: Dr. Johanna Foucar, geb. Höchtlen
Dr. Jürgen Foucar

Kinder: Nikolaus Roque Che Möllmann, geb. 09. Juli 2005

Schulausbildung: 1982-1986 Grundschule Murnau
1986-1995 Staffelsee-Gymnasium Murnau

Abitur: 30. Juni 1995

Freiwilliges soziales Jahr: 1. Oktober 1995 – 30. September 1996
Stiftsklinik Augustinum München

Studium: 1997 - 2003 Studium der Veterinärmedizin an der
Ludwig-Maximilians-Universität
München

Approbation: 26. August 2003

Dissertation: seit Oktober 2003 am Lehrstuhl für Tierernährung und
Diätetik (Frau Prof. Dr. E. Kienzle) der LMU

Tierärztliche Tätigkeit: seit September 2003 Assistentin in der tierärztlichen
Praxis für Pferde Dr. Thomas Möllmann